

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ МАГНИТОФОНОВ

В. Т. КОЛИЩУК,
Е. Н. ТРАВНИКОВ



КИЕВ
1965

В книге рассмотрены основные параметры, блок-схемы, механические и радиотехнические функциональные устройства магнитофонов. Приведены также кинематические схемы, конструктивное выполнение и необходимые расчеты основных узлов лентопротяжных механизмов, изложены основные сведения по магнитофонным двигателям, даны краткие технические характеристики носителей записи и указателей уровня.

Описаны особенности электрических схем, основные требования и конструктивное выполнение усилителей, генераторов и блоков питания. Освещены вопросы выполнения электрического монтажа и акустического оформления аппаратов магнитной звукозаписи. Изложена методика регулировки и настройки магнитофонов.

Книга рассчитана на инженеров, техников и квалифицированных радиолюбителей, интересующихся конструированием аппаратуры магнитной звукозаписи.

Рецензент *О. В. Порицкий*, канд техн наук
Редакция литературы по энергетике, электронике,
кибернетике и связи
Заведующий редакцией инж. *Р. П. Рак*

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с бурным развитием радиоэлектроники, техники автоматического управления, измерительной и вычислительной техники и широким внедрением радиотехнических методов в народное хозяйство развивается ряд смежных областей техники, в которых применяется аппаратура для записи и воспроизведения различной информации. В настоящее время для этих целей широко используется аппаратура магнитной записи.

Конструирование новых магнитофонов, улучшение существующих моделей, создание новых узлов и элементов и успешное применение магнитной записи в различных областях науки и техники невозможно без знания основных процессов, происходящих при магнитной записи. В последние годы издано немало книг, содержащих основные сведения по физике процессов магнитной записи, обсуждение общих технических вопросов магнитной записи, вопросов применения аппаратуры магнитной записи и краткие сведения по промышленной аппаратуре.

Технической литературы, посвященной конкретным вопросам рационального конструирования и расчета аппаратуры магнитной записи, пока еще мало.

Вместе с тем, разработка и изготовление современной аппаратуры магнитной записи связана со специфическими трудностями, обусловленными высокими требованиями к равномерности движения ленты, высокой точностью изготовления основных узлов лентопротяжного механизма и магнитных головок, необходимостью освоения специальных технологических процессов и т. п.

Данная книга представляет собой первую попытку систематизированного изложения конкретных вопросов конструирования и расчета основных узлов такой аппаратуры и аппаратов магнитной записи в целом. Авторы поставили цель обобщить и систематизировать отрывочные литератур-

ные сведения и практический опыт, накопленный в данной отрасли техники, и дать конкретные рекомендации по рациональному конструированию магнитофонов. В ряде случаев приведены краткие указания по рациональной технологии изготовления основных узлов аппаратуры.

Приведенные в книге материалы могут быть также использованы при разработке аппаратуры магнитной записи, предназначенной для применения в промышленности или научно-исследовательской работе.

Авторы выражают благодарность канд. техн. наук Порицкому О. В. за ценные замечания, а также инж. Травникову Н. Н., Броваренко В. Ф., Кисленко А. Я. и Воробьеву В. Н. за помощь при подготовке рукописи.

Критические замечания и пожелания просьба направлять по адресу: Киев, 4, Пушкинская, 28, издательство «Техніка».

Магнитофоны по назначению подразделяются на бытовые (массовые), предназначенные для индивидуального пользования, профессиональные, применяемые в радиовещании, кинотехнике, телевидении, и специальные, работающие в промышленности, связи и в других областях науки и техники.

Магнитофоны могут выполняться стационарными или переносными, сетевого, батарейного или универсального питания, одно- и многоканальными, моно- и стереофоническими.

Все магнитофоны работают по одному и тому же принципу, однако различаются по качеству передачи звука, времени звучания, внешнему оформлению, габаритам, весу и т. д.

Для проектирования магнитофонов задаются различные технические параметры соответственно предъявляемым требованиям к аппаратуре. Определение параметров на проектирование магнитофона должно выполняться с учетом следующих основных требований:

соответствие назначению аппаратуры;

выделение основных параметров, строго обязательных к выполнению, и таких параметров, которые в процессе проектирования могут несколько уточняться или изменяться;

определение правильных допусков на все параметры;

исключение излишне жестких требований хотя бы по одному из параметров, которые для данного вида аппаратуры практически не нужны;

конкретность определения и однозначность терминов, исключающая произвольное толкование параметров.

1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МАГНИТОФОНОВ

К основным параметрам магнитофонов относятся механические, электроакустические и эксплуатационные.

Механические параметры

Механические параметры аппарата магнитной звукозаписи определяются качеством его электромеханического устройства — лентопротяжного механизма. К этим параметрам относятся:

1. Номинальная (расчетная) скорость движения ленты, показывающая длину ленты, проходящую мимо головок за единицу времени при записи или воспроизведении. Согласно ГОСТ 8088—62 стандартизованы следующие номинальные скорости движения ленты: 38,1; 19,05; 9,53; 4,76 *см/сек*. В ранее выпущенных студийных магнитофонах имеется также скорость 76,2 *см/сек*.

Точность протягивания ленты в основном зависит от:

а) сохранения ведущим двигателем номинального числа оборотов;

б) правильности расчета и конструирования элементов привода с учетом проскальзывания и допусков на передаточные отношения;

в) точности изготовления ведущего узла;

г) стабильности питающего напряжения.

Так как практически хотя бы один из указанных факторов непостоянен, при проектировании и испытаниях аппаратуры пользуются понятием средняя скорость.

2. Средняя скорость движения ленты — среднее арифметическое крайних значений скорости при записи (воспроизведении) за стандартизованный или установленный техническими требованиями интервал времени, измеряется в *см/сек*.

Величина отклонения средней скорости от номинальной (допуск на номинальную скорость) измеряется в процентах, задается, исходя из назначения магнитофона, и может колебаться в пределах $\pm(0,5 \div 3)\%$. Так как длина волны записи и частота воспроизводимого сигнала линейно связаны со скоростью движения носителя

$$\lambda = \frac{V}{f}, \quad (\text{I-1})$$

где λ — длина волны записи;

V — скорость носителя записи;

f — частота воспроизводимого сигнала,

то любое отклонение скорости движения носителя от номинальной вызывает пропорциональное изменение частоты воспроизводимого сигнала. В бытовых магнитофонах допускается отклонение скорости от номинальной до $\pm 3\%$. В магнитофонах, предназначенных исключительно для записи речи, допустимо еще большее отклонение скорости от номинальной при сохранении постоянным соотношения скоростей запись — воспроизведение. В аппаратуре, рассчитанной на обмен программами или предназначенной для записи сигналов, имеющих жесткие временные характеристики, требования к допускам номинальной скорости движения ленты резко возрастают. Например, при программировании с помощью магнитофонов быстропротекающих процессов или при записи телевизионных сигналов допускается отклонение скорости от номинальной величины не более чем на $\pm 0,1\%$. В таких случаях приходится принимать специальные меры по обеспечению заданной точности движения ленты (подбор шкивов привода, стабилизация питания двигателей, введение специальной системы автоматического слежения за скоростью ленты и т. д.).

3. Изменение средней скорости движения ленты определяется коэффициентом нестабильности средней скорости и выражается в процентах

$$\Delta = \frac{V_{\text{нач}} - V_{\text{кон}}}{V_{\text{ср}}} 100\%, \quad (\text{I-2})$$

где $V_{\text{нач}}$ — скорость ленты в начале рулона;
 $V_{\text{кон}}$ — скорость ленты в конце рулона;
 $V_{\text{ср}}$ — средняя скорость ленты.

Основной причиной изменения средней скорости ленты является изменение ее натяжения, которое меняется обратно пропорционально диаметрам рулонов ленты на кассетах приемного и подающего узлов. Влияние этих узлов на скорость протягивания ленты, несмотря на наличие стабильно вращающегося ведущего вала, объясняется упругим скольжением в фрикционной паре ведущий вал — прижимной ролик. Особенно это заметно при малых диаметрах ведущего вала, когда вследствие небольшой площади его контакта с прижимным роликом скольжение увеличивается и Δ принимает значение порядка 1,5—3%. Величина изменения средней скорости существенно зависит от емкости кассеты: чем больше длина ленты, тем больше Δ .

Нестабильность средней скорости в бытовых магнитофонах практически не отражается на их качественных показателях, так как закон ее изменения в режимах записи и воспроизведения остается одним и тем же. В магнитофонах без ведущего вала, где постоянной является угловая скорость ведущей кассеты, средняя скорость может изменяться от начала к концу рулона до 50% и более в зависимости от перепада диаметров рулона. В случаях, когда предъявляются жесткие требования к номинальной скорости, коэффициент нестабильности должен быть выдержан в пределах допуска на номинальную скорость, а иногда и точнее, так как Δ вносит частотные искажения, аналогичные получаемым при отклонении средней скорости от номинала. В профессиональной аппаратуре звукозаписи уменьшение коэффициента нестабильности достигается стабилизацией натяжения ленты и уменьшением упругого проскальзывания в паре ведущий вал — прижимной ролик.

4. Колебания скорости движения ленты учитывают переходящие изменения («возмущения») скорости ленты, имеющие периодический и непериодический характер и проявляющиеся в режимах записи или воспроизведения.

Периодические составляющие появляются вследствие модуляции скорости движения ленты биением вращающихся деталей (протягивающих и направляющих ленту), качанием ротора ведущего двигателя, дебалансом вращающихся масс, а также различными гармоническими составляющими этих колебаний. Кроме того, сама лента в процессе движения в тракте испытывает продольные упругие колебания, резонансная частота которых имеет величину порядка 1000—5000 *гц* и определяется упругостью ленты, длиной резонирующего участка и давлением ленты на направляющие элементы. Таким образом, частотный спектр переменных составляющих скорости может быть достаточно широким. Например, частота колебаний, вызываемых биением бобышки кассеты, составляет доли герца, биением ведущего вала — единицы герц, влиянием второй гармоники частоты сети, питающей двигатель, — 100 *гц* и т. д.

Непериодические составляющие колебаний скорости обусловлены переменным трением в подшипниках, рывками фрикционных узлов, заеданием ленты в тракте или залипанием ленты в рулоне и другими причинами. Частотный спектр непериодических составляющих скорости также довольно широк.

Фактическая скорость ленты в магнитофоне определяется тремя основными компонентами

$$V = V_0 \pm \Delta V_- + \Delta V_{\sim}, \quad (1-3)$$

где V_0 — номинальная скорость движения ленты;

ΔV_- — постоянное отклонение скорости от номинального значения;

ΔV_{\sim} — переменная составляющая (колебания) скорости.

В магнитофонах колебания скорости ленты определяются детонациями, которые характеризуют искажения звучания, вызываемые неравномерностью скорости движения ленты при записи и воспроизведении относительно среднего значения при частоте колебаний в пределах 0,2—200 гц (колебания с частотой ниже 0,2 гц называются скольжением).

Количественно детонации оцениваются коэффициентом детонаций

$$K_d = \frac{\Delta V_{\sim}}{V_{cp}} \cdot 100\%, \quad (1-4)$$

где ΔV_{\sim} — максимальное (пиковое) значение переменной составляющей скорости в диапазоне 0,2—200 гц;

V_{cp} — среднее значение скорости.

Человеческое ухо неодинаково чувствительно к различным частотам детонации. Поэтому при измерениях детонаций рекомендуется применять специальные фильтры субъективного восприятия детонаций («взвешивающие» фильтры) с соответствующими частотными характеристиками (рис. 1). Наиболее ощутимы на слух детонации с частотой 3—5 гц. Низкочастотные детонации воспринимаются как «плавание» высоты тона, высокочастотные — как «дрожание» высоты тона, сходное с игрой «тремоло» на струнных инструментах, или как «хриплость» звука. Численные значения коэффициента детонаций различны для магнитофонов разных классов, но по абсолютной величине требования к детонации всегда жестче, чем к другим видам изменения скорости, так как детонации ощущаются в любом аппарате магнитной записи. Для профессиональных магнитофонов коэффициент детонаций обычно выдерживается в пределах $\pm(0,15 \div 0,25)\%$, для бытовых $\pm(0,4 \div 0,8)\%$. При записи речи допускается $K_d = \pm 1,5\%$. Следует отметить, что если отклонение средней скорости от номинальной ощущается относительно слабо, то детонации порядка 0,3—

0,5% воспринимаются квалифицированным слушателем как неприятные искажения.

Поскольку периодические и непериодические составляющие неравномерности скорости ленты зависят от многих факторов, большая часть которых с трудом поддается учету, вопросы уменьшения детонаций являются основными при конструировании лентопротяжных механизмов аппаратов магнитной звукозаписи. В высококачественной аппаратуре для этой цели применяют специальные тракты дви-

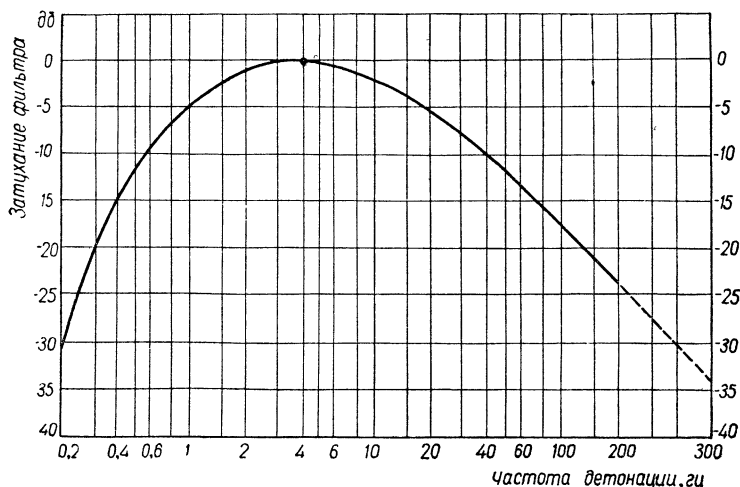


Рис. 1. Кривая субъективного восприятия детонации.

жения ленты, различные стабилизирующие элементы, а также повышают рабочие скорости аппаратов. Поэтому студийные магнитофоны обычно работают при скоростях движения ленты 38,1 или 19,05 см/сек (в ранее выпущенных магнитофонах даже 76,2 см/сек). Продольный резонанс ленты устраняется уменьшением трения ленты о головки и направляющие, сокращением длины свободного участка ленты и близким расположением головок к ведущему валу.

5. Количество рабочих (номинальных) скоростей характеризует оперативные возможности магнитофона, его универсальность и задается, исходя из назначения аппарата. При увеличении количества скоростей усложняется конструкция лентопротяжного механизма или требуется уста-

новка многоскоростного ведущего двигателя. Большинство выпускаемых магнитофонов имеют одну рабочую скорость. Вводя дополнительные скорости, можно либо увеличить время записи при неизменном объеме носителя, либо повысить качество записанной программы.

Некоторые студийные и специальные магнитофоны имеют до пяти рабочих скоростей. При помощи многоскоростных аппаратов возможно транспонирование спектра записей воспроизведением при скорости, отличной от скорости записи. Кроме того, в таких магнитофонах более экономно используется носитель, так как для записи программы, не требующей высокого качества звучания (например, речи), можно использовать более низкую скорость.

6. Емкость кассет (в метрах) определяет максимальное количество ленты, которое можно использовать при работе на данном магнитофоне. Максимальное количество носителя зависит от геометрии кассет, применяемых в аппарате, и от толщины ленты

$$L = \frac{D^2 - d^2}{1,27 \cdot 10^{-2} S}, \quad (I-5)$$

где D — наружный диаметр кассеты, *см*;
 d — диаметр бобышки (сердечника кассеты), *см*;
 S — толщина ленты, *мк*.

7. Время записи или воспроизведения — это выраженное в минутах время непрерывной записи или воспроизведения информации на одной дорожке. Время записи t_1 определяется скоростью движения ленты V , *см/сек*, и емкостью кассет аппарата L , *м*,

$$t_1 = \frac{L}{0,6 V}. \quad (I-6)$$

Полное время записи t_n определяется как произведение времени непрерывной записи на число дорожек k

$$t_n = t_1 k. \quad (I-7)$$

8. Время ускоренного хода вперед или назад (перемотки) показывает, за сколько минут полный рулон ленты перематывается с приемной кассеты на подающую или наоборот. Режимы ускоренного хода используются для сматывания недописанных участков ленты или для ускоренного поиска нужной программы, а также при монтаже записей. Поэтому

время ускоренного хода характеризует оперативность магнитофона. Скорость перемотки выбирается в пределах 2—8 м/сек в зависимости от предъявляемых требований в отношении оперативности, от емкости носителя и от качества перематывающих узлов. Чрезмерное увеличение скорости перемотки опасно из-за резкого возрастания динамических нагрузок на ленту в моменты пуска и торможения, а также появления вибраций свободных участков ленты вследствие радиальных и торцовых биений бобышек и щек кассет. Кроме того, при больших скоростях перемотки увеличивается время пуска и торможения, что приводит к «проскакиванию» разыскиваемых участков ленты и снижению оперативности в работе.

В одномоторных магнитофонах не рекомендуются большие скорости перемотки вследствие быстрого износа фрикционных пар в узлах подмотки — подтормаживания. Скорость перемотки порядка 6—8 м/сек можно рекомендовать в трехмоторных магнитофонах, а также при емкостях кассет от 500 м и выше. В профессиональных магнитофонах с емкостью кассет до 1000 м при перемотке применяется плавное регулирование напряжения на обмотках двигателей подмотки — подтормаживания. При таком исполнении можно производить мягкий пуск и остановку кассет, снижать динамические нагрузки на ленту, исключать ее обрыв.

9. Время пуска магнитофона при записи или воспроизведении — это время, прошедшее с момента воздействия на соответствующий орган управления магнитофона в режиме «Стоп» до момента, когда средняя скорость и коэффициент детонации достигнут значений, указанных в технических требованиях. Составляющими времени пуска являются время срабатывания коммутирующих элементов и управляющих устройств аппарата и время разгона лентопротяжного механизма.

Величина времени пуска зависит от рабочей скорости, до которой должен разогнаться механизм, мощности двигателей, допустимой динамической нагрузки на ленту, характеристик коммутирующих элементов и других факторов; численное значение обычно колеблется в пределах 0,5—2 сек. Если для какого-либо вида аппаратуры время пуска является критичным параметром, необходимо применять специальные меры по повышению оперативности магнитофона, например вводить форсированный пуск, т. е. уменьшать время разгона механизма и т. п.

При необходимости иметь время пуска менее 0,2 сек в аппарат вводится дежурный режим (т. е. при пуске лента прижимается к вращающемуся с номинальной скоростью ведущему валу), а также принимаются дополнительные меры по исключению влияния при пуске моментов инерции кассет. Для ускорения пуска важно выбрать коммутирующие и исполнительные элементы с жесткими переходными характеристиками, так как суммарное время срабатывания переключателей, реле и электромагнитов может оказаться того же порядка, что и время пуска магнитофона.

Электрические параметры

1. Входная чувствительность определяется величиной напряжения, которое необходимо подать на вход магнитофона для обеспечения номинального уровня записи на ленте при максимальном усилении канала записи; измеряется в микровольтах, милливольтх и вольтах. Величина входной чувствительности определяется техническими характеристиками усилителей записи, головок и лент.

Обычно магнитофон имеет два входа: один — для записи с линии (т. е. от радиоприемника, радиоточки, телевизора и др.), другой — для записи от микрофона. Соответственно этому различают чувствительность линейного и микрофонного входов. Чувствительность линейного входа выражается в десятках и сотнях милливольт, а микрофонного входа десятками микровольт. На величину входной чувствительности существенно влияет уровень собственных шумов магнитофона.

2. Динамический диапазон определяется отношением максимального и минимального уровней сигнала на выходе магнитофона и, обычно, измеряется в децибелах

$$D = 20 \lg \frac{U_{\text{макс}}}{U_{\text{шум}}} - 6 \text{ дб.} \quad (I-8)$$

Максимальный уровень определяется из допустимых нелинейных искажений, а минимальный лежит на 6 дб выше уровня шума.

Понятие динамического диапазона заимствовано из акустики, где он ограничен порогом слышимости (минимальная громкость) и порогом болевых ощущений (максимальная громкость), причем максимальная громкость по уровню в 1 000 000 раз больше минимальной. Известно, что харак-

тер восприятия человеческим ухом возрастания звукового давления близок к логарифмическому, причем ухо реагирует на изменение громкости при ее увеличении или уменьшении не менее чем на 12%. Минимальное изменение уровня громкости (12%), которое заметно на слух, принято за единицу относительного изменения громкости и названо децибелом.

Таким образом, оказалось, что весь динамический диапазон слухового восприятия состоит из 120 ступеней громкости, т. е. из 120 дб. Поскольку децибел — относительная единица, ею удобно пользоваться для сравнения различных величин, вследствие чего все относительные уровни в зву-

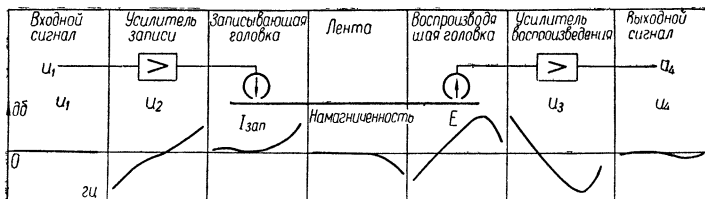


Рис. 2. Составляющие сквозной частотной характеристики в различных участках канала запись — воспроизведение.

козаписи измеряются в децибелах. Например, отношение двух мощностей P_1 и P_2 , напряжений U_1 и U_2 и токов I_1 и I_2 , выраженное в децибелах,

$$N_{\text{дб}} = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} = 20 \lg \frac{I_1}{I_2}. \quad (1-9)$$

Динамический диапазон ограничивается снизу уровнем шумов, сверху — максимальным уровнем сигнала, при котором нелинейные искажения не превышают заданной величины. Численные значения динамического диапазона обычно лежат в пределах 35—40 дб для магнитофонов среднего качества и 50—60 дб — для высококачественных магнитофонов.

3. Частотная характеристика сквозного канала магнитофона показывает зависимость коэффициента усиления по напряжению от частоты сигнала в сквозном канале запись — воспроизведение.

Функциональные устройства сквозного канала магнитофона по-разному усиливают те или другие напряжения в заданном диапазоне частот. На рис. 2 показаны состав-

ляющие сквозной частотной характеристики, получаемые в каждом устройстве сквозного канала. Идеальной должна быть получена линейная сквозная характеристика, которая необходима для высококачественной записи — воспроизведения сигналов. Реальная характеристика обычно имеет подъемы и завалы на крайних частотах. Степень линейности сквозной частотной характеристики определяется ее неравномерностью и измеряется в децибелах.

Диапазон частот записи — воспроизведения и неравномерность частотной характеристики задаются, исходя из назначения магнитофона. Например, разборчивость речи обеспечивается в диапазоне частот 300—3400 *гц*, высококачественное воспроизведение речи и хорошее воспроизведение музыки — в диапазоне 100—8000 *гц*, высококачественное воспроизведение речи и музыки — в диапазоне 50—15 000 *гц*. Ширина диапазона частот зависит от качества ленты, от скорости ее движения, качества головок, технических характеристик усилителей записи — воспроизведения и допустимого уровня неравномерности сквозной частотной характеристики.

Расширение диапазона в сторону низких частот усложняется трудностью получения достаточно высоких уровней при воспроизведении этих частот, расширение в сторону высоких частот ограничивается резким увеличением потерь в воспроизводящей головке и носителе записи.

При повышении скорости движения ленты увеличивается длина волны записи, вследствие чего можно воспроизводить более высокие частоты. Поэтому для высококачественных студийных магнитофонов приняты скорости 38,1 и 19,05 *см/сек* (а в ранее выпущенных магнитофонах — также 76,2 *см/сек*).

4. Нелинейные искажения сквозного канала магнитофона определяют искажения формы выходного сигнала и измеряются коэффициентом нелинейных искажений

$$K_f = \frac{\sqrt{U_{m2}^2 + U_{m3}^2 + \dots}}{U_{m1}} 100\%, \quad (I-10)$$

где U_{m1} — амплитуда первой гармоники на выходе магнитофона при записи — воспроизведении сигнала синусоидальной формы;

U_{m2}, U_{m3} — амплитуды высших гармоник, измеренные в тех же условиях.

Основными причинами нелинейных искажений являются нелинейность процесса записи — воспроизведение и характеристик отдельных элементов схем (транзисторов, ламп, трансформаторов). Величина этих искажений зависит от силы и формы тока высокочастотного подмагничивания и от степени намагниченности головок. Важным условием уменьшения нелинейных искажений является правильный выбор рабочего режима усилительных элементов, при котором исключался бы заход амплитуды сигнала за пределы линейного участка характеристик. Допустимая величина K_f колеблется от 3—5% (для магнитофонов среднего качества) до 1,5—2% (для высококачественных магнитофонов).

Нелинейные искажения ощущаются на низших частотах меньше, чем на средних и высоких, где они больше сказываются на программах с записью речи (в виде свиста и шипения), чем на музыкальных программах. Так как восприятие нелинейных искажений зависит от частоты, при определении коэффициента нелинейных искажений обычно указывается, на какой частоте они измеряются.

5. Относительный уровень шумов сквозного канала определяется величиной отношения напряжения на выходе магнитофона при воспроизведении паузы к напряжению на том же выходе при воспроизведении записи максимального уровня. Относительный уровень шумов обычно измеряется в децибелах.

Шумы сквозного канала состоят из шумов носителя, канала записи и канала воспроизведения. Наибольшее значение имеют шумы носителя, которые вызваны неоднородной микроструктурой рабочего слоя, наличием пыли и царапин. При этом различают шумы носителя на паузе (не связанные с полезным сигналом) и модуляционные шумы (связанные с уровнем полезного сигнала). Шумы канала записи в основном состоят из шумов усилителя записи. Шумы канала воспроизведения складываются из шумов воспроизводящей головки, усилителя воспроизведения и устройства питания.

В усилителях записи и воспроизведения шумы обусловлены тепловыми шумами входных цепей (головок, входных сопротивлений, трансформаторов), собственным шумом усилительных элементов (ламп, транзисторов), а также пульсациями питающих напряжений и э. д. с., наводимыми электромагнитными и электростатическими полями. Для снижения уровня шумов в высококачественных магнитофонах приме-

няют многослойную экранировку воспроизводящих головок, двигателей, рационально компонуют блоки магнитофона, применяют малощумящие лампы и полупроводниковые приборы. Допустимые значения уровня шумов находятся в пределах — $(40 \div 50)$ дБ для магнитофонов среднего качества и — $(60 \div 70)$ дБ для высококачественных аппаратов.

6. Напряжение питания магнитофона определяется номинальным значением питающего напряжения и допускаемыми отклонениями, при которых обеспечивается соответствие параметров аппарата техническим условиям. Большинство магнитофонов рассчитано на питание от сети переменного тока частотой 50 гц. Некоторые переносные магнитофоны питаются постоянным током от батарей или аккумуляторов. Иногда для расширения эксплуатационных возможностей аппаратуры выпускаются магнитофоны с универсальным питанием от сети и от источников постоянного тока.

7. Потребляемая мощность указывает максимально возможное потребление мощности от источника тока и выражается в ваттах (*вт*). Для стационарных профессиональных магнитофонов существенных ограничений по потребляемой мощности не существует, однако элементы с неоправданно большим потреблением электроэнергии ухудшают температурный режим аппарата, перегружают коммутирующие устройства, снижают надежность работы электронных схем.

В батарейных магнитофонах потребляемая мощность сводится к минимально возможным значениям, вследствие чего такие аппараты выполняются с наименьшим количеством потребителей электрической мощности (один двигатель, отсутствие электромагнитов, механическое управление, экономичные усилители на транзисторах и т. п.).

Эксплуатационные параметры

1. Габариты и вес магнитофона определяются его назначением.

Габаритные размеры высококачественной аппаратуры определяются необходимостью рациональной компоновки, исключающей создание взаимных помех и наводок, электроакустическими требованиями, необходимостью создания эксплуатационных удобств. Переносные магнитофоны характеризуются минимальными габаритами и весом, вследствие

чего их параметры менее качественны, а компоновка не обеспечивает достаточных эксплуатационных удобств.

Вес стационарных аппаратов достигает сотен килограммов, переносных — 3—15 кг.

2. Внешнее оформление и эксплуатационные удобства магнитофона зависят от его назначения и от принятого стиля внешнего оформления, который согласно требованиям технической эстетики должен придавать аппарату изящный внешний вид и в то же время сочетаться с эксплуатационными удобствами.

Профессиональные магнитофоны обычно более просты по внешнему оформлению, чем бытовые, для отделки которых применяются различные пластмассы, дерево, декоративные ткани. Если профессиональный магнитофон входит в состав какого-либо комплекса аппаратуры, его внешнее оформление выполняется в том же стиле, что и весь комплекс.

К эксплуатационным удобствам относятся:

удобство зарядки и разрядки ленты;

хорошая обзорность световой индикации, показаний приборов, положений ручек управления и надписей к ним;

удобство наблюдения за положением ленты при движении;

доступность к органам управления и регулировки;

взаимозаменяемость блоков и их легкосъемность;

возможность доступа ко всем основным элементам схем и конструкций;

удобство и простота подготовки аппаратуры к работе;

удобство смазки трущихся частей;

отсутствие необходимости в подстройке при замене узлов и блоков;

наличие дистанционного управления;

наличие блокировки против ошибочного стирания;

наличие устройств для отвода ленты от головок при перемотке;

наличие устройств автоматической остановки при обрыве или окончании ленты;

наличие устройств, облегчающих монтаж и поиск нужных мест на ленте (счетчик метража, времени);

наличие указателя уровня записи;

удобство переноски (для переносных);

наличие комплекта запасных деталей и узлов.

Перечисленные удобства обычно более полно обеспечиваются в профессиональной аппаратуре.

3. Надежность представляет собой способность магнитофона безотказно обеспечивать заданные техническими условиями параметры в продолжение всего гарантируемого срока работы и определяется средней наработкой на отказ, т. е. средним статистическим временем работы между двумя отказами

$$T_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{с}}}{n},$$

где $t_{\text{с}}$ — срок службы аппарата или время испытаний на надежность;

n — количество отказов за это время.

Тогда вероятность безотказной работы за определенное время

$$P = e^{-\frac{t_{\text{р}}}{T_{\text{ср}}}}, \quad (\text{I-11})$$

где e — основание натуральных логарифмов;

$t_{\text{р}}$ — необходимое время непрерывной работы аппарата данного типа;

$T_{\text{ср}}$ — средняя наработка на отказ для аппаратов данного типа.

Для повышения надежности обычно применяют резервирование, т. е. включение в схему параллельных (резервных) элементов. Если при последовательном включении элементов общая надежность всегда ниже надежности самого худшего элемента, то при параллельном соединении общая надежность выше надежности лучшего элемента. В этом принципиальное отличие метода резервирования от других способов повышения надежности. Различают общее резервирование (когда рядом с рабочим аппаратом находится точно такой же резервный) и раздельное (когда в аппарате продублированы отдельные элементы, обладающие малой надежностью). Естественно, что общее резервирование экономически менее выгодно. Поэтому гораздо чаще применяют раздельное резервирование.

В магнитофонах иногда резервуют блоки питания, переключатели и реле. Резерв называют горячим, когда одновременно с рабочим блоком под напряжением находится и резервный блок, и холодным, когда включен только рабочий блок, а резервный обесточен.

Стандарты на основные параметры магнитофонов

На ряд основных параметров магнитофонов установлены стандартные значения по ГОСТ 8088—62. Параметры, не предусмотренные ГОСТ, определяются техническими условиями. Согласно ГОСТ 8088—62 различают две основные группы магнитофонов в зависимости от их назначения.

Первую группу составляют студийные магнитофоны, скорость движения ленты у которых должна быть 38,1 *см/сек* и (или) 19,05 *см/сек*, число дорожек: одна — для монофонической записи и две — для стереофонической. Преимущественная область применения — радиовещание, телевидение, кинематография, граммзапись.

Ко второй группе относятся магнитофоны широкого применения. Скорость движения ленты 19,05; 9,53; 4,76 *см/сек*, причем последняя скорость должна применяться только в сочетании с другими скоростями. Число дорожек: одна — для репортерских магнитофонов, две или четыре — для остальных. Преимущественная область применения — репортаж, любительская и служебная звукозапись.

Основные параметры магнитофонов согласно ГОСТ 8088—62 приведены в табл. 1. Для магнитофонов с несколькими скоростями указанные параметры должны быть выдержаны при каждой скорости. Допуски на неравномерность частотных характеристик каналов воспроизведения и сквозных каналов по электрическому напряжению, установленные ГОСТ для каждой группы магнитофонов, приведены на рис. 3, *а*, *б* и рис. 4, *а*, *б*.

Кроме того, согласно этому ГОСТ однородожечная монофоническая запись должна производиться по всей ширине ленты, а двухдорожечная монофоническая запись должна иметь направление, расположение и нумерацию дорожек на ленте соответственно рис. 5, *а*. Стереофонические магнитофоны должны быть двухканальными, причем рабочие зазоры головок записи и воспроизведения обоих каналов должны располагаться на одной прямой. Направление, размеры и расположение дорожек на ленте при двухдорожечной стереофонической записи должно соответствовать рис. 5, *б*. При четырехдорожечной записи — монофонической или стереофонической — направление, размеры, расположение и нумерация дорожек на ленте должны

Таблица 1

Основные параметры магнитофонов по ГОСТ 8088—62

Параметр	Группа магнитофона					
	I		II			
	Нормы по скоростям					
	38	19	19	9	4	
Скорость движения ленты	номинальная, см/сек	38,1	19,05	19,05	9,53	4,76
	допускаемые отклонения скорости, %	± 0,5		± 2,0		± 3,0
Неравномерность скорости движения ленты (пиковое значение в диапазоне частот 0,5—300 гц) при питании	от сети, %, не более			± 0,4	± 0,6	
	от источников постоянного тока, %, не более	± 0,15	± 0,25	± 0,6		± 1,5
Максимальный уровень записи на ленте	частота, гц	400		400	200	100
	остаточный магнитный поток (эффективное значение) на 1 мм ширины дорожки записи, вб	25,6 · 10 ⁻¹¹		25,6 · 10 ⁻¹¹		
Рабочий диапазон частот, гц, не уже		31,5—16 000	40—12 000	63—10 000	80—5000	

Параметр		Группа магнитофона				
		I		II		
		Нормы по скоростям				
		38	19	19	9	4
Относительный уровень шумов канала воспроизведения магнитофона	от сети, дБ, не хуже	-64	-60			-40
	от источников постоянного тока, дБ, не хуже	-58	-55			-45
Стереофонического (для каждого канала), дБ, не хуже	от сети, дБ, не хуже	-60	-57			-40
	от источников постоянного тока, дБ, не хуже	-60	-56	(-53*)		-40
Относительный уровень шумов сквозного канала магнитофона	от сети, дБ, не хуже	-56	-52	(-50*)		-45
	от источников постоянного тока, дБ, не хуже	-57	-52			-40

* При наличии микрофонного входа

Параметр	Группа магнитофона						
	I		II				
	Нормы по скоростям						
	38	19	19	9	9	4	
Коэффициент гармонических искажений в сквозном канале по электрическому напряжению при максимальном уровне не записи на частоте 400 гц	2			3			3
	3						5
Переходное затухание между дорожками монофонической записи на частоте 80 гц, дб, не хуже	—						30
Переходное затухание между стереоканалами на частотах	80 гц, дб, не хуже	20			20		—
	1000 гц, дб, не хуже	40			30		—
	8000 гц, дб, не хуже	30			25		—

Параметр	Группа магнитофона				
	I		II		
	Нормы по скоростям				
	38	19	19	9	4
Рассогласование характеристик стереоканалов в рабочем диапазоне частот	каналы воспроизведения, <i>дб</i> , не более	3		4	—
	сквозные каналы, <i>дб</i> , не более	4		6	—
Относительный уровень стирания записи частоты 1000 <i>гц</i> , <i>дб</i> , не хуже		72			60
Напряжение питания	от сети		220		127 и 220 *
			± 10		± 10
	от источников постоянного тока		12,0		12,0; 9,0; 4,5
			По техническим условиям		

* Для магнитофонных устройств, предназначенных для комплектации комбинированных установок, по согласованию с заказчиком допускается одно напряжение: 127 или 220 в.

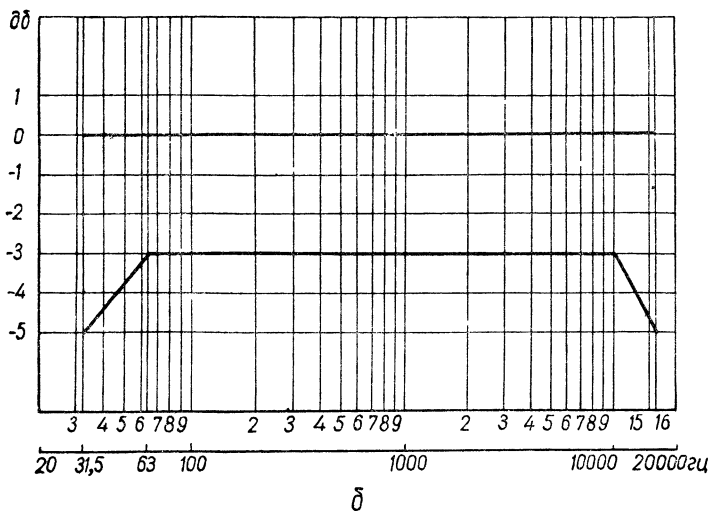
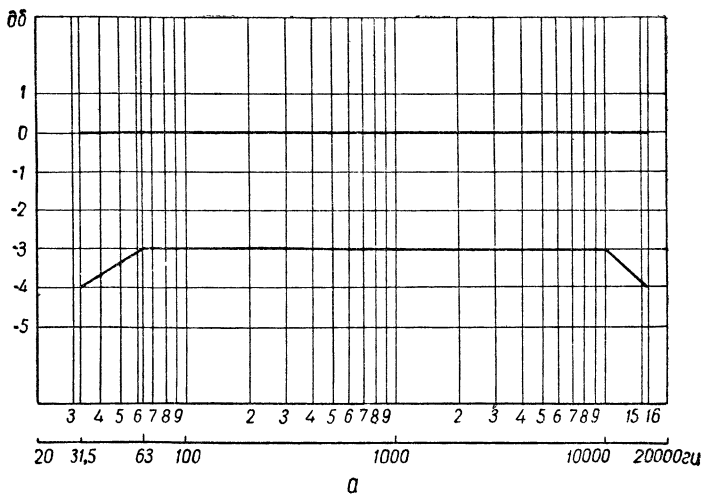
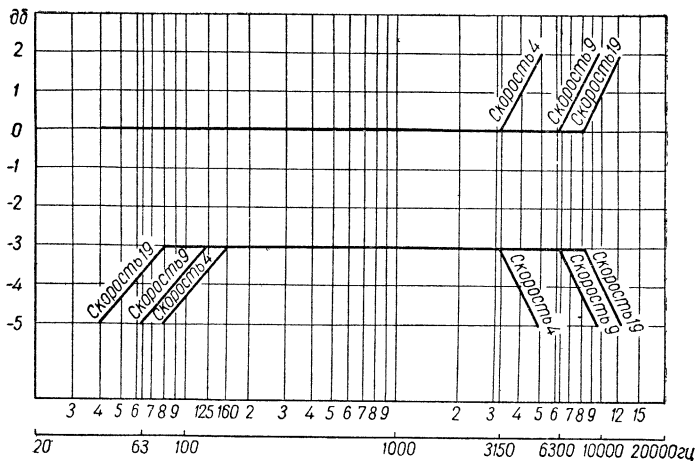
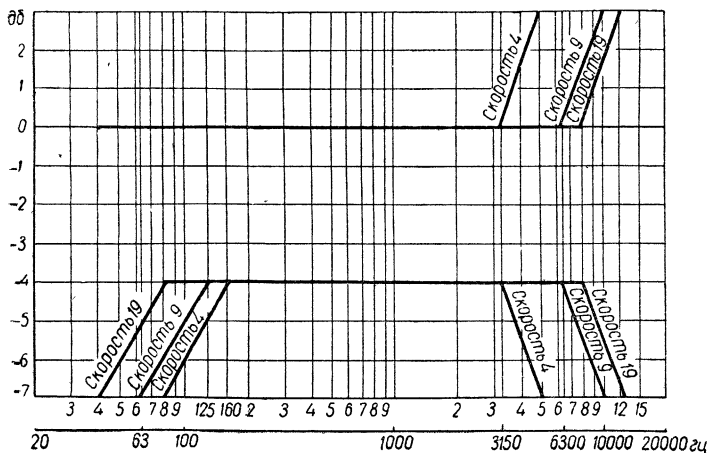


Рис. 3. Поля допусков частотных характеристик магнитофонов I группы (линейный выход):
a — канала воспроизведения; *б* — сквозного канала.



а



б

Рис. 4. Поля допусков частотных характеристик магнитофонов II группы (линейный выход):
 а — канала воспроизведения; б — сквозного канала.

соответствовать рис. 5, в. Четырехдорожечная запись должна производиться в последовательности: дорожки 1, 4, 3, 2 — при монофонической записи и дорожки 1 и 3, 4 и 2 — при стереофонической записи.

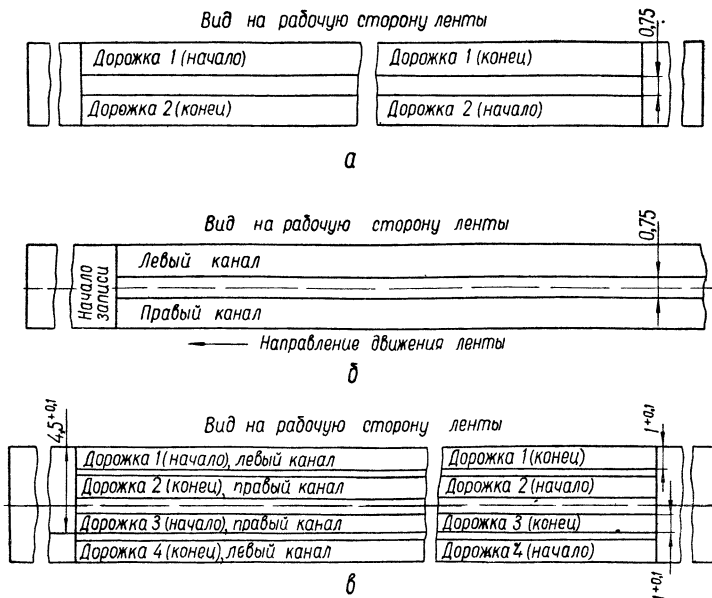


Рис. 5. Расположение дорожек на ленте при записи:
 а — двухдорожечной монофонической, б — двухдорожечной стереофонической; в — четырехдорожечной стереофонической.

2. БЛОК-СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ

Назначение, требования и классификация

Проектирование нового магнитофона следует начинать с выбора и составления блок-схемы. По правильно составленной блок-схеме можно определить количество и характеристики функционально законченных устройств и конкретизировать круг технических требований, предъявляемых к каждому устройству. Разработка блок-схем создает предпосылки для специализации при конструировании и изготовлении аппаратуры.

Основные требования, предъявляемые к блок-схеме: обеспечение выполнения всех функций магнитофона; полная функциональная законченность составных устройств схемы;

максимальное использование разработанных ранее или параллельно проектируемых устройств;

строгая последовательность и минимальное количество связей между устройствами схемы;

отсутствие функционально сложных и громоздких устройств, разбивка их на более простые, самостоятельные, удобные в изготовлении и эксплуатации,

обеспечение заданной надежности магнитофона.

От степени функциональной законченности блоков во многом зависит технологичность междублочного монтажа, его трудоемкость и надежность.

Многожильные междублочные кабели и соединительные жгуты между различными функциональными приборами внутри блока чаще всего являются следствием непродуманной разбивки схемы по выполняемым функциям, т. е. незаконченностью функций одного прибора и необоснованной передачей их другому прибору. Блоки, которые выполняют значительное количество задач, громоздки, неудобны в эксплуатации, неэкономичны. При более узком назначении блоков возможно легко обнаружить неисправность и заменить поврежденный блок, что повышает оперативность в работе. Таким образом, блок-схемой определяется не только направление проектирования, но и качество, трудоемкость, технологичность и другие показатели магнитофона.

Различают общие функциональные схемы магнитофонов и функциональные схемы блоков. При одной и той же общей функциональной схеме магнитофона блочные схемы могут иметь существенные различия, обусловленные изменением технических требований в зависимости от назначения аппарата.

В соответствии с назначением и конструктивным выполнением магнитофонов изменяются и их блок-схемы. Блоки, входящие в состав магнитофонов, делятся на основные (обязательные для любого аппарата магнитной записи) и вспомогательные, которые вводятся для повышения качественных показателей, расширения оперативных возможностей и повышения эксплуатационных удобств. К основным функциональным блокам относятся:

лентопротяжный механизм;

усилитель записи;
усилитель воспроизведения;
высокочастотный генератор стирания и подмагничивания;

блок питания.

К вспомогательным функциональным блокам относятся:
микрофонный усилитель;

блок коррекции,

блок стабилизации напряжения и частоты сети;

блок электронной стабилизации скорости движения ленты;

блок автоматики и управления;

вынесенный акустический агрегат;

пульт дистанционного управления.

Кроме приведенного перечня, в состав магнитофона могут входить устройства, выполняющие специальные функции: вынесенные указатели уровня, делители, соединительные устройства и др. Любой магнитофон принципиально может быть разделен на механические и радиотехнические устройства (блоки).

Основные блок-схемы магнитофонов

Рассмотрим наиболее характерные блок-схемы. На рис. 6 показана блок-схема, общая для большинства бытовых магнитофонов. Она состоит из делителя напряжения D , универсального усилителя $УУ$, генератора высокой частоты $ГВЧ$, лентопротяжного механизма $ЛПМ$ с магнитными головками: универсальной $ГУ$ и стирающей $ГС$.

В режиме записи сигналы от микрофона или линии поступают на соответствующие входы M или L делителя напряжения, в котором они приводятся к одному уровню (обычно к уровню микрофона). От переключателя $П_1$ сигналы попадают на вход усилителя $УУ$, работающего в режиме записи, а с выхода усилителя — на универсальную головку $ГУ$ через переключатель $П_2$. Одновременно на

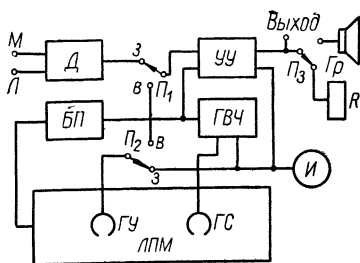


Рис. 6. Блок-схема бытового магнитофона.

головку подается ток подмагничивания от генератора, который в этом режиме питает также и стирающую головку $ГС$. Уровень записи контролируется указателем уровня $И$, включенным на выходе универсального усилителя. Во время записи громкоговоритель $Гр$ отключается переключателем $П_3$, и звуковой выход усилителя нагружается сопротивлением R . В режиме воспроизведения переключатели $П_1$ и $П_2$ ставятся в положение $В$, громкоговоритель подключается к усилителю переключателем $П_3$. Сигналы от универсальной головки поступают на вход усилителя, который в данном случае работает в режиме воспроизведения, а затем на громкоговоритель. Генератор выключен и отсоединен от головки $ГУ$. Схема питается от блока питания $БП$. Ввиду своей простоты данная схема в различных вариантах широко применяется для разработки бытовых магнитофонов.

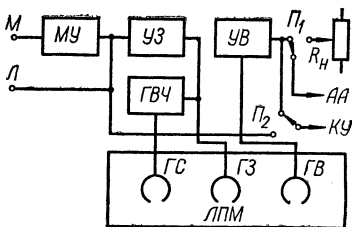


Рис. 7. Блок-схема стационарного профессионального магнитофона.

Невозможность эффективного контроля качества записанной программы является существенным недостатком схемы. Этот недостаток устраняется в блок-схеме, изображенной на рис. 7, которая является основной для проектирования стационарных профессиональных магнитофонов. Схема имеет более четкое функциональное построение, так как разделена на два самостоятельных канала — записи и воспроизведения. Сигналы записи через гнезда $М$ (микрофонный усилитель $МУ$) или $Л$ (линия) поступают на вход усилителя записи $УЗ$, а с его выхода — на записывающую головку $ГЗ$ лентопротяжного механизма $ЛПМ$. Генератор высокой частоты $ГВЧ$, питающий эту головку и головку стирания $ГС$, включается и выключается одновременно с усилителем $УЗ$. При дальнейшем движении ленты сигналы воспроизводятся головкой $ГВ$, поступают на усилитель воспроизведения $УВ$ и выходят на оконечный переключатель $П_1$.

Каналы записи и воспроизведения, работающие одновременно, образуют сквозной канал магнитофона. При наличии сквозного канала можно контролировать качество записи непосредственно в процессе ее выполнения (с запаздыва-

нием, равным времени движения ленты от головки записи к воспроизводящей головке), производить необходимую корректировку уровня и т. д.

С помощью переключателя Π_2 в процессе записи можно производить сопоставимый контроль, т. е. сопоставлять звучание на входе и на выходе магнитофона. Качественный сопоставимый контроль возможен при одинаковых уровнях сигналов, для чего регуляторы усиления в каждом усилителе ставятся в соответствующее положение. Мощный усилитель и громкоговоритель в блок-схему не включены,

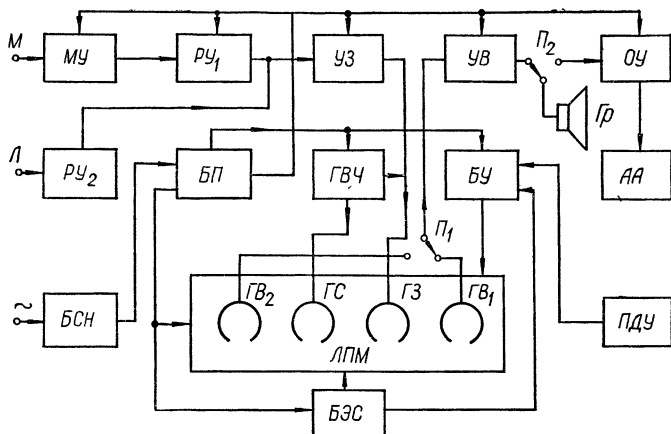


Рис. 8. Блок-схема высококачественного профессионального магнитофона:
 $РУ_1, РУ_2$ — регуляторы уровней

так как в профессиональной аппаратуре они размещаются в отдельном акустическом агрегате. Рассмотренная схема имеет минимальное количество переключающих устройств.

Высококачественные стационарные профессиональные магнитофоны выполняются по блок-схеме, подобной приведенной на рис. 8.

Для повышения качественных показателей и для создания бóльших эксплуатационных удобств в блок-схему дополнительно введены некоторые устройства. Так, воспроизведенные сигналы могут прослушиваться не только на собственном громкоговорителе, но и на вынесенном акустическом агрегате АА с мощным оконечным усилителем ОУ. Качественные показатели лентопротяжного механизма

улучшаются введением блока электронной стабилизации скорости движения ленты *БЭС*. Магнитофон питается через блок стабилизации напряжения *БСН*, подающий стабильное напряжение на блок питания *БП*. Все функции управления режимами работы блоков схемы и контроль выполняет блок автоматики и управления *БУ*. Этот же блок

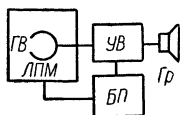


Рис. 9. Блок-схема воспроизводящего магнитофона.

открывает вход усилителя записи только после того, как в лентопротяжном механизме окончатся переходные процессы и лента достигнет номинальной скорости движения. Кроме того, блок автоматики выполняет блокировочные функции при неправильном включении какого-либо режима. Пульт дистанционного управления *ПДУ* также связан с блоком автоматики.

Наличие второй воспроизводящей головки *ГВ₂*, расположенной перед головкой стирания, позволяет в режиме записи прослушивать стираемую запись, а также вести перезапись стираемой программы на другой магнитофон. Обе головки — *ГВ₁* и *ГВ₂* — идентичны по параметрам и могут подключаться к усилителю воспроизведения поочередно с помощью переключателя *П₁*. Четкое распределение функций и блочная конструкция подобного аппарата обеспечивают удобство изготовления, настройки и эксплуатации.

Блок-схема одного из специальных магнитофонов показана на рис. 9. Этот аппарат рассчитан только на воспроизведение записей и применяется, например, для передачи радиопозывных, реклам, справок, для трансляции в поездах, в качестве автоответчика и т. д. Особенно удобны такие магнитофоны, если в них вместо двух кассет с конечным отрезком ленты используется отрезок ленты *1*, склеенной в кольцо (рис. 10), которое помещается на специальной кассете. Запись, выполненная на таком кольце, может воспроизводиться с многократным повторением при установке переключателя *П₁* в положение анализа *А*, причем время

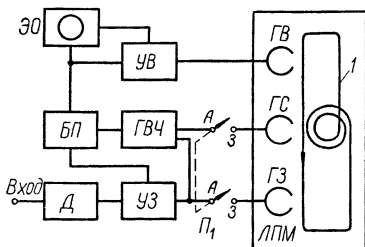


Рис. 10. Блок-схема кольцевого магнитофона.

одного цикла воспроизведения зависит от длины кольца ленты и скорости ее протягивания. При многократном воспроизведении можно изучать на электронном осциллографе быстротекающие и случайные процессы.

Рассмотренная схема используется также в качестве линии задержки, для чего переключатель Π_1 ставится в положение задержки \mathcal{Z} . Задержка сигнала обеспечивается за счет времени прохождения записанного сигнала от головки $\Gamma\mathcal{Z}$ до головки $\Gamma\mathcal{B}$, после чего эта запись стирается головкой $\Gamma\mathcal{C}$. Время задержки определяется соотношением

$$\tau = \frac{l}{V_{\text{ср}}}, \quad (1-12)$$

где l — длина ленты между головками $\Gamma\mathcal{Z}$ и $\Gamma\mathcal{B}$, см, $V_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения ленты, см/сек.

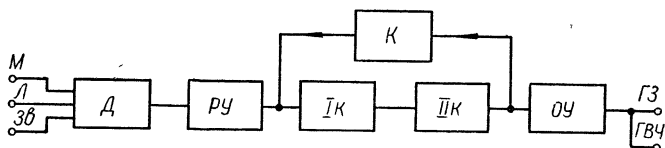


Рис. 11. Функциональная схема усилителя записи с частотной коррекцией в цепи обратной связи.
 I_k , II_k — первый и второй каскады усиления, K — устройство коррекции.

После определения состава блок-схемы прорабатываются основные технические требования, которым должны удовлетворять входящие в нее блоки. Затем приступают к проработке их функциональных схем. Так, если по блок-схеме установлены входной и выходной сигналы, диапазон частот, уровень коррекции и коэффициент нелинейных искажений для усилителя записи, то, составив для него функциональную схему, подобную рис. 11, уточняют предварительные данные каждого функционального узла, выбирают тип и количество усилительных элементов, напряжение и мощность питания и т. д. Результатом проработки функциональной схемы любого радиотехнического блока является его принципиальная электрическая схема.

Исходя из времени непрерывной записи, допустимых искажений в процессе протягивания ленты, требуемой надежности, эксплуатационных удобств, составляется функциональная схема лентопротяжного механизма. На рис. 12 представлена функциональная схема лентопротяжного ме-

ханизма бытового магнитофона. Лента 1 протягивается ведущим узлом ВУ. Левому и правому боковым узлам (ЛБУ и ПБУ), выполняющим функции подтормаживания и подмотки ленты, вращающий момент передается от ведущего узла. Блок головок БГ (универсальная и стирающая) имеет выход на универсальный усилитель УУ и высокочастотный генератор ГВЧ. Узлы механизма управляются от станции управления СУ.

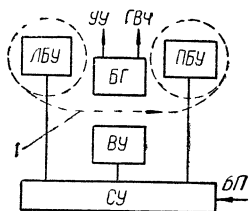


Рис. 12 Функциональная схема лентопротяжного механизма бытового магнитофона.

Для этого собственные двигатели. При отсутствии связи ведущего узла с боковыми устраняется их взаимное влияние и существенно повышаются качественные показатели. Блок головок БГ, состоящий из головок стирания, записи и воспроизведения, имеет выходы на высокочастотный генератор, усилитель записи, усилитель воспроизведения.

Для поддержания неизменного натяжения ленты введен узел стабилизации натяжения СН.

В схеме имеется счетчик метража ленты СМ. Показания счетчика могут дублироваться на пульте дистанционного управления ПДУ аппарата. При окончании ленты на кассете или при ее обрыве механизм автоматически останавливается датчиком обрыва ДО. Сигнал обрыва дублируется на ПДУ. Благодаря отсутствию механических связей в системе управления можно применить надежное и удобное в эксплуатации электрическое управление механизмом при помощи станции управления СУ. Результатом проработки функциональной схемы лентопротяжного меха-

низма профессионального магнитофона показана на рис. 13. Здесь лента протягивается также ведущим узлом ВУ, но подматывают и подтормаживают ленту боковые узлы ЛБУ и ПБУ, имеющие для этого собственные двигатели. При отсутствии связи ведущего узла с боковыми устраняется их взаимное влияние и существенно повышаются качественные показатели. Блок головок БГ, состоящий из головок стирания, записи и воспроизведения, имеет выходы на высокочастотный генератор, усилитель записи, усилитель воспроизведения.

Для поддержания неизменного натяжения ленты введен узел стабилизации натяжения СН. В схеме имеется счетчик метража ленты СМ. Показания счетчика могут дублироваться на пульте дистанционного управления ПДУ аппарата. При окончании ленты на кассете или при ее обрыве механизм автоматически останавливается датчиком обрыва ДО. Сигнал обрыва дублируется на ПДУ. Благодаря отсутствию механических связей в системе управления можно применить надежное и удобное в эксплуатации электрическое управление механизмом при помощи станции управления СУ. Результатом проработки функциональной схемы лентопротяжного меха-

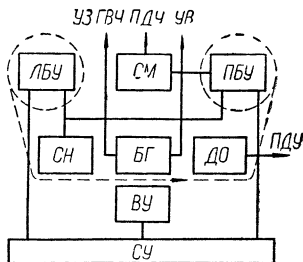


Рис. 13. Функциональная схема лентопротяжного механизма профессионального магнитофона.

низма является его принципиальная электрическая и кинематическая схемы.

Таким образом, в результате разработки блок-схем магнитофонов определяется функциональный состав блоков, их основные механические и электрические параметры, а также проводится предварительная компоновка всего аппарата с определением предварительных габаритно-установочных размеров блоков, их соединений и внешней коммутации.

Предварительная компоновка

Специфика аппаратуры магнитной записи, состоящей из механических и радиотехнических блоков, оказывает существенное влияние на характер разработки схем и конструирование тех или других устройств. Тесная связь элементов лентопротяжного механизма с элементами радиотехнических блоков накладывает жесткие, а подчас и противоречивые требования на разбивку узлов по функциональному принципу и их взаимное расположение. Эти требования обеспечиваются рациональной компоновкой магнитофона, основные положения которой сводятся к следующему:

- технически обоснованные габариты;

- отсутствие взаимных помех блоков;

- расположение всех органов управления и контроля в одном месте, наиболее удобном для оперативной работы;

- обеспечение нормального теплового режима внутри магнитофона и для магнитной ленты, расположенной на несущей панели лентопротяжного механизма;

- удобство доступа ко всем элементам схем и конструкций;

- соответствие внешнего оформления назначению магнитофона.

К требованиям рациональной компоновки магнитофонов относится также удобство сборки, настройки и эксплуатации.

В зависимости от назначения магнитофоны могут выполняться в стойке, в консольном, настольном и чемоданном оформлении. Компоновка магнитофона в виде чемодана используется для переносной аппаратуры (репортерские, бытовые) и предполагает максимальную компактность. На лицевой стороне лентопротяжного механизма располагаются органы управления и сигнализации и кассеты с лентой. На нижней стороне панели ЛПМ размещаются механические узлы и радиотехническая часть, которая для уменьшения

габаритов не разбивается на блоки, а технически грамотно вписывается в компоновку лентопротяжного механизма. Малые габариты чемоданных магнитофонов затрудняют обеспечение удобства монтажа, настройки и ремонта.

Компоновка настольных магнитофонов обеспечивает достаточно хорошие технологические и эксплуатационные возможности. Лентопротяжный механизм располагается горизонтально вверху корпуса, радиотехническая часть, выполненная в виде блоков, размещается под ним. Блок питания устанавливается вблизи стенки корпуса, имеющей вентиляционные отверстия. При консольной конструкции магнитофонов значительно облегчается тепловой режим, уменьшается взаимное влияние блоков и улучшаются акустические показатели. Общие принципы компоновки аналогичны настольным.

Компоновка магнитофонов в виде приборных шкафов (стоек) применяется в кинотехнике, вычислительной технике, телевидении, при автоматизации производственных процессов и в других областях техники. Лентопротяжный механизм обычно размещается вертикально в верхней части шкафа, что обеспечивает удобство зарядки ленты. Усилители размещаются в непосредственной близости от лентопротяжного механизма, автоматика и блоки питания — в нижней части шкафа.

Для создания нормального теплового режима в шкафах применяется естественная и принудительная вентиляция. Следует отметить, что принудительная вентиляция во многих случаях считается нецелесообразной, так как при этом в аппарат засасывается пыль. Кроме того, используемые в вентиляторах мощные электродвигатели иногда служат причиной вибраций, которые могут ухудшать качественные показатели лентопротяжного механизма.

После предварительной компоновки магнитофона, в результате которой определяются его примерные размеры, конструкция междублочного монтажа и уточняются конструктивные особенности блоков, приступают к конструированию и выполнению необходимых расчетов.

ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МАГНИТОФОНОВ

Лентопротяжный механизм выполняет функции транспортирования носителя относительно магнитных головок в основных режимах работы аппарата (запись, воспроизведение) и перемотку носителя во вспомогательных режимах (ускоренный ход вперед и назад).

1. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УЗЛЫ

К основным функциональным узлам лентопротяжного механизма относятся:

ведущий узел;

боковые узлы;

тракт записи — воспроизведения лентопротяжного механизма (магнитные головки, направляющие элементы тракта);

исполнительные устройства (электродвигатели, электромагниты);

органы управления;

узел несущей панели.

Для улучшения отдельных характеристик и расширения оперативных возможностей аппарата, в зависимости от предъявляемых требований, в лентопротяжный механизм могут включаться вспомогательные узлы: стабилизации движения носителя; стабилизации натяжения носителя; быстрого пуска; автоматике и программирования.

Ведущим узлом может быть как электродвигатель, так и отдельный привод (двигатель, маховик с ведущим валом и связывающий их элемент). Для прижатия ленты к ведущему валу в ведущих узлах применяются прижимные ролики, которые включаются механически (тягой, рычагом) или электромагнитом. В последнем случае возможны два варианта: электромагнит прижимает ролик на время рабочего хода, а в остальных режимах электромагнит выключается и ролик отводится пружиной или же во всех режимах ролик отводится включением электромагнита, а при

рабочем ходе прижимается пружиной. Первый вариант более рационален, если электромагнит работает на постоянном токе и не ограничена величина потребляемой мощности.

Если электромагнит питается переменным током, то включение его на время рабочего хода опасно из-за создаваемых им электромагнитных наводок. Поэтому в таких случаях применяют второй вариант, который к тому же более экономичен. При этом в обесточенном аппарате прижимной ролик останется прижатым к ведущему валу, вследствие чего может появиться остаточная деформация эластичной поверхности ролика. Во избежание этого выключатель сети в таких механизмах сочленяется со специальным фиксатором, который отводит прижимной ролик от ведущего вала при выключении сети.

Боковые узлы выполняют вспомогательные функции — подмотку, подтормаживание и перемотку ленты. В качестве боковых узлов могут применяться пассивные элементы, вращаемые при помощи ведущего двигателя, или активные — специальные электродвигатели. В качестве пассивных элементов в боковых узлах применяются либо обычные шкивы, вращаемые ведущим двигателем с помощью пасиков, работающих со скольжением, либо муфты различных конструкций (фрикционные, обгонные, электромагнитные). Режим жесткого сцепления в боковых узлах (при перемотках) осуществляется: для шкивов с пасиками — увеличением их натяжения; для фрикционных муфт — торцовым поджатием ведущей части к ведомой при помощи пружинящего рычага, работающего от соответствующей кнопки управления или паразитным роликом, замыкающим обе половины муфты; для обгонных муфт — реверсированием; для всех электромагнитных — подачей максимального тока в их обмотки. Все боковые узлы снабжаются механическими тормозами, обеспечивающими выполнение режима «Стоп». Тормоза приводятся в действие рычагами, тягами или электромагнитами.

Тракты движения ленты по форме расположения носителя записи различают прямые и петлевые. По конструктивному выполнению различают открытые (без заземления ленты протягивающими элементами), полузакрытые (заземление ленты в одном месте на выходе блока головок) и закрытые (заземление ленты на входе и выходе блока головок) тракты.

Блок головок выполняется как конструктивно закон-

ченный и отрегулированный узел, состоящий из комплекта головок, собранных на общем основании, или отдельных головок, закрепленных непосредственно на панели ЛПМ. Применяются сочетания головок стирания, записи и воспроизведения или стирания и универсальные.

При низких рабочих скоростях (9,53 см/сек и ниже) обычно вводятся устройства прижима ленты к рабочим поверхностям головок. Эти устройства кинематически могут быть связаны как с рычагом прижима ролика к ведущему валу, так и с отдельным электромагнитом. Функции направляющих элементов тракта выполняют стойки, колонки и ролики различных конструкций, которые удерживают ленту на определенной высоте, а также создают ей нужное направление.

Исполнительными устройствами магнитофонов служат электродвигатели и электромагниты. Последние выполняют две основные функции: прижим ролика к ведущему валу и растормаживание боковых узлов. Для прижима ролика к ведущему валу используется мощный электромагнит, а для тормозов — один или два (если тормоза конструктивно не спарены) электромагнита меньшей мощности.

Функции органов управления выполняют механические, электрические или комбинированные переключатели, конструктивно оформленные в кнопочные (клавишные) станции.

Узел несущей панели выполняется в виде жесткого листа или литой фасонной рамы. Часто листовая несущая панель служит также элементом декоративного оформления наружного вида магнитофона. При использовании литых фасонных рам соответствующий внешний вид создается с помощью фальшпанелей из листового металла или пластмассы.

Узлами стабилизации движения ленты могут быть как механические устройства — механические фильтры, так и электрические системы, включающие в себя датчики, частотные дискриминаторы и другие сервосистемы.

Механические устройства являются пассивными элементами, стабилизирующими движение ленты за счет инерционных свойств маховика. Электрические системы, реагируя на неравномерность движения ленты, воздействуют на приводные элементы — соответствующие двигатели — выработанным системой сигналом ошибки, т. е. являются активными стабилизаторами. Электрические стабилизаторы одновременно могут выполнять функции узлов включения записи (открывают вход усилителя записи после достижения

лентой номинальной скорости движения) и, кроме того, могут работать как датчики обрыва ленты.

Узлами стабилизации натяжения ленты служат демпферы — воздушные или масляные, которые связываются с рычагами, прямо или косвенно влияющими на натяжение ленты (натяжные рычаги, рычаги контактов обрыва), специальные автоматически действующие тормоза, которые в рабочем режиме выполняют функции подтормаживающих элементов с автоматическим регулированием натяжения ленты, а также различные электронные следящие системы.

В качестве узлов задержки чаще всего используются цепочки *RC*, обладающие достаточно большой постоянной времени, которые устанавливаются на входе цепи питания электромагнита прижимного ролика. Узлы задержки применяются в аппаратах, имеющих дежурный режим, т. е. режим, когда ведущий вал начинает вращаться при включении аппарата в сеть, а движение ленты осуществляется включением прижимного ролика, что обеспечивает сокращение времени пуска аппарата. При переключении аппарата с дежурного на рабочий режим питание подается одновременно на боковые двигатели и на электромагнит прижимного ролика. Наличие цепочки *RC* приводит к тому, что электромагнит срабатывает и прижимает ленту к вращающемуся ведущему валу с некоторой задержкой (порядка 0,1—0,3 сек) по отношению к боковым двигателям, давая возможность им набрать нужное число оборотов. Это исключает образование петли и рывков ленты, а также ее обрыв. Время задержки выбирается примерно равным времени разгона подматывающего двигателя до скорости подмотки.

К узлам автоматики относятся датчики обрыва ленты (электромеханические, электрические), указатели начала и конца ленты, счетчики метража и программирующие устройства, срабатывающие от импульсов фотодатчиков или от специальных сигналов, записанных на ленте, и обеспечивающие заданный порядок работы лентопротяжного механизма.

2. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Все рассмотренные узлы находятся в соответствующих взаимосвязях, которые определяются кинематической схемой лентопротяжного механизма и изменяются в зависимости от режима его работы. Лентопротяжные механизмы

могут иметь определенное количество основных и вспомогательных режимов работы и, кроме того, в зависимости от требований, могут иметь один или несколько дополнительных режимов.

К основным режимам работы относятся: режимы рабочего хода (запись и воспроизведение) и режим «Стоп». Вспомогательными являются режимы ускоренных ходов — вперед и назад (при этом воспроизведение или запись не производятся). Дополнительные режимы могут расширять оперативные возможности аппарата, облегчать обслуживание и т. д. К ним относятся: дежурный режим, режим повторения, трюковые режимы и др. Переход от одного режима работы к другому вследствие инерционности вращающихся частей механизма, как правило, выполняется через режим «Стоп». В зависимости от технических требований к магнитофонам лентопротяжные механизмы различают по:

- группам магнитофонов;
- количеству режимов работы;
- количеству рабочих скоростей;
- емкости носителя записи;
- количеству двигателей;
- типу ведущего узла;
- способу протягивания ленты;
- форме тракта движения ленты;
- способу управления.

В зависимости от назначения лентопротяжные механизмы могут быть построены по различным кинематическим схемам и конструктивным вариантам, но все они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

получению механических и электрических характеристик с заданной точностью;

обеспечению всех режимов работы с минимальным количеством подвижных элементов;

постоянству заданных параметров при длительной эксплуатации,

простоте и удобству регулировки, настройки, ремонта;

исключению вредных влияний одного узла на другой;

возможности компоновки лентопротяжного механизма

из функционально и конструктивно законченных узлов,

высокой надежности элементов схемы и конструкции.

Выбор тех или других элементов в качестве узлов ЛПМ определяется не только из соображений получения наилучших механических и электрических показателей, высокой

надежности, эксплуатационных удобств, но и с учетом таких не менее важных факторов, как стоимость, габариты, вес, технологичность, унификация, которые в отдельных случаях могут быть доминирующими при конструировании данного ЛПМ. Так, например, рабочие скорости в лентопротяжном механизме бытового магнитофона целесообразно переключать сменой насадок, перемещением паразитного ролика по ступенчатому шкиву на валу двигателя либо другим механическим способом. В механизмах профессиональной аппаратуры для этих целей применяются относительно

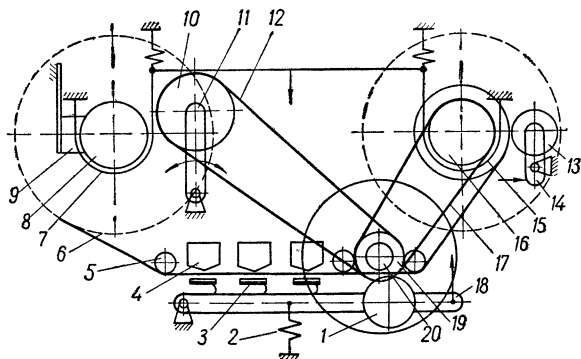


Рис. 14. Кинематическая схема одномоторного ЛПМ с непосредственным приводом ведущего вала.

дорогие многоскоростные двигатели. В этих же аппаратах для надежного и оперативного выполнения режимов лентопротяжные механизмы строятся по трехмоторной кинематической схеме, в то время как механизмы бытовых магнитофонов выполняются по одно- и реже двухмоторной схеме. При конструировании портативных магнитофонов обычно снижают некоторые параметры (по сравнению со стационарными) из соображений минимальных габаритов и веса, а в батарейных — еще и из-за экономичности питания. Рассмотрим наиболее распространенные кинематические схемы.

Простая кинематическая схема одномоторного лентопротяжного механизма с непосредственным приводом ведущего вала, прямым трактом движения ленты и механическим управлением показана на рис. 14.

Ведущим валом служит непосредственно вал двигателя 20. Прижимной ролик 1 находится на подвижном рычаге 18, который связан тягами с кнопками «Запись» и «Воспроизведение» станции управления, а также с возвратной пружиной 2. На рычаге укреплен кронштейн с прижимными фетровыми подушками 3. Левый боковой узел 8 выполнен в виде шкива, к которому постоянно прижат колодочный тормоз 9. Правый боковой узел 16 является фрикционной муфтой, ведущая часть которой постоянно связана пасиком 17 со шкивом 19 электродвигателя. Возле боковых узлов на поворотных рычагах 11 и 14 имеются паразитные обрезиненные ролики 10 и 13. Ролик 10 связан пасиком 12 со шкивом электродвигателя. Поворотные рычаги 11 и 14 связаны с кнопками управления «Ускоренный ход вперед» и «Ускоренный ход назад». Шкив левого бокового узла и ведомая часть муфты правого бокового узла охвачены ленточными тормозами 7 и 15, которые включаются кнопкой управления «Стоп». На подкассетниках боковых узлов расположены кассеты с носителем 6, который направляется по тракту стойками 5 мимо магнитных головок 4.

Схема работает следующим образом: в режиме «Стоп» электродвигатель выключен, все рычаги отпущены, а боковые узлы заторможены. При нажатии кнопок «Запись» или «Воспроизведение» отводятся тормоза 7 и 15 боковых узлов, включается электродвигатель, а прижимной ролик вводится в зацепление с ведущим валом. При этом лента, сматываясь с подающей кассеты левого бокового узла, протягивается мимо головок и наматывается на приемную кассету правого узла. Необходимое натяжение ленты у головок создается за счет подтормаживающего усилия колодочного тормоза, а плотность намотки ленты на правую кассету зависит от величины момента, передаваемого на ведомую часть муфты.

При включении кнопки «Ускоренный ход вперед» ролик 13 замыкает обе части муфты, вследствие чего лента движется с большой скоростью. Поскольку при этом прижимной ролик отведен от ведущего вала, натяжение ленты обеспечивается тормозом 9. Нажатием кнопки «Ускоренный ход назад» вводится в зацепление со шкивом левого узла ролик 10, вращаемый от электродвигателя, который преодолевает усилие тормоза 9 и перематывает ленту в обратном направлении. Так как при этом ролик 13 отведен, то из-за проскальзывания в муфте создается нужное натяжение пере-

матываемой ленты. Описываемый механизм может иметь дополнительные рабочие скорости за счет съемных насадок, одеваемых на ведущий вал.

Вследствие своей простоты данная кинематическая схема широко применяется в массовых и любительских магнитофонах. Основные ее недостатки: выполнение ведущего вала заодно с валом электродвигателя; наличие фрикционной муфты; большое количество подвижных элементов; необходимость в специальном тихоходном двигателе.

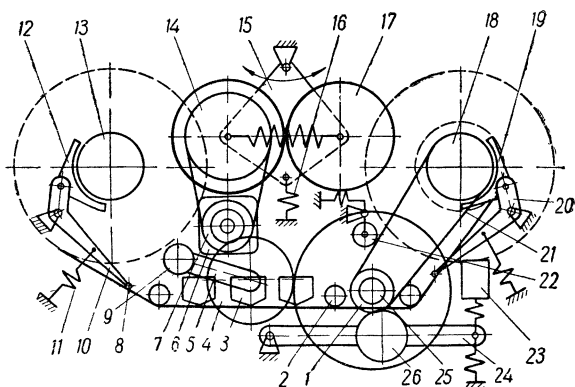


Рис. 15 Кинематическая схема одномоторного ЛПМ со стабилизацией натяжения ленты

На рис. 15 показана кинематическая схема также одномоторного лентопротяжного механизма, но кинематические связи в ней решены по-иному. Здесь используется косвенный привод ведущего вала 25 с маховиком от электродвигателя 6 при помощи паразитного ролика 4, находящегося на рычаге 5. При таком выполнении ведущего узла в механизме может быть применен быстроходный синхронный или асинхронный двигатель.

На вал электродвигателя насажен ступенчатый шкив 7. При вертикальном (осевом) перемещении рычага 5 с роликом по оси отводной поворотной ручки 9, выведенной на панель управления, можно получить несколько значений рабочих скоростей (по количеству ступеней шкива 7), что исключает применение для этих целей сменных насадок, увеличивающих детонацию и неудобных в эксплуатации. Лента к веду-

щему валу прижимается роликом 26, который установлен на рычаге 24 и включается электромагнитом 23.

Вместо ленточных и колодочных тормозов на обоих боковых узлах 13 и 18 применены идентичные дифференциальные тормоза 12 и 19, которые в зависимости от режима работают как тормоза остановки, как подтормаживающие элементы и как регуляторы натяжения ленты. Лента направляется по тракту стойками 2, проходит по следящим штырям 8 тормозных рычагов 10 и 20 мимо головок 3. Шкив правого бокового узла связан со шкивом 1 ведущего вала пасиком 21. Отсутствие фрикционных муфт является преимуществом описываемой схемы. В режиме «Стоп» тормоза, работая на заклинивание в сторону возможного сматывания ленты, предохраняют ее от провисания или образования петли.

При нажатии кнопки «Запись» или «Воспроизведение» включается электродвигатель 6, прижимной ролик подводится к ведущему валу и отводится рычаг 20. При этом растормаживается правый боковой узел и пасик 21, работающий с проскальзыванием на шкиве 1 за счет слабого натяжения от ролика 22, осуществляет подмотку ленты. Лента, протягиваемая ведущим валом, действует на штырь 8 рычага 10, вследствие чего начинается растормаживание левого бокового узла. Однако полностью тормозное усилие не снимается, так как при уменьшении натяжения ленты ниже установленного значения на участке левый узел — ведущий вал рычаг 10 возвращается пружиной 11 в исходное положение. Таким образом, в режимах рабочего хода усилие подтормаживания и усилие натяжения ленты находятся в динамическом равновесии.

При выполнении режимов ускоренных ходов вперед и назад после нажатия соответствующей кнопки планка 15 с роликами 14 и 17, удерживаемая в нейтральном положении пружиной 16, вводится в зацепление со шкивами левого или правого бокового узла (соответственно направлению ускоренного хода). Одновременно растормаживается приемный (в данном режиме) боковой узел. При этом натяжение пасика 21 убирается отводом ролика 22, а подтормаживание осуществляется тормозом подающего бокового узла так же, как и в режимах рабочего хода.

К недостаткам данной схемы относится наличие большого количества подвижных элементов и необходимость тщательного изготовления и регулировки тормозных устройств

Более простая кинематическая схема одно моторного ЛПМ с использованием электромагнитных муфт в качестве боковых узлов показана на рис. 16. Электромагнитные муфты 3 и 6, являющиеся левым и правым боковыми узлами, идентичны по конструкции. Их ведущие части посредством пасика 4 связаны со шкивом 8 ведущего вала 9, укрепленного на валу двигателя. В режимах рабочего хода при прижатом к ведущему валу ролике 1 лента 2 подтормаживается левым и подматывается правым узлами за счет мягкого сцепления ведущих и ведомых частей муфт Сцепление,

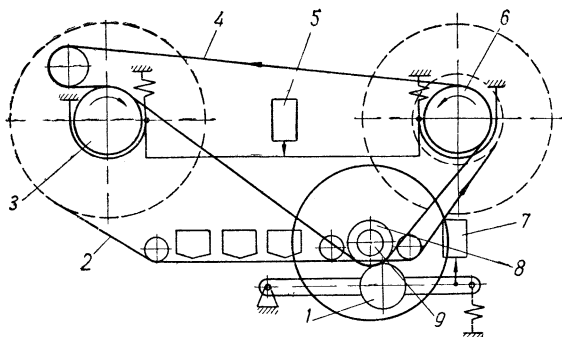


Рис 16 Кинематическая схема одно моторного ЛПМ с электромагнитными муфтами.

а следовательно, и натяжение ленты определяется величиной тока, питающего обмотки муфт. Режимы ускоренных ходов вперед или назад получаются при жестком сцеплении правой или левой муфты, создаваемом подачей максимального тока в их обмотки. В подтормаживающей муфте одновременно создается мягкое сцепление.

При низких скоростях протягивания (порядка $9,53 \text{ см/сек}$ и ниже), когда не требуется большое натяжение ленты на участке левый узел — ведущий вал, а также в связи с обязательным при таких скоростях прижимом ленты к головкам, подтормаживание электрическим током практически теряет смысл. В таких случаях подтормаживание в режимах рабочего хода часто осуществляют обесточенной муфтой за счет собственного веса кассеты с лентой и ведомой части муфты, причем натяжение ленты будет сохраняться примерно постоянным, так как при уменьшении радиуса намотки снижается и вес кассеты.

Применяя электромагнитные муфты в качестве боковых узлов, можно перейти к электрическому управлению механизмом, что также во многом упрощает конструкцию. Для чисто электрического управления описываемой схемой прижим ролика к ведущему валу и растормаживание ведомых частей электромагнитных муфт осуществляется электромагнитами 7 и 5.

Основным недостатком одномоторных ЛПМ является наличие кинематической связи между ведущим валом и боковыми узлами в режимах рабочего хода. Такая связь

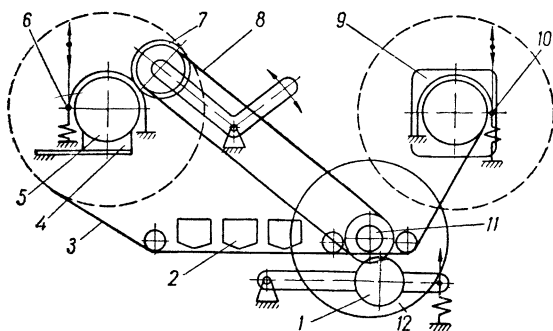


Рис. 17. Кинематическая схема двухмоторного ЛПМ с паразитным роликом в подающем узле.

уменьшает стабилизирующие свойства маховика и вызывает дополнительные рывки, обусловленные биением боковых узлов и связывающих элементов (пасиков, роликов).

Кинематическая схема двухмоторного лентопротяжного механизма (рис. 17) свободна от указанного недостатка, так как здесь лента 3 в режимах рабочего хода подматывается электродвигателем 9 с мягкой характеристикой, который не связан с ведущим узлом.

Рабочий ход выполняется включением ведущего электродвигателя 12, прижимом ленты к головкам 2 и ролика 1 к ведущему валу 11 и включением электродвигателя 9 на неполное напряжение, достаточное для подмотки ленты. Подающий боковой узел 5, выполненный в виде гладкого шкива, подтормаживается подушкой 4.

Для ускоренного хода вперед на подматывающий двигатель подается номинальное напряжение, вследствие чего он

В режимах ускоренных ходов прижимной ролик отведен, на двигатель 11 подается номинальное напряжение и вводятся в зацепление ролики 5 и 8 в зависимости от направления ускоренного хода. Подающие кассеты в любом режиме подтормаживаются тормозными подушками.

Из рассмотрения кинематических схем одно- и двухмоторных лентопротяжных механизмов видно, что для выполнения различных режимов в них вводится значительное количество вспомогательных элементов — роликов, пасиков, шкивов, рычагов, пружин и т. д. Все эти узлы услож-

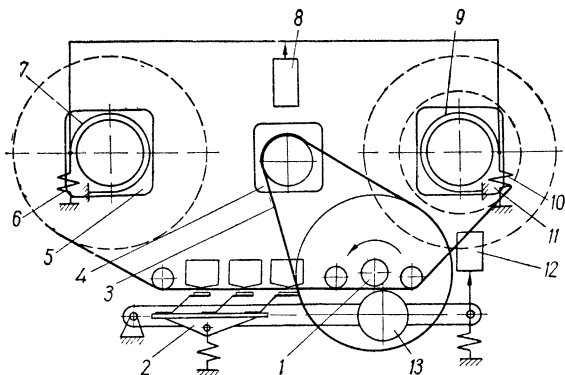


Рис. 19. Кинематическая схема трехмоторного ЛПМ профессионального магнитофона.

няют схему и, сравнительно быстро изнашиваясь, существенно снижают надежность магнитофона. Кроме того, в одно- и двухмоторных магнитофонах ведущий двигатель обычно используется во всех или в нескольких режимах, что также нерационально. Одно- и двухмоторные схемы сравнительно редко применяются в механизмах, рассчитанных на кассеты большой емкости, поскольку для оперативной работы в таких механизмах необходимы электродвигатели повышенной мощности. Поэтому в профессиональной аппаратуре, требующей, как правило, более высокой надежности, стабильности, оперативности в работе и емкости записи, лентопротяжные механизмы строятся по трехмоторной кинематической схеме. Одна из таких схем, представленная на рис. 19, получила название «классической» кинематической схемы ЛПМ, поскольку она наиболее проста в кинематическом и конструктивном отношениях.

Лентопротяжный механизм состоит из ведущего двигателя 4, связанного с маховиком ведущего вала 1 пасиком 3, боковых двигателей 5 и 11 с подкассетниками, ленточными тормозами 7 и 9 и растормаживающим электромагнитом 8, узла прижимного ролика 13 с электромагнитом прижима 12, устройства прижима ленты 2, связанного кинематически с узлом прижимного ролика, и системы управления.

Схема работает следующим образом: при нажатии клавиши «Запись» или «Воспроизведение» включается ведущий и боковые электродвигатели, растормаживающий и прижимной электромагниты. Одновременно приводится в рабочее положение система прижима ленты к головкам. При этом лента, сматываясь с кассеты левого двигателя, поступает на блок головок, проходит между ведущим валом и прижимным роликом и наматывается на кассету правого двигателя. Необходимое натяжение ленты до и после ведущего вала регулируется величиной напряжения, питающего обмотки боковых двигателей. В рассматриваемом режиме напряжение на обоих двигателях одинаково и примерно равно половине номинального.

В режиме ускоренного хода вперед включается электромагнит 8, растормаживающий подкассетники, на правый двигатель подается номинальное напряжение, а на левый — небольшое (порядка 25% от номинального) подтормаживающее напряжение. Поскольку электромагнит 12 обесточен, прижимной ролик и система прижима к головкам отведены возвратными пружинами и лента перематывается свободно со скоростью 4—8 м/сек.

Для выполнения ускоренного хода назад номинальное напряжение подается на левый двигатель, а подтормаживающее — на правый. В режиме «Стоп» все узлы обесточены, а подкассетники схвачены тормозами при помощи возвратных пружин 6, 10, что исключает возможность самопроизвольного проворачивания кассет и образования петель или обрывов ленты.

Описанная кинематическая схема в таком упрощенном выполнении, как она показана на рис. 19, применяется относительно редко, так как возможности трехмоторной схемы используются значительно шире при введении в нее ряда вспомогательных узлов.

Постоянство скорости движения ленты зависит не только от стабильной работы ведущего узла, но и от изменения натяжения ленты боковыми двигателями. Если вращающие

моменты этих двигателей постоянны, то натяжение ленты меняется обратно пропорционально радиусам намотки. Необходимо отметить, что изменение натяжения ленты в зависимости от диаметра рулона наблюдается также и в рассмотренных одномоторных механизмах (за исключением механизма с регулировкой натяжения за счет собственного веса кассеты). Однако изменение натяжения ленты в одномоторных магнитофонах менее важно, так как у них ниже требования к стабильности скорости. Кроме того, одномоторные механизмы обычно работают с кассетами меньшей емкости, что также уменьшает перепад натяжений.

Изменение скорости протягивания ленты от начала к концу рулона за счет изменения ее натяжения может достигать величины 2—5%, что не всегда допустимо. Поэтому боковые узлы иногда дополняются устройствами коррекции натяжения ленты. Коррекция достигается изменением натяжения на боковых двигателях.

Изменение натяжения ленты может определяться непосредственно, например, слежением при помощи чувствительного рычага, связанного с потенциометром или фотодатчиком, либо косвенно — измерением диаметра намотки рулона ленты. Для получения хорошего корректирующего эффекта питающее напряжение должно изменяться плавно и в точном соответствии с законом изменения корректируемого момента. Это достигается специальными электронными устройствами.

Для уменьшения детонации, кроме основного маховика, устанавливаемого на ведущий вал, в лентопротяжный механизм иногда вводят дополнительные стабилизаторы движения ленты — механические фильтры, выполненные в виде обводных роликов с маховиками.

Установленные между ведущим валом и подающим двигателем на входе блока головок маховики, приводимые во вращение протягиваемой лентой, способствуют гашению колебаний скорости движения ленты, вызываемых биением подающего узла и другими факторами.

При наличии в лентопротяжных механизмах датчиков обрыва рычажного типа для исключения ложных срабатываний при случайных всплесках ленты качание их рычагов стабилизируется демпферами. Демпферы устанавливаются также и на рычагах прижима ролика к ведущему валу для уменьшения динамического удара прижимного ролика.

Использование в кинематической схеме ЛПМ трех двигателей освобождает ведущий узел от влияния боковых узлов, что дает возможность получить лентопротяжный механизм с более высокими качественными показателями.

В любом лентопротяжном механизме с наибольшей точностью следует изготавливать ведущий узел. Боковые узлы могут быть выполнены с меньшей точностью, поскольку на валы боковых двигателей одеваются кассеты, обычно имеющие значительное радиальное биение посадочных отверстий относительно бобышек и некоторый гарантийный зазор между валом подкассетника и посадочным отверстием кассеты. Кроме того, всегда имеет место неконцентричность намотки рулона ленты. Поэтому в трехмоторных механизмах с широко распространенным прямым трактом движения ленты, хотя и отсутствует связь ведущего узла с боковыми, но влияние боковых узлов на равномерность движения ленты полностью не устраняется. Даже при введении в такой тракт различных стабилизирующих элементов неравномерность работы боковых узлов заметно сказывается на характере движения ленты у магнитных головок.

Необходимость получения еще более высоких качественных показателей аппаратуры магнитной записи привела к созданию лентопротяжных механизмов с закрытым (изолированным) трактом движения ленты (рис. 20).

Улучшение параметров достигается изоляцией участка ленты 6, соприкасающегося с головками, двумя прижимными роликами 9 и 15, вследствие чего резко уменьшается влияние боковых узлов, рычагов контактов обрыва и других элементов, которые могут нарушать равномерность движения ленты. Кроме того, два прижимных ролика уменьшают радиальную нагрузку на подшипники ведущего вала. Равномерное натяжение ленты на участке блока головок создается натяжными рычагами с роликами 2 и 21 при помощи пружин 3 и 20, усилие натяжения которых регулируется. Для создания достаточного угла охвата головок и относительного уменьшения радиального биения ведущий вал 13 несколько увеличен в диаметре. Обводной ролик 12 изготавливается с такой же точностью, как и ведущий вал.

Для уменьшения детонации важно также отсутствие затирания ленты по торцам, для чего все ролики выполняются гладкими (без направляющих буртов). Единственным элементом, направляющим ленту в вертикальной плоскости,

служит колодка 22, имеющая по бокам направляющие пазы, обработанные точно по ширине ленты.

К недостаткам схемы следует отнести некоторое усложнение зарядки ленты из-за специальной формы тракта, а также необходимость изготовления большого числа деталей с высокой точностью.

Развитие техники магнитной записи в последнее время способствовало созданию ряда различных конструкций ЛПМ, представляющих комбинации основных кинемати-

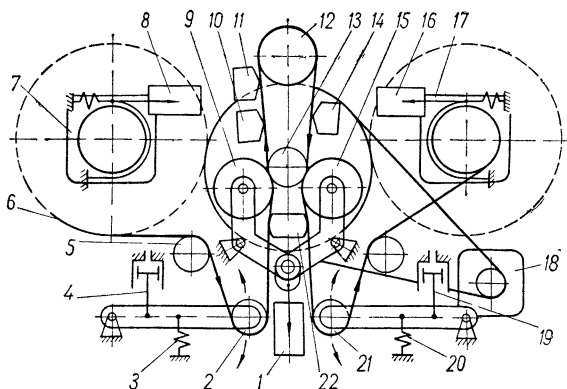


Рис. 20. Кинематическая схема трехмоторного ЛПМ с закрытым (изолированным) трактом:

1 — электромагнит прижимного ролика, 2, 21 — натяжные рычаги с роликами, 3, 20 — пружины, 4, 19 — демпферы, 5 — направляющий ролик, 6 — лента, 7, 17 — боковые электродвигатели, 8, 16 — растормаживающие электромагниты, 9, 15 — прижимные ролики, 10, 11, 14 — головки, 12 — обводной ролик, 13 — ведущий вал; 18 — ведущий двигатель, 22 — направляющая колодка

ческих схем, получивших при этом новые качества. Так, например, для увеличения длительности непрерывной работы магнитофона применяют лентопротяжные механизмы, выполненные по спаренной кинематической схеме (рис 21), состоящей из двух полукомплектов — левого и правого. В этом механизме один ведущий вал 1 ведет ленту в двух независимых трактах, каждый из которых имеет свои подающие и приемные узлы, прижимные ролики и блоки головок. Направление движения ленты — встречное (как указано стрелками).

Схема работает следующим образом: при включении ведущего двигателя 6, прижимного электромагнита 5, растор-

маживающего электромагнита 3 и боковых двигателей 2 и 4 левая половина схемы работает как обыкновенный трехмоторный лентопротяжный механизм. Правая половина схемы в это время находится в режиме «Стоп». При подходе ленты на левом полукомплекте к концу срабатывают концевые выключатели, включающие правую половину схемы — электромагниты 8 и 10, двигатели 7 и 9, вследствие чего правая половина схемы начинает работать как самостоятель-

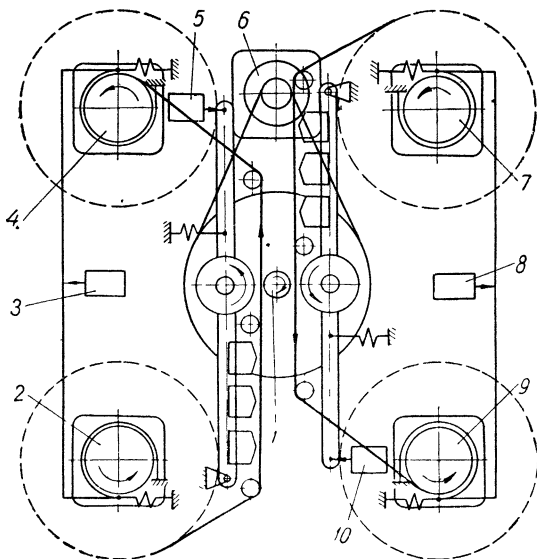


Рис. 21. Кинематическая схема спаренного ЛПМ

ный трехмоторный механизм — от того же ведущего вала. Левый полукомплект переходит в режим «Стоп» не сразу после включения правого полукомплекта, а с некоторым запаздыванием, обеспечивающим перекрытие записи, что исключает ее потери во время перехода на правый полукомплект. Во время работы правого полукомплекта на левом перезаряжаются кассеты, затем процесс перехода повторяется в обратном порядке. В рассмотренном механизме используется один ведущий узел для осуществления непрерывной работы на обоих полукомплектах. При одновременном включении полукомплектов возможно вести двухпрограммную запись и воспроизведение или перезапись с одного полукомплекта на другой.

Применяя в данной схеме ступенчатый ведущий вал (два или более рабочих диаметра) при соответственно разновысотном размещении полукомплектов, можно производить высококачественное транспонирование записей на одном магнитофоне.

При протягивании носителей записи обоих полукомплектов ведущим валом одного и того же диаметра перезапись выполняется на одинаковых скоростях с идентичными пара-

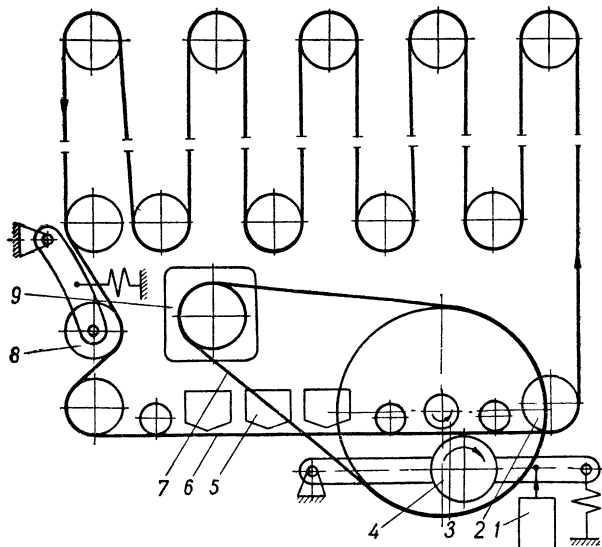


Рис. 22. Кинематическая схема петлевого ЛПМ.

метрами (номинальная скорость, детонация и пр.). Указанные преимущества практически не могут быть получены при перезаписи с помощью двух отдельных магнитофонов ввиду неоднозначного разброса их механических параметров.

Кроме обычных ЛПМ, работающих с лентой конечной длины, намотанной на кассеты, широко применяются ЛПМ для многократного повторения записанных сигналов, работающие с отрезком ленты, склеенным в кольцо. Кинематическая схема такого лентопротяжного механизма показана на рис. 22.

Ведущий двигатель 9 при помощи пасика 7 вращает ведущий вал 3, к которому электромагнитом 1 прижат

обрезиненный ролик 4, вследствие чего кольцо ленты 6, расположенное на обводных роликах 2, протягивается мимо блока головок 5. Натяжение ленты, необходимое для контакта ее с головками, создается при высоких скоростях протягивания (76,2 и 38,1 см/сек) натяжным роликом 8, а при малых скоростях — еще и дополнительной системой прижима.

Так как в этих механизмах имеются только режимы рабочего хода и «Стоп», их кинематические схемы существенно упрощаются. Отсутствие боковых узлов придает системе малую инерционность и при постоянно вращающемся ведущем вале (дежурный режим) можно производить пуск и остановку кольца ленты за промежуток времени, измеряемый временем срабатывания коммутирующих и исполнительных элементов (реле, электромагнитов). Для записи сигналов включаются стирающая и записывающая головки на время, несколько меньшее одного цикла (во избежание наложения сигналов), после чего указанные головки отключаются. Многократное воспроизведение записи осуществляется включением воспроизводящей головки при работающем ЛПМ.

Одним из применений лентопротяжного механизма с кольцевой лентой является использование его в качестве устройства задержки электрических сигналов. Так как в ЛПМ отсутствуют боковые узлы, скорость протягивания, а следовательно, и время задержки могут быть выдержаны с большой точностью.

Описываемый лентопротяжный механизм состоит из обыкновенного ведущего узла, несущей панели с направляющими элементами и трактом для размещения кольца ленты. Поскольку габариты ведущего узла кольцевого лентопротяжного механизма обычно невелики, размеры и конструкция такого ЛПМ в основном определяются длиной кольца ленты. Кольцо, состоящее из отрезка ленты длиной 1—5 м, обычно размещается на лабиринте из нескольких обводных роликов, расположенных на несущей панели ЛПМ, как указано на рис. 22. Если кольцо имеет длину до 10 м и более, располагать его на роликах нецелесообразно, так как несущая панель получается чрезмерно больших габаритов. Такие кольца размещают на специальных кассетах.

Одна из конструкций кассеты показана на рис. 23. На жестком диске 1 радиально расположен ряд свободно вращающихся роликов 2 с буртами для удерживания ленты. На кронштейне 4 имеется выводной ролик 3, расположенный

параллельно плоскости диска. Для установки на подкасетник ЛПМ кассета имеет в центре втулку 5. Лента 6 наматывается без натяжения на радиально расположенные ролики, создающие как бы бобышку кассеты, причем внутренний конец рулона выводится по горизонтально расположенному ролику 3 и по окончании намотки склеивается с наружным концом. При работе кассеты происходит вытягивание ленты изнутри рулона, выворачивание и подъем ее роликом 3 на высоту для перехода через рулон, наклонный спуск до направляющего ролика на входе блока головок, протягивание по тракту и намотка на наружный диаметр рулона.

Так как лента при переходе через рулон и на входе в тракт лентопротяжного механизма изгибается в своей плоскости, необходимо достаточно большое расстояние от выхода кассеты до направляющего элемента тракта ЛПМ, иначе возможно смятие ленты и ее обрыв.

Поскольку скорость протягивания постоянная, а каждый слой ленты в рулоне отличается от соседнего по диаметру на две толщины ленты, то в процессе работы происходит взаимное проскальзывание и трение слоев ленты.

Чем больше разница между внутренним и внешним диаметрами намотки, тем больше трение. При плотной намотке взаимное трение слоев может быть настолько велико, что лента обрывается. Для уменьшения трения применяют ленту с полированной поверхностью рабочего слоя и наматывают ее на ролики без натяжения, а в случае больших емкостей рулона — дополнительно смазывают ленту графитовой смазкой, которая почти не ухудшает динамический диапазон (не более 2—3 дб), но заметно уменьшает трение. Кассета удовлетворительно работает при низких скоростях с емкостью ленты до 30 м. К основным преимуществам кольцевых кассет по сравнению с лабиринтом

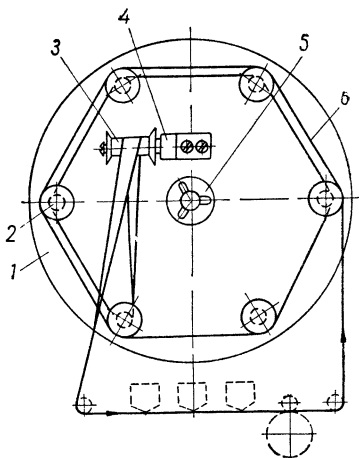


Рис. 23 Кольцевая кассета с выводным роликом

роликов относятся сравнительно большие емкости носителя и возможность работы с любым магнитофоном. Для этого кассета ставится на подкассетник бокового узла, который должен быть заторможен.

К недостаткам кольцевых кассет относятся: ухудшение детонации, наличие изгиба ленты в ее плоскости, из-за чего в таких кассетах практически невозможно применять ленту шире 6,25 мм, а также взаимное проскальзывание и трение слоев ленты в рулоне.

В случаях, когда плавное изменение скорости протягивания несущественно, а основным является вопрос сохранения той скорости при воспроизведении, с которой записы-

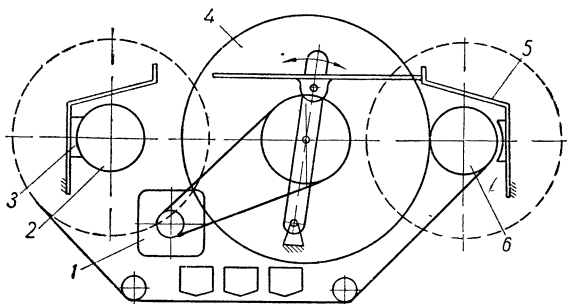


Рис. 24. Кинематическая схема ЛПМ без ведущего вала.

вался каждый данный участок ленты (например, для записи речи), применяют лентопротяжные механизмы, построенные по упрощенной схеме без ведущего вала (рис. 24). У таких механизмов привод от двигателя 1 осуществляется через ролики на подкассетник 6 ведущей кассеты, благодаря чему в процессе записи сохраняется постоянство угловой скорости, а скорость протягивания плавно возрастает по мере увеличения рулона ведущей кассеты. Ведомая кассета 2, вращаемая сматываемой лентой, подтормаживается колодкой 3. Выполненная запись воспроизводится после перемотки ленты реверсированием двигателя и переводом рычага с паразитным роликом 4 в зацепление с подкассетником 2 с одновременным переключением тормозных колодок 3 и 5. Так как и в режиме воспроизведения ведущей является кассета 6, то повторяется закон изменения скорости, который наблюдался в процессе записи, т. е. масштаб времени сохраняется. Незначительные отклонения от стро-

гой повторяемости скорости, которые могут возникнуть из-за разн^{ой} плотности намотки ленты, несущественны и на качественные показатели механизмов подобной конструкции не влияют.

Диапазон изменения средней скорости движения ленты увеличивается с ростом перепада максимальных и минимальных диаметров намотки. Чтобы этот диапазон был не слишком большим, механизмы, выполненные по такой схеме, работают с емкостями кассет до 100—150 м ленты, причем с этой же целью диаметр бобышки кассеты выбирается возможно б^{ольшим}.

Основным условием правильной работы механизма, выполненного по подобной схеме, является постоянство длины ленты, на которой производилась запись, и однозначность зарядки ее в кассеты. Если по каким-либо причинам длина ленты будет изменена (например, при обрыве), то воспроизведение будет происходить с искажением высоты тона.

3. РАСЧЕТ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Анализируя рассмотренные кинематические схемы, можно сказать, что они состоят из сравнительно небольшого количества функциональных узлов, повторяющихся в том или ином исполнении и взаимодействующих между собой соответственно заданным кинематическим связям.

Основные трудности при разработке кинематических схем заключаются в отыскании наиболее простого решения для выполнения каждого режима работы. При этом для уменьшения количества исполнительных узлов и вспомогательных элементов стремятся использовать каждый узел или элемент для выполнения возможно большего количества функций. Однако оптимальным может быть только такое решение, которое, удовлетворяя указанному требованию, исключает или существенно ослабляет нежелательные кинематические связи. Кроме выбора кинематической схемы, в процессе конструирования лентопротяжного механизма не менее важно определение степени взаимодействия его различных функциональных узлов.

В режимах рабочего хода в процессе установившегося движения ленты в трехмоторном лентопротяжном механизме (рис. 25) действуют:

F_1 — сила, создаваемая подтормаживающим моментом подающего узла b ;

- F_3 и F_{14} — силы давления ленты на направляющие стойки 5 и 2 (давление ленты на стойку 4 не учитывается, так как лента практически ее не охватывает);
- F_2 и F_{13} — силы, вызванные трением ленты о направляющие стойки 5 и 2 под действием сил F_3 и F_{14} ;

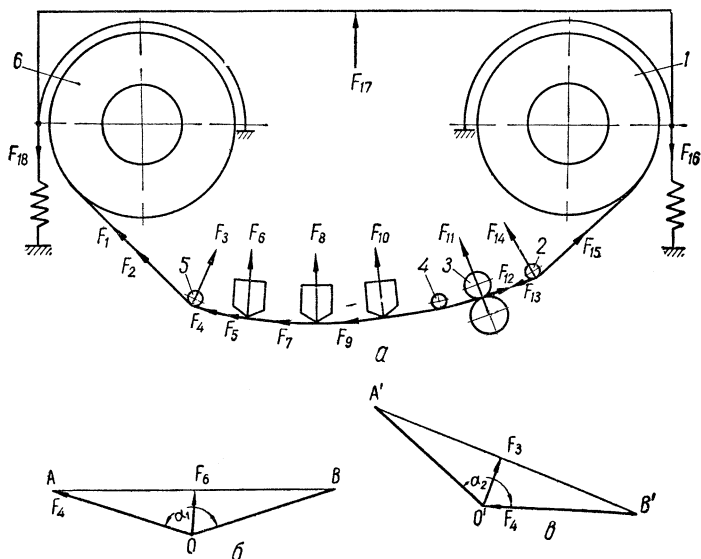


Рис. 25. Силы, действующие в трехмоторном ЛПМ:
a — общая схема сил, *б* — узел I, *в* — узел II.

- F_6, F_8 и F_{10} — силы давления ленты на рабочие поверхности головок;
- F_5, F_7 и F_9 — силы, вызванные трением ленты о головки под действием сил F_6, F_8 и F_{10} ;
- F_{11} — сила прижима ролика к ведущему валу 3;
- F_{12} — сила протягивания ленты ведущим валом;
- F_{15} — сила, создаваемая подматывающим моментом приемного узла I;
- F_{17} — сила, создаваемая растормаживающим устройством, которое, преодолевая усилия F_{16} и F_{18} тормозных пружин, освобождает подкассетники боковых узлов.

Кроме того, на ведущий вал с маховиком действует вращающий момент ведущего двигателя и радиальное усилие связывающего элемента привода (пасика, ролика) Это усилие действует также и на вал двигателя.

На подшипники ведущего вала, прижимного ролика, а также других узлов, работающих со значительной радиальной нагрузкой, действуют соответствующие этим нагрузкам силы реакции опор. Во всех движущихся элементах, в зависимости от режима работы механизма, имеются различные по величине моменты сопротивления движению, вызванные силами трения качения или трения скольжения. На подшипники узла ведущего вала и боковых узлов действуют также осевые усилия, создаваемые весом маховика и кассет

В тракте движения ленты могут быть еще и дополнительные силы трения ленты о штифты контактов обрыва, стабилизирующих устройств, указателей метража ленты и т. п. В режимах ускоренных ходов прижимной ролик отведен от ведущего вала, ведущий двигатель выключен, а лента отведена от головок, поэтому в работе участвуют подматывающий и подтормаживающий моменты боковых узлов, силы F_1, F_2, F_3 и $F_{13} - F_{18}$. В режиме «Стоп» действуют только силы F_{16} и F_{18} тормозных пружин.

Кроме процессов установившегося движения ленты в режимах рабочих и ускоренных ходов, а также состояния покоя в режиме «Стоп», в лентопротяжном механизме при переключении режимов возникают переходные процессы. Динамические нагрузки, возникающие во время переходных процессов (рывки ленты во время разгона и торможения, удар прижимного ролика по ведущему валу), существенно влияют на надежность работы лентопротяжного механизма и на его временные характеристики, поэтому эти нагрузки также должны учитываться.

Таким образом, в любом лентопротяжном механизме в процессе работы действует целый ряд сил и моментов сил, причем по характеру влияния на работу узлов механизма их классифицируют на силы (моменты) движущие и силы (моменты) сопротивления. Последние подразделяются на силы (моменты) полезных и вредных сопротивлений.

В ЛПМ к движущим относятся вращающие моменты двигателей, к силам полезных сопротивлений — силы давления ленты на головки. сила прижима ролика к ведущему валу,

усилия тормозных пружин. Остальные моменты сопротивления движению, вызванные силами трения в кинематических парах, относятся к силам (моментам) вредных сопротивлений.

Действующие в ЛПМ силы и моменты можно разделить на основные, существенно влияющие на работу механизма, и на второстепенные, которыми при расчете можно пренебречь. Например, в трехмоторном механизме можно пренебречь моментами трения вращающихся элементов, осевыми силами, вызванными весом кассет, и некоторыми другими.

Основные данные, необходимые для конструирования лентопротяжного механизма, можно рассчитывать в следующем порядке. В процессе протягивания ленты механизмом должен быть обеспечен оптимальный ее контакт с головками. Задаваясь величиной давления ленты на рабочую поверхность головки, прежде всего рассчитывают натяжение ленты и необходимые усилия подтормаживания и подмотки и соответствующие им моменты боковых узлов для всех режимов работы ЛПМ. Затем выбирают боковые двигатели. Зная натяжение ленты, находят соответствующее усилие прижима ролика к ведущему валу и необходимую мощность ведущего двигателя, выбирают ведущий двигатель и выполняют расчет привода. После этого определяют минимально необходимый момент инерции маховика и рассчитывают время разгона механизма.

Натяжение ленты

В режимах записи — воспроизведения необходимое натяжение ленты создается подтормаживающим и подматывающим узлами ЛПМ, а также трением ленты о невращающиеся элементы тракта. Натяжение подтормаживания определяется силой

$$F_1 = \frac{M_1}{r_1} (н), \quad (II-1)$$

где M_1 — вращающий момент подтормаживающего двигателя, $н \cdot см$;

r_1 — радиус намотки рулона подающей кассеты, $см$.

Аналогично натяжение подмотки

$$F_{15} = \frac{M_2}{r_2} (н), \quad (II-2)$$

где M_2 — вращающий момент подматывающего двигателя, $н \cdot см$;

r_2 — радиус намотки рулона приемной кассеты, см.

Поскольку моменты M_1 и M_2 для данного механизма практически постоянны, а радиусы намотки рулонов изменяются, то силы F_1 и F_{15} не остаются постоянными во время работы механизма. Только в частном случае при равных радиусах намотки ($r_1 = r_2$) силы F_1 и F_{15} также равны между собой. Следовательно, перепад натяжений ленты равен перепаду диаметров намотки. Так как натяжение подмотки от начала к концу рулона уменьшается, а натяжение подтормаживания соответственно возрастает, то в процессе протягивания движение ленты замедляется. Это замедленное движение накладывается на равномерное, создаваемое ведущим валом, и вследствие скольжения в паре прижимной ролик — ведущий вал может вызвать изменение номинальной скорости от начала к концу рулона выше допустимых пределов. Кроме того, в конце рулона возрастает усилие прижима ленты к головкам, что повышает их износ и ухудшает частотную характеристику.

Изменение натяжения ленты опасно еще и тем, что оно вызывает перекося ленты. Головки, ролики или направляющие стойки практически могут быть расположены не строго параллельно к плоскости движения ленты. Угол наклона рабочего зазора воспроизводящей головки по отношению к продольной оси ленты при этом отличается от угла наклона зазора записывающей головки на величину, зависящую от натяжения ленты. При изменении натяжения этот угол будет изменяться, что приведет к ухудшению воспроизведения высоких частот. Поэтому для уменьшения перепада натяжения ленты обычно выбирают возможно меньший перепад диаметров намотки (1 : 2; 1 : 3). Из этих же соображений определены и стандартные размеры кассет.

Оптимальным считается удельное давление ленты на рабочую поверхность головки порядка $60 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н/см²*

Следует отметить, что минимальная величина натяжения зависит от скорости протягивания, так как в аппаратах с малыми скоростями (9,53 см/сек и ниже) из-за наличия устройства прижима ленты к головкам минимально необходимое натяжение ленты может быть сведено до величины

* $9,8 \cdot 10^{-3}$ — переводной коэффициент единицы силы системы МКГСС в Международную систему единиц СИ (1 грамм-сила = $9,8 \cdot 10^{-3}$ ньютона).

порядка $(25 \div 35)9,8 \cdot 10^{-3}$ н. По величине удельного давления на рабочую поверхность первой по ходу ленты (стирающей) головки определяют необходимое натяжение ленты. Для этого сначала находят силу давления ленты на головку

$$F_6 = qS(n), \quad (II-3)$$

где q — удельное давление ленты на головку, $н/см^2$;
 S — площадь контакта ленты с головкой, $см^2$.

Затем, зная силу F_6 , из треугольника AOB (рис. 25, б) определяют силу, при которой обеспечивается требуемая величина F_6 ,

$$F_4 = \frac{F_6}{\cos \frac{\alpha_1}{2}}, \quad (II-4)$$

где α_1 — угол охвата лентой головки, *град*.

Вследствие охвата лентой направляющей стойки появляется сила F_3 нормального давления ленты на стойку, в результате действия которой возникает сила трения F_2 . Зная силу F_4 , из треугольника $A'O'B'$ (рис. 25, в), определяют силу нормального давления на стойку

$$F_3 = F_4 \cos \frac{\alpha_2}{2}, \quad (II-5)$$

где α_2 — угол охвата лентой стойки, *град*.

Тогда сила трения ленты о стойку

$$F_2 = F_3 f, \quad (II-6)$$

где f — коэффициент трения ленты по стойке.

С изменением диаметра намотки изменяется угол α_2 , вследствие чего меняется нормальное давление, а следовательно, и сила трения F_2 . Если охват стойки лентой отсутствует, силы F_3 и F_2 равны нулю и необходимое натяжение $F_1 = F_4$. С увеличением угла охвата α_2 сила F_2 растет, поэтому для поддержания силы F_4 неизменной натяжение F_1 должно соответственно уменьшаться и наоборот, т. е. сумма сил F_1 и F_2 всегда должна быть постоянной и равняться силе F_4 .

Для уменьшения силы F_2 неподвижную направляющую стойку перед блоком головок (неподвижной она часто выполняется для исключения элемента с радиальным биением непосредственно у головок) необходимо устанавли-

вать так, чтобы изменение угла охвата ее лентой вследствие изменения диаметра намотки было минимальным. Необходимо отметить, что сила трения F_2 о стойку еще больше увеличивает диапазон изменения натяжения ленты от минимального до максимального, так как она возрастает при уменьшении диаметра рулона подающей кассеты, т. е. меняется в ту же сторону, что и сила F_1 подтормаживающего двигателя при его постоянном моменте. Натяжение ленты увеличивается также вследствие появления сил трения при движении ленты по стирающей, записывающей и воспроизводящей головкам, что согласуется с требованием улучшения прилегания ленты к воспроизводящей головке.

Таким образом, при изменении диаметра намотки ленты от максимального до минимального имеется два крайних значения силы F_2 :

$$F_{2\text{мин}} = F_{3\text{мин}} f (\text{угол } \alpha_2 \text{ — максимальный});$$

$$F_{2\text{макс}} = F_{3\text{макс}} f (\text{угол } \alpha_2 \text{ — минимальный}).$$

Соответственно минимально необходимое натяжение, создаваемое подтормаживающим узлом,

$$F_{1\text{макс}} = F_4 - F_{2\text{мин}};$$

$$F_{1\text{мин}} = F_4 - F_{2\text{макс}}.$$

Реальные значения натяжения ленты для ЛПМ, у которых давление ленты на головки создается прижимным устройством, составляют $(25 \div 75) 9,8 \cdot 10^{-3}$ н при нестабилизированном натяжении и $(25 \div 35) 9,8 \cdot 10^{-3}$ н со стабилизацией натяжения. Для ЛПМ, у которых давление ленты на головки создается подтормаживающим моментом подающего узла, натяжение ленты составляет $(80 \div 240) 9,8 \times 10^{-3}$ н при нестабилизированном натяжении и $(80 \div 90) \times 9,8 \cdot 10^{-3}$ н со стабилизацией натяжения.

Величина вращающего момента (в н·см), который должен развивать подтормаживающий двигатель при максимальном диаметре рулона,

$$M'_1 = F_{1\text{макс}} r_{1\text{макс}}, \quad (\text{II-7})$$

где $r_{1\text{макс}}$ — максимальный радиус намотки, см.

Момент, необходимый для создания того же натяжения при минимальном радиусе намотки,

$$M''_1 = F_{1\text{мин}} r_{1\text{мин}}. \quad (\text{II-8})$$

Необходимо отметить, что в случае вращающейся направляющей 5 (рис. 25) (что для уменьшения детонации делается редко) сила F_2 трения ленты отсутствует и натяжение F_1 равно по величине силе F_4 (трение в подшипниках здесь не существенно). При этом необходимые вращающие моменты для диаметра рулона

максимального

$$M_1' = F_4 r_{1\text{макс}}, \quad (\text{II-9})$$

минимального

$$M_1'' = F_4 r_{1\text{мин}}. \quad (\text{II-10})$$

Перепад моментов, необходимый для постоянства натяжения ленты,

$$\frac{M_1'}{M_1''} = \frac{r_{1\text{макс}}}{r_{1\text{мин}}} = K. \quad (\text{II-11})$$

Величиной K определяется перепад натяжений ленты при изменении радиуса ее намотки в рулоне от максимального до минимального. Зная натяжение ленты, величину K и закон изменения момента, для каждого конкретного двигателя можно сформулировать требования к стабилизирующему устройству. Различные виды таких устройств рассматриваются в гл. IV.

Изменение натяжения ленты, происходящее на участке ведущий вал — приемный узел, сказывается на работе ЛПМ гораздо меньше вследствие того, что ведущий вал с прижимным роликом частично изолирует блок головок от влияния приемного узла. В начале намотки ленты на катушку приемного узла двигатель создает максимальное натяжение. По мере увеличения диаметра намотки натяжение ленты уменьшается, что согласуется с требованиями, предъявляемыми к качеству намотки. Если бы натяжение в начале намотки было меньше, чем, например, в середине, то намотка получилась бы неплотной, волнистой и при намотке на бобышку без щек могла бы рассыпаться. Однако изолирующее действие ведущего вала не может полностью исключить влияние подматывающего двигателя на изменение натяжения ленты во всем тракте из-за скольжения в фрикционной передаче ведущий вал — прижимной ролик. В начале работы, когда натяжение на левой катушке минимально, подматывающий двигатель может создать такое натяжение, при котором скорость протягивания будет выше допустимой. Поэтому в магнитофонах, где изменение ско-

рости протягивания критично, целесообразно вводить стабилизацию также и приемного двигателя. Минимально необходимое натяжение на приемной кассете для высококачественной намотки ленты $F_n = (60 \div 80) 9,8 \cdot 10^{-3}$ н. Кроме того, на участке ведущий вал — приемный узел обычно находится направляющая стойка, а также рычаг контакта обрыва, которые в зависимости от конструкции создают определенные дополнительные силы трения.

Для определения минимально необходимого натяжения, создаваемого вращающим моментом подматывающего двигателя, все эти силы необходимо суммировать с силой, обеспечивающей высококачественную намотку,

$$F_{15} = F_n + \Sigma F,$$

где ΣF равняется сумме всех сил трения на участке ведущий вал — приемная кассета (трение о стойки, штыри контактов обрыва и т. п.). Момент, который должен развивать приемный двигатель при минимальном диаметре намотки,

$$M_2' = F_{15} r_{2\text{мин}}. \quad (\text{II-12})$$

Аналогично момент, создающий то же натяжение при максимальном диаметре намотки,

$$M_2'' = F_{15} r_{2\text{макс}}. \quad (\text{II-13})$$

Для питания боковых двигателей всеми необходимыми напряжениями в магнитофонах предусматриваются специальные трансформаторы, часто выполняемые так, что в режиме рабочего хода на боковые двигатели подаются одинаковые по величине напряжения. Это означает, что если бы не было защемления ленты ведущим валом и роликом, лента при заполненной левой кассете двигалась бы (вследствие перепада диаметров намотки) до половины рулона вперед; при заполненной правой кассете — до половины рулона назад. В реальных условиях большое натяжение ленты при малом диаметре правого рулона приводит к тому, что от начала до половины рулона ведущий вал является до некоторой степени не протягивающим, а подтормаживающим элементом. Однако это явление нежелательно из-за того, что может нарушаться правильное движение ленты по высоте вследствие непараллельного расположения прижимного ролика и ведущего вала или отклонения их формы от цилин-

дрической. Поэтому в лентопротяжных механизмах, работающих без стабилизации моментов боковых двигателей, напряжение на боковых двигателях рекомендуется подбирать так, чтобы натяжение от подматывающего двигателя было по возможности меньше натяжения подтормаживающего двигателя.

Натяжение ленты в режимах ускоренных ходов вперед и назад выбирается из условий обеспечения высококачественной намотки ленты и минимальных динамических нагрузок при пуске и остановке перематывающих двигателей. Практически проверено, что минимальное натяжение ленты в процессе перемотки порядка $(50 \div 70) 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н}$ является достаточным (для исключения вибраций в связи с большой скоростью перемотки и большим расстоянием между кассетами лента должна двигаться по неподвижной направляющей). Такое натяжение должен обеспечить подтормаживающий двигатель при полной подающей кассете. Его тормозной момент

$$M_{T1} = F_{T1} r_{1\text{макс}},$$

где F_{T1} — сила торможения, равная $60 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н}$.

Вращающий момент наматывающего двигателя определяется из расчета преодоления максимального натяжения, полученного в конце сматываемого рулона. Так как при перепаде диаметров кассеты в n раз сила F_{T1} возрастет до $F_{T2} = F_{T1} n$, то момент наматывающего двигателя при полной приемной кассете $M_2 = F_{T2} r_{2\text{макс}}$ только уравновесит тормозящий момент подающего узла. Для осуществления перемотки необходимо момент M_2 увеличивать в 1,5—2 раза. В момент включения двигателей на ускоренный ход вперед или назад лента не должна испытывать рывок, превышающий $(800 \div 1000) 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н}$, так как лента может оборваться или может появиться остаточная деформация. Указанную величину нагрузки на ленту можно уменьшить подбором пусковых характеристик боковых двигателей и точной регулировкой тормозов.

Для удержания ленты в натянутом положении в режиме «Стоп» или при выключенном магнитофоне подкассетники боковых двигателей схватываются тормозами с помощью возвратных пружин, срабатывающих при выключении растормаживающего электромагнита. Момент сопротивления повороту кассет создается выбором усилий F_{16} и F_{18} тормозных пружин (причем $F_{16} = F_{18}$). Для предотвращения слу-

чайного ослабления натянутой ленты (особенно в переносных магнитофонах) желательно иметь тормозящие моменты достаточно большими. Однако при чрезмерном увеличении этих моментов возможен обрыв ленты во время ее зарядки в тракт, а также требуется неоправданно большое усилие растормаживающего элемента. Поэтому верхний предел тормозящих моментов ограничивается допустимой нагрузкой на ленту, т. е. величиной $F_{л} = (800 \div 1000)9,8 \cdot 10^{-3}$ н, причем это значение должно получаться в конце подающего рулона. Тогда максимальный тормозящий момент

$$M_{т} = F_{л}r_{1\text{мин}}, \quad (\text{II-14})$$

а максимальное усилие тормозной пружины

$$F_{16} = \frac{2M_{т}}{D(e^{f\alpha} - 1)}, \quad (\text{II-15})$$

где D — диаметр тормозного шкива, см;

e — основание натуральных логарифмов;

f — коэффициент трения тормозной прокладки по шкиву;

α — угол охвата шкива лентой, рад.

Растормаживающее усилие

$$F_{17} = F_{16} + F_{18}. \quad (\text{II-16})$$

Прижим ролика к ведущему валу

В лентопротяжных механизмах с постоянной линейной скоростью лента с подающей на приемную кассету в режимах рабочего хода протягивается фрикционной парой прижимной ролик — ведущий вал. Для создания достаточного коэффициента трения рабочая поверхность прижимного ролика покрывается эластичным материалом с большим коэффициентом трения (резина, полиуретан). Поскольку коэффициент трения между обрешиненным роликом и лентой больше, чем между лентой и стальным ведущим валом, протягивает ленту в большей степени прижимной ролик, вращаемый ведущим валом. Вследствие малой толщины ленты и достаточного прижимного усилия между ведущим валом и обрешиненным роликом в точках, лежащих выше и ниже ленты, устанавливается непосредственно фрикционное сцепление.

Как известно из теории фрикционных передач, в любой фрикционной паре наблюдается скольжение, которое вызывает потерю скорости ведомого элемента, а также износ рабочих поверхностей фрикционной пары. Геометрическое скольжение, возникающее по длине площадки контакта вдоль образующих фрикционной пары, появляется тогда, когда линия контакта не параллельна осям вращения фрикционных элементов. В передачах с параллельными валами геометрическое скольжение появляется вследствие отклонения формы шкивов от цилиндрической или вследствие непараллельности их осей вращения. Это явление устраняется либо выполнением всех деталей системы прижимной ролик — ведущий вал с высокой степенью точности, либо за счет применения самоустанавливающихся прижимных роликов, что более технологично.

Упругое скольжение происходит в любой фрикционной передаче, так как там всегда возникает деформация контактирующей поверхности ролика в тангенциальном направлении. Особенно заметным становится упругое скольжение в паре резина — сталь (до 3%). Упругое скольжение в паре прижимной ролик — ведущий вал приводит к уменьшению скорости движения ленты.

Усилие прижима ролика к ведущему валу, необходимое для создания достаточного сцепления при протягивании ленты с постоянной скоростью, зависит от скорости движения ленты, от мощности, передаваемой фрикционной парой, и от коэффициента трения. С увеличением скорости движения ленты требуется меньшее усилие прижима, в то время как необходимая мощность увеличивается пропорционально возрастанию скорости. При прочих равных условиях мощность, которую должен обеспечить ведущий вал, определяется моментом сопротивления протягиванию, который существенно зависит от способа прижима обрешиненного ролика к ведущему валу. При способе «прижима» (рис. 26, а) прижимное усилие существует только в виде силы Q и направлено по радиусу, а деформация резины по обеим сторонам ведущего вала симметрична. Чтобы не возникало геометрическое скольжение, приводящее к «выдавливанию» ленты, оси ролика и ведущего вала должны быть строго параллельны. При способе «заклинивания» (рис. 26, б) усилие прижима Q раскладывается на радиальную Q_1 и касательную Q_2 составляющие. Касательная составляющая, стремясь обкатать вокруг ведущего вала прижимной

ролик, ориентирует его строго параллельно ведущему валу, что исключает возможность появления геометрического скольжения. Деформация эластичного слоя ролика, установленного на «заклинивание», несимметрична и происходит в больших размерах, чем в случае «прижима», вследствие чего при одной и той же скорости протягивания для ведущего вала, работающего с роликом, установленным на «заклинивание», требуется в 1,5—2 раза больше мощности, чем с роликом, установленным на «прижим». Однако несмотря на это, самоустанавливающиеся прижимные ролики обладают существенными преимуществами, в связи с чем они в большинстве случаев незаменимы.

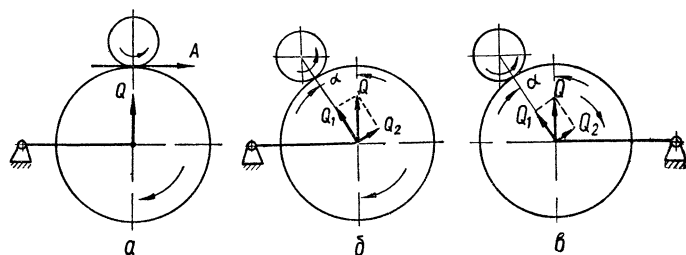


Рис 26. Способы установки прижимных роликов: а — «прижим», б — «заклинивание», в — встречное расползение ролика.

Ориентация пары прижимной ролик — ведущий вал относительно направления движения ленты также имеет важное значение для уменьшения детонации. При деформации эластичного слоя ролика в процессе протягивания ленты сказывается неоднородность материала и разная толщина эластичного слоя, причем эти явления повторяются при каждом обороте ролика. Поэтому, чтобы ослабить влияние циклически повторяющихся неравномерностей, ролик по отношению к ведущему валу рекомендуется устанавливать так, чтобы лента, идущая от блока головок, касалась сначала ведущего вала, а затем прижимного ролика. Однако встречное расположение ролика с рычагом (рис. 26, в) нежелательно, так как вследствие явления затягивания ролика ведущим валом существенно увеличивается деформация эластичного слоя и возрастает неравномерность вращения (особенно при больших углах заклинивания α), сказываются неоднородность и разная толщина эластичного

слоя, увеличивается его износ, создаются опасные нагрузки на ведущий вал и подшипники. Согласно теории фрикционных передач, усилие прижима ролика, направленное по нормали к поверхности ведущего вала, можно определить по формуле

$$Q = \frac{\beta \cdot 75 \cdot P_1 \cdot 60 \cdot 100}{f \pi D_2 n_2} \cdot \frac{9,8\pi}{736 \cdot 30} \approx \frac{2\beta P_1}{f D_2 n_2}, \quad (\text{II-17})$$

где f — коэффициент трения (для пары резина — сталь $f = 0,45 \div 0,6$);

$\beta = 2 \div 3$ — коэффициент запаса против буксования;

P_1 — мощность ведущего вала, *вт*;

n_2 — число оборотов прижимного ролика, *рад/сек**;

D_2 — наружный диаметр прижимного ролика, *см*.

Все эти величины определяются следующим образом. Мощность, которая должна развиваться ведущим валом для обеспечения стабильного протягивания ленты, определяется, исходя из момента сопротивления его вращению, создаваемого максимальным натяжением ленты с учетом к. п. д. фрикционной пары,

$$P_1 = \frac{102 \cdot M_c n_1}{97 \cdot 400 \cdot \eta} \cdot \frac{30}{\pi}, \quad (\text{II-18})$$

где M_c — момент сопротивления протягиванию, *см*,

n_1 — число оборотов ведущего вала, *рад/сек*;

η — к. п. д. фрикционной пары.

Момент сопротивления

$$M_c = F_0 r, \quad (\text{II-19})$$

где F_0 — натяжение ленты, *н*;

r — радиус ведущего вала, *см*.

Для определения момента сопротивления находим результирующую силу F_0 натяжения ленты как разность сил, препятствующих и способствующих протягиванию. Из рис. 25 сумма препятствующих сил

$$F'_0 = F_4 + F_5 + F_7 + F_9.$$

* Переводной коэффициент числа оборотов в минуту в Международную систему единиц СИ равен $\frac{\pi}{30}$ ($1 \text{ об/мин} = \frac{\pi}{30} \text{ рад/сек}$).

Однако вследствие малых углов охвата лентой головок, силы трения F_5 , F_7 и F_9 незначительны и с достаточной для практики точностью можно считать

$$F'_0 = 1,1 F_4.$$

Кроме того, сила F'_0 , существующая при полном подающем рулоне (при $r_{1\text{макс}}$) к концу его возрастает до $F_4 n$ (где n — перепад диаметров намотки). Увеличивается также сила F_2 трения ленты о стойку 5. Поэтому препятствующая сила

$$F'_{0\text{макс}} = 1,1 F_4 n + F_{2\text{макс}}.$$

Для определения силы, способствующей протягиванию, необходимо учитывать минимальное натяжение подмотки (при максимальном диаметре рулона приемной кассеты), т. е.

$$F''_{0\text{мин}} = F_{15\text{мин}} - F_{13}.$$

Следовательно, расчет ведется по наиболее тяжелому случаю: минимальный подающий и максимальный приемный рулоны, когда натяжение ленты максимально, т. е.

$$F_0 = F'_{0\text{макс}} - F''_{0\text{мин}}. \quad (\text{II-20})$$

Диаметр ведущего вала часто не является функцией передаточного отношения от двигателя, а выбирается из конструктивно-технологических соображений и из условий получения минимальной детонации. Как известно, детонация, создаваемая биением $S = 2e$ (где e — эксцентриситет) ведущего вала диаметром d , выражается соотношением

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{S}{d} \cdot 100\%.$$

Из этой формулы следует, что для получения минимальной детонации целесообразно брать диаметр ведущего вала возможно большим. Так, если при одном и том же значении радиального биения S увеличить вдвое диаметр ведущего вала, то и детонация, создаваемая таким ведущим валом, будет вдвое меньше. При этом необходимо также увеличить вдвое момент инерции маховика для того, чтобы амплитуда неравномерностей вращения, создаваемых другими элементами, осталась на прежнем уровне. В связи с этим диаметр ведущего вала выбирают обычно не слишком большим (по-

рядка 5—10. реже 12—15 мм). Если ведущим валом служит насадка на валу ведущего двигателя (непосредственный привод), его диаметр зависит от числа оборотов двигателя, но из условий жесткости конструкции выбирается не менее 4—5 мм. Подставив в формулу (II-19) значения F_0 и r , находим величину M_c .

Число оборотов ведущего вала

$$n_1 = \frac{30V}{\pi r} \cdot \frac{\pi}{30} = \frac{V}{r} \text{ (рад/сек)}, \quad (\text{II-21})$$

где V — скорость движения ленты, см/сек;

r — радиус ведущего вала, см.

К. п. д. передачи определяется потерями мощности во фрикционной паре на вальцевание эластичного слоя прижимного ролика. Так как диаметр ведущего вала обычно невелик, то зона контакта фрикционной пары мала и вследствие значительных радиальных нагрузок, применяемых в таких случаях для исключения буксования, к. п. д. пары ведущий вал — ролик колеблется в пределах 0,5—0,8.

Подставляя найденные значения M_c , n_1 и η в формулу (II-18), находим необходимую мощность P_1 .

Диаметр прижимного ролика выбирается в несколько раз больше диаметра ведущего вала, чтобы обеспечить достаточную зону контакта и тем самым создать надежное сцепление с ведущим валом и с лентой при минимальном усилии прижима. Увеличивать диаметр прижимного ролика целесообразно также и в целях уменьшения износа эластичного слоя. Однако при чрезмерно большом диаметре увеличиваются габариты тракта. Практически диаметр ролика обычно составляет 25—40 мм.

Число оборотов прижимного ролика определяется по известной линейной скорости ленты V и его наружному диаметру D_2

$$n_2 = \frac{60V}{\pi D_2} \cdot \frac{\pi}{30} = \frac{2V}{D_2} \text{ (рад/сек)}. \quad (\text{II-22})$$

Таким образом, определив значения P_1 , D_2 и n_2 , по формуле (II-17) находят предварительную величину усилия прижима ролика Q .

Окончательно оптимальное усилие прижима подбирается при настройке ЛПМ. Малое усилие прижима не гарантирует сохранение средней скорости в заданных пределах,

а чрезмерно большое — увеличивает мгновенные колебания скорости (детонацию), так как при этом сказываются неоднородность и разная толщина эластичного слоя ролика, значительно повышаются нагрузки на ведущий вал и подшипники.

Ударная нагрузка, сопровождающая включение прижимного ролика электромагнитом, отрицательно сказывается на узле ведущего вала, вызывая переходные процессы в виде затухающих вибраций. Для уменьшения ударной нагрузки ролик отводят не более чем на 1—2 мм, что достаточно для зарядки ленты. С этой же целью в высококачественных ЛПМ прижим ролика к ведущему валу осуществляется электромагнитом, снабженным демпфером.

Выбор ведущего двигателя

Ведущий двигатель лентопротяжного механизма является одним из основных элементов кинематической схемы, сильно влияющим на качественные показатели магнитофона в целом. В качестве ведущих могут применяться асинхронные двигатели, работающие с большим запасом по мощности, а также синхронные — реактивные и гистерезисные. Последние широко применяются в аппаратуре магнитной записи ввиду высокой стабильности скорости вращения, надежности в работе, простоты управления и малых полей рассеяния.

К ведущим двигателям магнитофонов предъявляются следующие основные требования:

достаточная мощность для стабильного протягивания ленты;

постоянство вращающего момента при изменении нагрузки;

максимальная стабильность вращения;

оптимальное для данного лентопротяжного механизма число оборотов;

достаточный момент инерции ротора;

минимальное поле рассеяния,

простота запуска и управления;

минимальное время разгона и торможения;

бесшумность в работе;

высокая надежность.

Необходимая номинальная механическая мощность $P_{дв}$ на валу двигателя определяется, исходя из мощности P_1 ,

которая рассчитана для ведущего вала, с учетом к. п. д. η передачи двигатель — ведущий вал

$$P'_{дв} = \frac{P_1}{\eta} (вт).$$

Для обеспечения высокой стабильности вращающего момента при изменении нагрузки (перепад натяжения ленты, циклическое изменение усилия прижима и трения в подшипниках) двигатель выбирают по мощности

$$P_{дв} = (3 \div 5) P'_{дв}. \quad (II-23)$$

Необходимо учесть, что при установке прижимного ролика на «заклинивание» механическая мощность ведущего двигателя должна быть в 1,5—2 раза больше мощности $P_{дв}$.

Число оборотов двигателя стремятся выбрать таким, чтобы обеспечить передачу вращающего момента на ведущий вал с минимальным количеством ступеней передачи. Кроме того, желательно обеспечить низкую относительную неравномерность вращения и бесшумность хода. Двигатели с высокими скоростями вращения — $3000 \frac{\pi}{30} \text{ рад/сек}$ — обладают сильными внешними полями рассеяния, недостаточным сроком службы вследствие повышенного износа подшипников и повышенным шумом, что затрудняет выполнение высококачественной передачи при малых скоростях движения ленты. Двигатели с низкими скоростями вращения — $(500 \div 750) \frac{\pi}{30} \text{ рад/сек}$ — имеют увеличенные габариты и вес, низкий к. п. д. и повышенную неравномерность вращения. Такие двигатели применяются для непосредственного привода при малых скоростях движения ленты. Наиболее широко в качестве ведущих применяются двигатели со скоростями вращения $(750 \div 1500) \frac{\pi}{30} \text{ рад/сек}$.

Во время работы магнитофона на вращающийся ротор ведущего двигателя воздействуют переменные усилия — внутренние и внешние, вызывающие изменение мгновенной скорости ротора, так называемое «качание» ротора.

Внутренними усилиями являются:

1) механический дебаланс ротора, воздействующий на ротор с частотой

$$f_{вр} = \frac{f}{p},$$

где f — частота сети, $gц$;

p — число пар полюсов;

2) отклонение формы вращающего магнитного поля от кругового, а также насыщение магнитной цепи двигателя, вызывающее колебание вращающего момента с двойной частотой сети;

3) зубцовый эффект.

К внешним усилиям относятся биения:

1) ведущего вала;

2) прижимного ролика;

3) бобышек кассет и других вращающихся элементов.

Для уменьшения влияния перечисленных факторов ротор двигателя должен обладать достаточным моментом инерции. Для этого ведущий двигатель иногда выполняется с внешним ротором, момент инерции которого значительно больше обычного. В отдельных случаях для увеличения момента инерции ротора на вал двигателя устанавливается дополнительный маховик, однако время разгона механизма при этом возрастает.

Передача двигатель — ведущий вал

После выбора конкретного двигателя выбирается и рассчитывается передача. В лентопротяжных механизмах в зависимости от конкретных требований по назначению, габаритам, надежности, простоте и передаточному отношению применяются фрикционные и ременные передачи вращающего момента на ведущий вал.

К конструкциям передач ведущий двигатель — ведущий вал предъявляются следующие основные требования:

стабильность передачи вращающего момента;

отсутствие остаточных деформаций эластичных элементов передачи;

отсутствие вибраций эластичного элемента;

высокая надежность;

удобство обслуживания (замены, смазки).

Фрикционная передача. К преимуществам фрикционных передач можно отнести компактность, бесшумность в работе и сравнительно большие передаточные отношения на одну пару. В отличие от силовых передач в общем машиностроении малонагруженные фрикционные передачи приводов магнитофонов удовлетворительно работают при передаточных отношениях порядка 15.

Основные недостатки: наличие значительного скольжения, появление остаточной деформации резины при длительном хранении в состоянии зацепления, вследствие чего необходимы специальные включающие и выключающие устройства, необходимость защиты от попадания смазки на рабочие поверхности передачи, плохая работа при реверсировании.

При конструировании фрикционной передачи паразитным роликом (рис. 27, а) паразитный ролик 2 с приводными элементами 3 и 4 необходимо располагать так, чтобы он втягивался веду-

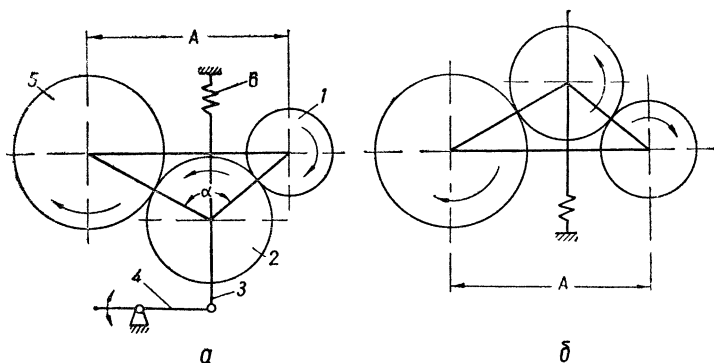


Рис. 27. Схема фрикционной передачи паразитным роликом:
 а — правильное положение паразитного ролика, б — неправильное положение паразитного ролика.

щим шкивом 1 двигателя в сторону зацепления с ведомым шкивом 5. Если расположить паразитный ролик согласно рис. 27, б, то шкив двигателя при том же направлении вращения будет отталкивать ролик, что приведет к вибрации и ухудшению зацепления. Надежное сцепление в передаче без заклинивания паразитного ролика обеспечивается при выборе угла α в пределах $100\text{—}130^\circ$.

При известных скорости движения ленты V , см/сек, числе оборотов двигателя n , рад/сек, и диаметре ведущего вала d , см, необходимо передаточное число

$$i = \frac{dn}{2V}.$$

Определяя из конструктивных соображений диаметр шкива двигателя D_1 , находят приводной диаметр D_2 маховика

с учетом двойного скольжения S передачи (на шкиве двигателя и маховике)

$$D_2 = iD_1(1 - S)^2. \quad (\text{II-24})$$

При определении приводного диаметра маховика следует помнить, что при увеличении диаметра и неизменном моменте инерции J необходимая масса маховика уменьшается, так как $J \equiv mR^2$. Поэтому с точки зрения уменьшения массы маховика и соответственного снижения осевых нагрузок на подшипники ведущего вала рационально выбирать возможно больший приводной диаметр маховика.

При известных диаметрах D_1 и D_2 , а также выбранном из конструктивных соображений межцентровом расстоянии A нетрудно графически найти диаметр паразитного обрезиненного ролика с учетом соображений по обеспечению угла зацепления α . Вследствие затягивающего действия шкива l двигателя усилие включающей пружины δ обычно выбирается небольшим, порядка $(200 \div 600) \times 9,8 \cdot 10^{-3}$ н, поэтому пружина не создает значительных радиальных нагрузок на подшипники двигателя и ведущего вала.

Ременная передача. В связи с перечисленными недостатками фрикционные передачи в ЛПМ применяются реже. В последнее время чаще применяются ременные (пасиковые) передачи, отличающиеся простотой конструкции, значительно меньшим скольжением, высокой надежностью в работе и удобством замены пасиков.

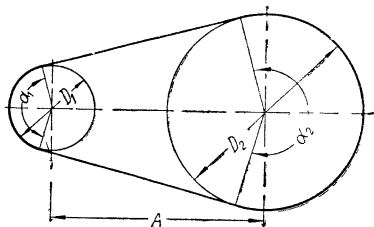


Рис. 28. Схема открытой ременной передачи.

К недостаткам ременных передач относятся: несколько большие габариты по сравнению с фрикционными и необходимость в натяжных роликах при малом межцентровом расстоянии шкивов.

В приводах лентопротяжных механизмов применяются открытые ременные передачи (рис. 28) и ременные передачи с натяжным роликом (рис. 29) или обводными роликами (рис. 30) Если известно число оборотов двигателя и скорость движения ленты, передаточное отношение от двигате-

ля на ведущий вал (рис. 28) с учетом скольжения определяется по формуле

$$i = (1 + S) \frac{D_2}{D_1},$$

где S — коэффициент скольжения пасика, равный 1—1,5%, т. е. 0,01—0,015.

Задаваясь диаметром шкива D_1 на валу двигателя, находят приводной диаметр маховика

$$D_2 = \frac{iD_1}{1+S}. \quad (\text{II-25})$$

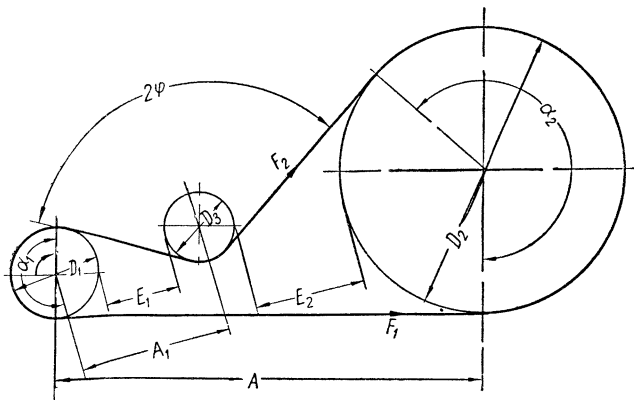


Рис. 29. Схема ременной передачи с натяжным роликом

Угол α_1 охвата пасиком малого шкива для ременных передач должен быть не менее 150° . Более точно при известном межцентровом расстоянии A его можно рассчитать из соотношения

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57,4^\circ \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right).$$

Длина пасика

$$L = 2A + 1,57(D_1 + D_2) + \left(\frac{D_2 - D_1}{4A} \right)^2. \quad (\text{II-26})$$

Для уменьшения габаритов привода в ЛПМ часто применяют ременные передачи с натяжным роликом (рис. 29). Передаточное отношение i , а также диаметры шкивов D_1 и D_2 определяются аналогично открытой передаче. Натяжной ролик располагается на сбегающей ветви пасика, причем ось вращения рычага натяжного ролика должна

совпадать с осью шкива двигателя. Диаметр D_3 натяжного ролика не должен быть равен диаметру шкива двигателя, так как возможно синхронное суммирование их радиальных биений, что увеличит нестабильность работы передачи. Обычно

$$D_3 = (1,1 \div 1,4) D_1. \quad (II-27)$$

Ширина ролика берется равной ширине шкива двигателя. Нажимное усилие на ролик

$$Q = 2F_2 \cos \varphi.$$

Угол φ рекомендуется брать порядка 120° .

При конструировании такой передачи необходимо соблюдать следующие условия:

расстояние между центрами шкива двигателя и натяжного ролика

$$A_1 \geq D_1 + D_3;$$

расстояние E_2 всегда должно быть больше расстояния E_1 ;

угол охвата шкива двигателя должен быть не менее 150° .

Если необходимо применить пасиковую передачу при очень малом межцентровом расстоянии между двигателем и ведущим валом, можно использовать схему, показанную на рис. 30. Здесь вместо натяжного стоят два обводных ролика 3, которые создают нужный угол охвата пасиком 4 шкива 2 двигателя и маховика 1. Такая схема, имеющая дополнительные вращающиеся элементы, не является лучшей с точки зрения получения минимальной детонации, тем не менее ее применение может быть оправдано в малогабаритной аппаратуре, где размеры всех элементов, в том числе и привода, весьма критичны. Передаточное отношение i , диаметры шкивов D_1 и D_2 определяются аналогично открытой передаче.

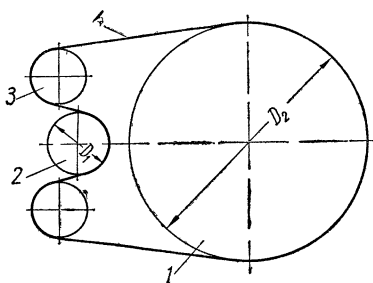


Рис. 30. Схема ременной передачи с обводными роликами.

Момент инерции маховика

После определения основных параметров кинематической схемы лентопротяжного механизма рассматривается равномерность хода ведущего вала как основное условие получения минимальной детонации. На величину детонации влияет много факторов: биение вращающихся элементов, периодические изменения момента трения фрикционных устройств и подшипников, периодическое изменение натяжения ленты, периодические колебания усилия прижима ленты к головкам, дебаланс вращающихся масс, качение ротора двигателя и др. Однако основным, наиболее важным фактором, непосредственно влияющим на величину детонации, является степень равномерности вращения ведущего вала. Кроме составляющей детонации, зависящей от точности изготовления ведущего вала, имеется также составляющая детонации, которая определяется неравномерностью угловой скорости вращения этого вала. Вследствие несимметричности вращающегося поля ведущего двигателя, периодического изменения суммарного момента сопротивления протягиванию и других факторов угловая скорость ω_0 не остается постоянной в течение одного оборота ведущего вала, а меняется от $\omega_{\text{мин}}$ до $\omega_{\text{макс}}$. Поэтому в практике обычно имеют дело не с номинальной угловой скоростью ω_0 , а со средней угловой скоростью

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_{\text{макс}} + \omega_{\text{мин}}}{2}. \quad (\text{II-28})$$

Неравномерность вращения любого звена механизма оценивается коэффициентом неравномерности

$$\delta = \frac{\omega_{\text{макс}} - \omega_{\text{мин}}}{\omega_{\text{ср}}}. \quad (\text{II-29})$$

Коэффициент δ характеризует удвоенную амплитуду изменения угловой скорости, отнесенную к среднему значению, что в данном случае эквивалентно изменению скорости движения ленты, т. е. детонации. Уравнение движения любого механизма с постоянным моментом инерции имеет вид

$$M_{\text{д}} - M_{\text{с}} = J \frac{d\omega}{dt},$$

где $M_{\text{д}}$ — момент движущих сил;
 $M_{\text{с}}$ — момент сил сопротивления;
 J — момент инерции механизма;

$\frac{d\omega}{dt}$ — изменение угловой скорости во времени, т. е. угловое ускорение.

В данном случае величину J можно рассматривать как состоящую из момента инерции механизма $J_{\text{п}}$, приведенного к ведущему валу, и момента инерции ведущего вала $J_{\text{в}}$. Тогда

$$M_{\text{д}} - M_{\text{с}} = (J_{\text{п}} + J_{\text{в}}) \frac{d\omega}{dt},$$

откуда изменение угловой скорости во времени

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_{\text{д}} - M_{\text{с}}}{J_{\text{п}} + J_{\text{в}}},$$

т. е. при прочих равных условиях во время установившегося движения механизма амплитуда колебания угловой скорости ведущего вала за один оборот будет тем меньше, чем больше его момент инерции $J_{\text{в}}$. Момент инерции ведущего вала увеличивают путем установки на него дополнительной массы в виде маховика с постоянным моментом инерции $J_{\text{м}}$ вместо $J_{\text{в}}$. Колебания угловой скорости являются следствием изменения кинетической энергии лентопротяжного механизма (главным образом двигателя) за один оборот ведущего вала

$$\Delta E = E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}.$$

В зависимости от величины изменений кинетической энергии, необходимого коэффициента неравномерности $\delta_{\text{м}}$ и угловой скорости можно приближенно определить минимально необходимый момент инерции $J_{\text{м}}$ маховика при постоянном моменте инерции $J_{\text{п}}$ механизма

$$J_{\text{м}} = \frac{\Delta E}{\delta_{\text{м}} \omega_{\text{ср}}^2} - J_{\text{п}} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}. \quad (\text{II-30})$$

Из выражения (II-30) следует, что момент инерции маховика $J_{\text{м}}$ рассчитывается с учетом моментов инерции двигателя и механизма, так как приведенный момент инерции $J_{\text{п}}$ учитывает все вращающиеся массы ЛПМ. В лентопротяжном механизме переменные только моменты инерции кассет с лентой. Так как рассматривается цикл, равный одному обороту ведущего вала, то практически можно

считать, что приведенный момент инерции ЛПМ $J_{\text{п}}$ остается постоянным. Зная неравномерность хода двигателя $\delta_{\text{дв}}$ и величину приведенного момента инерции механизма, можно найти минимальные и максимальные значения угловой скорости ведущего вала (без маховика) и определить соответствующие им изменения кинетической энергии

$$\omega_{\text{макс}} = \omega_{\text{ср}} \left(1 + \frac{\delta_{\text{дв}}}{2} \right);$$

$$\omega_{\text{мин}} = \omega_{\text{ср}} \left(1 - \frac{\delta_{\text{дв}}}{2} \right);$$

$$\begin{aligned} \Delta E = E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}} &= \frac{J_{\text{п}}}{2} (\omega_{\text{макс}}^2 - \omega_{\text{мин}}^2) = \\ &= J_{\text{п}} \omega_{\text{ср}}^2 \delta_{\text{дв}} \quad (\text{дж}). \end{aligned}$$

Подставив значения $\delta_{\text{м}}$, $\omega_{\text{ср}}$, $J_{\text{п}}$ и ΔE в выражение (II-30), находят минимальный момент инерции маховика. Аналогично определяют и момент инерции любого другого стабилизатора вращения, работающего по принципу маховика.

Кинематический эффект действия маховика состоит в том, что чем больше его момент инерции, тем меньше амплитуда колебаний угловой скорости ведущего вала. Маховик не меняет периода этих колебаний, так как период определяется циклом движения механизма. Применение маховика не может компенсировать детонацию, создаваемую радиальным биением самого ведущего вала и некоторыми другими причинами, вызывающими неравномерность движения ленты, например биением прижимного ролика, проскальзыванием ленты и переменным контактом ленты с головками. При увеличении массы маховика уменьшаются только некоторые основные составляющие детонации. Однако с того момента, когда сглаживаемые маховиком составляющие детонации приближаются по величине к другим составляющим, увеличение момента инерции маховика оказывается неэффективным. Дальнейшего уменьшения искажений сигнала, вызванных неравномерностью движения ленты, можно достичь повышением класса точности лентопротяжного механизма или неко-

торых его узлов, оригинальным решением кинематической схемы или ее отработкой, а в отдельных случаях — также применением систем электронной компенсации этих искажений.

Маховик можно устанавливать на вал любого ролика, кинематически связанного с протягиванием ленты, например, на вал ведущего двигателя. Однако в магнитофонах маховики устанавливают на конечный элемент привода — ведущий вал, так как в этом случае они более эффективно гасят неравномерность работы привода. При этом существенно уменьшаются инерционные динамические нагрузки на двигатель, а внешний обод маховика обычно используется в качестве приводного шкива.

Время разгона

Как в любой машине, в лентопротяжном механизме существует три стадии движения: разгон, установившееся движение и выбег. В большинстве случаев ведущий двигатель магнитофона выбирается со значительным запасом по мощности, при этом время разгона оказывается равным 1—2 сек, что вполне приемлемо в обычных условиях эксплуатации. Если время разгона является заданной величиной, то после определения всех элементов и параметров кинематической схемы это время проверяется расчетом. Чтобы подвижные элементы механизма перешли от состояния покоя в режим установившегося движения, двигатели и другие исполнительные узлы должны затратить работу, равную сумме работ всех сил сопротивления за время разгона и кинетической энергии, которую приобрели подвижные элементы механизма в процессе разгона,

$$A_{дв} = A_{с п} + A_{с в} + \Sigma E, \quad (II-31)$$

где $A_{дв}$ — работа движущих сил;

$A_{с п}$ — работа сил полезных сопротивлений;

$A_{с в}$ — работа сил вредных сопротивлений;

ΣE — накопленная кинетическая энергия.

Из выражения (II-31) следует, что для уменьшения времени разгона при одном и том же значении $A_{дв}$ рациональ-

но производить пуск механизма с отключенной нагрузкой $A_{с.п.}$. Аналогично производится пуск механизмов в дежурных режимах.

Процесс разгона лентопротяжного механизма описывается общим уравнением движения машины

$$M_{дв} - M_c = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (II-32)$$

где $M_{дв}$ — вращающий момент ведущего двигателя в процессе разгона;

M_c — приведенный момент сил сопротивления механизма;

J — момент инерции всего механизма с учетом маховика и ротора двигателя, приведенный к валу двигателя;

$\frac{d\omega}{dt}$ — угловое ускорение двигателя в процессе разгона.

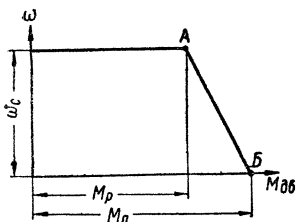


Рис. 31. Упрощенная форма механической характеристики синхронного двигателя.

Вращающий момент ведущего двигателя в процессе разгона можно определить из механической характеристики, упрощенная форма которой для синхронных двигателей представлена на рис. 31. Переходную часть характеристики (участок AB) с достаточной для практики точностью можно представить в виде уравнения

$$M_{дв} = a\omega + b.$$

Подставляя это выражение в формулу (II-32) и решая ее относительно времени разгона, находят

$$t = \frac{J}{a} \ln \frac{a\omega_c + b - M_c}{b - M_c}, \quad (II-33)$$

где ω_c — угловая скорость, которую должен иметь двигатель в конце разгона (синхронная скорость), *рад/сек.*

Из графика (рис. 31) можно определить коэффициенты масштаба

$$a = \frac{M_p - M_n}{\omega_c} \text{ и } b = M_n,$$

где M_n и M_p — пусковой и рабочий (номинальный) моменты двигателя, *н·см*.

Если в результате расчета оказалось, что время разгона механизма больше заданного, то в зависимости от назначения аппаратуры следует либо ввести форсированный пуск, либо выбрать более мощный двигатель, либо в разумных пределах уменьшить моменты инерции отдельных элементов кинематической схемы.

В лентопротяжных механизмах магнитофонов имеются узлы, которые необходимо конструировать практически для каждого вида механизмов, и узлы, которые можно применять в различных механизмах, отличающихся между собой кинематическими схемами, габаритами, рабочими скоростями и др. К первой группе узлов, кроме несущих панелей ЛПМ, относятся ведущие и боковые узлы, конструкция которых зависит от назначения магнитофона и, в лучшем случае, может быть сведена к какому-либо унифицированному ряду типоразмеров. Вторую группу узлов составляют электродвигатели, электромагниты, магнитные головки, органы управления.

1. ВЕДУЩИЕ УЗЛЫ

Назначение, требования и классификация

Ведущие узлы лентопротяжных механизмов протягивают магнитную ленту с постоянной линейной или угловой скоростью. При конструировании ведущих узлов необходимо обеспечить:

- высокую стабильность скорости движения ленты;
- минимальные радиальные биения вращающихся элементов;
- минимальный дебаланс вращающихся масс;
- технологичность конструкции;
- бесшумность в работе;
- жесткость конструкции;
- постоянство параметров при длительной эксплуатации.

В зависимости от способа передачи вращающего момента от двигателя на ведущий вал различают ведущие узлы прямого (непосредственного) или косвенного привода.

В ведущем узле прямого привода (рис. 32) ведущим валом служит насадка 1 на валу электродвигателя 2. Насадка, выполненная заодно со шкивом, крепится к валу элект-

родвигателя стопорными винтами, штифтом или цанговым зажимом, причем посадка на вал осуществляется с минимальным зазором. Для обеспечения минимального радиального биения диаметр d насадки шлифуется в подшипниках электродвигателя. Ротор такого двигателя выполняет также функцию маховика, поэтому для ведущего узла прямого

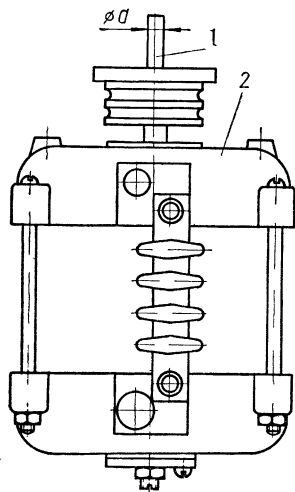


Рис. 32. Ведущий узел прямого привода.

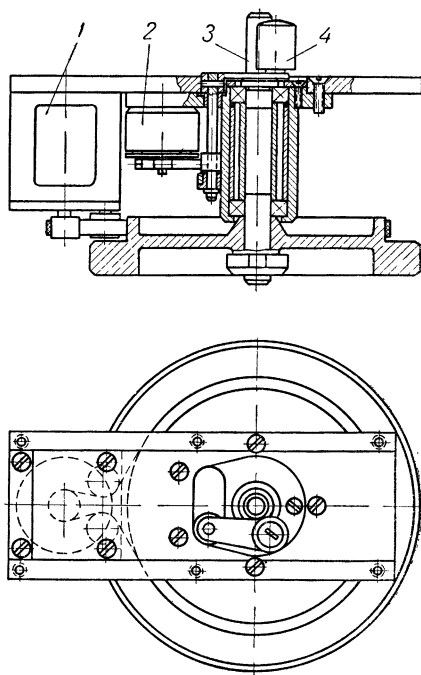


Рис. 33. Независимая конструкция ведущего узла косвенного привода:

1 — электродвигатель; 2 — электромагнит прижимного ролика; 3 — ведущий вал, 4 — прижимной ролик.

привода целесообразно применять двигатель с наружным (внешним) ротором, у которого маховой момент больше. Это улучшает стабилизацию угловой скорости ведущего вала.

Прямой привод, отличающийся простотой и компактностью конструкции, часто применяется в одномоторных ЛПМ бытовых магнитофонов.

К существенным недостаткам прямого привода относятся: малый диаметр ведущего вала, сложность совместной обработки этого диаметра в подшипниках двигателя, нагруз-

ка подшипников двигателя усилием прижимного ролика, необходимость в специальном тихоходном двигателе. Кроме того, при использовании прямого привода несколько возрастает детонация, так как протягиваемой ленте полностью передается неравномерность работы двигателя.

В лентопротяжных механизмах высококачественной аппаратуры магнитной записи, как правило, применяют ведущие узлы косвенного привода. Конструктивно эти узлы отличаются тем, что ведущий вал устанавливается на отдельных подшипниках и приводится во вращение посредством связывающего элемента (пасика, ролика). При таком конструктивном решении можно значительно ослабить влияние электрических и механических неравномерностей вращения двигателя на ведущий вал, уменьшить нагрузку на подшипники двигателя и исключить применение специального тихоходного двигателя. Рабочий диаметр ведущего вала при этом выбирается из условий жесткости его конструкции, а нужная скорость протягивания ленты достигается подбором диаметров приводных шкивов.

Ведущий узел косвенного привода состоит из узла ведущего вала, узла прижимного ролика, узла ведущего двигателя, несущих деталей и связывающих элементов.

По конструктивному выполнению различают узлы косвенного привода встроенные и независимые. Если элементы ведущего узла рассредоточены на несущей панели лентопротяжного механизма, узел называется встроенным. Независимая конструкция ведущего узла достигается установкой всех или большинства его элементов на отдельном несущем кронштейне (рис. 33).

Основные затруднения при компоновке независимого узла связаны с размещением двигателя. Если в качестве связывающего звена выбран паразитный ролик, конструкция получается более компактной. Для уменьшения габаритов ведущего узла с пасиком двигатель располагают на одном кронштейне с ведущим валом, а нужный угол охвата достигается либо установкой натяжного ролика, либо одним-двумя обводными роликами. В подобных случаях конструктор ищет оптимальное решение, исходя из требований по детонации, габаритам узла и рациональной компоновке.

Размещение всех элементов ведущего узла на одном кронштейне является лучшим не только в отношении законченности конструкции, но и в возможности применить готовый узел в другом механизме.

Узел ведущего вала

Узел ведущего вала также бывает независимый и встроенный. Конструкции независимых узлов могут быть закрытого (рис. 34, а), полузакрытого (рис. 34, б) и открытого (рис. 34, в) типов в зависимости от формы несущего кронштейна. Аналогично может быть выполнена и конструкция

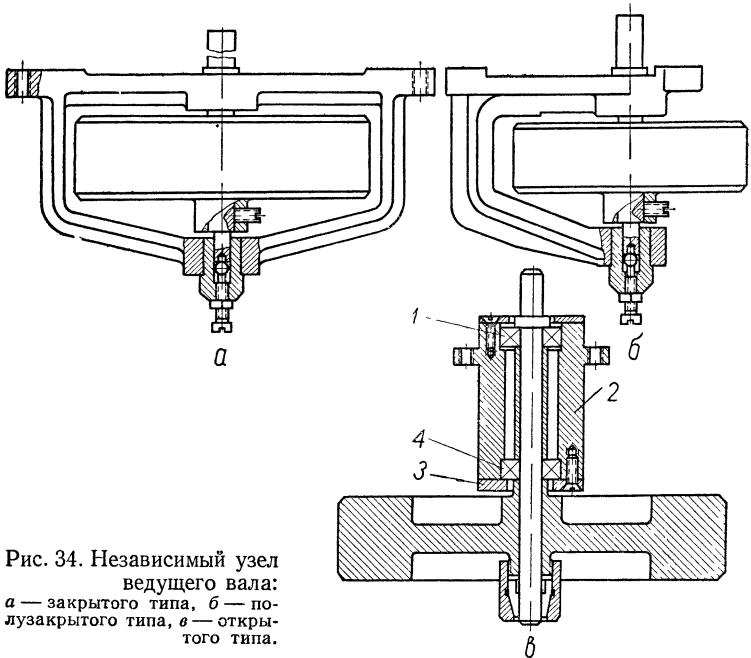


Рис. 34. Независимый узел ведущего вала:
а — закрытого типа, б — полузакрытого типа, в — открытого типа.

встроенного узла, причем верхний подшипник ведущего вала устанавливается на несущей панели протяжного механизма, а нижний — на несущем кронштейне, охватывающем маховик. На этом же кронштейне установлен и подпятник, если ведущий вал вращается в подшипниках скольжения.

Целесообразность применения закрытой, полузакрытой или открытой конструкции узла ведущего вала обуславливается как весом маховика, так и способом передачи вращающего момента от двигателя на ведущий вал. Например, полузакрытый кронштейн применяется при маховике весом до 2 кг, а закрытый — при маховике с большим

весом (до 5 кг). При использовании ременной передачи более рациональна открытая или полужакрытая конструкция, при которой не требуется разборка узла для замены пасика.

Для устранения вертикального перемещения ленты при ее протягивании ведущий вал и прижимной ролик должны быть строго параллельны. Это условие выполняется либо при помощи точной расточки несущей панели лентопротяжного механизма в сборе с кронштейном, либо при-

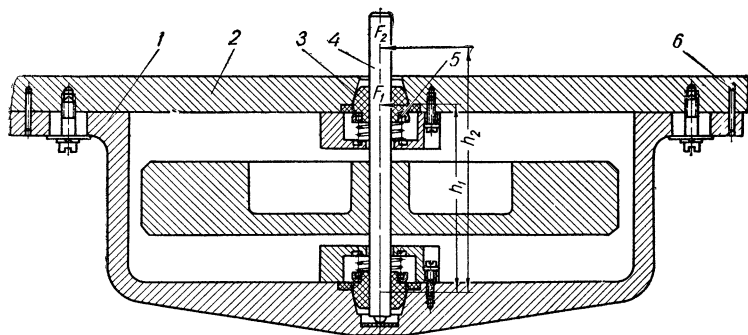


Рис. 35. Встроенный узел ведущего вала на самоустанавливающихся подшипниках.

менением узла ведущего вала на самоустанавливающихся подшипниках (рис. 35). При перемещении кронштейна 1 относительно несущей панели 2 подшипники 3, имеющие сферические наружные поверхности, проворачиваются в посадочных гнездах, вследствие чего ведущий вал 4 наклоняется на определенный угол и устанавливается параллельно прижимному ролику. После юстировки ведущего вала положение кронштейна 1 фиксируется штифтами 6. Посадочные гнезда выполняются коническими или в виде сферы, повторяющей сферическую поверхность подшипника. Во избежание осевого смещения подшипников от ударных и постоянных нагрузок прижимного ролика, они поджимаются к гнездам пружинами 5. Так как практически очень трудно добиться хорошего сопряжения сферических поверхностей гнезда кронштейна и подшипника, то даже при большом поджимающем усилии пружин возможно периодическое качание подшипников вследствие неопределенности их положения. Поэтому посадочные гнезда в кронштейнах часто

выполняют коническими, что технологически более просто и обеспечивает однозначность положения подшипников.

Радиальная сила F_1 , действующая на верхний подшипник, настолько больше усилия прижима F_2 , насколько базовое расстояние h_1 меньше расстояния h_2 . Так как увеличение силы F_1 нежелательно из-за повышенного износа подшипника, при конструировании узлов ведущего вала необходимо стремиться к тому, чтобы разность $h_2 - h_1$ была минимальной.

Узлы ведущего вала на подшипниках скольжения отличаются плавностью хода, бесшумностью работы, вследствие чего они широко применяются в массовой и любительской аппаратуре. Основными недостатками ведущих узлов на подшипниках скольжения, ограничивающими их использование в высококачественных лентопротяжных механизмах, являются: быстрое ухудшение параметров при износе (овальная разработка внутренних отверстий подшипников), наличие осевого люфта и недостаточные эксплуатационные удобства.

Узлы ведущего вала, предназначенные для работы со значительными радиальными нагрузками и рассчитанные на большой срок службы, проектируются на подшипниках качения (радиальных или радиально-упорных).

При использовании в узле ведущего вала подшипников качения отпадает необходимость в подпятниках и конструкция узла упрощается. В конструкциях с радиальными шарикоподшипниками (рис. 34, в) нижний подшипник 4 воспринимает как радиальную (прижим ленты), так и осевую (вес маховика) нагрузки, для чего он зажимается в гнезде кронштейна 2 крышкой 3. Верхний подшипник 1 — плавающий — находится непосредственно у протягиваемой ленты и нагружается только радиальным усилием. Вследствие отсутствия осевой нагрузки на верхнем подшипнике он работает более плавно и его износ уменьшается.

В конструкции, показанной на рис. 36, применены радиально-упорные шарикоподшипники 2. Их внутренние кольца стянуты жестко посредством бурта ведущего вала 1, распорной втулки 3 и бурта маховика 6. Наружные кольца подшипников разжимаются с помощью пружин 5, расположенных радиально между торцами втулок 4. Для более равномерного распределения разжимающего усилия по окружности наружных колец подшипников количество пружин

жин берется не менее шести. Для исключения возможных осевых колебаний ведущего вала, возникающих при сжатии пружин под действием веса маховика, их суммарное усилие в рабочем положении узла ведущего вала должно быть в три — пять раз больше осевой нагрузки, создаваемой маховиком. Благодаря люфтовыбирающим свойствам радиально-упорных подшипников и возможности подбора шариков эта

конструкция имеет высокие качественные показатели и полностью исключает осевой люфт ведущего вала, что важно для механизмов, работающих с горизонтальным расположением ведущего вала.

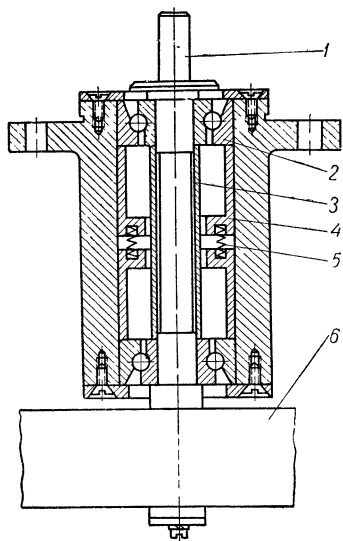


Рис. 36. Независимый узел ведущего вала на радиально-упорных шарикоподшипниках.

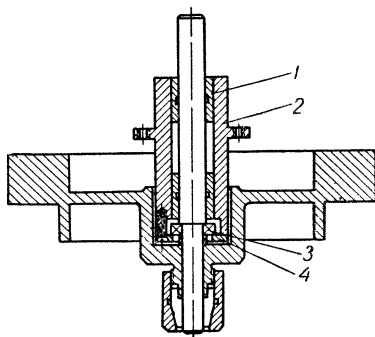


Рис. 37. Независимый узел ведущего вала на комбинированных опорах.

Для получения минимальной величины радиальных биений в узлах ведущего вала применяются прецизионные шарикоподшипники классов А, СА и С. При отсутствии прецизионных шарикоподшипников и необходимости выполнить конструкцию узла открытого типа ведущий вал может быть установлен на комбинированных опорах (рис. 37). Радиальная нагрузка в таком узле воспринимается подшипниками скольжения 1, а подпятником служит радиальный шарикоподшипник 3, который установлен с радиальным зазором по отношению к несущему кронштейну 2 узла ведущего вала и опирается только на крышку 4.

Независимо от конструкции узла ведущего вала к его деталям предъявляются весьма жесткие требования, которые часто на порядок выше требований к деталям других механических узлов лентопротяжного механизма. От того, насколько правильно выбрана конструкция деталей, определены их базы и характер соединения, а также насколько тщательно продумана технология изготовления и сборки узла ведущего вала, во многом зависит качество лентопротяжного механизма.

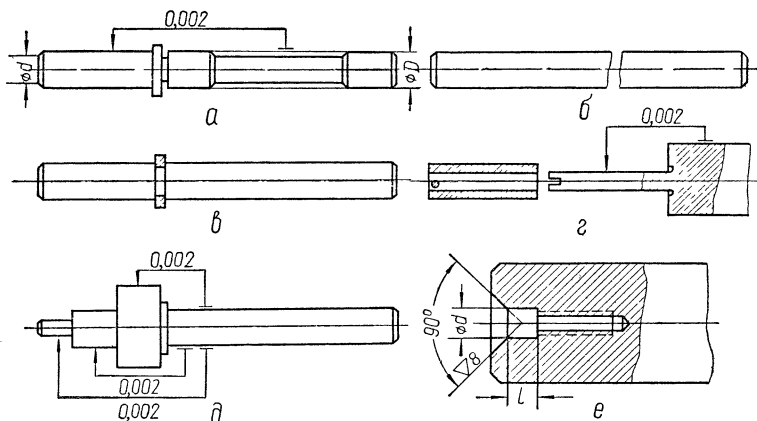


Рис. 38 Ведущий вал:

a — с упорным буртом для шарикоподшипников; *б* — гладкий, для подшипников скольжения; *в* — с упорным кольцом, *г* — со сменной насадкой; *д* — со ступенчатым ведущим диаметром; *е* — центровой конус ведущего вала.

Ведущий вал. В зависимости от назначения, предъявляемых требований, способа крепления, условий обработки и сборки конструктивное оформление ведущих валов бывает различным (рис. 38).

При установке на шарикоподшипниках ведущий вал имеет упорный бурт (рис. 38, *a*). Ведущий вал, устанавливаемый на подшипниках скольжения, не имеет бурта, так как опирается на подпятник.

Ведущий вал является ведущим элементом при протягивании ленты, поэтому при его изготовлении необходимо выдержать минимальные радиальные биения рабочего диаметра d относительно опорного D . Эти жесткие требования легче всего выполняются, если при соответствующей конфигурации ведущего вала можно окончательно обрабаты-

вать рабочий и опорный диаметры с одного захода и установки. Указанному требованию наиболее полно удовлетворяет гладкий ведущий вал для работы с подшипниками скольжения (рис. 38,б), если у него рабочий диаметр равен опорному. Аналогично может быть выполнен и ведущий вал, устанавливаемый на шарикоподшипниках (рис. 38,в). Вал выполняется гладким, а упорный бурт заменяется шлифованным по торцам упорным кольцом из пружинной стали, которое вставляется в канавку и служит для упора внутреннего кольца шарикоподшипника.

Если при помощи ведущего вала необходимо обеспечить несколько скоростей протягивания ленты (при односкоростном ведущем двигателе), к нему придается гладкая втулка-насадка (рис. 38,г), одна или две по количеству скоростей. Насадка фиксируется при помощи штифта, входящего в шлиц на торце ведущего вала. Для однозначной установки насадки ее штифт, а также шлиц ведущего вала несколько смещены от диаметральной оси. Насадка должна фиксироваться на валу без люфта и в то же время быть легкоъемной, для чего ее внутренний диаметр выполняют с допуском не более $+2$ мк, а сопряженный диаметр ведущего вала — с допуском -2 , -4 мк.

Несколько скоростей протягивания ленты могут быть получены также при использовании ведущего вала со ступенчатым ведущим диаметром (рис. 38,д). Для этого необходима конструкция лентопротяжного механизма, позволяющая перемещать тракт движения ленты в вертикальной плоскости. Ступенчатая конструкция ведущего вала может быть более рационально использована в магнитофонах, предназначенных для перезаписи с одной скорости на другую (выполненных, например, по кинематической схеме рис. 21). При этом лента одного полукомплекта ведется верхним, а другого — нижним диаметрами ведущего вала, что позволяет производить перезапись при помощи одного магнитофона. В местах переходов диаметров, а также у упорных буртов обычно даются кольцевые проточки, обеспечивающие точную установку подшипников, насадок. Для исключения опасной концентрации напряжений в местах резких переходов у основных проточек делаются небольшие дополнительные проточки, способствующие выравниванию напряжений. Если рабочий диаметр ведущего вала мал (порядка 6 мм и меньше), в местах перехода делают торцовую проточку, которая, хотя и менее технологична в изготовлении,

но не уменьшает сечение ведущего вала (рис. 38,з). Когда рабочий диаметр получается менее 5 мм, длительное воздействие радиальной нагрузки от прижимного ролика может привести к упругим, а иногда и к остаточным деформациям ведущего вала. Поэтому вал малого диаметра рассчитывается на жесткость и изгиб.

Для высококачественного изготовления ведущего вала, а также последующих периодических проверок величины биения важно наличие технологических центров (рис. 38,е). Обычно центры шлифуются с высокой точностью и чистотой поверхности не ниже $\nabla 8$. При наличии резьбового отверстия в торце ведущего вала (например, для крепления маховика) после центрального конуса обязательно должен быть переходной цилиндрический участок диаметром d , большим диаметра резьбы, и длиной l , исключаяющей заход центра на резьбу. Резьба, заусенцы, царапины на поверхности центрального конуса недопустимы, так как при этом не будет получена необходимая точность изготовления и измерений.

Для изготовления ведущих валов используют обыкновенные стали повышенной прочности (например, сталь 45), инструментальные (например, сталь ХВГ), а также нержавеющие стали марок 2Х13, 4Х13, ЭИ-474 и нержавеющие немагнитные — марок Х18Н9Т и Х18Н10. Последние две марки сталей ввиду их вязкости трудно поддаются механической обработке. Заготовки ведущих валов подвергаются термообработке для придания деталям большей жесткости (а нержавеющим сталям — и коррозионной устойчивости): сталь 45 — $HRc = 42 \div 48$, сталь ХВГ — $HRc = 58 \div 62$, нержавеющие — $HRc = 28 \div 32$. После термообработки детали покрывают износостойким хромом (кроме изготовленных из нержавеющей стали) и производят чистовую шлифовку. Точность изготовления рабочего диаметра определяется допуском на номинал скорости протягивания ленты, чистота его поверхности — не ниже $\nabla 9$. Опорные диаметры под подшипники выполняются по посадке движения второго Д (для шарикоподшипников класса А) или первого Д₁ (для шарикоподшипников классов СА и С) классов точности. Чистота поверхностей шеек: под подшипники скольжения должна быть не ниже $\nabla 10$, под шарикоподшипники — согласно табл. 2.

Операция механической полировки диаметров ведущего вала недопустима, так как при этом возможны искажения формы их цилиндрических поверхностей.

Основные данные шарикоподшипников

Класс точности	Условное обозначение	Сравнительная стоимость	Отклонение размеров и точности вращения колец ально-упорных подшипников							
			Внутренних						На	
			Внутренний диаметр d	Ширина	Непараллельность торцов	Торцовое биение	Радиальное биение	Боковое биение дорожек качения	Наружный диаметр	
Нормальный	Н	1	+3 -13	0 -100	20	20	13	40	+2 -11	
Повышенный	П	1,3	+3 -13	0 -100	16	16	10	32	+2 -11	
Промежуточный между П и В	ВП*	1,7	+3 -13	0 -100	10	10	10	20	+2 -11	
Высокий	В	2	+3 -13	0 -100	10	10	10	20	+2 -11	
Промежуточный между В и А	АВ*	3	0 -10	0 -60	7	7	5	13	+2 -11	
Особо высокий	А	4	0 -10	0 -60	7	7	5	13	0 -9	
Промежуточный между А и С	СА*	7	0 -10	0 -60	4	4	3	8	0 -9	
Сверхвысокий	С	10	0 -10	0 -60	4	4	3	8	0 -9	

* Буква слева указывает класс точности внутреннего, буква справа — внешнего кольца.

Маховик. Основным требованием, выдвигаемым при конструировании маховиков, является получение максимального стабилизирующего эффекта при минимальных размерах и весе. Стабилизирующие свойства маховика определяются его моментом инерции J_m . Связь между моментом инерции маховика и его геометрическими размерами выражается соотношением

$$J_m = \frac{MD^2}{8} \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2), \quad (\text{III-1})$$

Таблица 2

радиальных и радиальных (по ГОСТ 520—55)			Требования к посадочным поверхностям вала и корпуса						
ружных			Торцовые биения запле-чиков		Отклонение форм вала и корпуса		Чистота обработки поверхности		
Ширина	Радиальное биение	Боковое биение дорожек качения	вала	корпуса	Овальность	Конусность	вала	отверстия корпуса	торцов за плечиков вала и корпуса
0—100	12	32	20	40	$\frac{1}{4}$ допуска на диаметр посадочной поверхности	$\frac{1}{4}$ допуска на диаметр посадочной поверхности	▽8	▽8	▽7
0—100	12	32	10	20					
0—60	7	20	7	13	$\frac{1}{4}$ допуска на диаметр посадочной поверхности	$\frac{1}{4}$ допуска на диаметр посадочной поверхности	▽8	▽8	▽7
0—60	5	13	4	8					
0—60	5	13							
0—60	3	8					▽9	▽8	▽7

ва — наружного колец подшипника.

где M — масса маховика, кг;

D — наружный диаметр маховика, м.

Произведение MD^2 называется маховым моментом.

Различные виды конструктивного выполнения маховиков показаны на рис. 39. Металл, находящийся вблизи оси вращения и поэтому мало влияющий на величину момента инерции, для облегчения детали выбирают, оставляя тяжелым только обод (рис. 39, а, б, в). На рис. 39, в показан маховик с вынесенной массой. Здесь D_1 — приводной диа-

метр маховика, на который поступает вращающий момент двигателя, D_2 — максимальный диаметр вынесенной массы маховика. Так как

$$J_m = f(D^2),$$

то при одной и той же массе маховика в этом случае создается больший момент инерции. Таким образом, мгновенные изменения вращающего момента на диаметре D_1 стабилизируются моментом инерции вынесенной массы на большем диаметре D_2 .

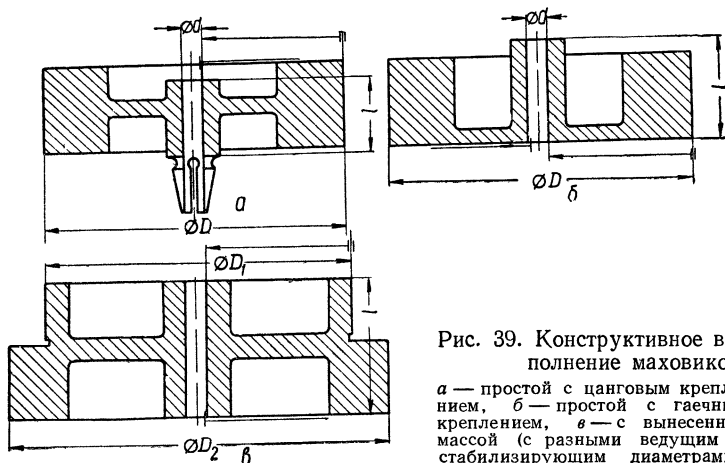


Рис. 39. Конструктивное выполнение маховиков:
 а — простой с цапговым креплением, б — простой с гаечным креплением, в — с вынесенной массой (с разными ведущим и стабилизирующим диаметрами),

Как и ведущий вал, маховик изготавливается с минимальными величинами радиальных и торцовых биений. Радиальные биения диаметров D относительно диаметров d колеблются, в зависимости от требований по детонации, в пределах 0,002—0,01 мм.

При конструировании маховика существенное значение имеет правильный выбор способа его соединения с ведущим валом. Даже идеально обработанный маховик может показать недопустимые биения в сборе с ведущим валом, если недостаточна длина l посадочного диаметра d , имеется люфт в соединении или соединение осуществляется с применением несимметричных усилий. Как минимум должно быть выполнено условие $l \geq 3d$, а при D порядка 250 мм $l \geq 5d$.

Соединения маховиков с ведущими валами бывают разъемными и неразъемными. Неразъемные соединения обычно осуществляются напрессовкой заготовки маховика на заготовку ведущего вала с последующей окончательной обработкой всех рабочих поверхностей. Эти соединения применяются в закрытых или полужакрытых конструкциях узлов ведущего вала на подшипниках скольжения. При разъемном соединении ведущий вал и маховик полностью обрабатываются раздельно. Конструирование разъемного соединения должно выполняться с учетом следующих требований:

1) в узле ведущего вала с маховиком в сборе должны обеспечиваться параметры, заданные в деталях;

2) фиксация маховика относительно ведущего вала для передачи вращающего момента должна осуществляться элементами и способами, исключающими применение значительных радиальных усилий, особенно несимметричных, при сборке и разборке узла (штифт, стопорный винт).

Первое требование удовлетворяется выбором посадки и класса точности изготовления сопряженных диаметров для установки маховика на ведущий вал с минимальным зазором (не более 3 мк). Поскольку для установки подшипников ведущий вал со стороны маховика выполняется по посадке движения (D или D_1), посадочное отверстие маховика часто изготавливается по системе вала (посадки T, T_1).

Второе требование выполняется при использовании симметричных фиксирующих элементов. Поджатие маховика гайкой и контргайкой на хвостовике ведущего вала (рис. 40,а) допускается, если выполняется условие $l \geq 5d$, иначе возможен перекося маховика. Посадка маховика на конус ведущего вала (рис. 40,б) применяется в менее ответственных случаях, так как из-за большой трудности выполнения точного сопряжения конических поверхностей этот вид крепления часто приводит к торцовым биениям маховика.

Иногда применяется также шпоночное соединение, причем шпонка должна плотно сидеть в пазах, но иметь зазор в радиальном направлении (рис. 40,в). Более технологичны конструкции на шлицевых шайбах (рис. 40,г) и с цанговым зажимом (рис. 40,д, е). Зажим может быть выполнен как заодно с маховиком (рис. 40,д), так и отдельно (рис. 40,е). В этом случае для соединения с маховиком l цанга имеет

фланец 3 со штифтом 2 (поводок), входящим в овальное отверстие маховика.

Крепление цилиндрическим зажимом (рис. 40, ж) в равной степени пригодно как для больших, так и для малых

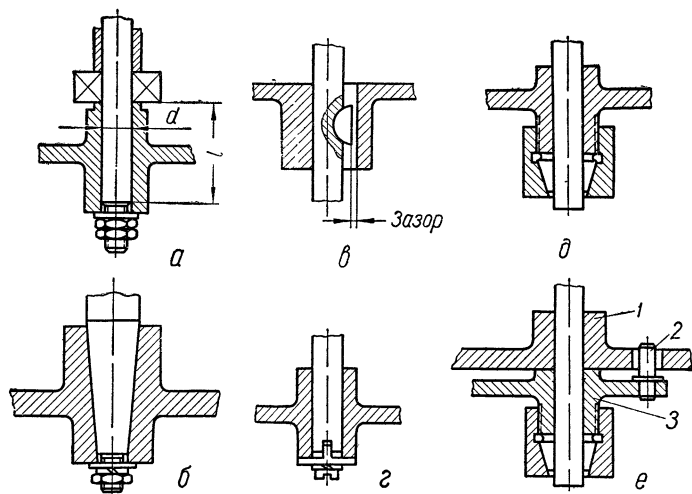
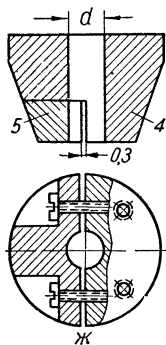


Рис. 40. Крепление маховиков на ведущем валу: а — гайкой и контргайкой; б — посадкой на конус и гайкой; в — шпилькой; г — шлицевой шайбой, д — цапговым зажимом маховика, е — отдельным цапговым зажимом, ж — цилиндрическим зажимом



диаметров вала и занимает мало места по его длине. Заготовки фланца 4 и сухаря 5, между которыми вставляется технологическая прокладка, стягиваются винтами и растачиваются по второму или первому классу точности. После обработки прокладка, толщина которой выбирается порядка 0,1—0,3 мм, удаляется. Фланец может быть выполнен заодно с маховиком.

Маховики изготавливаются как из простой стали (сталь 20, сталь 45) с последующим покрытием, так и из нержавеющей (4X13, ЭИ-474). Чистота обработки рабочих поверхностей маховика не ниже $\nabla 8$.

Размеры маховика определяются по ранее найденным моменту инерции, приводному диаметру и соответствующим

щим образом выбранной конструкции узла ведущего вала.

Если в выражении (III-1) диаметр маховика выразить через радиус, площадь сечения обода представить как произведение его ширины и толщины, а вес обода заменить произведением его объема на удельный вес, то получим

$$J_m = 2\pi ab\rho R^3 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}, \quad \text{(III-2)}$$

где R — радиус инерционного обода, m ;

a, b — ширина и толщина обода, m ;

ρ — плотность материала маховика, кг/м^3 .

Отсюда средний радиус инерционного обода маховика

$$R = \sqrt[3]{\frac{J_m}{2\pi ab\rho}} \text{ (м)}. \quad \text{(III-3)}$$

После изготовления производится статическая и динамическая балансировка маховика. В процессе статической балансировки центр тяжести детали приводится к оси ее вращения. Эта операция выполняется при установке маховика с запрессованным ведущим валом или с технологическим валиком на параллели. При динамической балансировке уравниваются центробежные моменты инерции маховика, вызывающие неравномерность хода. Уравновешивание достигается удалением (высверливанием) части материала маховика.

Узел прижимного ролика

Узел прижимного ролика служит для передачи ленте вращающего момента ведущего вала. К нему предъявляются следующие основные требования: минимальные радиальные биения ролика в рабочем положении; однородность и равенстенность эластичного слоя ролика; жесткость рычага прижимного ролика, исключая упругие деформации этого рычага от усилия прижима; постоянство параметров при длительной эксплуатации.

Узел прижимного ролика состоит из узла ролика с эластичной рабочей поверхностью с большим коэффициентом трения и узла прижимного рычага, который устанавливается на оси, закрепляемой на несущей панели ЛПМ или в кронштейне ведущего узла.

Для нормальной работы лентопротяжного механизма необходимо, чтобы при протягивании ведущим узлом лента

не перемещалась в вертикальной плоскости. Это достигается либо изготовлением узлов ведущего вала и ролика с высокой степенью параллельности их рабочих поверхностей, либо применением самоустанавливающихся элементов.

Первое решение очень трудоемко и не исключает возможность нарушения параллельности при длительной эксплуатации ЛПМ.

Применение узла ведущего вала на самоустанавливающихся подшипниках частично исключает требование высокой точности деталей, но и при такой конструкции необходима периодическая регулировка.

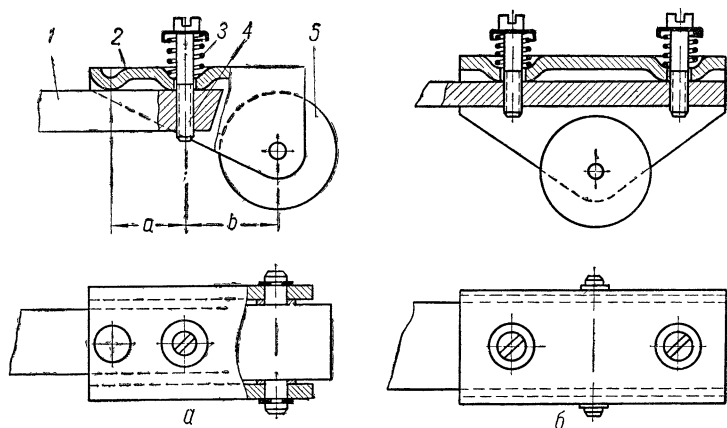


Рис. 41. Конструкция самоустанавливающихся прижимных роликов: *а* — в обойме на одной пружине, *б* — в обойме на двух пружинах.

Более простым решением является узел с самоустанавливающимся прижимным роликом. На рис. 41, *а* показана одна из конструкций такого узла. Вследствие того что обойма 2 с роликом 5 имеет шарообразный выступ на расстоянии *a* от оси винта 4 и закреплена на рычаге 1 при помощи пружины 3, ролик с обоймой может качаться в некоторых пределах, в результате чего он самоустанавливается в момент прижима к ведущему валу. Соотношение $a : b$, а также усилие пружины выбираются такими, чтобы обеспечить нужную силу прижима. Такой ролик может быть установлен как на шарикоподшипниках, так и на подшипниках скольжения. Другое исполнение подпружиненной обоймы с прижимным роликом показано на рис. 41, *б*.

Одна из несложных конструкций самоустанавливающегося прижимного ролика показана на рис. 42,а. Здесь имеется всего один шарикоподшипник 2, установленный симметрично по ширине ленты. Внутренняя обойма подшипника закреплена жестко на оси 3 прижимного рычага при помощи шайбы 4, а наружная — прижата специальным винтом 5 к корпусу ролика 1. Так как подшипник радиальный однорядный, ролик самоустанавливается по ведущему валу за счет торцового качания наружной обоймы подшипника. В ролике (рис. 42,б) наружная обойма подшипника 4 зажата между запорным кольцом 2 и втулкой 1 с помощью декоративной крышки 3.

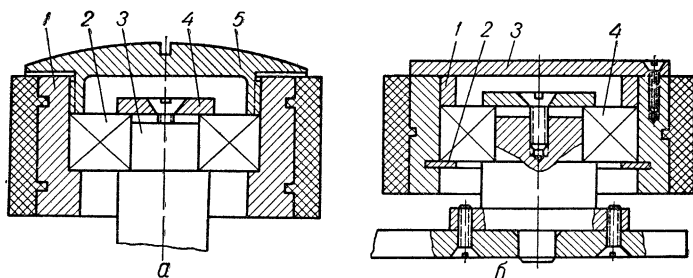


Рис. 42. Самоустанавливающиеся прижимные ролики на одном шарикоподшипнике:
а — первый вариант; б — второй вариант.

Прижимной ролик представляет собой металлическую втулку, на наружной цилиндрической поверхности которой формируется слой эластичного материала (резины, полиуретана) для надежного сцепления с лентой и ведущим валом (рис. 43,а, б, в, г). Надежность сцепления зависит также от соотношения ширины ленты и высоты ролика. При увеличении высоты ролика повышается степень сцепления, однако при слишком высоком ролике сцепление ухудшается, так как уменьшается удельное давление и начинает сказываться искажение формы ролика (конусность, бочкообразность). Высота прижимного ролика для узкой ленты (6,25 мм) обычно выбирается равной 1,5—2,5 ширины ленты, для широкой (25,4 мм) — на 3—5 мм больше ширины ленты. Для увеличения удельного давления без повышения прижимного усилия в лентопротяжных механизмах с широкой лентой иногда уменьшают площадь зоны контакта путем

кольцевых проточек обрезиненного ролика (трех-четырёх) шириной 1,5—2 мм и глубиной 0,5—1 мм (рис. 43,з). Наружный диаметр ролика выбирается, исходя из ведущего диаметра ведущего вала и скорости движения ленты, в пределах 25—40 мм.

Для изготовления втулок обрезиненных роликов берется материал, обладающий хорошим сцеплением с резиной. Чаще всего применяется латунь (например, марки ЛС59-1),



Рис. 43. Различные конструкции прижимных роликов.

реже алюминиевые сплавы Д16, АМц. На цилиндрической поверхности втулки выполняют фиксирующие кольцевые проточки. При этом необходимо иметь достаточную толщину стенок втулки, чтобы они не деформировались от большого давления в процессе

формования. Если по конструктивным соображениям невозможно обеспечить нужную толщину стенок, втулку изготавливают из стали, а поверхность, подлежащую обрезиниванию, латунируют. Для обрезинивания роликов применяются резины марок НО68-1, 98-1, В-14, ВИАМ-106.

В последнее время освоено изготовление прижимных роликов с эластичным слоем из полиуретана марок СКУ-6, СКУ-7, СКУ-8. Основные преимущества этих роликов по сравнению с обрезиненными: значительно больший срок службы, практическое отсутствие остаточной деформации при длительном воздействии нагрузки, отсутствие липкости при повышенной температуре. Эластичный слой наносится толщиной 2—4 мм. Основное внимание уделяется нанесению одинаковой толщины эластичного слоя по всей окру-

ности втулки, так как разная толщина слоя сильно увеличивает радиальное биение ролика в его рабочем положении.

Кроме высокой степени чистоты, минимальных радиальных биений и точности цилиндрической формы, наружная поверхность ролика не должна быть липкой. Конструкция прижимного ролика должна обеспечивать защиту его эластичной рабочей поверхности от попадания масла.

Рычаги узлов прижимного ролика изготавливаются как составными (рычаг с запрессованными осями), так и цельнолитыми. Кроме жесткости, рычаг в сборе должен обеспечивать строгую параллельность оси для крепления ролика с осью для установки всего узла на лентопротяжный механизм.

Узел ведущего двигателя

Узел ведущего двигателя сообщает ведущему валу вращающий момент, необходимый для протягивания ленты в режимах рабочего хода. К нему предъявляются следующие основные требования:

достаточная величина вращающего момента;

минимальная неравномерность вращения приводного шкива;

минимальные вибрации и акустические шумы;

стабильность параметров при длительной эксплуатации.

Конструкция узла ведущего двигателя в основном определяется компоновкой ЛПМ. Если двигатель конструктивно не входит в состав ведущего узла, он крепится на несущей панели механизма при помощи распорных втулок или переходных фланцев. При установке в ведущий узел двигатель крепится непосредственно к несущему кронштейну.

Простейшая конструкция узла ведущего двигателя представляет собой электродвигатель с насаженным на вылет его вала приводным шкивом. К посадке и способу крепления шкива на валу двигателя предъявляются такие же жесткие требования, как и к посадке маховика на ведущий вал. Для получения минимальных радиальных биений шкив иногда окончательно обрабатывают в подшипниках двига-

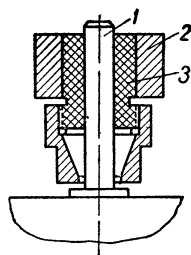


Рис. 44 Шкив с термоизоляционной втулкой.

теля. Распространено также крепление шкива при помощи цангового зажима или шпонки.

Поскольку двигатель излучает тепло, важно обеспечить нормальный тепловой режим работы связывающих элементов (пасиков, роликов). Для этой цели на вал 1 двигателя (рис. 44) с повышенным нагревом одевается шкив 2, имеющий запрессованную в него втулку 3 из термоизоляционного материала, например текстолита. Иногда из такого же материала изготавливается и весь шкив. При креплении шки-

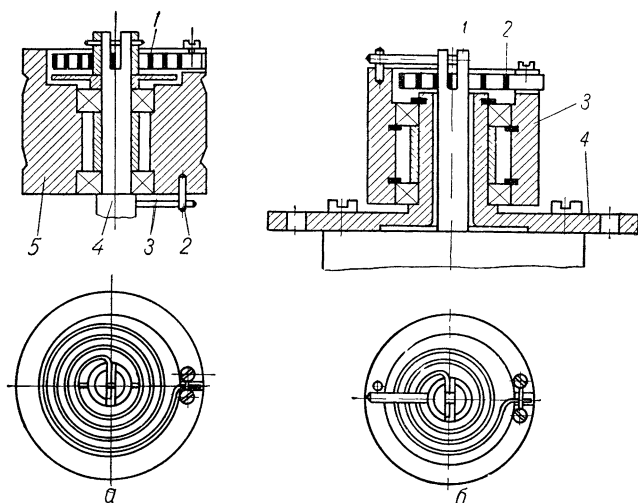


Рис. 45. Развязка шкива с валом двигателя:
а — первый вариант; б — второй вариант.

ва на валу двигателя на ведущий вал передаются колебания скорости вращения ротора. Для уменьшения передачи нестабильности работы двигателя на ведущий вал иногда применяют развязки. Одна из конструкций системы развязки представлена на рис. 45,а.

Во время разгона механизма, когда момент сопротивления максимальный, ведущий штифт 3 на валу 4 двигателя подходит к ведомому штифту 2 на шкиве 5 и таким образом передается максимальный вращающий момент. При этом спиральная ленточная пружина 1, закрепленная внутренним концом на валу двигателя, а наружным — на шкиве, заводится. При установившемся режиме работы привода штифты из-за возвратного действия пружины расходятся

и в процессе работы не соприкасаются, что достигается характеристикой пружины и величиной ее предварительной заводки. Во время рабочего хода вал двигателя и ведомый им при помощи пружины шкив находятся в состоянии динамического равновесия, поддерживаемого установившимися моментами двигателя, механизма и пружины. Вследствие демпфирующего действия пружины неравномерность вращения ротора практически не сказывается на работе ведущего вала. Описанная конструкция пригодна для двигателей с большими диаметрами вала, так как вал ослабляется отверстием под силовой штифт 3 и воспринимает всю радиальную нагрузку от натяжения пасика.

Недостатком конструкции является некоторое увеличение радиального биения шкива 5 вследствие наличия подшипников.

Конструкция развязки (рис. 45,б) свободна от указанного недостатка. От первой она отличается тем, что шкив 3 насажен на подшипниках не на вал 1 двигателя, а на неподвижную втулку — фланец 4, которая является элементом крепления двигателя. Вал двигателя, не касаясь ее, проходит сквозь внутреннее отверстие втулки и вверху соединяется со шкивом спиральной пружины 2. Если на валу вследствие его малого диаметра невозможно укрепить внутренний конец пружины, на вал одевают переходную втулку со шлицем для пружины. Отсутствие односторонне направленной радиальной нагрузки на вал и подшипники двигателя является ценным преимуществом рассмотренной конструкции, так как при этом не только повышается срок службы двигателя, но и сама передача работает более плавно.

Подшипники

К подшипникам, применяемым в аппаратуре магнитной записи, предъявляются специфические требования, основными из которых являются:

- минимальные радиальные и торцовые биения;
- плавность хода;
- отсутствие акустических шумов;
- износоустойчивость.

Подшипники скольжения. В зависимости от конструкции различают самоустанавливающиеся и самоустанавливающиеся подшипники скольжения. Для нормальной работы самоустанавливающихся подшипников (рис. 46,а, б)

важен правильный выбор их относительной длины $\left(\frac{l}{d}\right)$. При увеличении относительной длины повышается срок службы подшипника, тем не менее для самоустанавливающихся подшипников нежелательно брать $\frac{l}{d} > 1$, поскольку при этом эксцентриситет расточки кронштейнов и неточность монтажа узла меньше сказываются на распределении нагрузки по длине подшипника. Самоустанавливающиеся подшипники смазывают капельным путем при монтаже узла и при профилактических работах. В случаях, когда это не ослабляет несущую способность подшипника, на его рабочей поверхности допускается кольцевая проточка-маслосборник (рис. 46,б). Вследствие малого срока

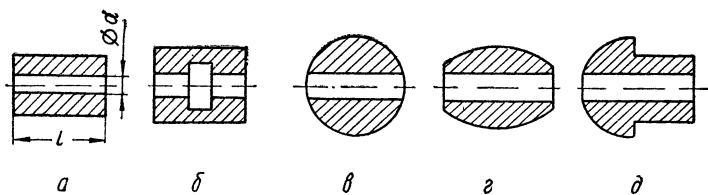


Рис 46 Подшипники скольжения:
а, б — самоустанавливающиеся; в, г, д — самоустанавливающиеся.

службы самоустанавливающиеся подшипники в основном применяются в ненагруженных и неответственных узлах лентопротяжного механизма.

Самоустанавливающиеся подшипники (рис. 46,в, г, д) имеют наружную опорную поверхность в виде сферы, бочонка или полусферы. Так как сопряжение сферических поверхностей подшипника и гнезда технологически выполнить очень сложно, чаще применяют сопряжение сферической поверхности подшипника с конической поверхностью гнезда. Поскольку для самоустанавливающихся подшипников требование соосности расточки не критично, отношение $\frac{l}{d} \geq 3$. Смазка рассматриваемых подшипников — фитильная. Для удобства смазки во время эксплуатации желательно иметь сверления от доступных мест к фитилям подшипников.

Для всех подшипников скольжения необходимо обеспечивать минимальный относительный зазор, что повышает несущую способность подшипника и устраняет вибрации

вала. Если ведущий вал установлен на подшипниках скольжения, то в случае большого относительного зазора или овальности отверстия, появившейся в результате длительной работы подшипника с большим радиальным усилием, ведущий вал теряет однозначность своего положения и может подвергаться вибрациям с частотой $f = 2n$, где n — число оборотов ведущего вала. Относительный зазор определяется выражением

$$\psi = \frac{D-d}{d}, \quad (\text{III-4})$$

где D — внутренний диаметр подшипника, мм;
 d — опорный диаметр ведущего вала, мм.

Относительный зазор для ответственных узлов колеблется от 0,0002 до 0,001. Для удовлетворения требований по минимальному относительному зазору подшипники и ведущий вал выполняются по сопряжениям $\frac{A}{D}$ или $\frac{A_1}{D_1}$, т. е. с гарантийным зазором порядка 3—5 мк.

Подшипники скольжения для магнитофонов изготавливаются механической обработкой из бронзы марок БрКМц, БрОЦС, БрАЖ и других или путем спекания под давлением порошков металлокерамики, создающей пористую структуру подшипника, — бронзографита, железографита. Основное преимущество металлокерамических подшипников заключается в наличии пор, которые способствуют образованию устойчивой масляной пленки. Такие подшипники после спекания подвергают вакуумной пропитке в масле, в результате чего нагретое масло заполняет большое количество капилляров и на трущихся поверхностях создается масляная пленка. При нагреве поверхностей трения масло, содержащееся в порах, выходит на поверхность именно в местах нагрева. Величиной пористости определяется и несущая способность подшипника. Например, при снижении пористости железографитного подшипника от 25 до 15% величина допустимого удельного давления может быть увеличена на 20%.

Преимущества металлокерамических подшипников могут быть в полной мере использованы, если конструкцией обеспечивается хорошая смазываемость, для чего стенки подшипников должны иметь минимальную толщину. Толщина стенок подшипника выбирается компромиссно из условий прочности и маслослываемости материала подшипника.

Чистота обработки сопряженных поверхностей вала и подшипника существенно влияет на срок службы подшипника. Поэтому шейки вала обрабатываются с чистотой не менее $\nabla 10$, а внутренний диаметр подшипника — $\nabla 9$. Обрабатывать поверхности металлокерамических подшипников, кроме калибровки внутреннего диаметра, после пропитки не рекомендуется, так как происходит забивка пор подшипника, что ухудшает условия его смазки.

Проверка подшипников на удельное давление. Условное (среднее) удельное давление

$$q = \frac{P}{ld} \text{ (н/см}^2\text{)}, \quad (\text{III-5})$$

где P — нагрузка на подшипник, н;

l — длина подшипника, см;

d — внутренний диаметр, см.

Расчетная величина q не должна превышать допустимой, величина которой зависит от материала поверхностей трения, скорости скольжения и режима работы. Допустимые значения величины q приведены в табл. 3.

Таблица 3

Допустимые значения удельной нагрузки

Материал поверхности трения	$[q]$ в условиях граничного трения, н/см ²
Сталь — бронза ОЦС	9,8 · 100
То же, ОФ	9,8 (100—150)
» » СЗО	9,8 250
» » АЖ	9,8 (150—300)
Сталь — резина	9,8 · 50
Сталь — металлокерамика.	
а) бронзографит	9,8 · 80
б) железографит	9,8 · 50
Сталь по закаленной стали	9,8 · 150

Определение момента трения. В отдельных случаях, в частности, в малогабаритной аппаратуре (например, бытовые батарейные магнитофоны), где существенной является величина момента трогания механизма, подшипники скольжения проверяются на момент трения

$$M_{\text{тр}} = Fr \text{ (н} \cdot \text{см)}, \quad (\text{III-6})$$

где F — сила трения, н;

r — радиус шейки вала, см.

Величина коэффициента трения железографитных подшипников при $q = (5 \div 60)9,8 \text{ н/см}^2$ и скорости скольжения $v = 10 \text{ м/сек}$ находится в пределах от 0,026 до 0,014.

Подпятники. При конструировании узла ведущего вала на подшипниках скольжения в качестве опор в осевом направлении устанавливают шариковые или специальные подпятники. Для уменьшения момента трения выбирают сферическую форму подпятника. При шариковом подпятнике (рис. 47,а) необходимо обеспечить минимальный осевой люфт ведущего вала, чтобы шарик не вышел из гнезда. Специальный подпятник (рис. 47,б) должен сидеть в отверстии ведущего вала без люфта. Подпятник опирается на пяту — плоскую шайбу, установленную в гнезде несущего кронштейна.

Основные требования, предъявляемые к подпятникам и пятам — достаточная твердость и чистота обработки сопряженных (рабочих) поверхностей. Подпятники и пяты обычно имеют твердость не менее 60—65 НРС. Для изготовления этих деталей применяют инструментальные стали марок ХВГ, У8А, Р18. Пяты выполняются также из стали 65Г. Сопряженные поверхности обрабатываются до чистоты $\nabla 10$ — $\nabla 12$.

Момент трения сферического подпятника определяется по формуле

$$M_{\text{тр}} = \frac{3\pi}{16} QfR \text{ (н} \cdot \text{см)}, \quad (\text{III-7})$$

где Q — осевое усилие, воспринимаемое подпятником, н;

f — коэффициент трения;

R — радиус площадки смятия сферического конца подпятника,

$$R = 0,881 \sqrt[3]{\left(\frac{1}{E_n} + \frac{1}{E_0}\right) Qr} \text{ (см)}, \quad (\text{III-8})$$

r — радиус сферы подпятника, см;

E_n и E_0 — модули упругости материала подпятника и материала опоры, н/см².

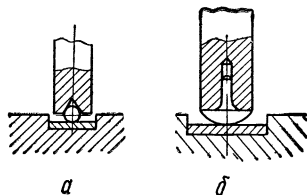


Рис. 47. Подпятники ведущих валов:
а — шариковый; б — специальный.

Несмотря на простоту конструкции, подшипники скольжения имеют ряд существенных недостатков, вследствие чего они применяются не во всех устройствах магнитной записи. Основные недостатки:

сравнительно малый срок службы;
наличие осевого люфта в узлах с подшипниками скольжения;

необходимость в подпятниках при значительных осевых нагрузках;

затруднительность смазки;

отсутствие централизованного изготовления подшипников.

Поэтому в настоящее время все шире внедряются шарикоподшипники, которые более полно удовлетворяют требованиям аппаратуры магнитной записи.

Подшипники качения. Основными требованиями при выборе шарикоподшипников являются:

допустимая величина радиального и торцового биения;

плавность хода;

бесшумность в работе;

необходимый срок службы.

В узлах лентопротяжных механизмов применяются радиальные и радиально-упорные шарикоподшипники. Классы точности и основные параметры радиальных и радиально-упорных шарикоподшипников с внутренним диаметром не выше 12 мм приведены в табл. 2.

Так как нагрузки в узлах лентопротяжного механизма обычно относительно невелики, шарикоподшипники выбираются по конструктивным соображениям с учетом требований в отношении точности работы узла. При необходимости (особенно в маломощных механизмах) проверяется величина момента трогания шарикоподшипников. Для радиальных подшипников с внутренним диаметром 5—12 мм моменты трогания:

при радиальной нагрузке F до $500 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н

$$M = M_0 + K_1 F; \quad (\text{III-9})$$

при радиальной нагрузке F свыше $500 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н

$$M = M_0 + 500 \cdot 9,8 \cdot 60 \cdot 10^{-3} (K_1 - K_2) + K_2 F; \quad (\text{III-10})$$

при осевой нагрузке Q

$$M = M_0 + K_3 Q; \quad (\text{III-11})$$

при совместном действии радиальной и осевой нагрузок

$$M = M_0 + K_1 F + K_3 Q \text{ для } F \leq 500 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н; (III-12)}$$

$$M = M_0 + 500 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} (K_1 - K_2) + K_2 F + K_3 Q \\ \text{для } F > 500 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н. (III-13)}$$

Отборные по легкости хода подшипники обычно имеют момент трогания вдвое меньше расчетного. Для ориентировочных расчетов величина M принимается равной $10 \times \times 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н} \cdot \text{см}$. Значения коэффициентов K_1 , K_2 , K_3 и M_0 однорядных подшипников приведены в табл. 4.

Таблица 4

Величина коэффициентов однорядных подшипников

Диаметр оси d , мм	M_0 , н см	K_1 , см	K_2 , см	K_3 , см
5	$5,6 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$	0,0156	0,0016	0,005
6	$5,6 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$	0,099	0,0013	0,005
7	$5,6 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$	0,0094	0,0018	0,006
8	$5,6 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$	0,0091	0,0023	0,006
10	$7,2 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$	0,0069	0,0035	0,008
12	$10,8 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$	0,0124	0,0050	0,010

При конструировании узлов лентопротяжных механизмов на шарикоподшипниках большое значение имеет правильный выбор характера их соединения с валом и с корпусом. Выбранная посадка должна обеспечить высокую плавность хода шарикоподшипника, для чего в процессе сборки его необходимо устанавливать без значительных усилий. Из этих соображений посадки глухая Г, напряженная Н, плотная П и даже скользящая С, по которым выполняются валы под подшипники в общем приборостроении, здесь неприменимы, так как при такой установке на вал внутреннее кольцо подшипника деформируется. Поскольку внутренний посадочный диаметр подшипника выполнен по системе вала, сопряженный с ним диаметр вала изготавливается по посадке движения Д, Д₁ системы отверстия. Следует подчеркнуть, что класс точности деталей и поверхностей, на которые насаживаются подшипники, должен соответствовать классу точности применяемого подшипника. Так, например, нельзя устанавливать подшипник

класса С на вал, выполненный по посадке Д второго класса точности, так как получаемый при этом наибольший радиальный зазор может превысить величину радиального биения самого подшипника. Обычно под подшипники классов СА и С берут посадку движения Д₁ первого класса точности. В корпусах гнезда под подшипники этих классов точности выполняют по посадке П₁. В особо ответственных механизмах, где зазор или натяг при установке подшипника недопустим, практикуется индивидуальный подбор подшипников в процессе сборки узлов.

С целью исключения перекоса подшипника к упорным буртам, сопрягаемым с торцами внутреннего и внешнего его колец на валу и в корпусе, предъявляются жесткие требования в отношении торцовых биений (до 0,01 мм). Для точной установки подшипников в местах перехода цилиндрических поверхностей вала и корпуса в торцовые выполняются проточки или оговариваются максимально допустимые радиусы, заведомо меньшие радиусов или фасок соответствующих колец подшипника. Чистота обработки посадочных поверхностей для установки подшипников должна соответствовать табл. 2.

Все подшипники в процессе сборки узлов механизма смазываются. Это обеспечивает уменьшение трения, предохранение от коррозии поверхности шариков и колец, равномерное распределение тепла по подшипнику, защиту рабочих поверхностей подшипника от загрязнения. В зависимости от нагрузки, скорости и рабочих температур применяют смазки ОКБ122-7, ЦИАТИМ-221 (при повышенных значениях указанных факторов) либо маловязкие (жидкие) — марок ОКБ122-5, МВП. Следует отметить, что применение консистентных смазок в механических узлах магнитофона особенно необходимо для уменьшения акустических шумов в шарикоподшипниках. Кроме того, при незначительных окружных усилиях такая смазка несколько гасит мгновенные колебания неравномерности вращения малоинерционных элементов, т. е. в этом случае подшипник частично работает как масляный демпфер.

Связывающие элементы

Связывающие элементы применяются в узлах косвенного привода для передачи вращающего момента ведущего двигателя на маховик ведущего вала.

К связывающим элементам предъявляются следующие основные требования:

постоянство передаточного отношения;

минимальная неравномерность передачи вращающего момента;

высокая надежность;

бесшумность.

В лентопротяжных механизмах применяется два вида связывающих элементов — с временным и постоянным включениями. В качестве элементов с временным включением используются паразитные ролики, а с постоянным — пасики.

Узел паразитного ролика (рис. 48) состоит из ролика 4 с эластичной рабочей поверхностью (резина, полиуретан), вращающегося на шарикоподшипнике 3 относительно оси 2, установленной на планке 1. Применять подшипники скольжения нежелательно вследствие относительно высоких оборотов двигателя. Планка 1 на концах имеет отверстия или штифты для присоединения заклинивающей или возвратной пружины и исполнительного устройства —

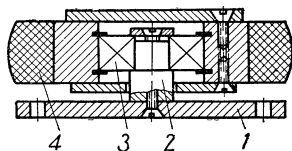


Рис 48 Узел паразитного ролика.

управляющего рычага, электромагнита. В зависимости от способа ввода в зацепление планка с роликом совершает поступательное или поворотное движение. В первом случае планка имеет на концах два овальных в направлении движения отверстия и крепится на несущем кронштейне ведущего узла на двух штифтах. Во втором случае планка устанавливается на одном штифте либо соединяется с промежуточным рычагом, вращающемся на одной оси, а второй конец планки с роликом подвешивается на заклинивающей пружине. Так как параллельность осей двигателя и маховика практически установить невозможно, паразитные ролики выполняются обычно самоустанавливающимися. С этой целью планка в точке крепления к несущему кронштейну подпружинивается, а боковая рабочая поверхность ролика часто выполняется бочкообразной формы. Конструктивное оформление паразитных роликов аналогично прижимным роликам, но вследствие небольших радиальных усилий толщина слоя резины несколько увеличена, что

способствует гашению неравномерностей работы двигателя. Кроме того, паразитные ролики имеют небольшую высоту, практически ограниченную размерами подшипников. Особое внимание при конструировании узлов паразитного ролика уделяется защите его рабочей поверхности от попадания смазки, для чего ролик с подшипниками выполняется закрытой конструкции.

В качестве пасиков применяются кольца из эластичных материалов. Пасики могут быть переменных и постоянных размеров.

Пасики переменных размеров изготавливаются из резины марок 1847, 3311, НО-68-1, 98-1, отличающихся повышенным

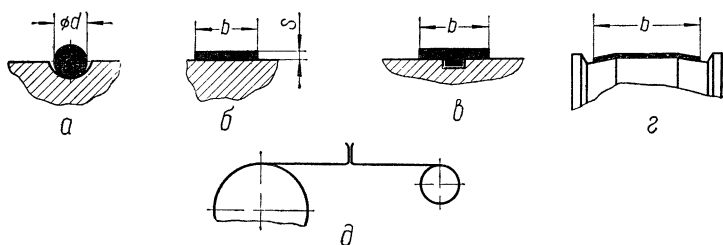


Рис. 49. Конструкция пасиков:

a — круглого сечения; *б* — прямоугольного сечения; *в* — фигурного сечения; *г* — рабочая поверхность шкива для плоского пасика; *д* — сшивка пасика.

относительным удлинением, и имеют круглое (рис. 49, *a*), прямоугольное (рис. 49, *б*) или фигурное (рис. 49, *в*) сечение. Чаще других применяются пасики круглого сечения, способные передавать как небольшие, так и значительные нагрузки и более простые в изготовлении. Канавки на шкивах для этих пасиков выполняются на 10—20% шире их диаметра, чем исключается торцовое защемление пасиков. При необходимости передать повышенные нагрузки при жестких требованиях к надежности используются два или три пасика, работающие параллельно.

Основной недостаток пасика круглого сечения — неопределенность зацепления, что не позволяет выполнить передачу с большой точностью.

Для пасиков прямоугольного сечения конфигурация шкивов упрощается, однако сам пасик необходимо шлифовать по внутреннему и наружному диаметрам. Пасики

фигурного сечения более сложны в изготовлении и применяются при необходимости точной фиксации пасика по ширине шкива. К недостаткам прямоугольных и фигурных пасиков относятся сложность изготовления и необходимость увеличения ширины шкивов.

Размер пасика в свободном состоянии выбирается таким, чтобы при установке на рабочее место его удлинение составляло 20—30%.

К общим недостаткам всех резиновых пасиков относятся низкая надежность, циклическое изменение натяжения на различных участках пасика, возможность резонанса его ветвей, залипание при повышенных температурах.

В настоящее время резиновые пасики уступают место высоконадежным, легким, недорогим и изящным пасикам постоянных размеров из лавсановых тканей. Лавсановые пасики могут работать в диапазоне температур от -60 до $+180^{\circ}\text{C}$, имеют предел прочности на растяжение не менее $450 \cdot 9,8 \text{ н/см}^2$, вследствие чего даже при повышенных нагрузках их срок службы во много раз выше, чем у резиновых. Необходимо отметить, что если резиновые пасики работают неудовлетворительно на шкивах малых диаметров (10—15 мм) из-за своей большой толщины (порядка нескольких миллиметров), лавсановые пасики могут использоваться на шкивах диаметром порядка 5—10 мм вследствие их небольшой толщины (0,1—0,3 мм). Чтобы пасик не перемещался по ширине приводных шкивов при вращении, рабочая поверхность одного из шкивов выполняется бочкообразной формы (рис. 49,з). Для уменьшения радиальных нагрузок на валы привода увеличивают сцепление пасиков со шкивами повышением коэффициента трения, что достигается пропиткой пасиков специальным составом. Пропитка предотвращает также рассыпание нитей по торцам пасика. Пропитанные пасики обеспечивают коэффициент трения порядка 0,4, причем их эластичность при этом не ухудшается. К. п. д. пасиковых передач для крутящих моментов порядка $0,5 \text{ н} \cdot \text{см}$ не ниже 0,8, для повышенных моментов — не ниже 0,9.

Пасики могут быть сшивными и цельнотканными. Сшивные пасики могут применяться при любом произвольном межцентровом расстоянии шкивов. Для получения минимальной длины сращиваемого участка ленту сшивают, как показано на рис. 49,д. Такой стык практически не ухудшает качественные показатели привода, если

малый шкив имеет диаметр не менее 20—25 мм. Сшивной пасик применяется только в открытой передаче.

Цельнотканые пасики изготавливаются из рукавной ткани, сотканной из лавсанового волокна, и имеют определенную гамму размеров, в связи с чем межцентровое расстояние шкивов выбирается с учетом типоразмеров рукавных тканей. Цельнотканые пасики работают в открытых передачах и в передачах с натяжными роликами.

Ценная особенность лавсановых пасиков — практическое отсутствие старения. Применение этих пасиков обеспечивает высокие качественные показатели аппаратуры магнитной записи и известные удобства при ее эксплуатации.

Несущие детали

К несущим деталям, которые служат базовыми элементами конструкций ведущих узлов, предъявляются следующие основные требования:

жесткость конструкции;

технологичность;

минимальные габариты и вес;

исключение деформации базовых поверхностей с течением времени.

Конструкция несущего кронштейна определяется как выбранным типом ведущего узла, так и компоновкой лентопротяжного механизма в целом. При использовании встроенных ведущих узлов несущие кронштейны являются фактически только опорами для ведущего вала с маховиком и бывают закрытые, полуоткрытые и открытые (рис. 50). Основным при конструировании таких кронштейнов является вопрос обеспечения достаточной опорной поверхности кронштейна в направлении опрокидывающего момента, создаваемого весом маховика и радиальным усилием привода. Если используется независимый узел ведущего вала на подшипниках скольжения, закрытые и полуоткрытые кронштейны делаются разъемными.

Более технологичный в этом отношении независимый узел ведущего вала на шарикоподшипниках, так как при этом можно применять несущий кронштейн открытой конструкции. Для однозначной установки на несущей панели ЛПМ такие кронштейны имеют фиксирующие штифты или специальные посадочные бурты, входящие в отверстия па-

нелей. Точность вертикального положения ведущего вала по отношению к тракту движения ленты достигается двумя способами: посадкой кронштейна фланцем на плоскость панели (фиксация по плоскостям) или соединением кронштейна и панели как вала и отверстия по скользящей или плотной посадке (фиксация по диаметрам). Второй вид фиксации более точный в отношении перпендикулярной установки ведущего вала, так как при этом способе исключается неизбежное торцовое биение посадочного фланца кронштейна по отношению к оси ведущего вала.

При установке ведущего вала с микронным биением на подшипники высокого класса точности необходимо изгото-

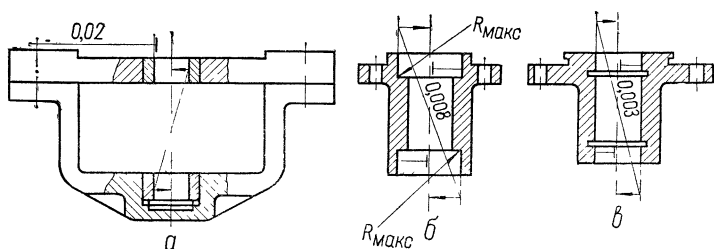


Рис. 50. Конструкции несущих кронштейнов:

а — закрытый кронштейн, *б* — открытый кронштейн с глухой расточкой; *в* — открытый кронштейн со сквозной расточкой.

товлять посадочные места под эти подшипники с минимальными радиальными и торцовыми биениями. В кронштейнах с несамостоятельными подшипниками скольжения минимальные биения достигаются совместной расточкой заготовок подшипника, запрессованных в кронштейн (рис. 50, *а*).

Посадочные места под шарикоподшипники выполняются, как показано на рис. 50, *б*. Хотя в варианте, представленном на рис. 50, *б*, отсутствуют дополнительные детали, в нем не обеспечиваются минимальные эксцентриситеты, так как подшипниковые гнезда растачиваются с двух установок. В варианте, представленном на рис. 50, *в*, выполняется сквозная расточка с одной установки, а опорой для подшипников служат запорные кольца.

Все сказанное в отношении кронштейнов для независимой установки ведущего вала справедливо и для посадочных мест под ведущий вал в несущем кронштейне всего

ведущего узла. Поскольку ведущий узел имеет большое количество элементов, его несущий кронштейн выполняется более массивным, с достаточным количеством ребер жесткости.

При выполнении ведущего узла в виде законченной конструкции общая несущая панель механизма значительно упрощается. Она может быть изготовлена в виде литой рамы с необходимым количеством крепежных отверстий, куда устанавливаются настроенные ведущий и боковые узлы. В местах крепления ответственных, тяжелых или частосъемных узлов запрессовываются стальные резьбовые втулки.

Кроме жесткости конструкции, для несущей панели очень важна технология ее изготовления, при которой обеспечивается высокая точность обработки с одной установки посадочных мест под основные механические узлы — ведущего вала, ведущего двигателя, блока головок и боковых узлов. Необходим выбор правильных режимов резания при механической обработке несущих панелей, в процессе которой должны исключаться поводки материала. Для этих же целей заготовки — литые таких панелей — подвергают искусственному старению.

Не менее важен способ крепления собранной несущей панели в магнитофоне без ее деформации, поскольку даже тщательно отрегулированный лентопротяжный механизм после закрепления в аппарате может не работать вследствие перекосов при затяжке крепежных винтов. Деформация несущей панели исключается выполнением посадочных плоскостей корпуса магнитофона и панели с достаточной степенью точности или компенсацией неточности изготовления с помощью пружин сжатия или резиновых втулок, устанавливаемых между несущей панелью и корпусом аппарата в каждой точке крепления.

Для изготовления несущих кронштейнов, панелей и рам в большинстве случаев применяются алюминиевые литейные сплавы Ал-9, Ал-2, Ал-11. Сплав Ал-2, как менее прочный, не рекомендуется применять при наличии в деталях мелких резьб (М2, М3). Для изготовления базовых деталей механической обработкой используются алюминиевые сплавы АМц, В95. Так как базовые детали со временем не должны терять свою точность, их не рекомендуется изготавливать из сплава Д16 без термообработки, так как этому сплаву присущи деформации после изготовления деталей.

2. БОКОВЫЕ УЗЛЫ

Боковые (подкассетные) узлы лентопротяжных механизмов служат для подмотки и подтормаживания носителя в режимах записи — воспроизведения, перемотки в режимах ускоренных ходов вперед и назад, а также для остановки носителя. К боковым узлам относятся непосредственно узлы, обеспечивающие натяжение ленты в любом режиме работы, и тормозные устройства.

Назначение, требования и классификация

В режимах записи — воспроизведения боковые узлы работают с переменной угловой скоростью, обусловленной изменением диаметра намотки ленты на кассете или бобышке. При этом имеет место фрикционное или электромагнитное скольжение ведомого элемента относительно ведущего. На ведомые элементы боковых узлов устанавливаются кассеты с лентой, имеющие с ними жесткую связь.

В режимах ускоренных ходов вперед или назад, когда левый и правый боковые узлы попеременно работают как ведущие, необходима жесткая (или с небольшим скольжением) связь ведомых и ведущих элементов.

По виду связи и наличию собственного вращающего момента различают активные и пассивные боковые узлы.

По наличию конструктивных элементов боковые узлы делят на законченный и незаконченный варианты исполнения.

Активный боковой узел представляет собой электродвигатель с мягкой механической характеристикой и вспомогательные конструктивные узлы: тормозное устройство и подкассетный фланец. Связь ведомого (ротор) и ведущего (вращающееся поле статора) элементов узла — электромагнитная.

Законченный активный боковой узел содержит двигатель, тормозное устройство и подкассетный фланец — подкассетник. В таком варианте исполнения применяют, например, двигатели с наружным ротором типов ДПН-1, ДПН-2, ДПН-3 и др. Торцовая часть ротора этих двигателей служит одновременно и подкассетником, а вылет вала, имеющий шпонку, — фиксирующим элементом для установленной кассеты.

Незаконченный боковой узел содержит только двигатель с тормозным устройством, поэтому при использовании такого узла каждый раз подкассетник конструируется отдельно, вследствие чего появляется многообразие подкассетных фланцев.

Применяемые в этих боковых узлах двигатели с внутренним ротором при одинаковых или близких механических показателях обладают большими габаритами, весом и потребляют большую мощность. В связи с увеличенными габаритами и весом они имеют несколько лучшие стабилизирующие свойства и меньше нагреваются, чем двигатели с наружным ротором. При использовании в боковых узлах двигателей с мягкой механической характеристикой типов ДПА-У1, ДПА-У2 необходимо устанавливать тормозное устройство и подкассетник, что связано с некоторыми неудобствами. В новых высококачественных магнитофонах рекомендуется применять полностью законченные активные боковые узлы. Активные боковые узлы применяются в трехмоторных лентопротяжных механизмах профессиональной аппаратуры.

Пассивный боковой узел обычно представляет собой муфту, ведущая часть которой приводится во вращение от ведущего двигателя, и тормозное устройство. Простейшим пассивным боковым узлом может служить также отдельный подкассетный фланец с тормозным устройством.

По способу передачи вращающего момента от ведущей части к ведомой муфты разделяют на фрикционные, электромагнитные и обгонные.

Законченный пассивный боковой узел содержит муфту и тормозное устройство, что очень удобно для унификации узлов и эксплуатации магнитофонов.

Незаконченный пассивный боковой узел представляет собой только одну муфту любой конструкции. Привод ведущих элементов муфт выполняется пассивными аналогично приводу ведущих узлов. Пассивные боковые узлы применяются в одно- и двухмоторных ЛПМ массовых и специальных магнитофонов.

К активным и пассивным боковым узлам предъявляются следующие общие требования:

создавать необходимое натяжение ленты соответственно режимам работы ЛПМ;

иметь минимальные радиальное и торцовое биения посадочных поверхностей для кассет;

обеспечивать плавность и бесшумность работы в рабочих режимах (в режимах ускоренных перемоток допускается шум);

обеспечивать оперативность перехода с одного режима на другой;

обеспечивать возможность унификации.

К активным боковым узлам, кроме того, предъявляется еще и ряд дополнительных требований:

иметь достаточный пусковой момент, обеспечивающий быстрый разгон кассет с лентой в режимах ускоренных перемоток;

обеспечивать возможность длительной работы в режиме, близком к режиму короткого замыкания, так как в рабочих режимах ЛПМ скорость вращения кассет очень мала; иметь минимальные поля рассеяния.

К пассивным боковым узлам предъявляются дополнительные требования:

простота конструкции и ее технологичность;

удобство и плавность регулировки.

Необходимое натяжение ферромагнитной ленты в рабочих режимах достигается соответствием вращающего момента, создаваемого активным или передаваемого пассивным боковыми узлами расчетному моменту (§ 2 гл. II). Если в процессе работы вращающий момент остается постоянным или изменяется в небольших пределах, то натяжение носителя изменяется от начала к концу кассеты в два-три раза. Для стабилизации натяжения ленты необходимо изменять вращающий момент в соответствии с законом изменения диаметра намотки носителя на кассете, что и делается в высококачественной профессиональной аппаратуре.

Активные боковые узлы подбираются на соответствие вращающему моменту в режимах ускоренных перемоток, который является для них наиболее нагруженным режимом.

В рабочих режимах пассивные боковые узлы проектируются с учетом передачи расчетного вращающего момента. Для режимов ускоренных перемоток узлы дополнительно не рассчитываются, так как ведомая и ведущая части замыкаются роликами, дополнительным осевым усилием, тормозными шайбами, реверсированием хода. Исключение составляют электромагнитные муфты, увеличение связи ведомых и ведущих частей которых достигается повышением насыщения сердечников магнитопроводов.

Фрикционные муфты

Работа фрикционных муфт основана на использовании силы трения, возникающей между рабочими (трущимися) поверхностями под действием силы, направленной по оси вращения (рис. 51, 52, а, б). По форме трущихся поверхностей различают дисковые и конические фрикционные муфты.

Сила осевого давления Q в режимах записи — воспроизведения может быть постоянной или переменной величиной. В зависимости от этого фрикционные муфты различают с постоянным или автоматически изменяющимся вращающим моментом $M_{вр}$.

Рис. 51. Простая фрикционная муфта.

Фрикционная муфта с силой осевого давления (рис. 51) состоит из ведущей 1 и ведомой 3 частей. Связаны они между собой фрикционным

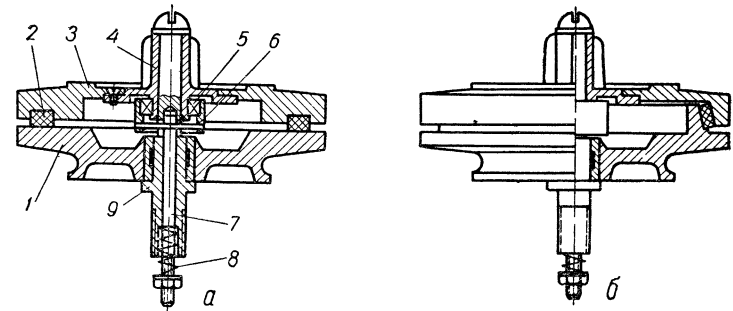


Рис. 52. Конструкции фрикционных муфт:
а — дисковая муфта; б — конусная муфта.

кольцом 2. Ведомая часть имеет заформованную втулку с тройником 4 для фиксации кассет и опорную кольцевую поверхность для установки кассет, а ведущая — втулку скольжения 7 с маслосборником. Обе части вращаются на оси 8, в торец которой завинчен винт 5 с шайбой 6, пре-

дохраняющие эти части от спадания при переноске или транспортировке. Муфта на несущей панели ЛПМ крепится гайкой, для чего нижний конец оси имеет резьбу.

Ведущая часть приводится во вращение от ведущего двигателя посредством круглого пасика, для которого эта часть муфты имеет канавку соответствующего профиля.

При минимальном диаметре намотки ленты, что соответствует началу рулона, вес его небольшой. Сила осевого давления незначительна и вращающий момент, создаваемый ею, также невелик

$$M_{\text{вр}} = QR_{\text{ср}}f (n \cdot \text{см}), \quad (\text{III-14})$$

где Q — сила осевого давления, n ;

$R_{\text{ср}}$ — средний радиус фрикционного кольца, см ;

f — коэффициент трения.

С увеличением диаметра намотки ленты растет вес кассеты и, следовательно, сила осевого давления. Это приводит к увеличению вращающего момента, который плавно достигает своего максимального значения при полной кассете.

Сила натяжения носителя записи

$$F = \frac{M_{\text{вр}}}{R_{\text{н.з}}} = \frac{QR_{\text{ср}}f}{R_{\text{н.з}}}, \quad (\text{III-15})$$

где $R_{\text{н.з}}$ — радиус намотки носителя записи на кассете, см .

Из выражения (III-15) следует, что для поддержания постоянства натяжения необходимо при увеличении диаметра намотки ленты пропорционально увеличивать и вращающий момент, т. е. силу осевого давления, создаваемую весом кассеты. Радиус намотки носителя для стандартных кассет изменяется в k раз (см. табл. 9), и, следовательно, можно так подобрать вес пустой кассеты и кассеты с лентой, что это изменение будет также равно k

$$\frac{m_{\text{к}} + m_{\text{м}} + m_{\text{н}}}{m_{\text{к}} + m_{\text{м}}} = k, \quad (\text{III-16})$$

где $m_{\text{к}}$ — вес пустой кассеты, n ;

$m_{\text{м}}$ — вес ведомой части муфты, n ;

$m_{\text{н}}$ — вес носителя, n .

Решая это уравнение, находим

$$\frac{m_{\text{н}}}{k-1} = m_{\text{к}} + m_{\text{м}}.$$

Вес незаполненной кассеты и вес носителя известны, следовательно, подбирая вес ведомой части муфты так, чтобы

$$m_{\text{м}} = \frac{m_{\text{н}}}{k-1} - m_{\text{к}}, \quad (\text{III-17})$$

можно добиться постоянства натяжения носителя для данного размера кассеты. При использовании кассет других размеров постоянство натяжения нарушается. В режиме подтормаживания такая муфта работает в последовательности, обратной описанной. В режимах ускоренных перемоток ведомая и ведущая части муфты замыкаются обрезиненным роликом, с помощью которого обеспечивается жесткая связь между ними.

Фрикционная муфта с постоянной силой осевого давления (рис. 52, *а, б*) состоит из ведущей 1 и ведомой 3 частей, вращающихся на оси 9. Ведомая часть имеет втулку скольжения с тройником 4. На нижней части втулки укреплен шарикоподшипник 5, внешнее кольцо которого жестко связано со стаканом 6 и штоком 7. Посредством пружины 8 шток поджимает ведомую часть к ведущей через фрикционное кольцо 2.

В рабочих режимах муфты работают с проскальзыванием, величина которого подбирается пружиной. Ведомые части развязаны от невращающегося штока посредством шарикоподшипников. В режимах ускоренных перемоток муфты работают без проскальзывания, при этом необходимое осевое давление, создаваемое принудительно любым прижимным механизмом, связанным со штоком, находится по формуле:

для дисковых муфт

$$Q = \frac{M_{\text{вп}} \beta}{R_{\text{ср}} f}; \quad (\text{III-18})$$

для конусных муфт

$$Q = \frac{M_{\text{вп}} \sin \alpha \beta}{R_{\text{ср}} f}, \quad (\text{III-19})$$

где $M_{вр}$ — вращающий момент для перемоток, $н \cdot см$;
 $R_{ср}$ — средний радиус фрикционного кольца, $см$;
 f — коэффициент трения;
 $\sin \alpha$ — синус угла конуса;
 β — коэффициент запаса сцепления.

Угол конуса α выбирается обычно от 10 до 15°. Если угол меньше, то внутренний конус (ведущая часть) сильно заклинивается во внешний (ведомая часть). Коэффициент запаса сцепления β выбирается 1,2—1,3. При большем значении β повышается прижимное усилие, что вызывает неоправданные динамические нагрузки на муфту и увеличивает усилие прижимных механизмов.

Ширина фрикционного кольца обычно выбирается

$$b = (0,2 \div 0,5) R_{ср} \text{ (см)}, \quad (\text{III-20})$$

а соотношение между внутренним радиусом $R_{в}$ и наружным $R_{н}$ соответствует 0,6—0,8.

Увеличивать ширину фрикционного кольца $b > 0,5 R_{ср}$ нежелательно из-за неравномерного распределения силы осевого давления и неравномерного износа. При уменьшении ширины фрикционного кольца увеличивается удельное давление q на фрикционный материал, что ведет к более быстрому его износу.

Удельное давление можно определить по формуле: для дисковых муфт

$$q = \frac{Q}{2\pi b R_{ср}} \text{ (н/см}^2\text{)}; \quad (\text{III-21})$$

для конусных муфт

$$q = \frac{Q}{2\pi b R_{ср} \sin \alpha} \text{ (н/см}^2\text{)} \quad (\text{III-22})$$

Электромагнитные муфты

По конструкции и принципу действия электромагнитные муфты разделяют на фрикционные и индукционные.

Конструкция фрикционной электромагнитной муфты (рис. 53,а) отличается от ранее описанных фрикционных муфт лишь электромагнитным способом перехода с одного режима на другой. Как и все муфты, она состоит из ведущей 1 и ведомой 3 частей со втулками скольжения. Обе

части связаны фрикционным кольцом 2. На оси 7 укреплена катушка электромагнита 4, выводы которой проходят через отверстие в оси под несущую панель магнитофона. В ведущей части муфты по штырям свободно перемещается стальное кольцо 6, в ведомой части находится резиновое кольцо 5.

В режимах записи и воспроизведения катушка электромагнита обесточена и подмотка или подтормаживание происходит вследствие проскальзывания ведомой части муфты относительно ведущей, как и в обычной фрикционной муфте (рис. 51). В режимах ускоренных перемоток на катушку

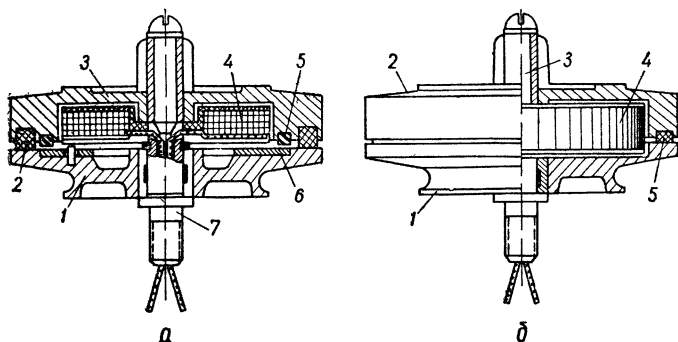


Рис. 53. Конструкции электромагнитных муфт:

а — с электромагнитным переходом с одного режима работы на другой; б — с электромагнитным управлением режимами работы.

электромагнита подается питание. Стальное кольцо, притягиваясь к ведомой части, плотно прижимается к резиновому кольцу, обеспечивая тем самым жесткую связь ведомой и ведущей частей муфты.

Конструкция электромагнитной муфты (рис. 53,б) отличается от муфты, показанной на рис. 53,а, бóльшим вращающим моментом. На оси вращается ведущая 1 и ведомая 2 части муфты. Внутри муфты на оси 3 неподвижно установлена катушка подмагничивания 4, имеющая число ампер-витков бóльшее, чем у электромагнитной муфты на рис. 53,а. Концы катушки также выводятся через отверстие в оси. Ведомая часть имеет запрессованное фрикционное кольцо 5, которое обеспечивает между обеими частями зазор 0,1—0,15 мм.

В режимах записи и воспроизведения проскальзывание ведомой части относительно ведущей и создание необходи-

мого момента осуществляется силами трения между обеими частями муфты. Силы трения состоят из двух компонент: силы осевого давления, зависящей от веса кассеты с лентой и веса ведомой части, и силы осевого давления, зависящей от тока подмагничивания. Первая компонента изменяется так же, как и у муфты, показанной на рис. 51, вторая — либо постоянна, либо регулируется специальным устройством. В режимах ускоренных перемоток несколько увеличивают ток подмагничивания, что обеспечивает жесткую связь ведомой и ведущей частей. Зная величины вращающих моментов, необходимых для работы фрикционных электромагнитных муфт (рис. 53, *а*, *б*) в режимах ускоренных перемоток, нетрудно по известным формулам для фрикционных механических муфт найти силу осевого давления, создаваемую током подмагничивания. По этой силе рассчитывается кольцевой электромагнит муфты (обмотка возбуждения, корпус-магнитопровод)

$$Q = \left(\frac{B}{5000} \right)^2 S_m \cdot 9,8 (н); \quad (III-23)$$

$$Q = 4B^2 S_m \cdot 9,8 (н), \quad (III-23a)$$

где B — магнитная индукция, *гс* (III-23) или *тл* (III-23 а);

S_m — площадь полюсов электромагнита, *см*².

Зная рабочую величину индукции применяемой магнитомягкой стали (например, для стали Э (Армко) $B = = 10\,000 \div 12\,000$ *гс*, или $1 \div 1,2$ *тл*), находят площадь магнитных полюсов, т. е. размер кольцевой части корпуса ведомой части. Затем прикидывают размеры всего корпуса магнитопровода и рассчитывают ампер-витки, диаметр провода обмотки и другие параметры по формулам для расчета электромагнитов (см. § 2 гл. V).

Конструкция индукционной (вихревой) муфты скольжения приведена на рис. 54, *а*. На оси 1 размещена катушка подмагничивания 4, свободно вращаются массивная ведомая часть муфты (якорь) 2 и облегченная ведущая часть муфты 3. Воздушные зазоры между катушкой подмагничивания, ведущей и ведомой частями выбираются минимально возможными, порядка 0,1—0,2 *мм*.

Ведущая часть имеет на цилиндрической поверхности полукруглые или прямоугольные пазы, вращается на подшипнике скольжения и имеет массивные стенки. Магнитный поток замыкается через толстостенную поверхность

ведомой части и наводит в ней вихревые токи. Магнитное поле ведущей части взаимодействует с вихревыми токами массивного цилиндра ведомой части, вследствие чего якорь вращается с некоторым скольжением, зависящим от нагрузки и тока подмагничивания катушки магнитной системы. При режимах ускоренных перемоток ток подмагничивания

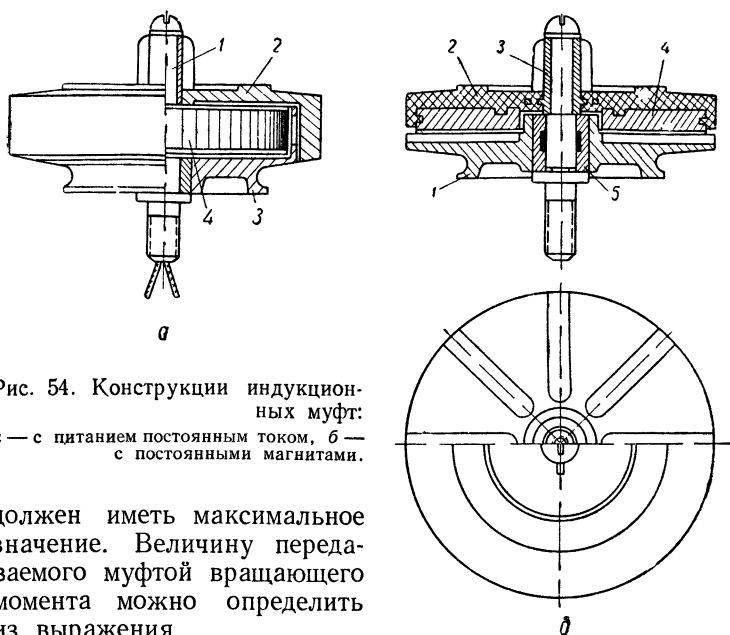


Рис. 54. Конструкции индукционных муфт:
 а — с питанием постоянным током, б — с постоянными магнитами.

должен иметь максимальное значение. Величину передаваемого муфтой вращающего момента можно определить из выражения

$$M_{вр} = c_3 I^2 \sqrt{(n_1 - n_2)} \frac{\pi}{30} 9,8 \text{ (н} \cdot \text{см)}, \quad (\text{III-24})$$

где c_3 — коэффициент, зависящий от конструкции муфты;
 I — ток подмагничивания, а;
 n_1 и n_2 — число оборотов ведущей и ведомой частей муфты, рад/сек.

Одной из разновидностей этого типа муфт является индукционная муфта, создающая неравномерный магнитный поток постоянными магнитами, расположенными по торцевой поверхности (рис. 54,б). Муфта состоит из ведущей 1 и ведомой 2 частей, между которыми имеется воздушный зазор 0,1—0,2 мм.

Ведущая часть муфты может быть выполнена из цельного куска магнитотвердого металла. Тогда неравномерный магнитный поток создается радиальными пазами. Секторы торцевой части муфты имеют разноименные полюса. В других конструкциях неравномерный магнитный поток создается магнитопроводом ведущей части муфты, изготовленным из магнитомягкого материала, в неглубокие радиальные пазы которого ставятся прямоугольные стержневые постоянные магниты.

Ведомая часть муфты имеет заформованное массивное кольцо 4, служащее для замыкания неравномерного магнитного потока ведущей части. В режимах ускоренных перемоток ведомая и ведущая части замыкаются обрезиненным роликом так же, как в муфте, изображенной на рис. 51.

Обгонные муфты

В случаях, когда необходимо автоматически соединять без проскальзывания или разъединять вращающиеся части в зависимости от соотношения их угловых скоростей, используют обгонные муфты, которые также применяются в боковых узлах магнитофонов. Если скорость ведущей части муфты больше скорости ведомой, то вращающий момент передается путем заклинивания роликов или шариков. При обратном соотношении скоростей муфта выключается, не препятствуя свободному вращению ведомой части.

Шариковая (или роликовая) обгонная муфта (рис. 55) состоит из ведущей 1 и ведомой 2 частей, между которыми находятся шарики (или ролики) 3, поджатые пружинами 4. Ведущая часть имеет площадки, угол α которых с внутренней цилиндрической поверхностью ведомой части составляет от 3 до 11 град и называется углом заклинивания. При меньшем значении углов затрудняется

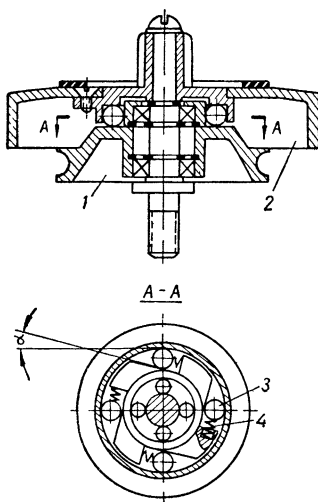


Рис. 55. Конструкция обгонной муфты

расклинивание муфты, большее значение нежелательно применять из-за возможности проскальзывания муфты, особенно после длительной эксплуатации. Величина вращающего момента, передаваемого муфтой, определяется по формуле

$$M_{\text{вр}} = \frac{zP_{\text{макс}}^2 l d R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{0,35 E}, \quad (\text{III-25})$$

где z — число шариков (или роликов) в муфте;

P — наибольшее давление на площадке контакта шарика с поверхностью ведущей части, н/см^2 . Обычно $P = (9 \div 12) 9,8 \cdot 10^3 \text{ н/см}^2$;

d — диаметр шарика (или ролика), см ;

l — длина ролика, см ;

E — модуль Юнга ($2 \cdot 10^6 \cdot 9,8 \text{ н/см}^2$);

R — радиус рабочей поверхности ведомой части, см .

Конструктивные особенности. Все рассмотренные конструкции муфт боковых узлов лентопротяжных механизмов имеют на внешней стороне ведомых частей опорные кольцевые поверхности и фиксирующие тройники (шпонки или штыри) для установки кассет. Ведомые части муфт предохраняются от осевых смещений винтами с шайбами. Если муфты устанавливаются на внешней стороне несущей панели магнитофона, то части муфт с приводными элементами (пасиками, роликами) обычно закрывают фальшпанелями из листового материала.

Для фрикционных механических муфт корпуса ведущей и ведомой частей изготавливаются из алюминиевых сплавов АМц, Д16, В95 и пластмасс (АГ-4, аминопласта, капрона, полистирола и др.). В качестве фрикционного материала применяют фетр, кожу, пробку, резину, фрикционит.

Для электромагнитных муфт корпуса ведущей и ведомой частей изготавливаются из магнитомягких низкоуглеродистых сталей марки Э (Армко). После механической обработки корпуса подвергают вакуумному отжигу и гальваническому покрытию (цинкование, кадмирование, меднение или износостойчивое хромирование). В некоторых конструкциях корпуса изготавливаются из пластмасс с заформованными в них стаканами магнитопровода и втулками скольжения. Магнитопроводом служит листовой пермаллой марок 50НХС, 80НХС и др. Для индукционной муфты, магнитный поток которой создается полем постоянных магни-

тов, применяются специальные магнитотвердые материалы. Магнитные свойства этих материалов характеризуются величиной коэрцитивной силы H_k и остаточной индукции $B_{ост}$. Магнитная энергия материала тем выше, чем выше H_k и $B_{ост}$. У современных магнитотвердых материалов значение коэрцитивной силы лежит в пределах $H_k = (400 \div \div 500) \frac{10^3}{4\pi} \text{ а/м}$, а остаточная индукция $B_{ост} = (12\,000 \div \div 15\,000) 10^{-4} \text{ тл}$. Из литейных металлов можно рекомендовать сплав Анко-4 ($H_k = 500 \frac{10^3}{4\pi} \text{ а/м}$ и $B_{ост} = 12\,300 \times \times 10^{-4} \text{ тл}$). Из прессующихся материалов можно применять ални 12-23, ални 13-25, ални 15-24, алнико 9-20-15 и бариевые ферриты.

Для обгонных муфт лучшими материалами ведущей, ведомой частей и обоймы являются шарикоподшипниковая сталь марок ШХ9, ШХ15, нержавеющая сталь марок ЭИ-474, 4Х13 и углеродистая марок У8 — У13. После токарно-фрезерных и слесарных работ детали подвергают закалке до твердости $HRc = 52 \div 60$ (для стали ЭИ-474 $HRc = 42 \div 45$) и окончательно шлифуют трущиеся и посадочные поверхности.

Механические фрикционные муфты просты по конструкции, но имеют существенные недостатки, заключающиеся в изменении параметров во время эксплуатации (износ фрикционных пар) и требуют частой регулировки. Эти муфты применяются в любительских и массовых магнитофонах.

Электромагнитные муфты несколько сложнее по конструкции, но отличаются большей надежностью, постоянством параметров, возможностью электрической регулировки и настройки на ходу. Это открывает перспективу широкого применения таких муфт в высококачественных одномоторных магнитофонах.

Обгонные муфты сравнительно просты по конструкции и могут передавать значительный вращающий момент. Обгонные муфты с фрикционным подтормаживанием применяются в одномоторных магнитофонах.

Тормозные устройства

Тормозные устройства применяются для остановки движения носителя записи, а в некоторых профессиональных магнитофонах и для остановки обесточенного ведущего

двигателя. В нерабочем состоянии тормозное устройство предохраняет кассеты от разматывания при случайных толчках, вибрациях или при переноске и транспортировке магнитофона.

В режимах записи — воспроизведения и ускоренных перемоток узлы магнитофонов растормаживаются частично или полностью, в зависимости от вида применяемого торможения, механическими тягами и электромагнитами.

По принципу действия различают механическое и электрическое торможение.

Механическое торможение выполняется различными видами тормозных механических устройств, электрическое — тормозными устройствами с электромагнитным полем. К тормозным устройствам всех видов предъявляются следующие требования:

минимальное время торможения и растормаживания, постоянство тормозного момента в течение эксплуатации;

недопустимость образования петель ленты в момент пуска и после остановки ЛПМ;

возможность регулировки тормозных моментов, надежность.

Первые два требования выполняются правильным расчетом тормозных моментов и рациональным выбором тормозных пар. Для выполнения третьего требования к подающему боковому узлу обычно прикладывается несколько бóльший тормозной момент, чем к приемному. Четвертое требование выполняется введением элементов регулировки: в механические тормозные системы — регулировочных винтов и пружин; в электрические — устройств регулировки рабочих напряжений. Пятое требование достигается надежностью конструкции отдельных деталей тормозного устройства (пружины, тяги) и схем автоматики, выполняющих коммутацию всех режимов работы магнитофона.

В лентопротяжных механизмах магнитофонов различают четыре вида торможения.

1. Подтормаживание носителя записи в рабочих режимах и режимах ускоренных перемоток, создающее необходимое натяжение носителя и осуществляемое фрикционными или электромагнитными силами боковых узлов. Соответствующие тормозные устройства подробно рассмотрены в начале параграфа.

2. Торможение остановки, обеспечивающее переход носителя записи от максимальной скорости ускоренных перемоток в неподвижное состояние. Время перехода для кассет емкостью 1000 м и скорости перемотки 8—10 м/сек обычно составляет около 3 сек. Натяжение носителя записи в это время не должно превышать 9,8 н, что соответствует верхнему пределу упругой деформации лент обычной толщины. Для уменьшения остаточной деформации в магнитофонах с высокими скоростями перемоток небольшой участок ленты (начало и конец торможения) иногда перематывают при рабочей скорости движения носителя записи. Торможение остановки при рабочих скоростях магнитофона не вызывает больших динамических перегрузок и время остановки на максимальной рабочей скорости 76,2 см/сек для рулона ленты емкостью 1000 м составляет 0,8—1 сек. При меньших рабочих скоростях и меньших емкостях кассет это время соответственно уменьшается.

3. Торможение покоя, обеспечивающее необходимое натяжение носителя записи при его зарядке в тракт и предохраняющее носитель от разматывания в режиме «Стоп». При вытягивании конца ленты из подающей кассеты при максимальном диаметре рулона натяжение ее не должно превышать $250 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н для профессиональных и $100 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н для массовых магнитофонов. Для кассет № 22 этим значениям натяжения соответствуют тормозные моменты $2,7 \cdot 9,8$ и $1,1 \cdot 9,8$ н·см. При работе с кассетами меньшего диаметра следует соответственно уменьшать величину тормозного момента.

4. Торможение выбега, применяющееся для остановки приемной кассеты в режимах ускоренных перемоток, что предотвращает обрыв или повреждение «летающего» конца ленты, т. е. ракорда на котором наносятся обозначения имеющихся записей. Чтобы не применять специальный тормоз выбега, на некоторых профессиональных магнитофонах устанавливают концевые выключатели, которые срабатывают несколько раньше (за 2—3 сек до конца ленты), что обеспечивает плавное торможение приемной кассеты и выход «летающего» конца ленты при значительно меньшей скорости бокового узла.

На практике для последних трех видов торможения обычно применяют какое-либо одно тормозное устройство, совмещающее в себе функции торможения остановки, покоя и выбега. Расчет тормозных устройств ведется по

величине тормозного момента M_T , который должен быть не меньше вращающего момента $M_{вр}$, создаваемого боковыми узлами

$$M_T \geq M_{вр}.$$

Расчетное значение тормозного момента уточняется при настройке лентопротяжного механизма и может быть увеличено или уменьшено в зависимости от необходимой скорости торможения, веса и скорости движения ленты, находящейся на кассетах. Для этих целей и вводятся элементы регулировки. Создаваемый тормозными устройствами тормозной момент может возрастать резко (жесткое торможение) или плавно (мягкое торможение), что зависит от конкретного выбора конструкции тормозных устройств, фрикционных пар и оптимальной величины тормозного усилия.

Механическое торможение выполняется фрикционными тормозами, которые по конструкции делятся на колодочные, роликовые и ленточные.

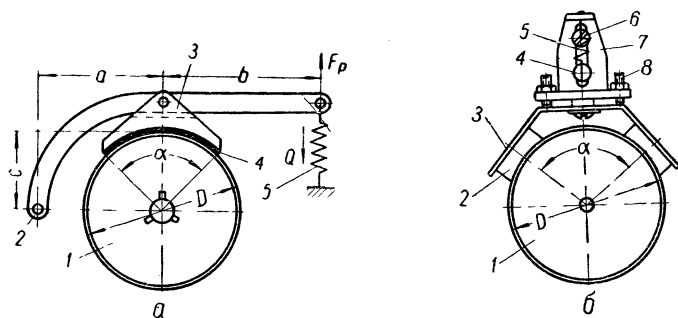


Рис. 56. Конструкции колодочных тормозов:
 а — простой; б — суммирующий.

В режиме работы «Стоп» эти тормоза включены. В остальных режимах они выключаются. Торможение осуществляется парами: с одной стороны — сталью или алюминием, с другой — фрикционными материалами (фетром, кожей, фрикционитом и резиной). Применяя фетр, получаем мягкое торможение, кожу и фрикционит — полужесткое торможение и резину — жесткое торможение.

Простой колодочный тормоз (рис. 56,а) состоит из тормозного барабана 1, к которому посредством рычага 2 и пружины 5

жины 5 прижимается тормозная колодка 3 с фрикционной прокладкой 4. Тормозным барабаном в ЛПМ с активными боковыми узлами служит маховик, подкассетник или внешняя поверхность чаши ротора двигателя с внешним ротором. Тормозным барабаном в ЛПМ с пассивными боковыми узлами служат цилиндрические поверхности ведомых частей муфт. Рычаг имеет неподвижную ось вращения, укрепленную на несущей панели, и шарнирно соединен с тормозной колодкой. Пружиной растяжения создается нажимное усилие, определяемое по следующей формуле:

$$Q = \frac{M_T (a - cf)}{fD (a + b)} \quad (н), \quad (III-26)$$

где M_T — расчетный тормозной момент, *н см*;

f — коэффициент трения;

D — диаметр тормозного барабана, *см*;

a, b, c — соответствующие плечи нажимного рычага, *см*.

Удельное давление в зоне контакта материалов тормозного барабана и тормозной колодки зависит от угла охвата α барабана колодкой и выбирается в пределах 60—90°.

Суммирующий колодочный тормоз (рис. 56,б) состоит из тормозного барабана 1, к которому посредством тормозных колодок 3 прижимаются тормозные резиновые прокладки 2. Рычаг 7 имеет прямолинейное движение по продольному пазу, которое ограничивается винтом 6 и стойкой 4. Нажимное усилие создается пружиной 5. Для этого тормоза необходимо обеспечить равномерный вход в контакт с барабаном тормозных прокладок, что достигается соответствующей регулировкой винтами 8. Значение угла α лежит в пределах 60—90°.

Преимуществом колодочного тормоза первой конструкции (рис. 56,а) является малый ход растормаживания и различие тормозных моментов в прямом и обратном направлениях, что необходимо для выбора петель ленты в тракте при работе магнитофона. Недостаток этого тормоза — повышенное радиальное давление на ось барабана. Этого недостатка лишен колодочный тормоз второй конструкции (рис. 56, б), имеющий малое радиальное давление на барабан вследствие применения фрикционного материала с большим коэффициентом трения (резины). Основным недостатком этого тормоза — невозможность применения в боковых узлах с большим моментом инерции вращающихся масс из-за пружинящих свойств тормозных прокладок (жесткое

торможение может вызвать деформацию и заклинивание тормозных прокладок). Другим недостатком является плохой выбор петли из-за жесткого режима торможения. Установив на рычаг 3 колодочного тормоза вместо тормозной прокладки обрешиненный ролик 2, вращающийся в подшипниках, получим новую конструкцию — простой роликовый тормоз, отличающийся мягкостью торможения и сохранением отрегулированной величины тормозного момента (рис. 57,а). Торможение происходит за счет деформации обрешиненного ролика при обкатывании его по тормозному барабану 1 и сил трения в подшипниках. Нажимное усилие Q создается пружиной 4. Основным недостатком — повышенное радиальное давление на ось барабана.

Роликовый суммирующий тормоз (рис. 57,б) состоит из обрешиненного ролика 4, прижимаемого винтами 3 через пружины 5 к тормозному барабану 1. Рычаг 2 имеет прямо-

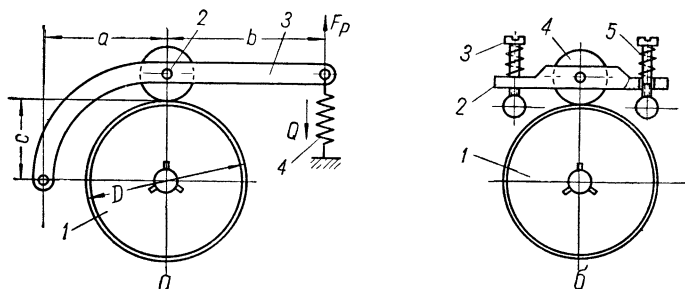


Рис 57. Конструкции роликовых тормозов:
а — простых, б — суммирующих

линейное движение в пределах сжатия пружин. Такой тормоз сохраняет постоянство тормозного момента в обоих направлениях.

Тормозные колодки изготавливаются фрезерованием из алюминиевых сплавов АМц, Д16Т, В95, литьем под давлением из сплавов АЛ2, АЛ11 или штамповкой из листовой стали.

Тормозные барабаны изготавливаются из пресспорошков К18-2, К21-22, алюминиевых сплавов или различных сталей с покрытием износостойчивым хромом. Рабочая поверхность барабана должна иметь чистоту обработки не ниже $\nabla 7$ и радиальное биение не выше 0,02—0,05 мм.

Простой ленточный тормоз (рис. 58,а) состоит из металлической ленты 5 с укрепленной на ней фрикционной прокладкой 4, охватывающей тормозной барабан 3. Один конец ленты укреплен неподвижно на стойке 6, другой — на пластине 2, имеющей поступательное движение в пазах кронштейна 1. Подвижный конец ленты натягивается пружиной 7. Величина тормозного момента регулируется винтом 8.

Усилие, создаваемое пружиной, определяется по формуле

$$Q = \frac{2M_{\text{вр}}}{De^{f\alpha} - 1} \text{ (н)}, \quad (\text{III-27})$$

где $M_{\text{вр}}$ — вращающий момент, $\text{н} \cdot \text{см}$;

D — диаметр тормозного шкива, см ;

e — основание натуральных логарифмов,

f — коэффициент трения;

α — угол охвата шкива тормозной лентой, рад .

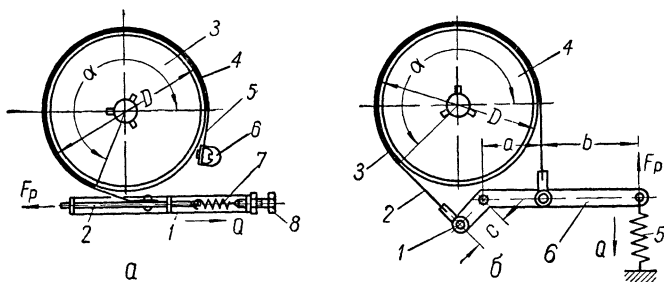


Рис. 58. Конструкции ленточных тормозов:
а — простой; б — дифференциальный.

В конструкции дифференциального ленточного тормоза (рис. 58,б) тормозная лента 2 с фрикционной прокладкой 3 двумя своими концами крепится в стойках 1 на рычаге 6. Длины плеч рычага не равны ($a > c$). Под действием силы Q , создаваемой пружиной 5, оба конца ленты перемещаются по часовой стрелке относительно оси барабана. Учитывая, что суммарный тормозящий момент равен разности моментов от натяжений в обеих ветвях ленты, а плечи рычага разной длины, при движении произойдет затягивание ленты вокруг тормозного барабана 4. При этом торможение получится более плавным, чем в простых ленточных тормозах.

Нажимное усилие тормоза находится по формуле

$$Q = \frac{2M_{\text{вр}}(a - ce^{f\alpha})}{D(a + b)(e^{f\alpha} - 1)} \text{ (н)}, \quad (\text{III-28})$$

где a, b, c — соответствующие плечи тормозного рычага, см.

Для плавного торможения необходимо соблюдать условие $a > ce^{f\alpha}$. Тормозные ленты изготовляют из полосовой

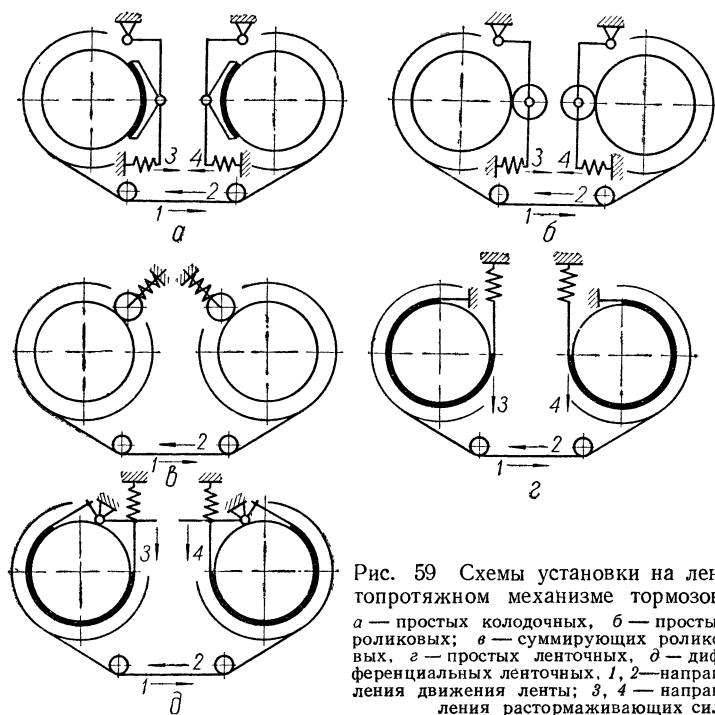


Рис. 59 Схемы установки на лентопотяжном механизме тормозов: а — простых колодочных, б — простых роликовых; в — суммирующих роликовых, г — простых ленточных, д — дифференциальных ленточных, 1, 2 — направления движения ленты; 3, 4 — направления растормаживающих сил

тонкой 0,1—0,3 мм пружинной стали марок 65Г, У8, 70С2ХА или бронзы БрОФ. Материалом фрикционной прокладки служит фетр или фрикционит. При небольших тормозных усилиях фетр укрепляется на ленте клеем марок БФ-2, БФ-4 или № 88. Если тормозное усилие велико, фрикционные прокладки крепятся клеем и четырьмя-пятью пустотелыми заклепками.

Для изготовления тормозных барабанов применяют такой же материал, как и для барабанов колодочных и роли-

ковых тормозов. Устанавливают тормоза на лентопротяжном механизме согласно схемам, показанным на рис. 59, а, б, в, г, д. Тормоз подающего в данном режиме бокового узла должен тормозить более резко за счет добавочного момента самозатягивания колодкой или тормозной лентой. Тормоз приемного бокового узла в том же режиме должен тормозить более плавно для выбора (устранения) петель ленты в тракте, так как добавочный момент от самозатягивания отсутствует, а вращающим моментом узла создается некоторое растормаживающее усилие.

Электрическое торможение. В лентопротяжных механизмах с активными боковыми узлами возможно применение электрического торможения, которое разделяется на активное и реактивное.

Активное торможение заключается в том, что при обесточивании электродвигателя на его обмотку на время 1—2 сек подается от выпрямителя постоянный ток. В некоторых аппаратах магнитной записи используют электрический ток, получаемый от разряда электролитического конденсатора большой емкости (100—300 мкф). В этом случае в рабочих режимах конденсаторы подключены к схеме выпрямителя и при необходимости переключаются на обмотки двигателей. Иногда используется активное торможение противовключением, заключающееся в том, что двигатель на две—три секунды реверсируется путем перемены фаз обмотки статора, а после полной остановки питание автоматически выключается. Торможение противовключением производится при помощи реле времени.

Реактивное торможение состоит в том, что после обесточивания параллельно обмотке двигателя включается небольшое активное сопротивление. Такое торможение применимо только к синхронным двигателям, так как они «обратимы», т. е. вследствие разгона некоторое время работают как генераторы. Возникающий при этом реактивный момент гасит инерцию вращающегося ротора.

Электрическое торможение применяется только для подтормаживания, торможения остановки и торможения выбега. Для предотвращения разматывания ленты в режиме «Стоп» торможение покоя создается дополнительным механическим тормозом. Тормоз покоя может быть включенным во всех режимах работы магнитофона или только в режиме «Стоп».

К постоянно включенным относится простой суммирующий роликовый тормоз (рис. 57, б), при использовании

которого необходимо, чтобы вращающий момент бокового узла был больше расчетного на величину тормозного момента тормоза покоя. Поэтому момент тормоза покоя необходимо выбирать минимально возможным.

В некоторых конструкциях магнитофонов для электрического торможения применяются индукционные тормоза. Индукционный тормоз (рис. 60) состоит из индуктора и массивного внешнего якоря.

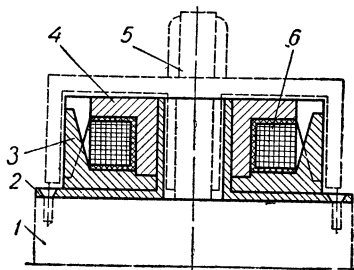


Рис. 60. Индукционный тормоз.

Индуктор конструктивно состоит из катушки возбуждения 6 и двух когтеобразных панцирных частей (полюсных наконечников) 3 и 4, напрессованных на несущую втулку 2. Втулка крепится на торцевой части подшипникового щита двигателя 1, на оси которого укреплен массивный якорь 5, выполняющий одновременно роль подкассетника бокового узла. Принцип работы индуктивного тормоза тот же, что и индукционной муфты (см. выше стр. 132).

Таким образом, наиболее простыми являются колодочные и ленточные тормоза.

Дифференциальные ленточные тормоза имеют более плавное торможение и больший ход растормаживания, чем простые ленточные тормоза. Наилучшие результаты дает использование электрического торможения, так как при этом не требуется дополнительных механизмов (электромагнитов, рычагов и тяг) Однако в случае электрического торможения необходимо иметь дополнительный тормоз покоя.

IV ТРАКТЫ ЗАПИСИ — ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ НОСИТЕЛЯ

Рбочее положение ленты в магнитофоне определяется трактом движения ленты, в котором различают тракт записи — воспроизведения и две ветви — входную и выходную, — оканчивающиеся у накопительных устройств — кассет. Наиболее важным является тракт записи — воспроизведения ЛПМ, представляющий собой участок тракта движения ленты, ограниченный входным и выходным направляющими элементами блока головок, на котором обеспечивается необходимое взаимодействие ленты с головками в процессе записи — воспроизведения. В определенных местах тракта движения ленты ставятся различные устройства стабилизации движения и натяжения носителя записи, повышающие качественные показатели магнитофона.

1. ТРАКТЫ ЗАПИСИ — ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Назначение, требования и классификация

Тракт записи — воспроизведения лентопротяжного механизма служит для записи сигналов, поступающих от усилителя записи, на движущуюся ленту, воспроизведения сигналов с ленты и передачи их на усилитель воспроизведения. В его состав входят магнитные головки (или блок магнитных головок), прижимные устройства и направляющие элементы тракта. К элементам тракта запись — воспроизведение относится также внешний экран блока головок, при помощи которого магнитные головки защищаются от посторонних электромагнитных наводок.

Тракт записи — воспроизведения лентопротяжного механизма является частью сквозного канала магнитофона, поэтому качественные показатели тракта должны согласовываться с параметрами остальных функциональных узлов

сквозного канала. Для выполнения этих условий тракты записи — воспроизведения должны удовлетворять следующим требованиям:

минимальная величина вносимой детонации;

обеспечение точного совмещения дорожек движущейся ленты с сердечниками магнитных головок;

обеспечение надежного и не меняющегося во времени контакта ленты с рабочими поверхностями головок;

исключение деформации ленты при ее движении по элементам тракта;

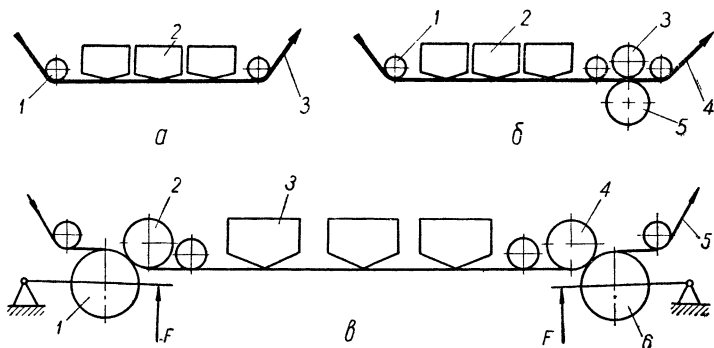


Рис. 61. Схемы прямых трактов записи — воспроизведения ЛПМ:
а — открытый; б — полузакрытый; в — закрытый

обеспечение удобства зарядки и разрядки ленты;

ослабление влияния электромагнитных наводок на магнитные головки;

обеспечение требуемых параметров в течение заданного срока службы.

Тракты записи — воспроизведения ЛПМ строятся по определенным конструктивным схемам. От правильного выбора схемы тракта зависят качественные показатели процессов записи и воспроизведения. По форме расположения носителя различают прямые и петлевые схемы трактов, по конструктивному построению различают открытые, полузакрытые и закрытые, по направлению движения ленты тракты различают реверсивные и нереверсивные.

Прямой открытый тракт (рис. 61,а) имеет вынесенный ведущий узел, служащий одновременно и правым боковым узлом. Носитель 3 протягивается ведущим узлом по направляющим 1 и магнитным головкам 2 с постоянной скоростью.

В этой схеме тракт записи — воспроизведения не защищен от неравномерностей вращения элементов боковых узлов, что вызывает значительную детонацию. Открытые тракты применяются в массовой аппаратуре (например, магнитофон-радиограммофон «Эльфа-6-1М») и специальной аппаратуре для записи речи, т. е. там, где не требуется соблюдение постоянной скорости движения носителя.

Прямой полузакрытый тракт (рис. 61,б) содержит магнитные головки 2 с направляющими стойками 1, мимо которых ведущим валом 3 и прижимным роликом 5 протягивается с постоянной линейной скоростью носитель записи 4. Так как в месте прижима ролика к ведущему валу лента заземлена, тракт записи — воспроизведения оказывается защищенным от влияния неравномерности вращения приемного узла в режимах записи и воспроизведения. Со стороны подающего узла этот тракт остается открытым. Прямой полузакрытый тракт применяется во всех массовых и в большинстве профессиональных и специальных магнитофонов.

Для полной защиты тракта от неравномерности хода боковых узлов был создан прямой закрытый тракт записи — воспроизведения (рис. 61,в). Особенность этого тракта заключается в том, что участок носителя 5 в районе блока головок 3 изолируется от неравномерности вращения боковых узлов двумя ведущими валами 2 и 4 с прижимными роликами 1 и 6. Ведущие узлы располагаются на входе и выходе блока головок. Прижимной ролик 6 устанавливается на заклинивание против движения ленты, а ролик 1 — на расклинивание по ходу ленты. Различная установка прижимных роликов при одинаковых усилиях прижима создает различное контактное давление в каждом из ведущих узлов: большее — на выходе блока головок и меньшее — на его входе. В результате в ведущих узлах возникает различное по величине упругое скольжение, чем обеспечивается необходимое натяжение носителя у магнитных головок. Натяжение ленты обеспечивается также незначительной разностью рабочих диаметров ведущих валов, причем больший рабочий диаметр должен иметь ведущий вал 4. К недостаткам прямого закрытого тракта относятся увеличенные габариты ЛПМ и наличие двух узлов ведущего вала.

При жестких требованиях к габаритам аппарата в некоторых ЛПМ для компактного размещения узлов и элементов применяют различные схемы петлевых трактов. Пет-

левой открытый тракт (рис. 62,а) содержит в себе узел ведущего вала 4, транспортирующий носитель записи 6 с постоянной линейной скоростью по направляющим 1 и магнитным головкам 2 и 5. Ведущим валом служит обрезиненный ролик без дополнительного прижима, поэтому тракт слабо защищен от неравномерности хода боковых узлов. Емкость применяемого носителя ограничивается величиной допустимого проскальзывания его по ведущему валу и составляет 100—150 м. Открытый петлевой тракт применяется в массовых магнитофонных приставках типов МП-1, МП-2, «Волна» и др.

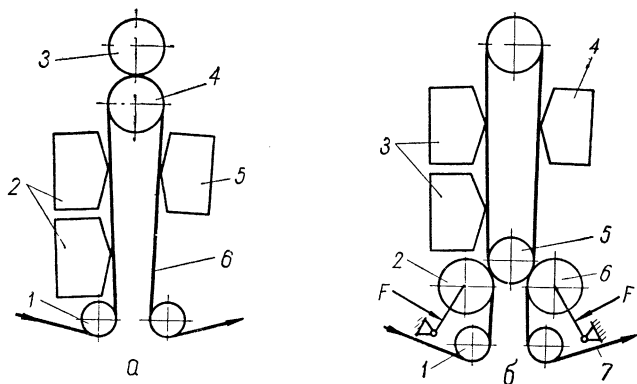


Рис. 62. Схемы петлевых трактов записи — воспроизведения ЛПМ:
а — открытый и полузакрытый, б — закрытый.

Петлевой полузакрытый тракт (рис. 62,а) характеризуется более высокой стабильностью движения ленты. Поэтому здесь можно применять кассеты емкостью до 500 м. Этот тракт отличается от ранее рассмотренного наличием дополнительного прижимного ролика 3, создающего надежный контакт носителя 6 с ведущим валом 4, в связи с чем магнитные головки 2 защищены от неравномерностей приемного, а головка 5 — от подающего узлов ЛПМ.

К преимуществам этого тракта относится также возможность установки магнитных головок на близком расстоянии от ведущего вала, что уменьшает амплитуду паразитных продольных колебаний ленты. Схема петлевого полузакрытого тракта применяется в любительских и специальных магнитофонах.

Петлевой закрытый тракт записи — воспроизведения (рис. 62,б) применяется в высококачественной аппаратуре и содержит в себе только один узел ведущего вала 5 с двумя прижимными роликами 2, 6, установленными на заклинивание: один — по ходу, другой — против движения ленты. Вследствие различия в величинах упругого скольжения в зонах контакта прижимных роликов с ведущим валом создается необходимое натяжение носителя 7 у магнитных головок 3 и 4. Наличие одного узла ведущего вала и простота этого тракта записи — воспроизведения является его крупным преимуществом перед прямым закрытым трактом (рис. 61,в). Прижимные усилия F такие же по величине, как в схеме на рис. 61,в, но из-за компактного расположения прижимных роликов они обеспечиваются одним прижимным устройством.

Недостатком петлевых трактов является некоторое неудобство зарядки носителя.

Все рассмотренные тракты записи — воспроизведения, кроме тракта, показанного на рис. 61,б, обеспечивают реверсивное движение ленты в режимах рабочего хода. Для этого в прямых трактах добавляются блоки магнитных головок и направляющие элементы, а в петлевых трактах — только блоки головок.

Одним из основных устройств тракта записи — воспроизведения лентопротяжного механизма является комплект магнитных головок, содержащий головки стирания, записи и воспроизведения в магнитофонах со сквозным каналом (обеспечивающих одновременное выполнение записи и воспроизведения) и головки стирания и универсальные — в магнитофонах с каналом записи — воспроизведения (обеспечивающих разновременное выполнение записи и воспроизведения).

Магнитные головки

При одинаковом конструктивном выполнении магнитные головки разного функционального назначения значительно отличаются по моточным данным, материалу и ширине сердечника, ширине и требованиям к качеству выполнения рабочего зазора, степени экранировки и т. д. Поэтому прежде чем перейти к обсуждению различных конструкций магнитных головок, целесообразно кратко рассмотреть основные особенности их работы.

Стирающие головки служат для стирания ранее выполненной записи и подготовки носителя к новой записи. Независимо от конструкции к стирающим головкам предъявляется требование стирания записи до уровня собственных шумов носителя.

В зависимости от способа подготовки носителя к записи различают стирающие головки, насыщающие носитель с постоянным полем стирания, и головки, размагничивающие носитель с постоянным знакопеременным полем или переменным во времени полем стирания.

Стирание насыщением осуществляется головками, выполненными в виде постоянных магнитов или электромагнитов постоянного тока. Простейшая конструкция такой головки представляет собой постоянный магнит с несколько закругленной и хорошо шлифованной рабочей поверхностью ($\nabla 9$ — $\nabla 10$). Материалом для постоянных магнитов служат сплавы с большой коэрцитивной силой и остаточной магнитной индукцией, например магнито. В последнее время для этих целей успешно применяются бариевые ферриты.

Головка в виде постоянного магнита вводится в контакт с носителем только на время стирания, после чего ее следует отвести от носителя на безопасное расстояние. Необходимость механического отвода головки после окончания стирания усложняет лентопротяжной механизм, что является существенным недостатком головок этого типа. Этому недостатка лишены стирающие головки, работающие как электромагниты постоянного тока, которые включаются только на время стирания. Конструкция головок этого типа такая же, как и головок, работающих на переменном токе.

Стирание размагничиванием состоит в том, что проходящий мимо головки носитель подвергается циклическому перемагничиванию, причем амплитуда перемагничивающего поля убывает по мере удаления элемента носителя от рабочих зазоров головки. При этом обеспечивается высококачественное размагничивание носителя и значительное снижение уровня его собственных шумов. Циклическое перемагничивание носителя достигается двумя принципиально разными путями. В первом случае в пространстве около рабочей поверхности головки создается постоянное знакопеременное поле сложной формы. Во втором случае обмотки головки питаются переменным током высокой частоты, т. е. магнитное поле изменяется во времени.

Стирание постоянным знакопеременным магнитным полем осуществляется, например, головками типа СГПМ которые предназначены для работы в переносных и некоторых специальных магнитофонах (рис. 63). Эти головки не требуют питания, имеют малые габариты и могут работать при всех стандартных скоростях движения лент. Число перемен знака магнитного поля соответствует количеству рабочих зазоров, но обычно не превышает четырех—шести, так как дальнейшее увеличение не дает ощутимого эффекта. Ширина крайних зазоров головки выбирается порядка 0,1 мм, ширина остальных зазоров определяется типом ленты и количеством дорожек. Головки типа СГПМ обеспечиваются размагничивание до уровня — 50 дб. Для стирания ододорожечной записи применяются головки СГПМ-1, СГПМ-2, СГПМ-5, для двухдорожечных — СГПМ-3, СГПМ-4.

Головки СГПМ предназначены для работы с ферромагнитной лентой шириной 6,25 мм. Конструктивно головки СГПМ состоят из верхней и нижней «гребенок», между которыми зажимается постоянный магнит. Необходимые воздушные зазоры обеспечиваются с помощью немагнитных прокладок между зубьями «гребенок». Для устранения перекоса щек применяются распорные втулки из немагнитного материала.

Наиболее широко в профессиональной, массовой и специальной аппаратуре применяются магнитные головки с переменным полем стирания. Для работы этих головок необходимы специальные высокочастотные генераторы. Стирающие головки обычно выполняются с одним рабочим зазором шириной 0,1—0,2 мм.

Основным параметром стирающей головки является ее электрическая добротность, отражающая к. п. д. головки. Добротность головки зависит от правильного выбора материала сердечника и от конструкции головки. При низком к. п. д. головка потребляет больше энергии от высокочастотного генератора и в результате сильно нагревается. Нагрев вреден как для ленты, так и для головок, особенно с ферритовым сердечником; так как теплоотдача феррита

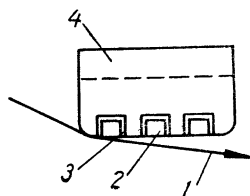


Рис. 63. Стирающая головка с постоянным знакопеременным магнитным полем:
1 — ферромагнитная лента, 2 — «гребенки» из магнитного материала, 3 — немагнитные зазоры, 4 — постоянный магнит.

очень мала, а точка Кюри (температура, характеризующая потерю магнитных свойств) лежит довольно низко (90—150°С). При работе с высококоэрцитивными носителями и при больших скоростях движения носителя трудно получить высококачественное стирание головкой с одним рабочим зазором, так как не удается достигнуть необходимого числа циклов перемагничивания за один проход ленты. В этих случаях рекомендуется применять стирающие головки с двумя и тремя рабочими зазорами (рис. 64, а, б), что дает возможность значительно увеличить число циклов перемагничивания за время одного прохода носителя мимо головки. Напряженность поля каждого зазора получается

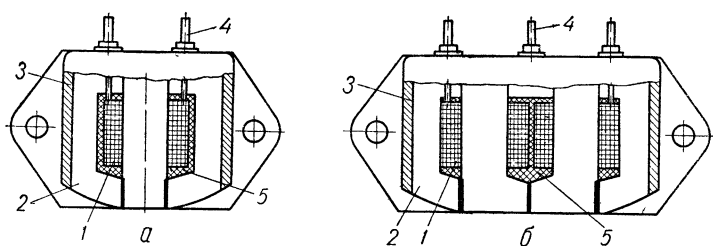


Рис. 64. Ферритовые высокочастотные стирающие головки:
 а — двухщелевая; б — трехщелевая; 1 — обмотка, 2 — сердечник, 3 — корпус,
 4 — контактные выводы, 5 — паста холодного твердения.

различной. Для головки с двумя рабочими зазорами первый зазор по ходу ленты делается уже второго, для головки с тремя рабочими зазорами самый узкий зазор средний, а крайние зазоры несколько шире и равны между собой. При таком расположении зазоров удастся получить уровень стирания примерно на 20 дБ ниже, чем у головки с одним рабочим зазором, при значительно меньшем потреблении тока стирания. Стирающие головки с несколькими рабочими зазорами применяются в высококачественных и экономичных магнитофонах.

Эффективность стирания зависит и от частоты тока питающего генератора. Повышая частоту стирания, можно получить большее количество перемагничиваний за один проход носителя. Однако при чрезмерном повышении частоты тока стирания возрастают потери, увеличивается нагрев и снижается добротность головки.

Записывающие головки служат для записи сигналов на ферромагнитную ленту. Для улучшения качества записи, кроме тока записываемого сигнала, на головку подается ток подмагничивания от высокочастотного генератора. При этом необходимо, чтобы полное сопротивление и емкость обмотки были небольшими, что обеспечивается сравнительно небольшим количеством витков. Поэтому при одних и тех же размерах сердечника головка записи может иметь несколько меньшие габариты, чем головка воспроизведения.

Ширина рабочего зазора записывающей головки меньше влияет на частотную характеристику, чем у головки воспроизведения, так как запись в основном производится сбегаящим краем зазора. Однако слишком широкий зазор применять нежелательно, поскольку может возникнуть явление интерференции записей набегающего и сбегаящего краев рабочего зазора, а также может уменьшиться крутизна спада поля в области сбегаящего края, вследствие чего появится дополнительный спад высоких частот.

При записи малых длин волн (порядка 5 *мк*) предъявляются очень высокие требования к прямолинейности краев зазора (требуется линейность порядка 0,1 длины волны). Прямолинейность легче выполнить при малых зазорах, в связи с чем для записи малых длин волн необходим более узкий зазор. Тем не менее, для записи больших длин волн, из соображений достаточного промагничивания рабочего слоя ленты по глубине, желательно иметь ширину зазора не менее 5—7 *мк*. Обычно ширина рабочего зазора записывающих головок выбирается в пределах 10—15 *мк*. При наличии пиков в записываемых сигналах и импульсов тока в момент включения в головке записи может появиться большая напряженность магнитного поля, которая приведет к остаточной намагниченности сердечника, что вызовет увеличение уровня шумов. Для уменьшения остаточной намагниченности в сердечнике выполняется задний зазор шириной 0,1—0,2 *мм*, создающий большое сопротивление в магнитной цепи головки.

Воспроизводящие магнитные головки служат для воспроизведения записи с ферромагнитной ленты. При воспроизведении существенное значение имеют ширина рабочего зазора, форма сердечника и габариты головки. В зависимости от сопротивления обмотки различают низкоомные и высокоомные воспроизводящие головки.

Вследствие малых значений магнитного потока ленты желательно, чтобы головка воспроизведения обладала высокой чувствительностью, для чего ее катушка должна иметь большую индуктивность, т. е. большое число витков. С другой стороны, головки с высокой индуктивностью более подвержены электромагнитным наводкам, имеют больший уровень собственных шумов и требуют для правильного электрического согласования относительно высокоомный вход усилителя воспроизведения. В связи с этим и появилось разделение головок на низкоомные и высокоомные.

Низкоомные головки предназначаются для работы со специальными входными трансформаторами или усилителями воспроизведения на транзисторах.

Высокоомные головки непосредственно работают на высокоомный вход лампового усилителя воспроизведения. Обмотка высокоомной головки рассчитывается так, чтобы резонансная частота головки лежала выше рабочего диапазона частот.

Форма сердечника головки имеет решающее значение при воспроизведении крайних низких частот. В процессе воспроизведения магнитный поток носителя пронизывает сердечник головки не только по краям рабочего зазора, но и по всей площади контакта и даже через некоторый воздушный промежуток возле него, наводя в обмотке переменную э. д. с.

Воспроизводящие головки с резкими переходами формы рабочей поверхности обеспечивают увеличение отдачи при $\lambda = 2L$ (где λ — длина воспроизводимой волны, L — длина контактной зоны головки и ленты), но их частотная характеристика имеет неблагоприятную волнистость в диапазоне низких частот. Для уменьшения волнистости следует увеличивать длину контактной зоны L и плавно закруглять края сердечника головки. Длина контактной зоны головки и ленты во всяком случае должна быть не меньше 0,25 длины волны крайней низкой частоты сигнала. Воспроизводящие головки работают с низким уровнем воспроизводимого сигнала, поэтому для защиты от влияния посторонних полей их тщательно экранируют.

Ширина рабочего зазора воспроизводящей головки зависит от скорости движения носителя, его типа и частотного диапазона. В диапазоне до 15 кГц при использовании ленты типа 2 оптимальные рабочие зазоры составляют: для скоро-

сти 76,2 см/сек — 20 мк, для 38,1 см/сек — 10 мк, для 19,05 см/сек — 7 мк, для 9,53 см/сек — 5 мк, для 4,76 см/сек — 2 ÷ 3 мк. В общем случае ширина рабочего зазора на верхней границе полосы воспроизведения должна давать расчетный спад частотной характеристики не более — 4 дБ для профессиональных и до — 10 дБ — для массовых магнитофонов.

Для увеличения чувствительности воспроизводящая головка выполняется без заднего зазора.

Универсальные магнитные головки. В массовых и любительских магнитофонах широко применяются универсальные головки записи — воспроизведения. Универсальные головки, так же как и записывающие, имеют задний зазор, шириной 0,05—0,1 мм. На практике обычно применяются высокоомные универсальные головки.

Обмотка высокоомных универсальных головок иногда имеет отвод от определенного числа витков для лучшего согласования с генератором подмагничивания. Собственная емкость обмотки высокоомной головки обычно велика, вследствие чего ее нельзя питать током относительно высокой частоты. Частота тока подмагничивания для универсальных головок обычно берется не более 40—50 кГц. Основные параметры универсальных головок всегда несколько хуже, чем у специализированных головок записи и воспроизведения.

Данные отечественных магнитных головок приведены в приложении (табл. П-2).

Конструктивное выполнение головок

Конструктивное выполнение головок не отличается большим разнообразием. По числу дорожек головки разделяются на одно- и многодорожечные, по способу выполнения — на головки с обоймами и головки с полублоками, по форме сердечника — на кольцевые и прямоугольные.

Кольцевые головки относятся к наиболее ранним конструкциям и отличаются увеличенными габаритами, весом, пониженной жесткостью конструкции и относительно невысокой помехоустойчивостью, в связи с чем в отдельных случаях головки воспроизведения необходимо защищать тройными медно-пермалловыми экранами. Технология изготов-

ления таких головок довольно сложная. В настоящее время кольцевые головки применяются, в основном, в любительских и частично в бытовых магнитофонах.

В современной профессиональной, специальной и бытовой аппаратуре применяются малогабаритные головки прямоугольной (реже цилиндрической) формы. Так как действие помех пропорционально размерам головки, вопросы экранирования малогабаритных головок несколько упрощаются. При умеренных требованиях к динамическому диапазону малогабаритные головки воспроизведения достаточно экранировать одинарным пермалловым экраном, а головки записи можно и совсем не экранировать. При малых размерах головок существенно сокращается общая длина тракта записи — воспроизведения, что способствует повышению качества аппарата.

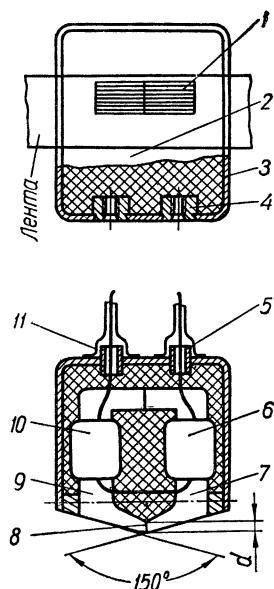


Рис 65 Конструкция однорезной магнитной головки.

Головка помещена в экран 3. Сердечник собран из двух симметричных половин 7 и 9. Необходимая

Одна из конструкций однорезной магнитной головки для ленты шириной 6,25 мм показана на рис. 65. Головка состоит из сердечника 1 с обмотками 6 и 10, вставленного в обойму 2. Головка помещена в экран 3. Сердечник собран из двух симметричных половин 7 и 9. Необходимая

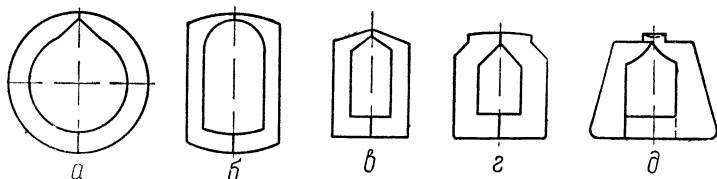


Рис. 66. Различные формы сердечников головок.

ширина рабочего зазора обеспечивается прокладкой 8 из немагнитного материала. Выводы обмоток выходят наружу через изоляционные втулки 5. На выводы одевается металличе-

ская экранирующая оплетка 11, которая распаивается на экране головки. Для крепления головки в экране развальцованы две резьбовые втулки 4. Детали головки соединяются при помощи эпоксидного компаунда и клея. Сердечники головок (рис. 66) представляют собой набор пластин из материала с высокой магнитной проницаемостью. Для уменьшения потерь в сердечнике на вихревые токи толщина пластин выбирается порядка 0,1—0,2 мм для частот до 15 кГц и 0,05—0,1 мм — для более высоких рабочих частот. Для сердечников стирающих и записывающих головок обычно используется сплав 50НХС, отличающийся высоким удельным электрическим сопротивлением, большой величиной индукции насыщения и достаточной магнитной проницаемостью. Для записывающих и воспроизводящих головок используются сплавы, обладающие высокой магнитной проницаемостью: 79НМ, 80НСХ и др.

Основной недостаток этих сплавов — невысокая твердость, снижающая срок службы головок. Поэтому в аппаратах с повышенными требованиями к сроку службы для изготовления сердечников головок иногда применяют сплавы типа альфенол, обладающие значительно большей износоустойчивостью. К сожалению, магнитные параметры альфенолов несколько уступают параметрам сплавов 79НМ и 80НХС.

Иногда сердечники головок изготовляют методом спекания из ферритов. Основные преимущества ферритовых сердечников — малые потери, высокая твердость и высокая технологичность изготовления. Основные недостатки: относительно низкая магнитная проницаемость и выкрашивание краев при движении ленты, в связи с чем ферриты применяются в головках, где качество рабочего зазора менее важно, например, в стирающих головках. В некоторых случаях ферритовые сердечники предохраняют от выкрашивания тонкими накладками из альфенола, которые одеваются на края сердечника и образуют рабочий зазор.

Немагнитные прокладки, обеспечивающие нужную ширину рабочего зазора, изготовляются из материала более твердого, чем материал сердечника, иначе при механической обработке рабочей поверхности головки кромки рабочего зазора получаются нечеткие, смазанные. Для прокладок используются бериллиевая бронза, слюда, стекло. Применение слюды повышает экономичность стирающих головок и улучшает частотную характеристику записывающих

головок в области высоких частот. Материал обоймы выбирается одинаковой твердости с материалом сердечника для того, чтобы при эксплуатации головки износ ее рабочей поверхности был равномерным.

Пластины сердечников после штамповки подвергаются термообработке, после чего при помощи эпоксидного клея склеиваются в пакеты — полусердечники. Поверхность разъема полусердечников для достижения высокой степени плоскостности и чистоты поверхности ($\nabla 10$ — $\nabla 12$) тщательно обрабатывают притиркой с последующей доводкой на чугунных плитах. При сборке полусердечники с намотанными на них обмотками вставляются в окно обоймы вместе с прокладкой, формирующей рабочий зазор, и закрепляются эпоксидным клеем. Затем головка заливается компаундом. После сборки производится чистовая обработка рабочей поверхности головки. Технология обработки рабочей поверхности такая же, как и поверхности разъема. В результате обработки необходимо получить прямолинейный, четко очерченный рабочий зазор без затягиваний и царапин, а также точно выдержать форму рабочей поверхности. Чистота обработки рабочей поверхности $\nabla 10$ — $\nabla 12$.

При обработке рабочей поверхности необходимо точно выдержать заданную глубину рабочего зазора, так как этот размер оказывает существенное влияние на электроакустические показатели и срок службы головок. В зависимости от скорости ленты и материала сердечника глубина рабочего зазора выбирается от 0,4 до 0,8 мм.

Одна из конструкций многодорожечных магнитных головок показана на рис. 67. Несущими элементами являются полублоки 3 и 7, в выфрезерованные с большой точностью пазы которых клеиваются полусердечники 1 с обмотками (по числу дорожек). Собранные полублоки подвергаются чистовой обработке по сопряженным поверхностям, после чего фиксируются на штифтах 5 и стягиваются винтами 6. При сборке головки в пазы полублоков вставляются также междудорожечные экраны 2, склеенные из чередующихся пластин меди и пермаллоя толщиной 0,2—0,3 мм каждая. Эти экраны снижают переходные помехи соседних дорожек. Собранные полублоки ставятся на основание 4, заливаются компаундом и закрываются экраном 8. В основании имеется одно резьбовое отверстие для крепления головки, чем обеспечивается удобство ее азимутальной регулировки. При большом количестве дорожек шаг между сер-

дечниками по высоте головки настолько мал, что, во-первых, не хватает места между соседними сердечниками для размещения их обмоток и, во-вторых, появляется сильное взаимовлияние дорожек. В таких случаях многодорожечные головки выполняются в виде двух полукомплектов, где

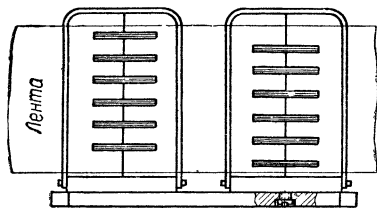
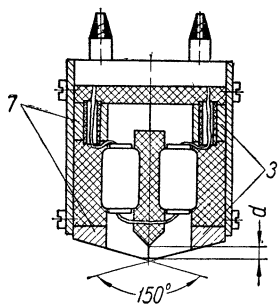
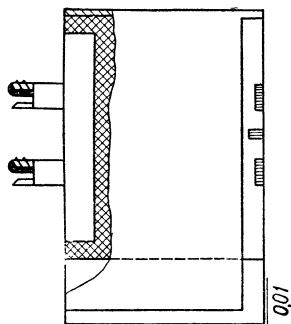
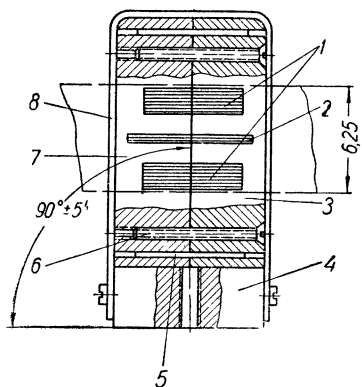


Рис. 67 Конструкция многодорожечной магнитной головки.

Рис. 68 Шахматное расположение дорожек магнитных головок.

сердечники четных дорожек (через один) выделены в отдельную, рядом расположенную головку [шахматное расположение дорожек (рис. 68)].

Основным параметром многодорожечных магнитных головок является величина перекрестных помех (прохождение сигналов) от одной дорожки к другой, которая характеризуется так называемым переходным затуханием и измеряется в децибелах. Величина переходного затухания зависит

от конструкции головки, от расстояния между дорожками и от длины волны записи на носителе. Ориентировочную величину переходного затухания многодорожечной записи в зависимости от расстояния между дорожками и длины волны записи можно определить по графику, приведенному на рис. 69.

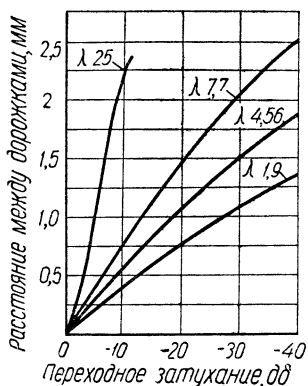


Рис. 69. График зависимости переходного затухания многодорожечной записи от расстояния между дорожками и длины волны записи.

Установка магнитных головок должна отвечать требованиям необходимой последовательности выполнения функций, обеспечения высоких качественных показателей, эксплуатационным удобствам и минимальным габаритам тракта. К эксплуатационным удобствам относятся простота настройки и регулировки, легкость смены отдельных головок и быстрота зарядки и разрядки ленты.

Длина тракта записи—воспроизведения должна быть как можно короче, для чего расстояние между записывающей и воспроизводящей головками выбирается минимальным, а воспроизводящая головка располагается в непосредственной близости от ведущего вала. В растянутом тракте возникают паразитные продольные колебания ленты, которые заметно снижают качество записи. Продольные колебания возбуждаются при трении ленты о головку и неподвижные направляющие. По мере удаления от ведущего вала и направляющей стойки амплитуда продольных колебаний увеличивается, достигая максимума на середине свободного участка ленты (рис. 70). Частоту этих

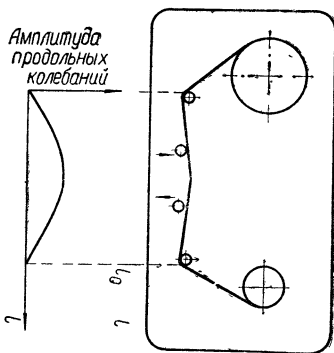


Рис. 70. Величина продольных резонансных колебаний магнитной ленты в зависимости от расстояния головок от ведущего вала.

колебаний можно ориентировочно определить по формуле

$$f \approx \frac{750}{l} (z\mu), \quad (IV-1)$$

где l — длина свободного отрезка ленты, m .

Желательно, чтобы частота собственных колебаний лежала выше верхней граничной частоты передаваемого диапазона.

Для устранения паразитных продольных колебаний уменьшают длину резонирующего участка, снижают натяжение ленты и применяют демпфирующие элементы. Одним из видов демпфирующих элементов может быть небольшой шарикоподшипник класса точности С или А, установленный в зоне пучности колебаний. Хорошие результаты дает также применение роликов из губчатой резины, которыми носитель непосредственно прижимается к рабочим поверхностям головок. Однако применение таких роликов целесообразно только при малых скоростях движения ленты. Прижимные ролики должны быть изготовлены с минимальным радиальным биением. Магнитные головки обычно устанавливаются в следующей последовательности по ходу движения ленты: стирающая, записывающая и воспроизводящая. В массовых магнитофонах устанавливаются только две головки: стирающая и универсальная.

В студийных и высококачественных любительских магнитофонах при монтаже записей иногда применяется дополнительная головка воспроизведения, которая размещается первой по ходу ленты на некотором расстоянии от основного блока головок. Применение дополнительной головки намного облегчает поиск нужных участков записи и исключает возможность случайного стирания ценных записей.

При установке магнитных головок необходимо обеспечить перпендикулярность рабочих зазоров к направлению движения ленты и строгую параллельность рабочих зазоров записывающей и воспроизводящей головок. При несоблюдении этого условия резко ухудшается передача высоких частот, т. е. возникают дополнительные частотные искажения. Точная установка магнитных головок (юстировка) выполняется при настройке магнитофонов при помощи специально изготавливаемых для этой цели измерительных лент (тестфильмов).

По способу установки головки разделяют на юстировочные и безъюстировочные. Кроме того, различают полную

и частичную юстировку головок. Полная юстировка головок применяется в массовых и любительских магнитофонах (рис. 71,а). Головка 4 устанавливается на пластине 2, имеющей посередине ребро или сферическую выпуклость. Пластина часто выполняется заодно с экраном головки (например, приваривается точечной сваркой). Один конец пластины жестко поджат коротким винтом 3 к плате блока головок 1, другой — через пружину сжатия 6 закрепляется длинным винтом 5. Вращением винта регулируется угол наклона пластины и, следовательно, юстируется наклон рабочего зазора головки в плоскости, параллельной движе-

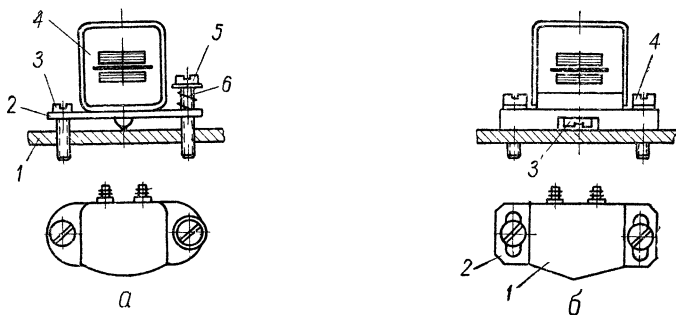


Рис 71. Установка магнитных головок: а — полная юстировка, б — частичная юстировка.

нию ленты. В плоскости, перпендикулярной рабочей поверхности ленты, головка обычно не юстируется, так как при ее изготовлении уже достигается необходимая перпендикулярность. Кроме того, конструкцией элементов крепления должна предусматриваться возможность изменения расстояния в сторону ленты и азимутального поворота головки для регулировки ее охвата носителем. Основным недостаток юстировочных конструкций — необходимость регулировки в полностью готовом магнитофоне по приборам и, следовательно, невозможность замены выбывших из строя головок без специальной аппаратуры. Кроме того, юстировка с течением времени всегда несколько нарушается.

Частичная юстировка головок (регулировка охвата головки лентой) применяется в высококачественной аппаратуре (рис. 71,б). При этом основание головки обрабатывается строго перпендикулярно рабочей поверхности зазора (например, чистовым точением в специальной оправке) и контролируется микроскопом.

Головка 1 крепится одним винтом 3 к плоскопараллельной пластине 2, имеющей продольные пазы для регулировки угла охвата и расстояния до ленты, в которых находятся крепежные винты 4.

Полностью безъюстировочные головки применяются в высококачественной профессиональной аппаратуре. По конструкции эти головки подобны предыдущим, но положение головки на плате магнитофона и угол охвата задаются точной установкой головок при помощи штифтов. После сборки безъюстировочные головки предварительно устанавливаются на пластину и выставляются на специальном стенде, который имеет тракт движения ленты, соответствующий тракту данного магнитофона. Затем головка наглухо крепится к пластине.

Применяя безъюстировочные головки, можно легче и оперативнее производить замену их в любых условиях без ухудшения параметров магнитофона.

Прижимные устройства

Хорошее стирание, нормальный уровень записи и максимальная отдача на высоких частотах, особенно при низких скоростях движения носителя, обеспечивается плотным контактом носителя с головками. Такой контакт в общем случае достигается натяжением ленты и определенным углом охвата головок. Натяжение ленты в тракте неравномерно: максимальное значение его возле ведущего вала, а минимальное — у входа в тракт. Оптимальный угол охвата головок носителем составляет $10\text{--}15^\circ$ при удельном давлении на головку около $60 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н/см}^2$. Контакт носителя с головками применяется трех видов: постоянный, переменный однозначный и переменный многозначный. При постоянном контакте носитель не отводится от головок ни в одном из режимов работы. Тракты с постоянным контактом применяются при низких скоростях носителя в аппаратах, где не допускаются потери записи и необходим контроль записи и воспроизведения в любых режимах. Примером такого тракта служит петлевой тракт магнитофонов, применяемых в магнитных ревербераторах и других устройствах.

При переменном однозначном контакте носитель соприкасается (контактирует) одновременно со всеми головками только в режимах записи и воспроизведения. При ускоренных

перемотках и остановке носитель отводится от магнитных головок на определенное начальное расстояние, зависящее от конструкции контактно-вводящих элементов Тракты с таким контактом широко применяются в профессиональной, бытовой и любительской аппаратуре. Основной недостаток однозначного переменного контакта — износ стирающих и записывающих головок не только в режиме записи, но и режиме воспроизведения.

При переменном многозначном контакте носитель может соприкоснуться с любыми головками и в любой последовательности по выбору оператора. Такой способ контакта удобен при монтаже записей, когда первой воспроизводящей головкой «прослушивается» запись, а все остальные головки находятся вне контакта, но включены в свои электрические цепи. При нахождении необходимого места носитель подводится к стирающей, записывающей и второй контрольной воспроизводящей головкам. Новая запись накладывается точно на конец записи, подлежащей дополнению. Это наложение происходит без щелчков, которые наблюдаются при электрическом включении головок.

Необходимые контактно-вводящие элементы включаются вручную или автоматически — слаботочными электромагнитами. Тракт с переменным многозначным контактом применяется в высококачественной профессиональной аппаратуре. Износ головок и носителя в этом случае минимальный.

Контактно-вводящие системы. Различают штыревые, подушечные и роликовые конструкции контактно-вводящих систем (рис. 72). Все эти конструкции имеют несущую пластину, на которой укреплены контактно-вводящие элементы. Пластина жестко или шарнирно соединена с приводным звеном, в качестве которого часто используется рычаг прижимного ролика. При переменном многозначном контакте контактно-вводящие элементы между собой не связаны и каждая пластина имеет свое включающее устройство (электромагнит, кнопку и др.).

Штыревая конструкция (рис. 72,а) очень удобна при зарядке и разрядке тракта носителем, создает хороший контакт, но несколько увеличивает трение движущегося носителя по поверхности штыревой вилки. Вилка изготавливается из нержавеющей немагнитной стали Х18Н9Т или простых сталей и бронзовых сплавов с последующим покрытием износостойчивым хромом.

Подушечная конструкция (рис. 72,б) проста и не требует дефицитных материалов. С помощью плоской пружины, изогнутой под небольшим углом, обеспечиваются сравнительно мягкие характеристики контакта и создается необходимый угол охвата головок носителем. Пружина изготовляется из фосфористой или бериллиевой бронзы. Прижимные подушки изготовляются из тонкошерстного фетра

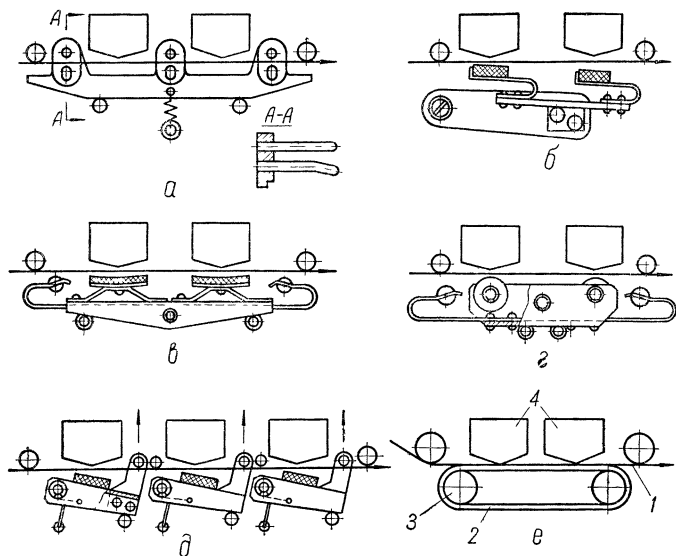


Рис. 72. Контактно-вводящие системы:

a — штыревая; *б* — подушечная несамоустанавливающаяся; *в* — подушечная самоустанавливающаяся, *г* — роликовая, *д* — подушечная для переменного многозначного контакта, *е* — пасиковая; 1 — лента; 2 — пасик, 3 — ролик.

и крепятся клеем БФ-2 или клеем № 88. При жестком закреплении контактно-вводящих элементов на приводном рычаге вследствие разной величины хода фетровых подушек контакт ленты с головками неодинаков. От этих недостатков свободно самоустанавливающееся устройство (рис. 72,в) с шарнирным закреплением пластины на приводном рычаге. В этом устройстве обеспечивается одинаковый ход фетровых подушек и равномерное распределение давления на головки. Самоустанавливающаяся система имеет ход прижимных элементов, в 1,5—2 раза меньший, чем предыдущая конструкция.

В случаях, когда требования по детонации невысокие, иногда применяется роликовая конструкция контакта (рис. 72, *з*). При использовании вращающихся роликов из губчатой резины натяжение носителя можно несколько снизить по сравнению с другими прижимными устройствами, но из-за повышенного удельного давления наблюдается больший износ головок. Все описанные выше устройства обеспечивают переменный однозначный контакт. Контакт-вводящее устройство для переменного многозначного контакта показано на рис. 72, *д*.

В последнее время прижим ленты к головкам осуществляется тонким лавсановым пасиком толщиной 0,05—0,15 мм, натянутым между двумя роликами 3 (рис. 72, *е*). Ролики вращаются на прецизионных шарикоподшипниках классов С или А. Необходимое контактное давление лента 1 — головка 4 создается прижимом пасика 2 к рабочей части головок. При такой конструкции прижима натяжение ленты можно значительно снизить, так как в данном случае отсутствует трение между лентой и прижимным элементом (пасиком).

Направляющие элементы тракта

Направляющие элементы тракта (стойки и ролики) служат для ограничения перемещения ленты по высоте и точного направления движения ленты по сердечникам магнитных головок.

Стойки (колонки) — это неподвижные цельнометаллические или комбинированные направляющие. Ролики представляют собой сборные конструкции направляющих, вращающихся на подшипниках. Все конструкции направляющих элементов имеют ленточный канал («ручей»), в котором движется магнитная лента. Ширину ленточного канала выбирают больше ширины носителя на 0,05—0,1 мм. Одинарная стойка (рис. 73, *а*) конструктивно проста, технологична, но обладает значительным сопротивлением движению носителя. Направляющий штырь облегчает зарядку и разрядку тракта, предохраняет носитель от спадания со стойки и применяется в прямом открытом или закрытом тракте. Для петлевого тракта применяют вдвоенные конструкции направляющих стоек (рис. 73, *б*, *в*).

Направляющие ролики различают с вращающимися и невращающимися буртами. Конструкция ролика с вращающимися буртами (рис. 73, *г*) отличается простотой и

технологичностью при условии минимальных торцовых и радиальных биений по ленточному каналу (по буртам и цилиндрической поверхности). При значительной величине этих биений возникают паразитная амплитудная и частотная модуляции. Значительные торцовые биения вращающихся буртов могут вызвать также деформацию кромок ленты.

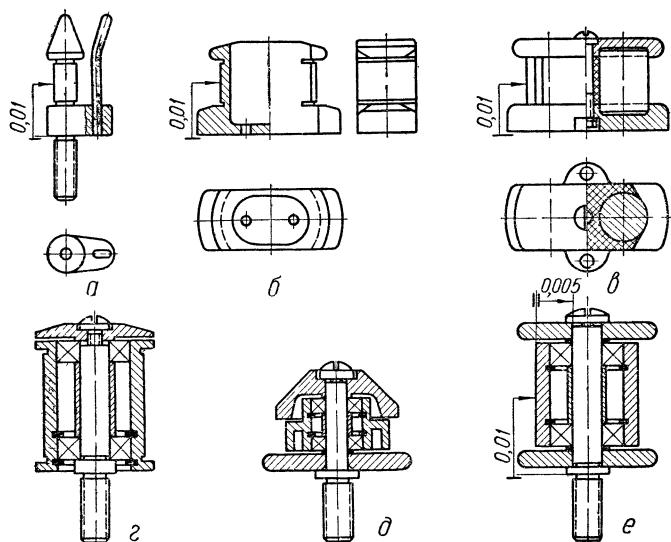


Рис 73 Конструкции направляющих стоек и роликов:
а — одинарная стойка, *б* — простая двоянная стойка, *в* — сложная двоянная стойка, *г* — ролик с вращающимися буртами, *д* — ролик с невращающимися буртами для ленты 6,25 мм, *е* — ролик с невращающимися буртами для широких лент.

Направляющий ролик с невращающимися буртами (рис. 73, *д*) свободен от торцовых биений буртов, однако ввиду необходимости создания базы для подшипников конструкция таких роликов при работе с узкими лентами несколько усложняется. Для работы с широкими лентами (12,7; 25,4; 50,8 мм) конструкция направляющего ролика (рис. 73, *г*) более проста, чем для узких лент.

В направляющих роликах применяются шарикоподшипники высокого А и сверхвысокого С классов точности, для выбора осевого люфта ролика используются специальные шайбы из калиброванной фольги латуни, алюминия

и бронзы толщиной 0,02; 0,05; 0,1 мм. Для направляющих элементов применяются немагнитная сталь марки Х18Н9Т, бронзовые сплавы марок БрОФ10-1, БрКМц, а также простые низкоуглеродистые стали с последующим покрытием слоем износостойчивого хрома, титановые сплавы марок ВТ-5, ВТ-6 и износостойчивые пластмассы: полиамид 68 и фторопласт ФТ-4. Для направляющих роликов применяют также алюминиевые сплавы (АМц, В-95). Рабочие поверхности роликов для придания износостойчивости хромируются (с последующей шлифовкой) или эматализуются.

Экранирование тракта

Силовые трансформаторы и дроссели, двигатели и электромагниты переменного тока при своей работе создают сильные внешние магнитные поля. Эти поля наводят в магнитных головках переменную э. д. с. с частотой 50—200 *гц*, которая прослушивается как фон. Наиболее чувствительна к внешним полям воспроизводящая головка, работающая при слабых уровнях сигналов. Эта головка подвержена также наводкам от стирающей и записывающей головок, уровень магнитного поля которых достаточно высок. Уменьшение уровня наводок достигают двумя путями: магнитным экранированием и электромагнитной компенсацией.

Магнитное экранирование — это защита головок экранами из магнитомягких металлов (сплавы 80НХС, 79НМ, 33НКС). Такие экраны хорошо работают в диапазоне частот 50—80 000 *гц*. Для защиты от наводок по высокой частоте, излучаемой генератором стирания и подмагничивания, применяют экраны из меди с последующим серебрением. Эти экраны хорошо работают при частотах помехи от 50 до 200 *кгц*.

В зависимости от формы головок конструируют круглые и прямоугольные экраны. В зависимости от количества экранов экранировка бывает одинарная, двойная и тройная. Одинарная экранировка применяется в массовых и простых любительских магнитофонах, где мало источников наводок или они слабы. Чаще всего в таких магнитофонах экранируется только универсальная головка. Такая экранировка применяется и в профессиональных аппаратах при использовании в них миниатюрных головок.

Двойная и тройная экранировки применяются в профессиональной аппаратуре, где много сильных источников

наводок. Экраны при этом должны быть изолированы один от другого. Винты, крепящие экраны к головкам, изолируются от экранов для исключения эффекта короткозамкнутого витка. Для улучшения экранировки часто ставят экраны-заслонки со стороны рабочего зазора, укрепленные на одной пластине с контактно-вводящими элементами. В петлевых трактах из-за встречного расположения стирающей, записывающей и воспроизводящей головок, кроме индивидуальной, применяется дополнительная междуголовочная экранировка.

Электромагнитная компенсация проводится таким образом, что противофазные магнитные переменные поля компенсируются или по крайней мере ослабляются. Это достигается правильной компоновкой элементов и узлов, создающих сильные внешние магнитные поля.

В массовых и простых любительских магнитофонах иногда применяют «антифонную» катушку или «антифонный» виток. Эти элементы включаются в разрыв нулевого (земляного) провода, соединяющего головку воспроизведения (или универсальную головку) со входом усилителя низкой частоты. Правильное положение «антифонного» витка подбирается по минимальному уровню фона при настройке магнитофона.

Для максимальной защиты от проникновения наводок иногда экранируют весь тракт записи — воспроизведения, изготовляя его основание и крышку из магнитомягких металлов. Ленточный паз (зев) при рабочих режимах закрывается заслонкой, ограничивающей проникновение наводок со стороны зарядки ленты. Целесообразно также экранировать отдельные источники сильных переменных полей (двигатели, трансформаторы). Одним из методов компенсации помех является фазирование, заключающееся в последовательном переключении концов различных элементов (электромагнитов, головок) до получения минимальных помех на выходе магнитофона.

2. СТАБИЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ И НАТЯЖЕНИЯ НОСИТЕЛЯ

Стабилизация скорости движения и натяжения носителя записи осуществляется в рабочих режимах тремя основными способами: механическим, электромеханическим и электронным.

Механическая стабилизация скорости движения и натяжения носителя выполняется различными конструкциями, имеющими непосредственный контакт с носителем.

Электромеханическая стабилизация скорости движения и натяжения носителя записи выполняется при помощи следящих систем, в состав которых входят датчики и электронные схемы.

Датчики — это устройства, воспринимающие механические параметры, преобразующие их в изменение электрического напряжения или тока. В лентопротяжных механизмах используются датчики, реагирующие на параметры движения, натяжения и длину (диаметр рулона) носителя записи.

Различают фотоэлектрические, емкостные, реостатные и другие системы датчиков. По характеру контроля они подразделяются на контактные (т. е. непосредственно соприкасающиеся с носителем) и бесконтактные датчики.

Электронные схемы выполняют функции преобразования электрических напряжений и токов, коммутации и усиления их до величины, обеспечивающей срабатывание исполнительных механизмов (электродвигателей, электромагнитов, электромагнитных муфт, реле).

Стабилизация скорости движения носителя

Скорость движения носителя записи в общем виде можно записать

$$V = V_0 \pm \Delta V_- + \Delta V_{\sim},$$

где V_0 — номинальная скорость движения носителя;

ΔV_- — постоянное отклонение скорости от номинального значения, «сдвиг» скорости;

ΔV_{\sim} — переменная составляющая (колебания) скорости.

Соответственно этому в технике магнитной записи сигналов различают два основных направления стабилизации фактической скорости движения носителя:

первое — резкое уменьшение постоянного «сдвига» скорости ΔV_- и уменьшение крайних низкочастотных колебаний скорости движения (скольжения) носителя;

второе — резкое уменьшение низко-, средне- и высокочастотных колебаний переменной составляющей скорости ΔV_{\sim} движения носителя (детонации).

На практике в высококачественной массовой и любими-

тельской аппаратуре магнитной записи обычно решается вторая задача (уменьшение детонации), а в высококачественной профессиональной и в некоторой специальной аппаратуре — оба направления используются одновременно.

При стабилизации фактической скорости движения носителя записи путем уменьшения сдвига и ухода ее постоянной составляющей резко уменьшается или практически исключается паразитное транспонирование (смещение тональности) записей. Транспонирование записей возникает и при нормальной работе магнитофона, если запись была выполнена на стандартной скорости с верхним ($+\Delta V_-$) или нижним ($-\Delta V_-$) допускаемым отклонением этой скорости, а воспроизведение проводилось на этой же стандартной скорости, но с нижним ($-\Delta V_-$) или верхним ($+\Delta V_-$) допускаемым отклонением соответственно. При этом воспроизводимая частота

$$f' = f \frac{V'}{V}, \quad (\text{IV-2})$$

где f — записанная частота;

V' — фактическая скорость движения носителя при воспроизведении;

V — фактическая скорость движения носителя при записи.

При $\frac{V'}{V} > 1$ полоса частот расширяется, тональность при воспроизведении повышается и длительность звучания записи сокращается. Если $\frac{V'}{V} < 1$, тональность при воспроизведении понижается и длительность звучания записи увеличивается.

Нестабильность скорости движения носителя записи, вызванную сдвигом постоянной составляющей скорости, на практике сводят к допустимому минимуму двумя способами. При первом способе применяют синхронные реактивно-гистерезисные электродвигатели с повышенной устойчивостью против колебаний напряжения питающей сети, а также изготавливают детали, непосредственно влияющие на скорость движения носителя, по второму или по первому классу точности (а в отдельных случаях и выше) или применяют способ индивидуального подбора этих деталей. Этот способ применяется в простой профессиональной, специальной и высококачественной любительской аппаратуре.

При втором способе применяют следящую электронную систему с асинхронным (реже синхронным) двигателем

в ведущем узле Используя следящие системы, можно уменьшить «сдвиг» и «колебания» скорости. Основные принципы построения таких систем будут описаны ниже.

Работа самого лентопротяжного механизма с весьма низким уровнем составляющих скорости еще не обеспечивает строго стабильного движения протягиваемого носителя. Непостоянство толщины, неоднородность упругих деформаций по длине носителя и присутствие склеек даже при отличном исполнении механизма может вызвать колебания фактической скорости носителя. Наиболее простой способ борьбы со среднечастотными составляющими колебаний скорости в лентопротяжных механизмах заключается в применении различных конструкций сглаживающих механических фильтров — стабилизаторов.

По принципу действия и конструктивному исполнению различают вращающиеся и поворотные механические стабилизаторы, к которым предъявляются следующие основные требования:

- уменьшение переменных составляющих скорости ленты;
- сохранение постоянства средних значений фактической скорости;

- минимальное внесение искажений в процессе стабилизации;

- постоянство параметров в течение длительной эксплуатации.

Вращающиеся стабилизаторы (рис. 74, а, б) состоят из ролика 3 и маховика 1, насаженных на одной оси 5, свободно вращающейся в шарикоподшипниках 6. Базовой деталью служит кронштейн 2, имеющий опорную поверхность для точной (перпендикулярной) установки стабилизатора на несущую панель ЛПМ 4. При движении носителя маховик стабилизатора приводится во вращение. Носитель имеет контакт с поверхностью ролика и мгновенные колебания скорости его движения сглаживаются инерционными свойствами маховика. Эффективность стабилизации скорости повышается при увеличении частоты колебаний скорости носителя до определенных пределов. Поэтому применять такие стабилизаторы целесообразно при высоких скоростях носителя записи, когда могут наблюдаться среднечастотные колебания скорости движения носителя. Применять вращающиеся стабилизаторы при скоростях носителя 19,05 см/сек и ниже нецелесообразно, так как эффект стабилизации почти не заметен.

Диаметр ролика стабилизатора из соображений надежности контакта с лентой выбирается порядка 25—50 мм. Для увеличения поверхности контакта ленты с роликом применяют поводки. Поводок состоит из рычага 7 с пружиной, вращающегося на оси. На рычаге укреплен палец (штырь) 8, обеспечивающий увеличение угла охвата носителем поверхности ролика стабилизатора. Усилие пружины подбирается из расчета получения необходимого угла охвата и на-

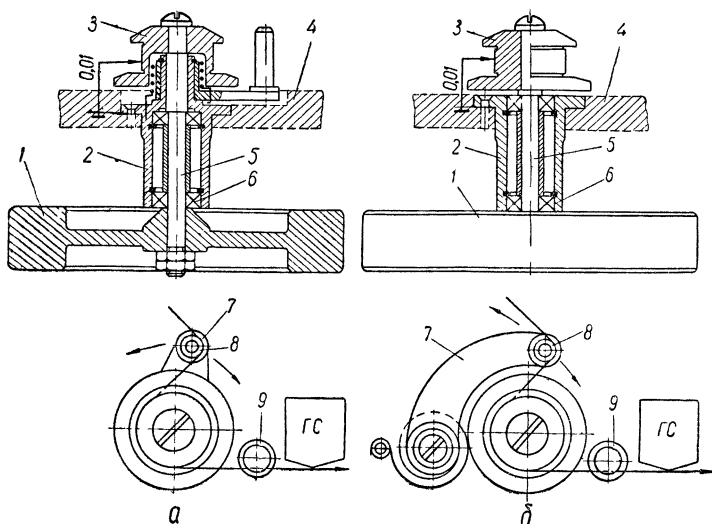


Рис. 74. Конструкции двухзвенных стабилизаторов движения:
а — с встроенным ленивцем; б — с отдельным ленивцем.

тяжения носителя. Применяя поводок (ленивец), можно также выбирать петли при пуске и остановке носителя и несколько сглаживать рывки, толчки и изменение его натяжения.

Точность изготовления стабилизатора сильно влияет на качественные показатели магнитофона. Поэтому все соображения по точности изготовления ведущего узла (гл. III) применимы и к стабилизаторам. Ролик стабилизатора устанавливается перед направляющим элементом 9 тракта записи — воспроизведения или служит одновременно и направляющим элементом этого тракта.

Стабилизаторы, не имеющие демпфирующих устройств (подпружиненных поводков, роликов и др. элементов), называются однозвенными. Стабилизаторы, имеющие в своем составе различные демпфирующие устройства, называют двухзвенными (рис. 74, а, б). Применяя конструкции этих стабилизаторов, необходимо помнить, что в течение нескольких секунд после включения магнитофона, пока не разгонится маховик, носитель проскальзывает по ролику.

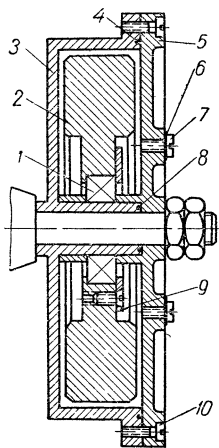


Рис 75 Конструкция сложного маховика гидравлического стабилизатора

После разгона маховика ролик ведется носителем без проскальзывания. Поэтому вращающиеся стабилизаторы первые секунды работы не стабилизируют скорости движения носителя. В некоторых конструкциях лентопротяжных механизмов для устранения этого явления применяется быстрый разгон маховика ведущим двигателем при помощи паразитного ролика, после чего ролик отводится.

Более совершенным является гидравлический стабилизатор, отличающийся от ранее рассмотренных сложной конструкцией маховика. Узел сложного маховика (рис. 75) состоит из двух частей: легкого алюминиевого корпуса и массивного стального или латунного маховика, вращающегося внутри этого корпуса. Между корпусом и маховиком имеется небольшой зазор, заполненный вязким маслом, выполняющим роль связывающего элемента. Алюминиевый корпус состоит из стакана 3, к которому посредством четырех винтов 10 крепится крышка 5. Для предохранения от вытекания масла между стаканом и крышкой установлены две кольцевые прокладки-сальники 4 и 8. Для заливки масла в крышке имеются два винта 7 с сальниками 6. Корпус укрепляется жестко на валу стабилизатора гайкой и контргайкой. Массивный маховик 2 вращается на одном шарикоподшипнике 1, внешнее кольцо которого фиксируется крышкой 9.

Гидравлический стабилизатор работает следующим образом. При пуске ЛПМ лента, имеющая непосредственный

контакт с роликом, разгоняет алюминиевый корпус. В масле возникают силы вязкого трения, которые увлекают массивный маховик. Через 4—5 сек после пуска ЛПМ скорость вращения массивного маховика достигает скорости вращения алюминиевого корпуса и в дальнейшем они вращаются с одинаковой скоростью. При малейшем изменении скорости вращения ролика стабилизатора и связанного с ним алюминиевого корпуса между корпусом и массивным маховиком вследствие разности их скоростей в масле возникают силы трения, противодействующие изменению скорости. Запас кинетической энергии массивного маховика во много раз больше, чем алюминиевого корпуса, поэтому при кратковременном изменении скорости вращения алюминиевого корпуса силы трения, возникающие в масле, сцепляют корпус с маховиком и скорость восстанавливается до первоначальной величины. Силы трения проявляются только при изменении скорости вращения алюминиевого корпуса и прекращаются при одинаковых скоростях вращения корпуса и массивного маховика.

Гидравлический стабилизатор применяется в высококачественной профессиональной и специальной аппаратуре.

Поворотный стабилизатор (рис. 76,а) состоит из узла натяжного ролика и узла воздушного демпфера, связанных между собой штоком. Узел натяжного ролика состоит из обводного ролика 2, установленного на рычаг 1, который поворачивается на шарикоподшипниках 10 в пределах паза несущей панели 8 лентопротяжного механизма. Базовой деталью служит ось 9, которая устанавливается на несущую панель и крепится к ней тремя винтами. Узел воздушного демпфера состоит из цилиндра 5, имеющего калиброванное отверстие с регулировкой воздушного потока винтом 7, и поршня 3, укрепленного шарнирно на штоке 4. Цилиндр удерживается в требуемом положении кронштейном 6. Обводной (натяжной) ролик удерживается в крайнем положении паза несущей панели ЛПМ плоской пружиной, имеющей мягкую характеристику. Это обеспечивает малое изменение усилия натяжения носителя при полном повороте рычага с натяжным роликом.

Поворотные стабилизаторы эффективно сглаживают низко- и среднечастотные переменные составляющие скорости движения носителя в установившихся и пусковых режимах, а также в некоторых пределах поддерживают

стабильность натяжения в диапазоне всех рабочих скоростей. Узловая незаконченность и увеличенные габариты стабилизатора с воздушным демпфером являются основными недостатками этого узла. Попытки избавиться от этих недостатков привели к созданию поворотного гидравлического стабилизатора, совместившего в себе узел натяжного ролика и узел демпфера (рис. 76, б). Стабилизатор состоит из рычага 4, на одном конце которого укреплен обводной

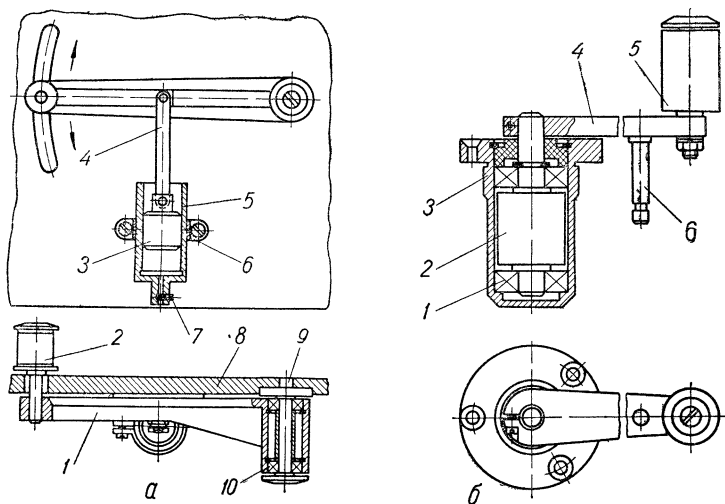


Рис. 76. Конструкции поворотных стабилизаторов: а — с воздушным демпфером; б — с гидравлическим демпфером.

ролик 5, другой конец укреплен на оси с барабаном 2. Ось вращается в шарикоподшипниках 1, укрепленных в глухом кронштейне 3, выполненном в виде стакана, который служит базовой деталью. Зазор между кронштейном и барабаном (0,01—0,05 мм) заполнен кремнийорганической консистентной смазкой КДС-2 или другой, обладающей достаточной вязкостью. Для увеличения сил сцепления смазки с барабаном его поверхность пескоструится. Рычаг 4 имеет штырь 6 для закрепления пружины.

Недостатком рассмотренного демпфера является изменение со временем его параметров вследствие нагревания смазки. Вращающийся стабилизатор обычно устанавливают на участке подающая кассета — блок головок. Иногда ставят

еще и дополнительный стабилизатор на участке ведущий вал — приемная кассета. Установка поворотного стабилизатора на участках подающей и приемной кассет трехмоторных лентопротяжных механизмов вполне оправдала себя на практике.

Более высокую степень стабилизации можно получить, используя электромеханические следящие системы. Схема построения одной из таких систем показана на рис. 77. Основным узлом схемы является датчик, вырабатывающий контрольный сигнал, который непосредственно связан с контролируемым объектом. Датчиками таких систем обычно служат магнитные головки. Используя магнитные го-

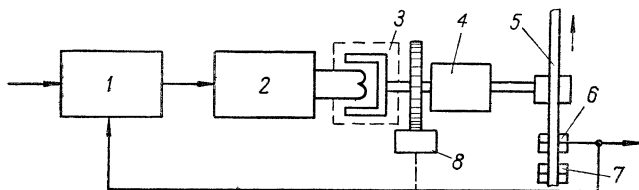


Рис 77. Блок-схема следящей системы стабилизации скорости движения ленты с неподвижной магнитной головкой.

ловки, можно получить контрольный сигнал непосредственно от носителя записи. В более простых системах для этих же целей иногда используют коллекторные датчики или фотодатчики со стробоскопическими дисками 8, механически связанные с ведущим узлом 4. На магнитной ленте 5 в режиме записи магнитной головкой 7 записывается последовательность синхронизирующих импульсов, поступающих от стабилизированного генератора. В режиме воспроизведения эти импульсы считываются воспроизводящей головкой 6 и подаются на один из входов фазового дискриминатора 1. На другой вход фазового дискриминатора поступают синхронизирующие импульсы от стабилизированного генератора.

При движении ленты с определенной, строго постоянной, скоростью фазы обоих сигналов совпадают и сигнал ошибки на выходе фазового дискриминатора равен нулю. При отклонениях скорости ленты от заданной величины на выходе дискриминатора появляется сигнал ошибки, который усиливается усилителем 2 и воздействует на индукционный тормоз 3, восстанавливающий заданную скорость вращения

электродвигателя или маховика ведущего вала. Такая схема обычно применяется с асинхронным ведущим двигателем трехфазного (реже однофазного) исполнения. Применение асинхронного двигателя обусловлено тем, что у этого типа двигателей легче осуществить регулировку скорости и, кроме того, ему не присущи качания ротора, которые могут вызвать значительные колебания скорости (что наблюдается в синхронных двигателях).

Применяя индукционный тормоз, можно при небольших изменениях величины тока обмотки возбуждения в достаточных пределах регулировать скорость вращения ротора. Его основное преимущество — работа без механического

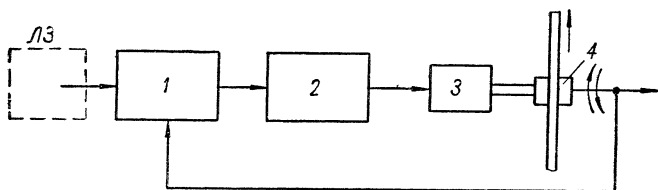


Рис. 78. Блок-схема следящей системы стабилизации скорости движения ленты с подвижной магнитной головкой.

контакта, что обеспечивает высокую эксплуатационную стабильность. Такая схема стабилизации часто применяется в видеомагнитофонах.

Рассмотренная схема почти полностью исключает медленные изменения скорости движения носителя. Вместе с тем вследствие значительного момента инерции вращающихся деталей ведущего узла эта схема стабилизации не сглаживает высокочастотных колебаний переменной составляющей фактической скорости.

Применяя дополнительную следящую систему с легкой поворотной головкой и с приводом, обладающим малым моментом инерции, можно несколько уменьшить средние и высокочастотные колебания скорости движения ленты. Соответствующая следящая система (рис. 78) состоит из подвижной магнитной головки 4, жестко связанной с электромагнитным управляющим устройством 3. На вход фазового дискриминатора 1 поступают: синхронизирующий сигнал от генератора и сигнал, считываемый подвижной воспроизводящей головкой. При незначительной разности фаз между ними появляется сигнал ошибки, который после

усиления усилителем 2 воздействует на электромагнитное управляющее устройство, поворачивающее головку по ходу или против хода ленты и, таким образом, восстанавливающее первоначальное соотношение фаз обоих сигналов

Для одновременной записи и воспроизведения в цепь фазового дискриминатора следящей системы необходимо вводить линию задержки ЛЗ (обозначено пунктиром на рис. 78). Линия задержки компенсирует сдвиг во времени между магнитными головками записи и воспроизведения.

Кроме магнитных головок, в следящих системах нередко используются фотоэлектрические и индукционные датчики. Задающий элемент фотоэлектрического датчика обычно представляет собой диск или цилиндр с отверстиями, которые освещаются специальным осветителем. В качестве воспринимающего элемента используются различные фотоэлементы.

В индукционном датчике задающий элемент обычно представляет собой цилиндр из немагнитного материала, по окружности которого размещены пластинки постоянных магнитов. Воспринимающий элемент по конструкции аналогичен воспроизводящей магнитной головке и отличается от нее значительно расширенным рабочим зазором.

Частота контрольных импульсов датчика определяется по формуле

$$f = \frac{\omega Z}{2\pi}, \quad (\text{IV-3})$$

где ω — число оборотов задающего элемента, *рад/сек*,
 Z — число отверстий или постоянных магнитов.

Одна из конструкций фотодатчика, встроенного в экран между блоками магнитных головок лентопротяжного механизма с петлевым трактом, показана на рис. 79. Задающим элементом 2 служит обводной ролик, в нижней части которого сделано определенное количество (четыре, шесть, восемь и т. д.) прямоугольных пазов определенной ширины. Ролик вращается в подшипниках качения, один из которых находится в кронштейне (экран) 5, другой — в крышке 1. В кронштейне против паза ролика находится лампочка 8. В крышке на уровне паза ролика по направлению сфокусированного луча света в держателе 6 расположен фототриод 7 (типа ФТ-1). Питание к лампочке подводится по

корпусу кронштейна и по лепестку, расположенному на изоляционной планке 9. Для контроля исправности лампочки задающий элемент имеет в перегородке отверстия, а базовый кронштейн — глазок 3 из органического стекла. Датчик устанавливается на несущую панель лентопротяжного механизма двумя винтами и точно фиксируется штифтом 4.

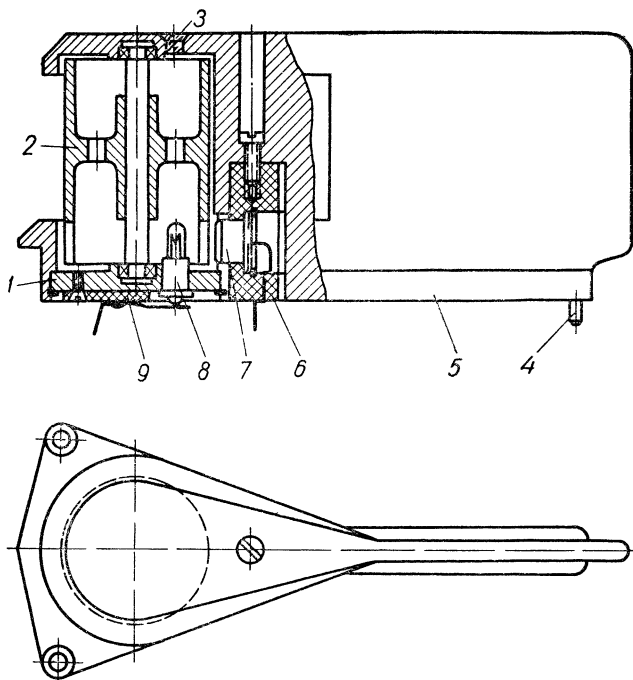


Рис. 79. Фотодатчик, встроенный в экран между блоками головок.

Задающие элементы следящих систем (обводные ролики или диски) обычно выполняются облегченной конструкции с целью уменьшения инерционности, что позволяет применять датчики в системах сглаживания колебаний скорости средней частоты. Обычно они изготавливаются из алюминиевых сплавов марок Д16, В-95 и АМц (с последующим покрытием обводных роликов износостойчивым хромом). Остальные детали датчиков также выполняются из алюми-

ниевых сплавов. Для снижения паразитных засветок поверхности, подвергающиеся освещению, оксидируются в черный цвет. В качестве источников освещения применяются низковольтные маломощные лампы накаливания типов МН-12, СМ-37 и др.

Воспринимающие элементы фотодатчиков — фотоэлементы — по принципу действия разделяются на три группы:

1. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом, в которых под действием света электроны вырываются с поверхности металла. Внешний фотоэффект используется в вакуумных фотоэлементах (СЦВ-3, СЦВ-4 и др.), газонаполненных фотоэлементах (ЦГ-3, ЦГ-4 и др.) и фотоэлектронных умножителях (ФЭУ-1, ФЭУ-2, ФЭУ-17, ФЭУ-18 и др.).

2. Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом (фотоспротивления), в которых под действием света изменяется электрическая проводимость активного вещества (ФС-КО, ФС-К1, ФС-К2, ФС-А1 и др.). К фотоэлементам с внутренним фотоэффектом относятся также фотодиоды (ФД-1, ФД-2 и др.) и фототриоды (ФТ-1 и др.), в которых под действием света изменяется электрическое сопротивление зоны p - n -перехода.

3. Вентильные фотоэлементы, в которых под действием света на границе металла и запирающего слоя возникает э. д. с. (К-5, К-10, К-20, ФЭСС-У-2, ФЭСС-У-3 и др.).

Основное преимущество фотоэлементов с внешним фотоэффектом — малая инерционность; недостаток — большие габариты и низкая чувствительность. Фотоспротивления имеют небольшие габариты, но отличаются большой инерционностью и низкой стабильностью в работе. Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом, фотодиоды и фототриоды обладают небольшими габаритами, малой инерционностью и высокой чувствительностью.

Наиболее широко в фотодатчиках применяются фотоспротивления, фотодиоды и фототриоды.

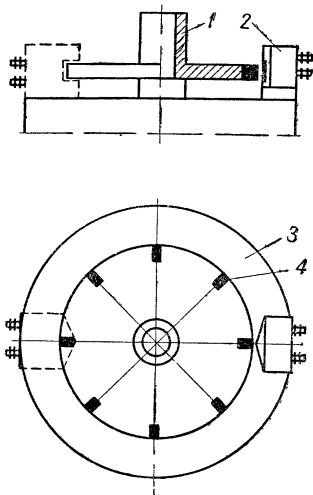


Рис. 80. Индукционный датчик.

Основное преимущество фотодатчиков — простота конструкции. Недостатки — малый срок службы лампочек накаливания и необходимость светоизоляции фотоэлементов от посторонних засветок.

Более простыми и надежными являются индукционные датчики (рис. 80). Задающий элемент 1 выполнен в виде диска, по окружности которого укреплены пластины из малогабаритных постоянных магнитов 4. Задающий элемент укрепляется на валу ведущего узла 3 (или на валу специального следящего ролика) На несущем кронштейне ведущего узла крепится воспроизводящая магнитная головка 2, рабочий зазор которой почти вплотную подходит к рабочей поверхности задающего элемента. При прохождении постоянных магнитов мимо рабочего зазора магнитной головки в ней индуцируется переменная э. д. с., величина и частота которой пропорциональны скорости вращения задающего элемента. Индукционные датчики выполняются из алюминиевых сплавов. Постоянные магниты изготавливаются из магнитотвердого материала марок МБА, ални, Анко-4. После установки в пазы диска боковая и обе торцовые поверхности постоянных магнитов подвергаются чистовому шлифованию

Воспринимающим элементом может служить любая воспроизводящая головка, желательна высокоомная, с расширенным рабочим зазором. Значительно бóльшую отдачу обеспечивают специальные магнитные головки, в которых диск входит в рабочий зазор.

К преимуществам индукционных датчиков следует отнести сравнительную простоту, высокую надежность, постоянство параметров при длительной эксплуатации, а также возможность создания малогабаритных и миниатюрных датчиков не только для профессиональной, но и для переносной экономичной аппаратуры.

Задающий (опорный) генератор представляет собой маломощный высокостабилизированный генератор колебаний синусоидальной формы. Частота синхронизирующих колебаний выбирается при расчете следящей системы и обычно не превышает 300 *гц*. При увеличении частоты чувствительность датчика возрастает, но одновременно сужаются пределы изменения скорости, при которых следящая система может оказывать свое регулирующее действие.

Стабилизация натяжения носителя

Стабилизируя натяжение носителя в лентопротяжных механизмах высококачественных магнитофонов, можно:

значительно уменьшить износ магнитных головок и ленты,

уменьшить колебания отдачи на высоких частотах при небольших перекосах направляющих элементов тракта записи — воспроизведения ЛПМ;

уменьшить влияние изменения вращающих моментов боковых узлов на стабильность скорости движения ленточного носителя;

исключить местное растяжение ленточного носителя.

Известно, что значительные погрешности в работу ЛПМ вносит нестабильность натяжения ленты подающим боковым узлом, поэтому на практике в более простой аппаратуре добиваются стабильности натяжения ленты именно на этом участке. Наиболее просто натяжение ленточного носителя на участке подающая кассета — ведущий вал стабилизируется механическими способами при выключении подающего узла в рабочих режимах. Активный боковой узел выключается путем обесточивания обмоток двигателя, пассивный — путем отвода паразитного ролика или приводного пасика от ведущей части муфты. Если в боковом узле применяется электромагнитная муфта, то ее также обесточивают.

Механическая стабилизация натяжения ленты при этом создается двумя способами.

Первый способ — натяжение ленты создается силами трения о поверхности направляющей стойки и фетровой прижимной подушки (рис. 81). К недостаткам этого способа стабилизации натяжения ленты относится необходимость периодической чистки рабочих поверхностей направляющей стойки и фетровой подушки, необходимость отвода прижим-

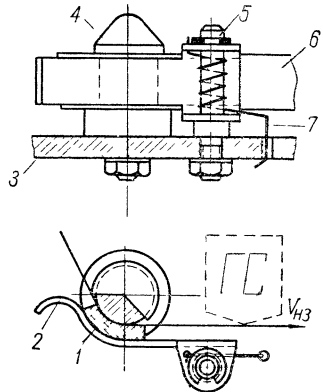


Рис. 81. Устройство для стабилизации натяжения при помощи фетрового прижима

1 — фетровая подушка, 2 — прижимной рычаг, 3 — несущая панель ЛПМ, 4 — стойка, 5 — ось, 6 — лента, 7 — пружина

ной подушки при зарядке и разрядке ленты, а также в режимах ускоренных ходов ленты.

Такой способ стабилизации натяжения ленты применяется частично в массовой и любительской аппаратуре.

Второй способ — натяжение ленты создается автоматической следящей тормозной системой (рис. 82). Такая система состоит из тормозной ленты 1, охватывающей тормозной барабан подкассетника 2, и следящего рычага 8. Тормозная лента одним своим концом крепится на неподвижной оси 3,

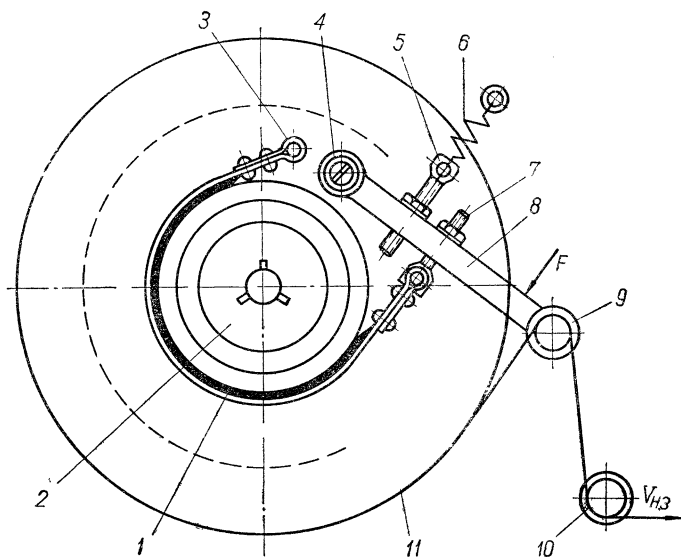


Рис. 82. Автоматическая следящая тормозная система.

другим — на регулировочном винте 7, закрепленном гайкой на следящем рычаге. Один конец следящего рычага вращается на неподвижной оси 4, другой конец имеет обводной ролик 9. Усилие торможения создается пружиной растяжения 6 и регулировочным винтом 5, положение которого фиксируется гайкой в теле следящего рычага. Ферромагнитная лента 11, сматываясь с подающей кассеты, проходит по обводному ролику и идет на направляющий элемент 10 тракта движения ленты. Если в подающей ветви увеличится натяжение носителя, то следящий рычаг отойдет в направлении силы F , трение уменьшится и натяжение но-

сителя упадет до прежней величины. Если натяжение носителя станет меньше номинального, следящий рычаг уйдет в направлении, противоположном силе F , увеличится торможение подкассетника и натяжение возрастает до прежней величины. В режимах ускоренных перемоток, где изменение натяжения носителя даже благоприятно, следящий рычаг отводится. Такой способ стабилизации натяжения ленточного носителя можно применять и на участке ведущий вал — приемная кассета.

К преимуществам стабилизации натяжения ленты при помощи автоматической следящей системы следует отнести

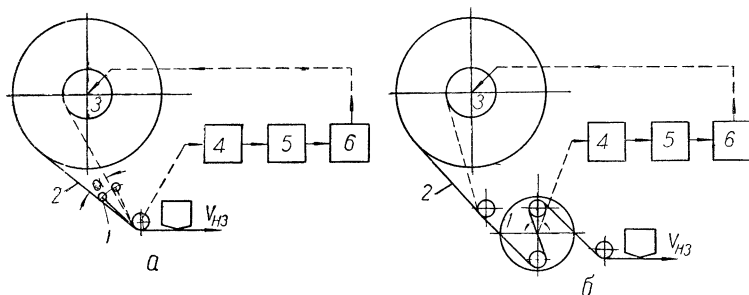


Рис. 83. Блок-схемы следящих систем стабилизации натяжения ленты
 а — управления моментом бокового узла индукционным тормозом, б — управления моментом бокового узла изменением напряжения питания бокового двигателя

высокую чувствительность, простоту зарядки и разрядки ленты, возможность длительной эксплуатации без чистки рабочих поверхностей тормозной ленты и барабана. Этот способ применяется как в массовой, так и в высококачественной профессиональной аппаратуре.

Более высокую стабильность натяжения ленты обеспечивают электромеханические следящие системы. Следящая система в целом регулирует тормозной или вращающий моменты боковых двигателей. Датчик обычно устанавливают в ветви подающей кассеты, так как изменение натяжения на этом участке больше влияет на стабильность движения ленты, чем изменение натяжения в ветви приемной кассеты.

Иногда датчик делают спаренным (двойным), один — из функциональных элементов которого работает на приемную, а другой — на подающую кассеты. Как видно из схе-

мы (рис. 83,а), осязатель 1 датчика 4 следит за изменением емкости ленты 2 на боковом узле 3, изменяя угол поворота α задающего элемента, параметры которого изменяются по определенному закону. Это изменение преобразуется в электрическое напряжение и усиливается усилителем 5, нагрузкой которого служит индукционный тормоз 6, воздействующий на двигатель бокового узла 3. Тормоз плавно меняет момент подающего или одновременно и подающего и приемного двигателей.

В другой схеме (рис. 83,б) осязатель 1 датчика 4 непосредственно следит за изменением натяжения ленты 2, поворачиваясь при изменении натяжения на небольшой угол и соответственно изменяя параметры функционального радиотехнического элемента. Напряжение датчика усиливается предварительным усилителем 5, затем усилителем мощности 6 и подается на управляющую обмотку двигателя бокового узла 3. Управляющее напряжение плавно изменяет вращающий или тормозной моменты двигателя. Основная (рабочая) обмотка двигателя питается непосредственно от сети.

Первая схема проста, но обладает низкой чувствительностью, так как угол поворота осязателя составляет от 10 до 15° на полную емкость кассеты. Вторая схема несколько сложнее, но обладает значительно бóльшей чувствительностью и обеспечивает высокую точность регулировки, так как угол поворота осязателя составляет 90 — 100° на полную емкость кассеты. При конструировании датчиков исходными величинами служат пределы и характеристика изменения натяжения носителя в данном лентопротяжном механизме. Функциональный элемент датчика подбирается таким, чтобы его характеристика соответствовала характеристике изменения натяжения носителя. При невозможности непосредственного согласования характеристик вводят различные нелинейные механические элементы (например кулачки). Затем составляют геометрическую схему по которой графоаналитическим путем находят зависимость угла поворота датчика от натяжения носителя.

После этого рассчитывают электронную схему. Для полного использования пределов реостатных элементов или для получения определенной кратности электрических сопротивлений в начале и конце хода, иногда необходим угол поворота до 320 — 330° . В этом случае применяется редуктор, состоящий из мелко модульных зубчатых колес

или секторов. Параметры такого редуктора рассчитываются из соотношения

$$\frac{\alpha_3}{\alpha_0} = \frac{z_0}{z_3}, \quad (IV-4)$$

где α_3 — угол работы функционального элемента, рад;

α_0 — угол поворота осязателя, рад;

Z_0 — число зубьев сектора,

Z_3 — число зубьев шестерни.

В таких конструкциях необходимо устанавливать ограничители угла поворота осязателя.

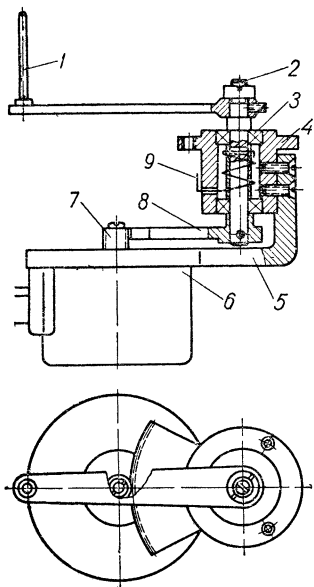


Рис. 84 Конструкция реостатного датчика натяжения ленты.

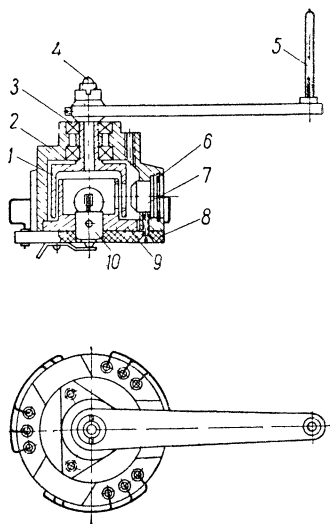


Рис. 85 Конструкция фото-датчика натяжения ленты.

Конструкция реостатного датчика натяжения показана на рис. 84. Осязатель 1 посредством сектора 8, укрепленного на оси 2, передает вращение потенциометру 6, на оси которого находится шестерня 7. Ось вращается в шарикоподшипниках 3, находящихся во втулке 4. Внутри втулки имеется возвратная пружина 9 с малым противодействующим моментом, один конец которой закреплен в оси, дру-

гой — во втулке. Потенциометр установлен на кронштейне 5, который крепится к втулке. Переменным сопротивлением служит прецизионное линейное проволочное сопротивление (например типа ПЛ-1, ПЛ-2).

Зубчатая пара изготавливается с модулем порядка 0,2—0,3, со степенью точности 7, сопряжением Д или Х.

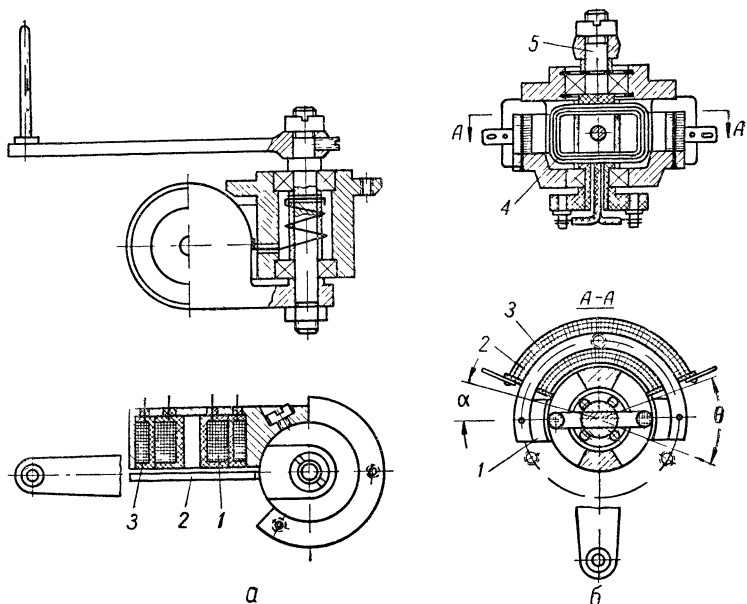


Рис. 86. Конструкции датчиков.
a — высокочастотного индуктивного вихревого датчика,
б — ферродинамического датчика

Фотодатчик (рис. 85) состоит из осязателя 5, жестко связанного со стаканом 1, который вращается в шарикоподшипниках 3. В стакане имеется три отверстия прямоугольной формы, через которые световой поток от лампочки 10 попадает на фототриод 7 (типа ФТ-1). Фототриод укреплен в базовом кронштейне 2 распорным кольцом 6. Изоляционное кольцо 8 с лепестками для подпайки выводов крепится к базовому кронштейну тремя винтами и фиксирует внутренний стакан 9, который имеет три отверстия, аналогичные отверстиям во вращающемся стакане. В оси вращающегося стакана имеется сквозное отверстие и глазок 4 из орг-

стекла, с помощью которого можно вести контроль работы датчика с лицевой стороны ЛПМ. Диаметр стакана выбирается в 3—3,5 раза больше диаметра колбы лампочки. Размеры отверстий и их расположение проще всего определяются прочерчиванием геометрической схемы работы датчика.

Конструкция высокочастотного индуктивного датчика (рис. 86,а) основана на действии вихревых токов. Если вблизи обмотки, питаемой переменным током, находится проводящее тело, то в нем возникают вихревые токи, уменьшающие индуктивность и добротность катушки. Воспринимающая обмотка 1 находится внутри обмотки возбуждения 3 и настраивается в резонанс частоте генератора. При уменьшении расстояния между металлическим якорем 2 и катушками добротность трансформатора уменьшается и напряжение на воспринимающей обмотке падает. Якорь изготавливается из немагнитного металла — бронзы, латуни. Конструкция остальных деталей аналогична реостатному датчику.

Индуктивный датчик этой конструкции работает на токах высокой частоты (1—3 Мгц), поэтому экранировка производится сплавами цветных металлов: медью, латунью, алюминием.

Ферродинамический датчик (рис. 86,б) состоит из катушки возбуждения 3, питаемой переменным током частоты 50 гц, магнитопровода 2 и полюсных башмаков 1, между которыми на оси 5 вращается рамка 4. При расположении рамки вдоль силовых линий полюсных башмаков ток в ней отсутствует. При повороте рамки в ней индуцируется э. д. с., которая достигает максимального значения при расположении рамки перпендикулярно силовым линиям поля.

Магнитопровод датчика представляет собой пакет пластин из листовой электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 мм, изолированных одна от другой слоем лака. Полюсные башмаки изготавливают из того же материала, что и магнитопровод.

Перемещение или поворот, изменяющие параметры датчика, производится той же следящей системой с осязателем, что и в конструкциях предыдущих датчиков.

Универсальный датчик (рис. 87) состоит из корпуса 4, в котором на шарикоподшипниках 6 вращается на оси 5 задающий элемент 3. Задающий элемент представляет собой диск с отверстиями (для работы в качестве фотодатчика), с тонкими узкими магнитами 2 (для работы в качестве ин-

дукционного датчика) и широкий металлический сектор *1* (для работы в качестве высокочастотного индуктивного датчика). В корпус с трех сторон вставляются ячейки фото-датчика — кронштейны *7* с расположенными на них лампочками *8* и фототриодами *9*, которые крепятся двумя винтами *10*. При использовании одной ячейки два остальных отверстия закрываются заглушками. Для индукционного датчика на кронштейне укрепляется магнитная головка

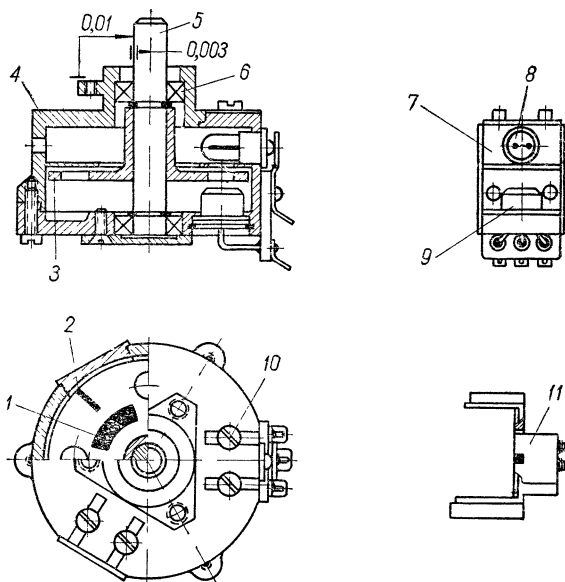


Рис 87. Конструкция универсального датчика.

воспроизведения *11*, для высокочастотного индуктивного датчика — соответствующие обмотки. На вылет вала датчика может крепиться обводной ролик (для стабилизации движения) или рычаг с осязателем (для стабилизации натяжения).

Схемы включения датчиков

Схемы включения датчиков предназначены для преобразования изменений электрических параметров датчиков в напряжение или ток на нагрузке.

Изменение параметров датчиков происходит с весьма низкими уровнями, поэтому преобразовательные схемы

включаются на вход усилителей постоянного или переменного тока. Точность преобразования зависит от стабильности сопротивления, емкости, индуктивности элементов схемы и от емкости монтажа.

Преобразовательные схемы датчиков, используемых в лентопротяжных механизмах магнитофонов, классифицируются на простые, дифференциальные, мостовые (уравновешенные и неуравновешенные) схемы с изменением амплитуды колебаний и схемы с изменением частоты колебаний генераторов.

Для работы простой ламповой схемы включения датчиков (рис. 88) источников напряжения (генераторов) и дополнительных элементов схем не требуется. Датчик в этой схеме включается в цепь питания

управляющей сетки. При изменении его электрических параметров изменяется сеточное напряжение и, следовательно, анодный ток и напряжение на нагрузке лампы Λ_2 . Нагрузкой лампы служит индукционный тормоз Z_H . Эта

схема широко применяется с фотоэлектрическими функциональными элементами.

Дифференциальная схема включения датчиков или схема делителя напряжения (рис. 89) работает с дифференциальными датчиками, состоящими из двух последовательно включенных функциональных элементов, имеющих общую заземленную среднюю точку.

При равенстве параметров датчиков, ламп и элементов схемы ток в нагрузке отсутствует. При перемещении средней обкладки конденсатора, сердечника индуктивности или ползунка потенциометра параметры одного датчика убывают, другого — возрастают, вследствие чего появляется ток и напряжение на нагрузке.

Дифференциальные схемы отличаются высокой стабильностью, так как одновременное одинаковое изменение пара-

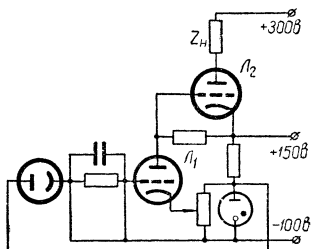


Рис. 88. Простая схема включения фотодатчика.

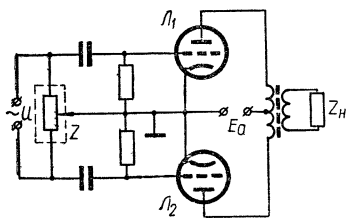


Рис. 89. Дифференциальная схема включения датчика

метров двух функциональных элементов, а также действие помех на обе половины схемы не вызывает дополнительных погрешностей в работе. К недостаткам этих схем относятся сложность балансировки, а также необходимость питания емкостных и индуктивных датчиков от специального высокочастотного генератора.

Одной из распространенных схем включения датчиков служит мостовая схема (рис. 90). Условие равновесия мостовой схемы выражается известным соотношением

$$Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4, \quad (IV-5)$$

где Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 — соответствующие полные сопротивления плеч моста.

Ток в диагонали моста при этом равен нулю. При изменении сопротивления одного из плеч, которое является

функциональным элементом (например Z_4), баланс моста нарушается и на диагонали моста появляется напряжение. Такая схема называется мостовой схемой с простым включением функционального элемента. При одновременном изменении в противофазе сопротивлений соседних плеч Z_3 и Z_4 чувствительность датчика увеличится вдвое. Такая

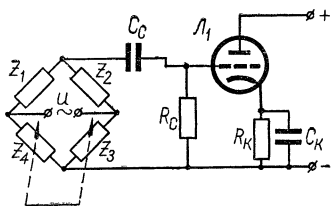


Рис. 90. Мостовая схема включения датчиков.

схема называется мостовой схемой с дифференциальным включением функциональных элементов.

В зависимости от типа сопротивлений мосты подразделяются на реостатные, индуктивные и емкостные. Иногда в качестве функциональных элементов применяют резонансные контуры, что значительно повышает чувствительность датчиков.

В схемах включения датчиков следящих систем стабилизации скорости движения и натяжения ленты могут применяться полупроводниковые приборы. При этом следящая система имеет минимальные габариты и вес, высокий к. п. д., повышенную надежность и эксплуатационные удобства. Принципиальная схема такой системы приведена на рис. 91.

Воспринимающим чувствительным элементом фотодатчика служит фотосопротивление ФС (типа ФС-КО), освещаемое лампочкой накаливания ЛН-1. Площадь засвета

фотосопротивления изменяется заслонкой, следящей за изменением радиуса намотки ленты на кассете. Сигнал, пропорциональный площади засвета, управляет усилителем постоянного тока. Усилитель включен параллельно гасящему сопротивлению в цепи бокового двигателя и собран по схеме «составные триоды» на триодах типов ПЗ04 и П203.

В качестве гасящего сопротивления R_1 может быть использовано сопротивление цепи конденсаторной обмотки бокового двигателя. Для термостабилизации схемы применяется диод D_6 . Преимуществом приведенной системы

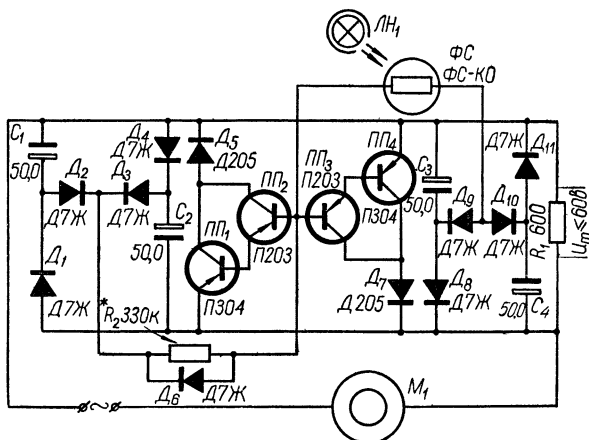


Рис. 91. Принципиальная схема следящей системы стабилизации натяжения ленты.

является применение одного фотосопротивления для управления схемой во время обоих полупериодов переменного напряжения, что увеличивает надежность и обеспечивает абсолютную симметричность работы схемы. Система проста по устройству и в эксплуатации, надежна, легко регулируется подбором сопротивления R_2 и не требует отдельного источника питания. Диапазон регулировки схемы по напряжению составляет 90% от приложенного напряжения.

При подключении подобной следящей системы к боковому двигателю можно осуществить форсированный режим работы устройства с малым временем разгона.

При монтаже емкостных и индуктивных датчиков следует избегать длинных соединительных проводников, которые увеличивают паразитные емкость и индуктивность

и уменьшают помехоустойчивость схемы. При возможности элементы мостовой схемы необходимо располагать вблизи датчика. Если смонтировать мостовую схему вблизи датчика невозможно, то применяется схема с согласующим трансформатором, включенным посредством коаксиального кабеля в одно из плеч моста. Коэффициент трансформации обмоток подбирается таким образом, чтобы волновое сопротивление кабеля и активное сопротивление резонансной системы датчик — трансформатор были равны по величине, тогда в остальных плечах моста можно применять чисто активные сопротивления.

Схемы с изменением амплитуды колебаний генератора (резонансные схемы) применяются в более сложных системах стабилизации. В этих схемах в основном работают емкостные и индуктивные датчики. При этом должны учитываться следующие особенности включения датчиков в цепи резонансных контуров:

в схемах стабилизации движения носителя режим генератора подбирается так, чтобы с изменением параметров датчика использовать максимум («пик») резонансной кривой;

в схемах стабилизации натяжения носителя режим генератора подбирается так, чтобы использовать пологую часть восходящей или нисходящей ветвей резонансной кривой.

1. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Электродвигатели приводят во вращение ведущие узлы, протягивающие носитель с постоянной линейной или угловой скоростью, а также обеспечивают натяжение и ускоренную перемотку носителя с одной кассеты или бобьшки на другую. В зависимости от выполняемых функций к электродвигателям предъявляются различные требования: сохранять строго постоянную скорость вращения при изменении нагрузки в определенных пределах, плавно изменять вращающий момент при изменении нагрузки или скорости вращения и т. д.

В аппаратах магнитной записи (АМЗ) в основном применяют асинхронные и синхронные электродвигатели переменного тока, работающие в диапазоне скоростей ($500 \div 3000$) $\frac{\pi}{30}$ рад/сек, и реже — в переносной и специальной аппаратуре — коллекторные постоянного тока, работающие в диапазоне скоростей ($2000 \div 6000$) $\frac{\pi}{30}$ рад/сек.

Электродвигатели АМЗ являются типовыми устройствами, которые обычно используются в ЛПМ в законченном виде, и лишь иногда подвергаются доработке. Электродвигатели АМЗ имеют свои специфические особенности конструкции и к ним предъявляются следующие основные требования:

нестабильность мгновенной скорости вращения ротора не должна превышать 10^{-3} — 10^{-4} ;

постоянство или изменение вращающего момента должно соответствовать заданным величинам или определенному функциональному характеру;

работа в длительном режиме при заданных колебаниях температуры окружающей среды, напряжения и частоты питающей сети;

бесшумность работы при подшипниках скольжения; шум, развиваемый при работе на шарикоподшипниках, не должен превышать уровня, допустимого для данной АМЗ.

К отдельным двигателям могут предъявляться дополнительные требования в зависимости от условий их эксплуатации.

Конструктивное выполнение электродвигателей

В АМЗ в основном применяются асинхронные конденсаторные и синхронные реактивные и гистерезисные двигатели. По конструктивному исполнению различают двигатели с внутренним и внешним ротором. Ввиду сравнитель-

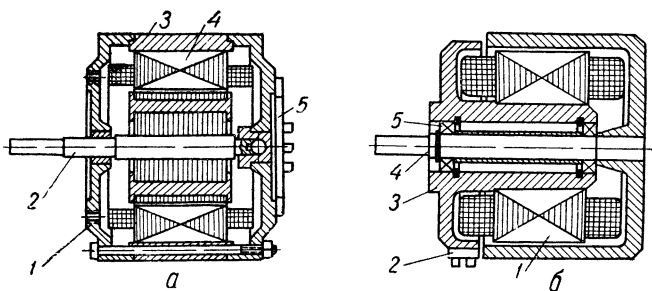


Рис. 92. Конструкция двигателей:
а — с внутренним ротором, *б* — с наружным ротором

но небольших габаритов для улучшения механических и рабочих характеристик величину зазора между статором и ротором в двигателях АМЗ принимают порядка 0,1—0,3 мм.

Двигатель с внутренним ротором (рис. 92, *а*) имеет статор 4, заключенный в корпус 3, по торцам которого крепятся подшипниковые щиты 1 (крышки с подшипниками скольжения или качения). Ротор 2 вращается в подшипниках и имеет вылет вала по одну или по обе стороны подшипниковых щитов. На нижней крышке расположена расширочная колодка 5, к лепесткам которой припаяны выводы обмотки статора. Такую конструкцию имеют двигатели типа А-01 и А-02. В некоторых конструкциях корпус двигателя отсутствует и подшипниковые щиты стягиваются шпильками (например, двигатели типов ДВС-У1, ДВА-У1, ДВА-У3 и др.).

Двигатель с наружным ротором (рис. 92, б) имеет статор 1, внутри которого запрессована втулка 3 с подшипниками качения 5. Посредством втулки двигатель крепится к несущей панели ЛПМ. Ротор 4 имеет чашеобразную форму, верхний конец его вала выходит наружу. На боковой поверхности втулки укреплена расшивочная колодка 2. Такой принцип устройства имеет двигатель типа ДМ-2. В некоторых конструкциях втулка крепится к чашеобразному корпусу, на котором находятся ленточная тормозная система и стойки для крепления на несущей панели ЛПМ. Вылет вала ротора имеет фиксирующую шпонку, а торцовая часть (днище) является одновременно и подкассетником. Такую конструкцию имеют двигатели боковых узлов типов ДПН-1, ДПН-2 и ДПН-3.

Статор двигателя с внутренним или наружным ротором состоит из сердечника с уложенной в его пазах обмоткой. Сердечник статора состоит из набора штампованных колец электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 мм. Кольца статора имеют по окружности рабочей поверхности равномерно расположенные открытые пазы (рис. 93, а, б). Для уменьшения вихревых токов кольца статора изолируются тонкой лаковой пленкой или слоем окалины, получившейся при отжиге.

Для повышения равномерности хода статоры двигателей для АМЗ часто собираются «по вееру». При этом каждое кольцо смещается по отношению к соседнему на одно пазовое деление, что более равномерно распределяет магнитную индукцию по окружности сердечника, так как магнитные свойства листов стали вдоль и поперек направления проката неодинаковы. С этой же целью иногда применяют электродвигатели с косым пазом, когда начало паза на одном торце сердечника смещено относительно его конца на другом торце на одно зубцовое деление. При этом улучшаются пусковые характеристики и уменьшаются магнитные шумы двигателей. Статор укрепляется в корпусе, изготовляемом из алюминиевого сплава.

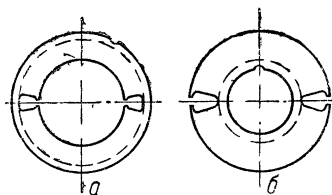


Рис. 93. Пластины сердечника статора двигателей
а — с внутренним ротором, б — с наружным ротором

Ротор асинхронного или синхронного двигателя состоит из сердечника с запрессованным в нем валом. Сердечник ротора асинхронного двигателя с внутренним ротором состоит из набора штампованных колец электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 мм. Кольца имеют по внешней окружности равномерно расположенные закрытые или открытые пазы и изолируются такими же способами, как и кольца статора. По сборке и строению паза сердечники ротора и статора аналогичны. В пазах сердечника находятся медные стержни, изолированные от пазов прессшпаном и замкнутые накоротко на торцах медными щеками. Эти стержни и щеки образуют короткозамкнутую обмотку

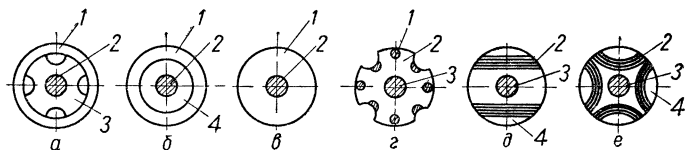


Рис 94 Роторы синхронных двигателей:

a, б, в — гистерезисных; *1* — активный слой; *2* — вал ротора; *3* — магнитотвердая втулка, *4* — немагнитная втулка, *г, д, е* — синхронных реактивных, *1* — короткозамкнутая клетка, *2* — пластина сердечника, *3* — вал ротора; *4* — алюминий.

(«беличью клетку»). Короткозамкнутая обмотка иногда выполняется путем заливки пазов под давлением алюминиевыми сплавами. Сердечник ротора асинхронного двигателя с наружным ротором выполняется в виде чаши со сплошными стенками толщиной от 1 до 8 мм. Для повышения пускового момента внутренняя поверхность чаши ротора гальванически покрывается слоем меди.

Сердечники ротора синхронных гистерезисных двигателей выполняются в трех вариантах. Первый вариант: активный магнитный слой — полый цилиндр — напрессован на явно- или неявнополюсную втулку из магнитотвердого материала (рис. 94, *a*). Второй вариант: тот же полый цилиндр напрессован на немагнитную втулку из алюминиевых или бронзовых сплавов (рис. 94, *б*). Третий вариант: втулка отсутствует, активный слой напрессован прямо на вал (рис. 94, *в*). Во всех вариантах активный слой может быть выполнен сплошным или шихтованным. В качестве магнитотвердого материала активного слоя часто применяется викаллой.

Сердечники ротора синхронных реактивных двигателей выполняются в двух вариантах: с явновыраженными (рис. 94,з) и неявновыраженными полюсами (рис. 94,д, е).

В подшипниковых щитах и подшипниках предусматриваются смазочные каналы и маслобсборники. В двигателях последних разработок применяют бронзо- и железографитовые сплавы, для которых не требуется смазка в течение длительного времени эксплуатации.

При питании обмотки статора переменным током возникает вращающееся магнитное поле, скорость вращения которого называется синхронной скоростью n_1 .

В асинхронном двигателе вращающееся магнитное поле статора наводит э. д. с. в короткозамкнутых обмотках ротора. Вследствие низкого электрического сопротивления ротора по нему протекает сильный электрический ток, создающий магнитное поле ротора. В результате взаимодействия магнитных полей статора и ротора возникает вращающий момент, под действием которого ротор начинает вращаться по направлению вращения поля.

По мере разгона ротора скорость его вращения относительно скорости вращающегося поля статора уменьшается. Соответственно уменьшается и индуцированный ток и создаваемый им вращающий момент. При достижении равенства вращающего и тормозящего моментов устанавливается асинхронная скорость вращения ротора n_2 , которая всегда меньше синхронной. Разность скоростей вращающегося поля и ротора называется скоростью скольжения асинхронного двигателя

$$n_s = n_1 - n_2.$$

Отношение скорости скольжения к скорости вращения поля статора называется скольжением

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

Скольжение, соответствующее номинальной нагрузке, называется номинальным скольжением S_n . Для ведущих двигателей магнитофонов номинальное скольжение составляет 0,01—0,06. При различных схемах соединения обмоток статора вращающееся магнитное поле может быть эквивалентно двум, четырем, шести и более полюсам магнита.

Отсюда вводится понятие числа пар полюсов p , которое обуславливает скорость вращения магнитного поля.

Скорость вращения ротора асинхронного двигателя

$$n_2 = (1 - S) \frac{60 \cdot f}{p} \cdot \frac{\pi}{30} \text{ (рад/сек)}. \quad (\text{V-1})$$

В синхронном реактивном двигателе вращающееся магнитное поле взаимодействует с явно- или неявновыраженными полюсами ротора. Пуск таких двигателей обычно асинхронный, что достигается дополнительной короткозамкнутой обмоткой ротора. При входе ротора в синхронизм, когда скорость вращения его достигает 0,95—0,97 синхронной скорости, магнитное поле короткозамкнутой обмотки практически уменьшается до нуля.

В синхронном гистерезисном двигателе вращающееся магнитное поле перемагничивает активную часть неподвижного ротора. Вследствие явления магнитного запаздывания (гистерезиса) возникает электромагнитный (вращающий) момент, который увлекает ротор в сторону вращения поля. Чем шире петля гистерезиса активного слоя, тем больше вращающий момент. Пуск двигателей с массивным сердечником ротора осуществляется за счет вихревых токов, которые при входе ротора в синхронизм уменьшаются до нуля. Пуск двигателей с шихтованным сердечником ротора осуществляется только за счет гистерезисного момента, так как вихревые токи сердечника весьма малы.

Характеристики двигателей

В зависимости от функциональных схем к двигателям лентопротяжных механизмов предъявляются различные требования. Для правильного подбора двигателя к той или иной кинематической схеме необходимо знать его механические и электрические пусковые и рабочие характеристики.

При начальном подборе знакомятся с одной из важнейших характеристик двигателей, выражающей зависимость скорости вращения от нагрузки на валу, называемой механической характеристикой,

$$n_2 = f(M), \quad (\text{V-2})$$

где n_2 — скорость вращения ротора,
 M — момент на валу двигателя.

В различных типах двигателей скорость вращения ротора по-разному меняется в зависимости от нагрузки. Мера этой зависимости называется степенью жесткости механической характеристики, которая показывает, насколько изменяется скорость вращения при изменении момента нагрузки на $1 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н.с.м.}$

На рис. 95 представлены механические характеристики двигателей. Прямая 1 — абсолютно жесткая характеристика, когда при изменении нагрузки на валу скорость остается строго постоянной; кривая 2 — жесткая характеристика, когда при изменении нагрузки на валу скорость изменяется в небольших пределах; кривая 3 — мягкая характеристика, когда при небольшом изменении нагрузки на валу значительно изменяется скорость вращения.

Асинхронные двигатели с короткозамкнутой обмоткой ротора имеют жесткую механическую характеристику. Как видно из кривой 2 (рис. 95), скорость асинхронного двигателя при увеличении нагрузки от нуля до наибольшего значения, когда развивается максимальный вращающий момент, снижается незначительно. Эта часть механической характеристики является устойчивой. Момент, развиваемый при пуске двигателя в ход, когда $n = 0$, $S = 1$, называется пусковым, или начальным моментом. Режим двигателя при этом называется режимом короткого замыкания.

Вторая часть характеристики от максимального момента до начального (пускового) момента, когда скорость приближается к нулю, является неустойчивой. В устойчивой части вращающий момент растет по мере увеличения скольжения, в неустойчивой — убывает. Максимальный вращающий момент является границей между устойчивым и неустойчивым режимами работы двигателя и называется иногда опрокидывающим моментом.

Момент, соответствующий номинальной нагрузке, называется номинальным. Отношение максимального момента

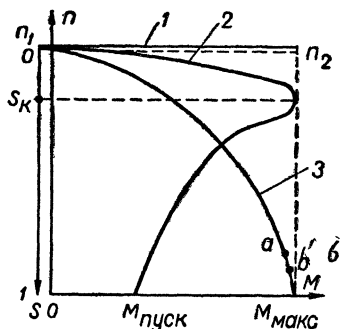


Рис 95 Механические характеристики двигателей:
1 — абсолютно жесткая; 2 — жесткая;
3 — мягкая.

к номинальному называется перегрузочной способностью двигателя, которая для асинхронных двигателей составляет 1,5—2,5. Вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату питающего напряжения, поэтому при снижении напряжения сети момент нагрузки может стать больше максимального момента двигателя, двигатель остановится, наступит режим короткого замыкания. При уменьшении перегрузочной способности до величины, меньшей единицы, двигатель будет не в состоянии работать на номинальную нагрузку.

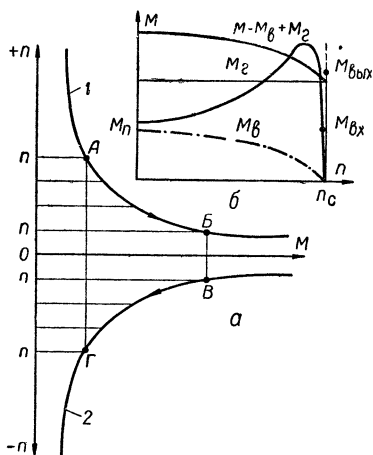


Рис. 96. Механические характеристики: *а* — боковых двигателей, *б* — синхронных двигателей. реактивного и гистерезисного

Мягкие механические характеристики имеют двигатели со сплошным ротором из чугуна или стали или с ротором типа «беличьей клетки» с большим активным сопротивлением. Двигатели с мягкими характеристиками работают в боковых узлах магнитофонов. Как видно из рис. 96, *а*, кривая 1, при режиме работы в прямом направлении (функция подмотки) такие двигатели имеют большой пусковой момент. При увеличении скорости момент двигателя уменьшается и наоборот, что способствует поддержанию определенного натяжения ленты при изменении радиуса рулона.

Известно, что при постоянной линейной скорости движения носителя радиус намотки его изменяется по гиперболическому закону, значит, и вращающий момент двигателя также должен изменяться по этому закону.

При работе двигателя в режиме противовключения (функция подтормаживания) тормозной момент на этом же участке механической характеристики, расположенной симметрично оси моментов, также должен изменяться по гиперболическому закону (рис. 96, *а*, кривая 2).

В ЛПМ магнитофонов двигатели боковых узлов связаны между собой посредством носителя, намотанного на кассеты

или бобышки. Поэтому при постоянной линейной скорости движения носителя на механических характеристиках (кривая 1 и 2) изменение моментов подматывающего двигателя идет в направлении от точки *A* к точке *B*, а подтормаживающего — от точки *B* к точке *Г*. Показанные на рис. 96,а механические характеристики являются идеальными. Подобные характеристики имеют двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением.

Двигатели переменного тока имеют выпуклые механические характеристики (рис. 95, кривая 3). При использовании таких двигателей в рабочем диапазоне скоростей вращающий и тормозящий моменты почти постоянны, поэтому в процессе записи натяжение носителя будет изменяться. Механическая характеристика синхронного реактивного двигателя (рис. 96,б) имеет две части: пусковую и рабочую. Пусковая (асинхронная) характеристика обуславливается короткозамкнутой обмоткой ротора. Рабочая (синхронная) характеристика является абсолютно жесткой.

Моментом входа в синхронизм называют максимальный момент сопротивления, при котором ротор еще не вращается синхронно с полем статора. Величина момента входа определяется синхронизирующим реактивным моментом, скоростью вращения ротора при входе в синхронизм и моментом инерции вращающихся деталей нагрузки. В синхронных реактивных двигателях, применяемых в магнитофонах, момент входа в синхронизм меньше пускового момента на 20—50% и меньше момента выхода на 20—60%. В переходном режиме гистерезисные двигатели имеют механическую характеристику M , полученную путем сложения момента M_B от вихревых токов и гистерезисного момента M_r . В синхронном режиме работы гистерезисные двигатели обладают только гистерезисным моментом.

Механическая характеристика синхронного гистерезисного двигателя, имеющего только гистерезисный момент, представляет собой прямую линию M_r (рис. 96,б).

Рабочие характеристики асинхронных (рис. 97,а) и синхронных (рис. 97,б) двигателей представляют собой зависимости скорости вращения n_2 , полезного момента M , коэффициента мощности $\cos \varphi$, коэффициента полезного действия η и величины тока питания I_1 от полезной мощности на валу P_2 при постоянных значениях напряжения и частоты питающей сети. Зависимость $n_2 = f(P_2)$ называется скоростной характеристикой.

Все односкоростные двигатели переменного тока, применяемые в магнитофонах, имеют две обмотки при обычном исполнении для однофазной сети и три обмотки при трехфазном исполнении для одно- и трехфазной сети. В общем случае магнитное вращающееся поле однофазного двигателя не круговое, а эллиптическое. Эллиптическое вращающееся поле можно рассматривать как сумму двух неравных по величине круговых полей, вращающихся в разные стороны. Одно из них создает вращающий момент и называется прямым, другое — создает тормозящий момент и называется обратным. Присутствие обратновращающегося

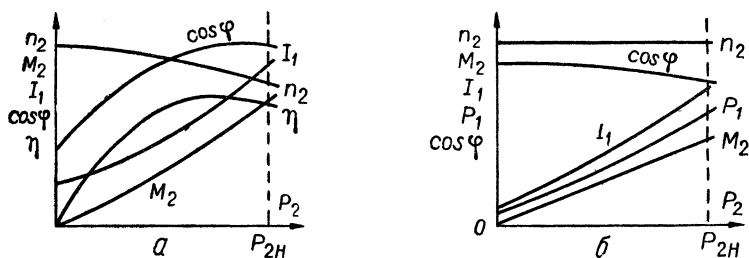


Рис. 97. Рабочие характеристики двигателей:
а — асинхронных, б — синхронных.

поля ухудшает пусковые и рабочие характеристики двигателей, приводит к появлению магнитного шума (гудения), нестабильности мгновенной скорости и вибрации ротора.

Для обеспечения заданной стабильности мгновенной скорости вращения и плавности хода ротора при хороших пусковых и рабочих характеристиках двигатели должны иметь круговое вращающееся поле статора. Для создания кругового вращающегося поля двигателя с двумя парами полюсов выполняются с учетом следующих условий:

обмотки должны быть сдвинуты в пространстве на 90° электрических градусов;

токи в обмотках должны быть сдвинуты во времени на четверть периода;

намагничивающие силы обмоток (произведения токов на число витков) должны быть равны одна другой.

Первое условие выполняется конструктивным путем, третье — энергетическим, а второе — введением специального фазосдвигающего элемента. При этом одна из обмоток статора включается в питающую сеть непосредственно и на-

зывается главной, или рабочей, а другая — через фазосдвигающий элемент и называется вспомогательной. Фазосдвигающим элементом в двигателях магнитофонов обычно служит конденсатор, поэтому такие двигатели называются конденсаторными. Конденсаторные двигатели магнитофонов можно разделить на две группы:

1. Двигатели с рабочей емкостью C_p .
2. Двигатели с сочетанием пусковой C_n и рабочей C_p емкостей.

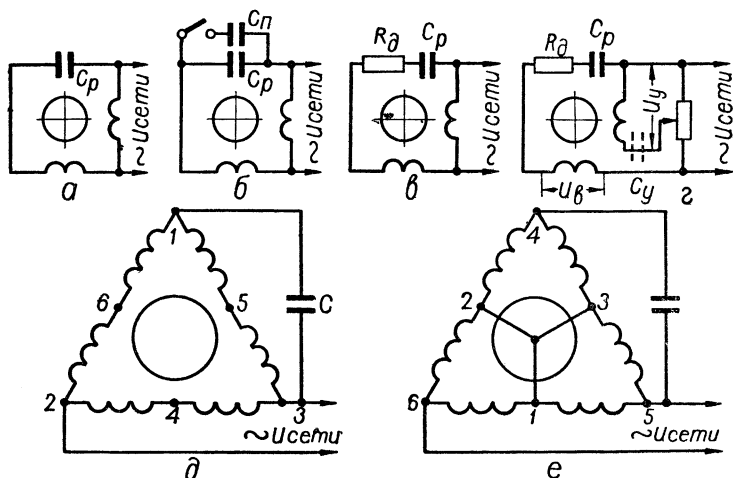


Рис. 98. Схемы включения двигателей:

a — с рабочей емкостью; *б* — с пусковой и рабочей емкостями, *в* — с рабочей емкостью и добавочным сопротивлением; *г* — с регулировкой управляющего напряжения; *д* — трехфазных с питанием от однофазной сети (соединение треугольником); *е* — трехфазных с питанием от однофазной сети (соединение звездой).

Двигатели с рабочей емкостью C_p (рис. 98, *a*) рассчитываются на создание кругового вращающегося поля при режимах с номинальной или близкой к ней нагрузкой. Рабочие характеристики таких двигателей мало чем уступают рабочим характеристикам трехфазных двигателей. Они имеют высокий к. п. д. ($\eta = 60 \div 75\%$), высокий коэффициент мощности ($\cos \varphi = 0,8 \div 0,95$) и большой момент на валу. Поэтому пусковой момент двигателя с рабочей емкостью обычно не превышает 30% номинального. Последнее объясняется тем, что при пуске двигателя магнитное поле еще не является круговым.

Такие двигатели рекомендуется применять в механизмах с легкими условиями пуска.

Двигатели с сочетанием пусковой и рабочей емкостей (рис. 98,б) также рассчитываются из условий получения кругового вращающегося поля при работе в номинальном режиме. В то же время для создания большего пускового момента параллельно с рабочей емкостью C_p включают пусковую емкость C_n .

После разгона двигателя пусковая емкость отключается. Пусковой момент таких двигателей лежит в пределах 1,7—2,5 номинального при сравнительно небольших пусковых токах, вследствие чего двигатели можно использовать в условиях тяжелого пуска. Конденсаторы обычно выбираются емкостью 1,25—3 мкф при рабочем режиме и 8—10 мкф — при условиях тяжелого пуска. Обычно применяются конденсаторы постоянной емкости типа МБГЧ и МБГО.

В некоторых двигателях для получения кругового вращающегося поля последовательно с емкостью включают активное сопротивление (рис. 98,в). Величина добавочного сопротивления выбирается 250—510 ом. Мощность рассеяния 25—75 вт. Наиболее часто применяются остеклованные проволочные эмалированные влагостойкие сопротивления типа ОПЭВ.

Рекомендуемые величины номиналов элементов фазосдвигающей цепочки для различных двигателей магнитофонов приведены в табл. П-1 приложения.

В боковых узлах магнитофонов иногда необходимо плавно изменять вращающий момент и обороты ротора двигателя. Для этого на обмотки двигателя подаются одинаковые по фазе, но различные по величине питающие напряжения. Вспомогательная обмотка в этом случае называется обмоткой возбуждения и питается от сети, а рабочая — обмоткой управления и питается от потенциометра или другого регулятора напряжения (рис. 98,г). При включении в цепь обмотки управления дополнительного конденсатора C_d (показано пунктиром) и правильном подборе его величины обеспечивается большая мощность на валу двигателя и более устойчивые механические характеристики. Кроме того, двигатели, включенные по этой схеме, потребляют меньшую мощность от источника управляющего напряжения. В схемах с управлением хорошо работают асинхронные двигатели типа 2АСМ-50, 2АСМ-100, 2АСМ-200 и 2АСМ-400.

Рассмотренные выше схемы включения относятся к двигателям однофазного исполнения при питании от однофазной сети. Иногда применяют и двигатели трехфазного исполнения при питании от однофазной сети. Обмотки этих двигателей могут иметь соединение треугольником с применением рабочей емкости (рис. 98,д) или звездой с применением пусковой емкости (рис. 98,е). Трехфазные двигатели при питании от однофазной сети с правильно подобранными фазосдвигающими элементами обладают хорошими пусковыми, механическими и рабочими характеристиками.

Реверсирование двигателей производят путем переключения концов вспомогательной (конденсаторной) обмотки.

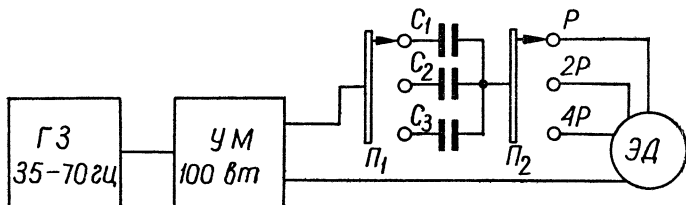


Рис 99. Схема регулировки скорости в широком диапазоне

Скорость вращения асинхронных и синхронных двигателей можно регулировать изменением числа пар полюсов статора или изменением частоты тока питающей сети.

Первый способ используется в многоскоростных двигателях. При этом можно получить пять синхронных скоростей $(3000, 1500, 1000, 750 \text{ и } 500) \frac{\pi}{30} \text{ рад/сек}$ при частоте питающей сети 50 Гц . Примером может служить трехскоростной двигатель типа ДМ-3 $(3000, 1500, 750) \frac{\pi}{30} \text{ рад/сек}$.

Регулировка изменением частоты несколько сложнее, так как требуется стабилизированный генератор и усилитель мощности. Но при этом способе можно получить как плавное, так и ступенчатое изменение скорости вращения в значительных пределах.

На практике для получения плавно изменяющихся скоростей вращения двигателя иногда применяют комбинированный способ регулировки (рис. 99). При этом частота стабилизированного RC-генератора изменяется в небольших пределах $(35\text{—}70 \text{ Гц})$, а двигатель имеет три ступени переключения числа пар полюсов статорной обмотки.

Применение электродвигателей в магнитофонах

Асинхронные конденсаторные двигатели применяются в ведущих и боковых узлах лентопротяжных механизмов.

В ведущих узлах массовых и любительских магнитофонов применяются двигатели с короткозамкнутым ротором, имеющие жесткую характеристику, что позволяет поддерживать постоянную линейную скорость протягивания носителя. Скорость вращения этих двигателей незначительно изменяется при изменении нагрузки на валу и частоты питающей сети. Обычно изменение частоты сети не превышает 0,5 гц. Отклонение от номинальной скорости движения носителя при использовании этих двигателей допускается в пределах $\pm 2\%$.

Скорость вращения и мощность на валу асинхронных двигателей зависят от напряжения питающей сети, поэтому в ответственных случаях рекомендуется применять их со стабилизаторами напряжения.

Двигатели с мягкой характеристикой применяются в боковых узлах профессиональных, массовых и любительских магнитофонов. Эти двигатели имеют большую равномерность вращения ротора за один оборот, что уменьшает детонацию от боковых узлов магнитофона. Хорошие результаты при работе в боковых узлах могут обеспечить двигатели с наружным ротором ДПН-1, ДПН-3 и др. Такие двигатели при меньших габаритах и весе имеют пусковые, механические и рабочие характеристики, аналогичные характеристикам двигателей с внутренним ротором. Кроме того, у двигателей с наружным ротором имеются свои тормозные устройства и подкассетные фланцы, чего нет в двигателях с внутренним ротором.

Недостатком двигателей с наружным ротором является повышенный нагрев при непрерывной эксплуатации магнитофона в течение 10—15 ч, что может привести к высыханию носителя.

Несмотря на мягкую механическую характеристику, вращающий и тормозящий моменты двигателей боковых узлов за время сматывания рулона ленты изменяются незначительно, поэтому натяжение ленты от начала к концу рулона изменяется в значительных пределах.

В массовой аппаратуре изменение натяжения носителя в значительных пределах вполне допустимо. В высококачественной профессиональной аппаратуре предъявляются

жесткие требования к стабильности натяжения ленты, для удовлетворения которых применяют автоматическую регулировку моментов боковых двигателей при помощи датчика натяжения и управляющих электронных устройств.

В любительской практике в боковых узлах часто устанавливают асинхронные конденсаторные двигатели со сточенным кольцом короткозамкнутой клетки ротора, имеющие мягкую механическую характеристику.

В переносной профессиональной аппаратуре иногда устанавливают в боковых узлах двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением, с помощью которых можно поддерживать стабильность натяжения носителя в определенных пределах без применения специальных управляющих устройств.

Синхронные конденсаторные двигатели применяются в ведущих узлах лентопротяжных механизмов. В зависимости от требований к ведущим узлам в них применяются различные виды синхронных конденсаторных двигателей: реактивные, гистерезисные и реактивно-гистерезисные.

Реактивные двигатели, вследствие наличия короткозамкнутой обмотки ротора, обладают меньшим эффектом качания ротора по сравнению с другими типами синхронных двигателей, что является их преимуществом. При правильном выборе моментов инерции деталей нагрузки и наличии механических развязок эти двигатели практически не вносят детонацию.

Большим недостатком реактивных двигателей является низкий к. п. д.: 35—40% — в двигателях с номинальной мощностью 10—25 *вт* и 5—25% — в двигателях с номинальной мощностью от долей ватта до нескольких ватт. Из практики видно, что при одинаковых габаритах с асинхронным двигателем реактивный двигатель имеет в два-три раза меньшую мощность на валу (например, двигатели типов ДВА-УЗ и ДВС-У1 в два раза, ДВА-УЗ и ДВС-У1М почти в три раза). Вращающий момент реактивных двигателей пропорционален квадрату напряжения питающей сети, поэтому при больших колебаниях напряжения эти двигатели следует применять со стабилизаторами. Недостатком реактивных двигателей является также низкий коэффициент мощности (порядка 0,8—0,85) и рывок при входе ротора в синхронизм.

Гистерезисные двигатели обладают многими положительными качествами: большим пусковым моментом и мо-

ментом входа в синхронизм, плавностью входа в синхронизм, сравнительно высоким к. п. д., достигающим в некоторых двигателях 60%, незначительным увеличением (на 20—30%) тока при пуске, надежностью в работе и значительной простотой конструкции. Недостатком гистерезисных двигателей является низкий коэффициент мощности, который у большинства двигателей составляет 0,4—0,6.

Для повышения к. п. д., мощности на валу и коэффициента мощности в гистерезисных двигателях применяют подмагничивание ротора в синхронном режиме повышением напряжения питания обмоток статора на несколько периодов с помощью реле времени. Подмагниченный ротор разгружает обмотки статора от реактивного намагничивающего тока, создает значительную долю основного рабочего магнитного потока двигателя.

Значительное преимущество гистерезисных двигателей по сравнению с реактивными заключается в полисинхронизме, т. е. способности одного ротора работать при практически любой полюсности вращающегося магнитного поля. Это позволяет легко создавать многоскоростные двигатели с хорошими пусковыми, механическими и рабочими характеристиками (например, двухскоростной двигатель ДВД-1 или трехскоростной ДМ-3).

Существенным недостатком гистерезисных двигателей является качание ротора, вызываемое непостоянством момента сопротивления нагрузки и отсутствием демпфирующих качеств у самого двигателя. Первую причину качаний ротора можно устранить правильным выбором соотношения моментов инерции вращающихся деталей нагрузки и ротора двигателя, а также применением соответствующих механических развязок. В магнитофонах гистерезисные двигатели обычно применяют в ведущих узлах косвенного привода.

Для устранения второй причины качания ротора добавляют короткозамкнутую обмотку, которая увеличивает пусковой момент, значительно уменьшает качания ротора, но несколько снижает максимальный синхронизирующий момент.

Гистерезисные двигатели с короткозамкнутой обмоткой ротора получили название синхронных реактивно-гистерезисных двигателей (например двигатель СД-09М). У них сохраняются все положительные качества гистерезисных двигателей, но качание ротора значительно меньше. Такие

двигатели можно применять в ведущих узлах прямого привода с небольшим стабилизирующим маховиком.

Скорость и вращающий момент гистерезисных и реактивно-гистерезисных двигателей практически не зависит от колебаний напряжения питающей сети в пределах $\pm 20\%$, но сильно зависит от отклонения частоты сети.

Следует отметить, что к. п. д. гистерезисных и реактивно-гистерезисных двигателей при одинаковых габаритах и потребляемой мощности в 1,5—2 раза меньше, чем асинхронных конденсаторных, и несколько выше, чем синхронных реактивных двигателей.

Механические и энергетические данные двигателей магнитофонов и их габаритно-установочные чертежи приведены в табл. П-1 приложения.

2. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

Электромагниты в ЛПМ служат для прижима обрезиненного ролика к ведущему валу, растормаживания боковых узлов, включения различных ступеней передачи звена двигатель — маховик и др.

К электромагнитам как силовым исполнительным устройствам ЛПМ предъявляются следующие основные требования:

- создание необходимого тягового усилия;
- соответствие характеристик электромагнита и нагрузки;
- минимальное время срабатывания;
- минимальные поля рассеяния;
- нагрев и потребляемая мощность не выше допустимых значений;
- надежность работы в заданных условиях эксплуатации.

По роду питания различают электромагниты постоянного и переменного тока. Электромагниты состоят из якоря (сердечника) — подвижного элемента, перемещающегося под действием электромагнитных сил; ярма (магнитопровода) — неподвижного корпуса, который служит для концентрации полезного магнитного потока; обмотки — источника магнитодвижущей силы.

Между концом якоря и выступающей частью ярма — стопом — имеется воздушный зазор, величина которого зависит от конструкции электромагнита.

Характеристики электромагнитов

Для сравнения и выбора конструкции электромагнита необходимо знать его механическую и тяговую характеристики.

Механическая, или нагрузочная, характеристика показывает зависимость сил или моментов нагрузки, преодолеваемой электромагнитом, от хода якоря. Такая зависимость обычно имеет линейный характер (деформация пружин,

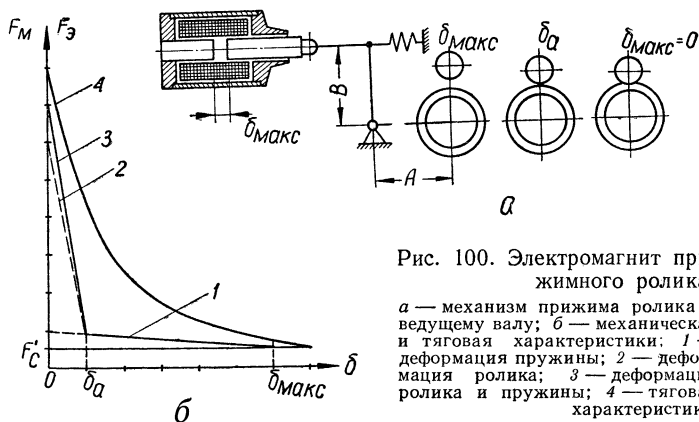


Рис. 100. Электромагнит прижимного ролика:

a — механизм прижима ролика к ведущему валу; *б* — механическая и тяговая характеристики: 1 — деформация пружины; 2 — деформация ролика; 3 — деформация ролика и пружины; 4 — тяговая характеристика.

обрезиненных роликов и т. д.). На рис. 100, *a*, *б* показаны механизм прижима обрезиненного ролика к ведущему валу и его механическая характеристика.

В начале хода электромагнита крутизна механической характеристики определяется только деформацией пружины (рис. 100, *б*, прямая 1 до точки δ_a). За этой точкой электромагнит дополнительно преодолевает силу деформации эластичного слоя ролика (прямая 2) и крутизна характеристики резко возрастает (прямая 3 на том же рисунке). Сила сопротивления максимальна в конце хода якоря ($\delta_{\text{макс}} = 0$).

Усилие, развиваемое электромагнитом, можно записать в виде

$$F_M = F_{\text{пр}} + F_{\text{рол}} = \left[F_c' + \frac{Gd^4}{8D^3n} (\delta_{\text{макс}} - \delta) \right] + \left[\frac{ES}{b} (\delta_a - \delta) \right], \quad (\text{V-3})$$

где F_M — сила противодействия механизма, $н$;
 F'_c — сила предварительного натяжения пружины, $н$;
 G — модуль сдвига, $н/см^2$;
 d — диаметр проволоки пружины, $см$;
 D — диаметр пружины по средней линии, $см$;
 n — число витков пружины;
 δ_{\max} — максимальное значение длины воздушного зазора, $см$;
 δ — текущее значение воздушного зазора, $см$;
 E — модуль продольной упругости резины,
 $E = (18 \div 100) 9,8 \text{ н/см}^2$;
 S — площадь контакта ролика с ведущим валом, $см^2$;
 b — толщина слоя резины на ролике, $см$;
 δ_a — значение воздушного зазора, с которого начинается деформация резины ролика, $см$.

Сила предварительного натяжения пружины F'_c обычно не превышает $(0,15 \div 0,3)9,8 \text{ н}$, а максимальное значение силы ее деформации достигает $(0,4 \div 0,6)9,8 \text{ н}$. Сила деформации резины прижимного ролика составляет $(2 \div 5)9,8 \text{ н}$. В данном примере плечи A и B равны. При их неравенстве выражение (V-3) следует умножить на соответствующий коэффициент. Если прижимной ролик преодолевает сопротивление демпфера, то характер роста сил противодействия (сопротивления) будет более сложный.

Тяговая характеристика (электромеханическая характеристика), кривая 4 на рис. 100,б, показывает зависимость сил или моментов, развиваемых электромагнитом, от перемещения якоря. Тяговая характеристика зависит от величины зазора, ампервитков обмотки и конструкции электромагнита. Для преодоления сил сопротивления тяговая характеристика электромагнита должна всегда лежать выше механической характеристики нагрузки.

Конструкция электромагнитов

По форме и движению якоря различают следующие конструкции электромагнитов постоянного тока:

плунжерные, когда якорь имеет поступательное движение и втягивается внутрь катушки;

чашечные, когда якорь имеет поступательное движение и притягивается к торцу ярма;

клапанные, когда якорь имеет вращательное движение вокруг неподвижной оси;

комбинированные, когда якорь имеет поступательно-вращательное движение вокруг своей оси.

Плунжерный электромагнит (рис. 101) состоит из подвижного круглого якоря 1 — плунжера, который втягивается внутрь катушки 6 с обмоткой 5. Ядро электромагнита состоит из корпуса 11 и стопа 8. В якорь ввинчены, с одной стороны, тяговая серьга 2, а с другой — шпилька 7, имеющая резьбовой хвостовик. Гайка и контргайка 9 служат для регулировки воздушного зазора δ . Если нагрузка подключается к тяговой серьге, то электромагнит работает как тяговый,

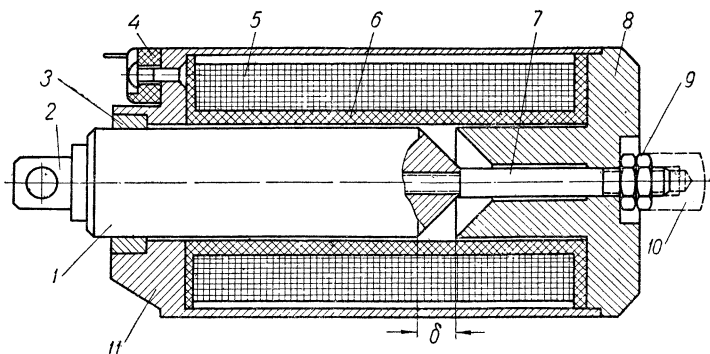


Рис. 101. Конструкция плунжерного электромагнита.

а если к хвостовику с насаженным на его конец сферическим толкателем 10, то электромагнит работает как толкательный.

Для устранения залипания при входе в ядро якорь движется по немагнитной втулке 3. Если конструкция якоря электромагнита не имеет шпильки (глухой стоп), то в конце стопа располагается медное кольцо или штифт против залипания. По форме торцевой поверхности стопа электромагнитов делятся на конусные, плоские, ступенчатые. Если стоп отсутствует, то электромагнит называется безстоповым.

Выводы обмотки электромагнита распаиваются на контактной планке 4. Корпус электромагнита при небольшом диаметре до 20—30 мм обычно представляет собой гладкий цилиндр, а при диаметрах корпуса до 40—60 мм для удобства крепления и компактности на корпусе снимают четыре лыски с таким расчетом, чтобы в этих местах толщина стенки составляла не менее 1,5—2 мм.

Тяговые характеристики существенно зависят от формы якоря и стопа, поэтому, зная нагрузочную характеристику механизма, можно подобрать требуемую конструкцию электромагнита. Тяговая характеристика электромагнита с плоским стопом (рис. 102, кривая 4) отличается малым начальным усилием, резко возрастающим при малых зазорах. Изменяя форму стопа и якоря, можно получить семейство тяговых характеристик. Конусная форма стопа и якоря соответствует тяговой характеристике описанного выше электромагнита (кривая 2). Начальное усилие этого электромагнита выше, чем у электромагнита с плоским стопом, подъем слабее и максимальная величина меньше. При различных углах конуса можно увеличить начальное или максимальное усилие тяговой характеристики, т. е. спроектировать электромагнит с необходимыми данными. При удалении стопа тяговая характеристика имеет небольшое начальное усилие, малый подъем и плавный спуск до нуля (кривая 1). Если поставить заглушку, то кривая тяговой характеристики будет иметь в конце небольшой подъем (кривая 3). Если необходимо иметь электромагнит с большими начальным и конечным усилиями, плунжер делают ступенчатым (плоско-коническим и др.).

Конструкция чашечного электромагнита приведена на рис. 103, а его тяговая характеристика — на рис. 102, кривая 5. Эта характеристика имеет малое начальное усилие

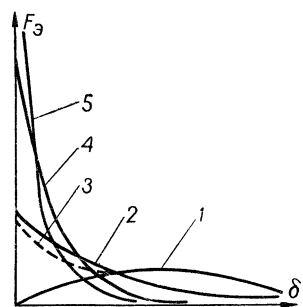


Рис. 102. Тяговые характеристики электромагнитов постоянного тока с различной формой стопа: 1 — без стопа; 2 — конусный стоп; 3 — заглушка вместо стопа; 4 — плоский стоп; 5 — чаша; 6 — электромагнит переменного тока.

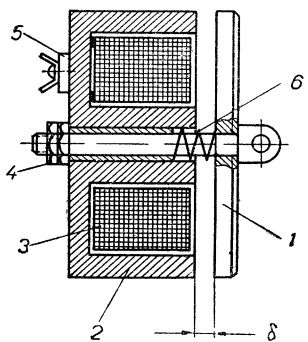


Рис. 103. Конструкция чашечного электромагнита: 1 — якорь; 2 — ярмо; 3 — обмотка; 4 — регулировочная гайка с контргайкой; 5 — контактная планка; 6 — возвратная пружина.

и резко возрастающий подъем при малых зазорах. Чашечные электромагниты имеют небольшую высоту при значительно большем диаметре и применяются при работе с малым ходом якоря.

Конструкции клапанных электромагнитов приведены на рис. 104, а, б. Ярмо набирается из П- или Ш-образных пластин, а якорь — из прямых пластин трансформаторной стали. Ярмо обжимается П- и Ш-образными кронштейнами, якорь — прямыми. Координаты оси вращения подбираются так, чтобы в притянутом положении между якорем и ярмом не было зазора по всей поверхности их соприкосновения.

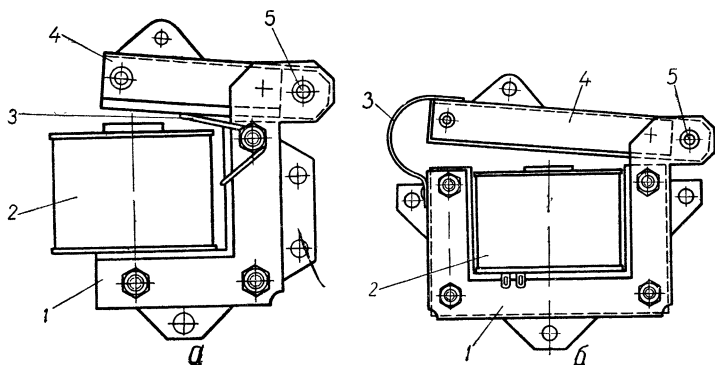


Рис. 104. Конструкция клапанных электромагнитов:

1 — ярмо, обжатое кронштейном; 2 — обмотка; 3 — возвратная пружина; 4 — якорь в кронштейне; 5 — ось вращения.

Тяговая характеристика клапанного электромагнита аналогична характеристике плунжерного электромагнита с плоским стопом (рис. 102, кривая 4).

Нередко применяется комбинированная конструкция электромагнита (рис. 105). Основой электромагнита служит ярмо круглой формы, состоящее из стакана 8, стопа 5 с прикрепленной к нему при помощи двух винтов 6 крышки 7.

Для предотвращения залипания и создания минимального трения при движении якоря в стопе помещена пластмассовая втулка 13. Стоп устанавливается в стакан и укрепляется в нем завальцовкой кромки. Внутри ярма находится бескаркасная обмотка 9, выводы которой выходят наружу и расплавляются на контактной планке 1. Якорь электромагнита имеет сборную конструкцию и состоит из каленой

и шлифованной оси 15, запрессованной в магнитомягкую втулку 14, на которой напрессована и зачеканена в четырех точках крышка 11. На крышке укреплена тяговая стойка 12. На определенном диаметре стакана ярма и крышки якоря имеется три наклонных пазов (сечение $A-A$ — в нерабочем положении I), равномерно расположенные по окружности, в которых находятся стальные шарики 10. Зазор между втулкой якоря и стопом ярма в нерабочем положении электромагнита выбирается в пределах 1—1,5 мм. При таком зазоре электромагнит в начале рабочего хода развивает достаточное тяговое усилие, которое резко растёт, достигая

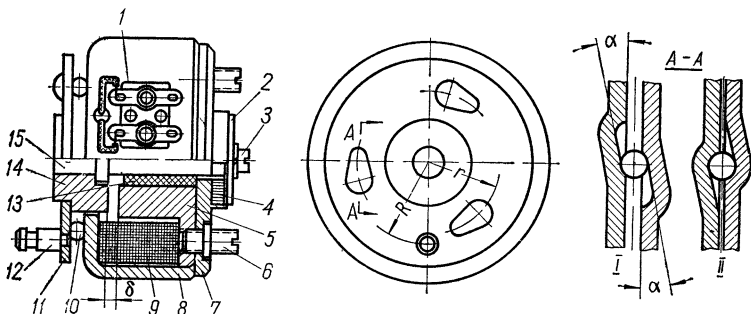


Рис 105 Конструкция комбинированного электромагнита.

максимума в притяннутом положении якоря (сечение $A-A$ — в рабочем положении II). При поступательном движении к стопу ярмо якоря из-за наклонных пазов и наличия в них шариков совершает еще и вращательное движение вокруг своей оси. Угол поворота якоря, а следовательно, и тяговой стойки зависит от угла наклона пазов стакана ярма и крышки якоря, а также от диаметра окружности, по которой они расположены. Для возврата якоря в исходное положение служит плоская спиральная пружина 4, внутренний конец которой укреплен на оси якоря, а наружный — на крышке ярма, возвратная пружина закрывается крышкой 2 при помощи винта 3.

Ход тяговой стойки L и угол наклона пазов стакана ярма и крышки якоря α можно определить из следующих выражений:

$$L = 2R \sin \frac{\beta}{2}; \quad (V-4)$$

$$\alpha = \arctg \frac{\delta R}{Lr}, \quad (V-4a)$$

где R — радиус крепления тяговой стойки, мм;
 β — угол поворота тяговой стойки, град;
 δ — зазор между якорем и стопом ярма, мм;
 r — радиус окружности расположения пазов, мм.

Тяговое усилие комбинированных электромагнитов, приходящееся на единицу веса, выше, чем у других конструкций электромагнитов.

Для выбора и сравнения различных конструкций электромагнитов по минимальному расходу материала введен критерий, называемый конструктивным фактором ($K\Phi$), который пропорционален отношению габаритных размеров электромагнита и определяет его форму.

Конструктивным фактором ($K\Phi$) электромагнита называется отношение корня квадратного из начального тягового усилия к рабочему зазору

$$K\Phi = \frac{\sqrt{Q_n}}{\delta_n} (n^{1/2}/\text{мм}) \equiv \frac{D}{L}, \quad (V-5)$$

где Q_n — начальное тяговое усилие, н;

δ_n — рабочий зазор, см;

D — наружный диаметр электромагнита, см,

L — осевая длина электромагнита, см.

Таблица 3

Значение $K\Phi$ для разных электромагнитов

Тип электромагнита	$K\Phi, \text{н}^{1/2}/\text{см}$
Чашечный	Выше 97 · 9,8
Плунжерный с плоским стопом	(90 ÷ 16) 9,8
Клапанный	(26 ÷ 2,6) 9,8
Плунжерный с коническим стопом, $\alpha = 45^\circ$	(16 ÷ 4) 9,8
То же, $\alpha = 60^\circ$	(4 ÷ 1,8) 9,8
Плунжерный без стопа	Ниже 0,2 · 9,8

Каждому типу оптимально разработанного электромагнита соответствует определенный диапазон значений $K\Phi$, при котором можно получить минимальный расход материалов. Оптимальные диапазоны значений $K\Phi$, рассчитанные и проверенные на практике, приведены в табл. 3.

Для получения оптимального $K\Phi$ длинноходовые электромагниты выполняют с относительно большей длиной, чем короткоходовые, а электромагниты с большим тяговым усилием выполняют с большими наружными диаметрами, чем электромагниты с малыми тяговыми усилиями.

Электромагниты импульсного действия. Рассмотренные конструкции электромагнитов при хороших электро-механических характеристиках имеют плохие энергетические показатели: потребляют энергию источников питания в продолжении всего времени работы и нагреваются, выделяя много тепла. Поиски новых решений этого вопроса привели к созданию импульсных электромагнитов.

Двухкорпусный импульсный электромагнит (рис. 106) состоит из двух идентичных электромагнитов импульсного действия, один из которых — 1 — тяговый, другой — 3 — фиксирующий. Оба электромагнита крепятся в кронштейне 2.

Тяговый электромагнит возбуждается мощным кратковременным импульсом при большой плотности тока в обмотке (до $40\text{--}50\text{ а/мм}^2$). Якорь, достигая стопы ярама, стопорится якорем фиксирующего электромагнита, после чего питание обмотки тягового электромагнита автоматически выключается. Якорь фиксирующего электромагнита

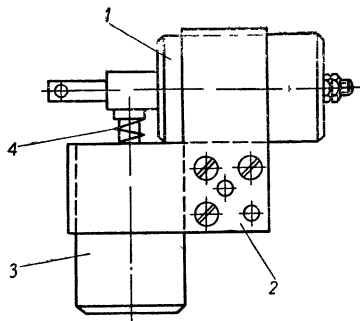


Рис. 106. Конструкция двухкорпусного импульсного электромагнита.

удерживается в исходном состоянии пружиной 4. При включении питания фиксирующего электромагнита сердечник его втягивается, освобождая якорь тягового электромагнита, который возвращается в исходное положение. Затем питание фиксирующего электромагнита выключается. Рассмотренная конструкция импульсных электромагнитов наиболее проста и надежна в работе.

Плунжерный импульсный электромагнит может работать при ходе якоря до $10\text{--}15\text{ мм}$, создавая начальное тяговое усилие $(1 \div 3)\text{,}9,8\text{ н}$.

Наличие двух электромагнитов сопряжено с двойным расходом металла, увеличением веса, габаритов и трудоемкости изготовления. Стремление избавиться от этих недостатков привело к созданию однокатушечного однокорпусного импульсного электромагнита (рис. 107).

Однокорпусный однообмоточный импульсный электромагнит состоит из плунжерного электромагнита 1 и узла

механической фиксации, включающего корпус 11, который крепится на торцовую часть электромагнита, и плунжер, который заканчивается дополнительным цилиндром-хвостовиком 7, имеющим два опозитивно расположенных лабиринтных паза. В пазы входят два подпружиненных пальца 8, установленных на роторе 4 и поджимающихся плоской кольцевой пружиной 9. Продольное положение ротора ограничено крышкой-гайкой 3 и сепаратором (кольцо 5 и стальные шарики 6). Спиральная проволочная пружина 10 од-

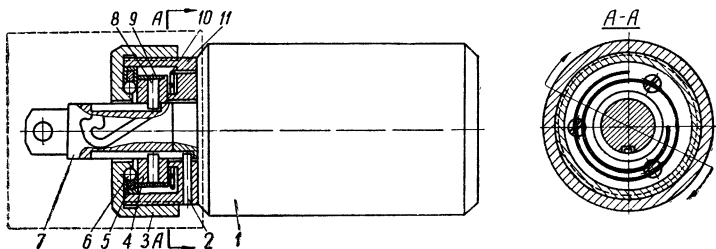
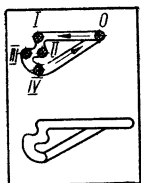


Рис. 107. Конструкция однокорпусного импульсного электромагнита.



ним концом входит в ротор, другим — в корпус фиксатора. Положение хода цилиндра определяется пальцем 2, который запрессован в днище корпуса фиксатора и своим свободным кольцом входит в продолжение одного из лабиринтных пазов.

При подаче питания на обмотку электромагнита (положение 0) якорь втягивается во внутрь катушки, но не доходит до стопа на 1—1,5 мм. Пальцы 8 ограничивают ход плунжера и цилиндра 7 (положение I). В этот момент выключается питание, якорь стремится вернуться назад под действием нагрузки, но спиральная пружина поворачивает ротор с пальцами до упора поперечного паза (положение II). Якорь надежно фиксируется в этом положении противодействием нагрузки. При подаче импульса сбрасывания плунжер втягивается до конца — до поверхности стопа и выключается питание (положение III). Плунжер начинает возвращаться назад, спиральная пружина поворачивает ротор в направлении стрелки (положение IV и разрез A—A). Противодействие нагрузки (например, возвратной пружины прижимного ролика) возвращает якорь в исход-

ное положение 0 . Глубина паза от положения IV до положения 0 плавно уменьшается на $0,8—1,5$ мм, поэтому фиксирующие пальцы несколько разжимают кольцевую пружину 9 при движении к положению 0 . Когда пальцы скачком через ступеньку входят в продольный паз (положение 0), кольцевая пружина поджимает их ко дну, что позволяет пальцам при повторном движении идти только по продольному пазу.

Такая конструкция электромагнита работает надежно, но рабочий ход нагрузки на $3—4$ мм меньше, чем полный ход плунжера. Так как для импульсного электромагнита рабочий ход может составлять $10—12$ мм, эти потери незначительны.

Электромагниты импульсного действия отличаются небольшими габаритами и повышенной жесткостью конструкции. Обмотки питаются как переменным, так и постоянным током независимо от конструкции магнитопроводов. По способу питания различают электромагниты постоянного и переменного тока.

Основные преимущества электромагнитов постоянного тока: отсутствие полей рассеяния, большое удельное усилие (сила притяжения на ампер-виток), устойчивость в работе. Основной недостаток — необходимость специальных выпрямителей для питания их обмоток. Для питания электромагнитов переменного тока не требуется отдельный выпрямитель, но необходимо иметь специальные меры для устранения вибрации якоря. По способу устранения вибрации якоря конструкции силовых электромагнитов переменного тока разделяют на электромагниты с короткозамкнутым витком и двухфазные электромагниты.

Первая конструкция (рис. 108, *a*) основана на том, что переменный магнитный поток Φ сердечника 1 расщепляется у полюса короткозамкнутым витком 3 . Часть потока проходит через половину полюса, охватываемую короткозамкнутым витком, часть — через свободную половину полюса. Эти потоки оказываются сдвинутыми один относительно другого во времени на угол порядка $60—70$ эл. град, поэтому результирующая сила притяжения такого электромагнита никогда не доходит до нуля.

Вторая конструкция (рис. 108, *б*) основана на применении двух независимых обмоток 3 и магнитных систем 1 , действующих на один общий якорь 2 . Для достижения сдвига фаз между токами в обмотках на 90 эл. град приме-

няются конденсаторы, включаемые в одну или обе цепи питания обмоток. Величина емкости конденсатора подбирается таким образом, чтобы при прохождении одним из

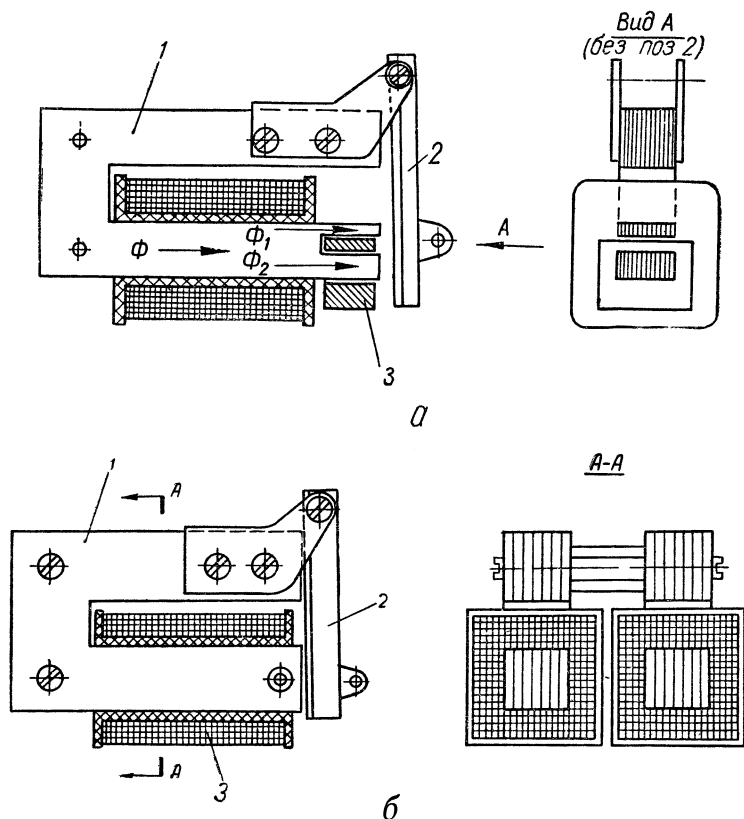


Рис. 108. Конструкции электромагнитов переменного тока: а — с расщепленным полюсом; б — с двухфазной обмоткой.

переменных магнитных потоков нулевого значения другой магнитный поток достигал своего максимума.

Двухфазный электромагнит имеет большее удельное усилие, чем электромагнит с короткозамкнутым витком. Тяговые характеристики электромагнитов переменного тока имеют более пологий характер, чем аналогичные характеристики электромагнитов постоянного тока.

Сила притяжения электромагнитов переменного тока при движении якоря увеличивается примерно в 1,5—2,5 раза, а для такой же формы стопа электромагнитов постоянно тока она возрастет в 10—15 раз.

Магнитные системы электромагнитов (якорь, ярмо) изготавливаются из низкоуглеродистых сталей марки «Э» (Армко) или из листовой электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 мм марок Э4, Э330 и др.

При механической обработке якоря и ярма необходимо обеспечить точное сопряжение рабочих поверхностей стальных частей. Это уменьшает рассеяние поля в зазоре при включенном состоянии и увеличивает к. п. д. электромагнита.

После механической обработки детали магнитной системы из стали «Э» цинкуют или кадмируют. Якорь электромагнита из стали «Э» обычно покрывают слоем износостойчивого хрома и полируют. Пластины сердечника ярма и якоря из листовой электротехнической стали покрывают тонкой изолирующей лаковой пленкой, просушивают, собирают в пакет и склепывают. После сборки соприкасающиеся поверхности ярма и якоря притирают и полируют для хорошего соприкосновения при работе электромагнита.

Корпуса обмоток (катушки) при мелкосерийном производстве изготавливают из текстолита или гетинакса с последующей бакелизацией, а при крупносерийном и массовом производстве прессуют из порошков марок К12-22, АГ-4 и др.

После намотки катушки пропитывают специальными лаками и просушивают. Выводы обмоток распаивают на контактных планках.

Готовый электромагнит испытывают на соответствие техническим условиям тяговой характеристики, температуры нагрева, изоляции обмоток относительно корпуса и других параметров.

Расчет электромагнитов постоянного тока

Расчет электромагнитов связан с большими трудностями. Это объясняется тем, что трудно количественно учесть рассеяние магнитного потока, насыщение ярма и якоря. Поэтому точность обычных инженерных расчетов не превы-

шает 10—15%. При введении различных поправочных коэффициентов точность расчета несколько увеличивается, но значительно усложняется процесс вычислений. Поэтому при расчете вводится коэффициент безопасности, увеличивающий полученный результат не менее чем в полтора раза.

Исходными данными для расчета любого электромагнита служит механическая характеристика, род и величина напряжения питания, потребляемая мощность, нагрев и условия работы. Конструкция и габариты электромагнита, его тяговая характеристика и необходимые ампер-витки выбираются из исходных данных в процессе расчета.

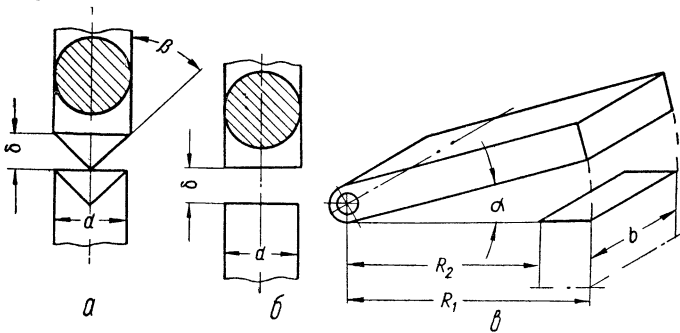


Рис. 109. К определению проводимости воздушного зазора различных форм ярков и стопов:
a — конусный стоп, *б* — плоский стоп; *в* — клапанный электромагнит.

Расчет электромагнитов состоит из двух отдельных частей: 1) конструктивный расчет магнитной цепи и построение тяговой характеристики; 2) расчет обмотки.

При расчете магнитной цепи электромагнита необходимо определить общие ампер-витки, ампер-витки магнитопровода, ампер-витки и проводимость воздушного зазора. Проводимость воздушного зазора зависит от формы стопа ярма и ярка, а закон ее изменения существенно влияет на изменение тяговой характеристики электромагнита.

Для наиболее характерных форм стопа ярма и ярка (рис. 109, *a*, *б*, *в*) величину проводимости воздушного зазора можно вычислить по формулам:

$$G_B = \frac{\pi d^2}{4b} \cdot \frac{1}{\sin^2 \beta \sqrt{1 + 0,25 \operatorname{ctg}^2 \beta}} \quad (\text{для рис. 109, } a); \quad (V-6)$$

$$\frac{dG_B}{db} = - \frac{\pi d^2}{4b^2} \cdot \frac{1}{\sin^2 \beta \sqrt{1 + 0,25 \operatorname{ctg}^2 \beta}}; \quad (V-7)$$

$$G_B = \frac{\pi d^2}{4\delta} \quad (\text{для рис. 109, б}); \quad (\text{V-8})$$

$$\frac{dG_B}{d\delta} = -\frac{\pi d^2}{4\delta^2}; \quad (\text{V-9})$$

$$G_B = \frac{b}{a} \ln \frac{R_1}{R_2} \quad (\text{для рис. 109, в}); \quad (\text{V-10})$$

$$\frac{dG_B}{da} = -\frac{b}{a^2} \ln \frac{R_1}{R_2}, \quad (\text{V-11})$$

где δ — величина воздушного зазора; остальные обозначения, согласно рис. 109, — линейные размеры, см.

При конструктивном расчете магнитной цепи задается механическая характеристика нагрузки $F_M = f(\delta)$ и определяются полные ампер-витки Iw , а.

На основании механической характеристики нагрузки, учитывая ее согласование с тяговой характеристикой, а также удобство компоновки электромагнита с механизмом, выбираем тип, составляем эскиз и задаемся габаритными размерами электромагнита.

1. Определяем G_B при $\delta = \delta_{\text{макс}}$.

2. Определяем скорость изменения G_B при движении якоря $\frac{dG_B}{d\delta}$ при $\delta = \delta_{\text{макс}}$.

3. Определяем напряженность магнитного поля в зазоре

$$H_B = \sqrt{\frac{25F_M \cdot 10^6}{9,8 l_{\text{я}}^2 \frac{dG_B}{d\delta}}} \quad (\text{э}) \quad (\text{V-12})$$

или

$$H_B = \sqrt{\frac{25F_M \cdot 10^6}{9,8 l_{\text{я}}^2 \frac{dG_B}{d\delta}}} \cdot \frac{10^3}{4\pi} \quad (\text{а/м}), * \quad (\text{V-13})$$

где F_M — сопротивление нагрузки (сила тяги) в начальный момент, н;

$l_{\text{я}}$ — длина якоря, см;

dG_B и $d\delta$ — определяются по формулам (V-6) — (V-11) соответственно форме стопа.

4. Находим индукцию в магнитопроводе:

* $\frac{10^3}{4\pi}$ — переводной коэффициент эрстед в Международную систему

единиц СИ $\left(1 \text{ э} = \frac{10^3}{4\pi} \text{ а/м} \right)$.

$$B_m = G_B \frac{l_{\text{я}}}{S_{\text{я}}} H_B (zс); \quad (\text{V-14})$$

$$B_m = G_B \frac{l_{\text{я}}}{S_{\text{я}}} H_B \cdot 10^{-4} \text{ (мл)}, * \quad (\text{V-15})$$

где $S_{\text{я}}$ — площадь поперечного сечения якоря, см^2 .

На рис. 110 показана кривая намагничивания материала магнитопровода.

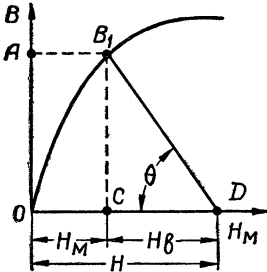


Рис. 110. Кривая намагничивания электротехнической стали.

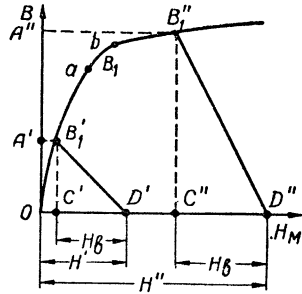


Рис. 111. К конструктивному расчету магнитной цепи.

Принимаем масштабы:

n_H — по оси абсцисс (э/мм) или ($\text{а/м} \cdot \text{мм}$) и

n_B — по оси ординат (гс/мм) или (мл/мм).

Отложим на оси ординат отрезок $OA = \frac{B_m}{n_B}$ и из точки A проведем линию AB_1 , параллельную оси абсцисс. Опустим из точки B_1 перпендикуляр B_1C на ось абсцисс и от точки C вправо отложим отрезок $CD = \frac{H_B}{n_H}$. Отрезок $ODn_H = H$.

Зная H , находим полные ампер-витки

$$I\omega = \frac{Hl_{\text{я}}}{0,4\pi}. \quad (\text{V-16})$$

На практике может оказаться, что точка B_1 (рис. 111) будет лежать на ненасыщенном участке кривой (точка B'_1) или на полностью насыщенном участке (точка B''_1). Первое положение (точка B'_1) свидетельствует о том, что сечение магнитопровода выбрано слишком большим. Электромагнит при этом обеспечит заданную силу тяги, но будет иметь завышенный вес и габариты. Второе положение (точка B''_1)

* 10^{-4} — переводной коэффициент гаусс в Международную систему единиц СИ ($1 \text{ гс} = 10^{-4} \text{ мл}$).

свидетельствует о том, что сечение магнитопровода выбрано недостаточным. Электромагнит при этом значительную часть своих ампер-витков расходует на проведение потока по магнитопроводу. Для обеспечения заданной силы тяги необходимо чрезмерно увеличивать объем, занимаемый обмоткой. Положение точки B_1 на участке ab считается наиболее рациональным. При отклонениях, указанных выше, необходимо произвести перерасчет.

Имея все необходимые данные, по известной формуле тягового усилия

$$F_9 = \frac{1}{25} \cdot \frac{H_B I_{\text{я}}^2}{10^6} \cdot \frac{dG_B}{d\delta} 9,8 \text{ (н)} \quad (\text{V-17})$$

вычисляем ряд значений F_9 при разных $\frac{dG_B}{d\delta}$ и строим тяговую характеристику. Тяговая характеристика электромагнита должна лежать выше его механической характеристики. При пересечении механической и тяговой характеристик необходимо увеличить ампер-витки $I\omega$ до значения, которое обеспечивает соответствие характеристик. Получив уточненное значение $I\omega$, выбираем коэффициент безопасности соответственно условиям эксплуатации и находим рабочие ампер-витки

$$I\omega_p = k_3 I\omega, \quad (\text{V-18})$$

где k_3 — коэффициент безопасности (запаса).

Рабочие ампер-витки служат исходной величиной для расчета обмотки электромагнита.

Расчет обмотки электромагнита заключается в нахождении числа витков, типа и диаметра провода, размеров катушки, потребляемой мощности и нагрева. Катушки изготавливают круглой или прямоугольной формы в зависимости от конструкции электромагнита (рис. 112, а, б).

При расчете необходимо знать среднюю длину витка и площадь заполнения окна катушки, которые находятся по следующим формулам:

$$l_{\text{ср}} = \pi \frac{D_B + D_H}{2} \quad (\text{для рис. 112, а}); \quad (\text{V-19})$$

$$Q = LH = L \frac{D_H - D_B}{2}; \quad (\text{V-20})$$

$$l_{\text{ср}} = 4(a + b) + \pi H \quad (\text{для рис. 112, б}); \quad (\text{V-21})$$

$$Q = LH = L \frac{A - a}{2} = L \frac{B - b}{2}. \quad (\text{V-22})$$

Зная среднюю длину витка и площадь заполнения окна катушки, определяем число витков. Число витков, уложенных при машинной намотке рядами с диаметром провода свыше 0,3 мм, можно подсчитать по формуле

$$\omega = \frac{Q}{d_1^2}, \quad (V-23)$$

где d_1 — диаметр провода с изоляцией, мм.

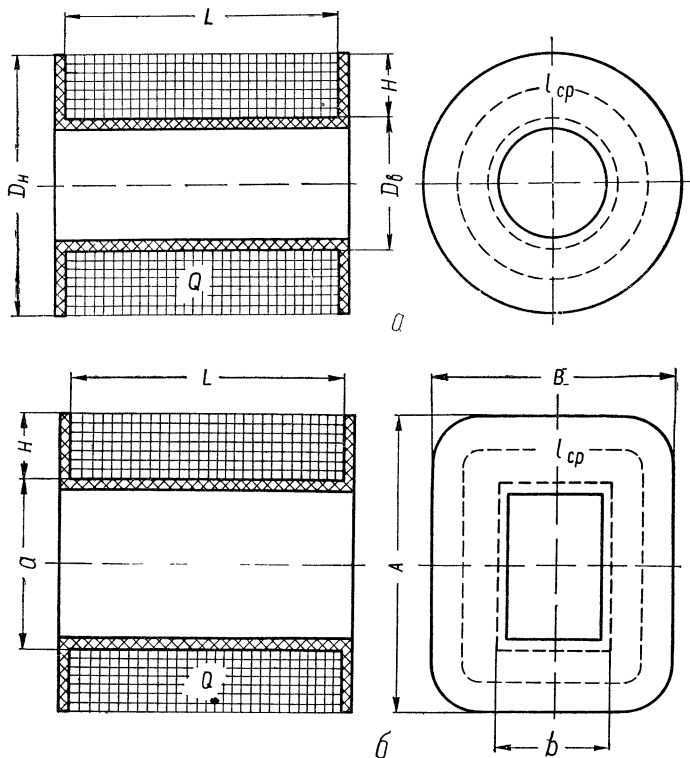


Рис. 112. Форма и геометрические размеры катушек:
а — круглая; б — прямоугольная.

Число витков, уложенных в площадь окна при других видах намотки, определяется из выражения

$$\omega = f \frac{Q}{q}, \quad (V-24)$$

где f — коэффициент заполнения (табл. 4);

q — сечение провода по меди (табл. 5).

Большое удобство для расчета числа витков, диаметров провода представляют различные номограммы, приводимые в справочниках.

Таблица 4

Значение коэффициента f по данным завода ХЭМЗ

d_2 , мм	Намотка с ручной подачей	Намотка с автоматической подачей
0,1	0,44	0,38
0,15	0,495	—
0,2	0,535	0,48
0,3	—	0,54
0,4	—	0,57

Таблица 5

Сортамент и максимально допустимые диаметры эмалированных проводов

Диаметр провода по меди, мм	Максимальный диаметр проводов ПЭЛ и ПЭГ, мм	Максимальный диаметр провода ПЭВ-1, мм	Диаметр провода по меди, мм	Максимальный диаметр проводов ПЭЛ и ПЭГ, мм	Диаметр провода по меди, мм	Максимальный диаметр проводов ПЭЛ и ПЭГ, мм	Диаметр провода по меди, мм	Максимальный диаметр проводов ПЭЛ и ПЭГ, мм
0,05	0,065	—	0,25	0,275	0,67	0,72	1,30	1,38
0,06	0,075	0,085	0,27	0,31	0,69	0,74	1,35	1,43
0,07	0,085	0,095	0,29	0,33	0,72	0,78	1,40	1,48
0,08	0,095	0,105	0,31	0,35	0,74	0,80	1,45	1,53
0,09	0,105	0,115	0,33	0,37	0,77	0,83	1,50	1,58
0,10	0,120	0,125	0,35	0,39	0,80	0,86	1,56	1,64
0,11	0,130	0,135	0,38	0,42	0,83	0,89	1,62	1,71
0,12	0,140	0,145	0,41	0,45	0,86	0,92	1,68	1,77
0,13	0,150	0,155	0,44	0,49	0,90	0,96	1,74	1,83
0,14	0,160	0,165	0,47	0,52	0,93	0,99	1,81	1,90
0,15	0,170	0,18	0,49	0,54	0,96	1,02	1,88	1,97
0,16	0,18	0,19	0,51	0,56	1,00	1,07	1,95	2,04
0,17	0,19	0,20	0,53	0,58	1,04	1,12	2,02	2,12
0,18	0,20	0,21	0,55	0,60	1,08	1,16	2,10	2,20
0,19	0,21	0,22	0,57	0,62	1,12	1,2	2,26	2,36
0,20	0,225	0,23	0,59	0,64	1,10	1,24	2,44	2,54
0,21	0,235	0,24	0,62	0,67	1,20	1,28	—	—
0,23	0,255	0,27	0,64	0,69	1,25	1,33	—	—

Примечания: 1 Провода ПЭВ-1 диаметром больше 0,23 мм (по меди) имеют тот же внешний диаметр, что и провода ПЭЛ

2 Провода ПЭВ-2 имеют диаметр (по меди) больший, чем провода ПЭЛ: на 0,015 мм — до диаметра 0,04 мм, на 0,01 мм — до диаметра 0,14 мм, на 0,02 мм — до диаметра 0,64 мм и на 0,03 мм — до диаметра 2,44 мм.

На практике применяется два способа расчета обмоток на заданные ампер-витки: при известном напряжении питания U и при известном токе потребления I . Оба способа сводятся к нахождению числа витков диаметра провода и сопротивления обмотки.

Расчет обмотки на заданные ампер-витки при известном напряжении питания.

1. Число витков находим по формулам (V-23, V-24), предварительно округлив диаметр провода до ближайшего большего из стандартных значений.

2. Диаметр провода находим по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4\rho l_{\text{ср}} I \omega}{\pi U}} \text{ (мм)}, \quad (\text{V-25})$$

где ρ — удельное сопротивление, $\text{ом} \cdot \text{м} / \text{мм}^2$.

Сопротивление обмотки находим по формуле

$$R = \frac{4\rho l_{\text{ср}} \omega}{\pi d^2} \text{ (ом)}. \quad (\text{V-26})$$

Расчет обмотки на заданные ампер-витки при известном токе питания.

1. Находим число витков обмотки

$$\omega = \frac{I \omega}{I}.$$

2. Определяем диаметр провода: при рядовой намотке обмотки

$$d_1 = \sqrt{\frac{Q}{\omega}} \text{ (мм)}; \quad (\text{V-27})$$

при намотке обмотки вразброс (дикая)

$$d_2 = 2 \sqrt{\frac{fQ}{\pi \omega}} \text{ (мм)}. \quad (\text{V-28})$$

3. Сопротивление обмотки находим по формуле

$$R = 4\rho \frac{l_{\text{ср}} \omega}{\pi d^2} \text{ (ом)}. \quad (\text{V-29})$$

Рассчитываем энергетический и тепловой режимы электромагнита. При известных габаритах электромагнита, ампер-витках и площади окна заполнения катушки определяется мощность питания

$$P = \frac{\rho l_{\text{ср}}}{fQ} (I \omega)^2 \text{ (вт)}. \quad (\text{V-30})$$

Установившаяся температура нагрева электромагнита

$$Q_{\text{уст}} = \frac{0,24P}{\mu S_{\delta}}, \quad (\text{V-31})$$

где P — потребляемая мощность, *вт*;

μ — коэффициент теплоизлучения, *кал/см²*;

S_{δ} — боковая поверхность обмотки, *см²*.

Установившееся время нагрева электромагнита

$$T_{\text{н}} = S \frac{cG_{\text{м}}}{\mu S_{\delta}} \text{ (сек)}, \quad (\text{V-32})$$

где c — теплоемкость меди;

$G_{\text{м}}$ — масса меди.

При длительном режиме работы необходимо проверить соблюдение условия

$$P < \frac{S_{\delta}}{\delta},$$

где δ — коэффициент теплоотдачи, равный 10—12 *вт/см²*.

При длительном режиме работы максимальное число ампер-витков не должно превышать определенной величины, рассчитываемой по формуле

$$I\omega_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{fQS_{\delta}}{\rho l_{\text{сп}} \delta}}. \quad (\text{V-33})$$

Для длительного режима работы плотность тока принимается равной 2,5—5 *а/мм²*, при импульсном 30—50 *а/мм²*.

3. ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ

Органы управления и элементы автоматики являются устройствами, при помощи которых выполняется управление сложным комплексом функциональных взаимосвязей приборов и узлов магнитофона, задаются и контролируются необходимые режимы его работы, а также осуществляется сигнализация о нарушениях этих режимов. К органам управления и элементам автоматики предъявляются следующие основные требования:

простота конструкции, ее жесткость и технологичность;

высокая надежность работы;
обеспечение эксплуатационных удобств;
возможность унификации.

Станции управления

Органы управления в магнитофонах обычно именуется станциями управления, или переключателями рода работы. Станции управления состоят из набора исполнительных элементов, заключенных в общий корпус. Исполнительные элементы включаются оператором. В зависимости от рода движения исполнительных элементов различают кнопочные и клавишные станции.

Кнопочные станции имеют прямолинейное движение исполнительного элемента — кнопки.

Клавишные станции имеют поворотные движения вокруг неподвижной оси исполнительного элемента — клавиши.

По положению исполнительного элемента после включения различают станции с фиксируемыми и нефиксируемыми кнопками и клавишами.

Кнопочные и клавишные станции в зависимости от характера нагрузки исполнительных элементов разделяются на станции механического, электрического или комбинированного управления.

Станции механического управления всегда имеют фиксацию исполнительных элементов, которые нагружаются при помощи рычагов, тяг, тросиков рабочими усилиями прижимных и паразитных роликов, тормозных устройств и других механических узлов. Эти исполнительные элементы обычно нагружают также небольшой контактной группой, коммутирующей усилители записи — воспроизведения и двигателя магнитофона. Станции механического управления широко применяются в массовых и любительских магнитофонах.

Станции электрического управления могут и не иметь механической фиксации исполнительных элементов, нагрузкой которых являются только контактные группы. Контактные группы могут переключать электрические цепи соответствующих блоков как непосредственно своими контактами, так и при помощи электромагнитных реле. Станции электрического управления широко применяются в высококачественной массовой, профессиональной и специальной аппаратуре магнитной записи.

Станции комбинированного управления применяются в бытовых магнитофонах, где включение режимов, создающих значительные механические нагрузки на станцию (например, прижим обрезающего ролика к ведущему валу), выполняется электрически — коммутацией электромагнита, а включение остальных режимов — механическим путем.

Станции управления обычно содержат пять — семь исполнительных элементов (кнопок, клавишей). В центре станции располагается исполнительный элемент режима «Стоп», по обе стороны от него — симметрично режимы «Запись» и «Воспроизведение», «Ускоренный ход вперед», «Ускоренный ход назад». В станциях управления с большим количеством режимов работы (например, «Дистанционное управление», «Повторение», «Трюк») исполнительные элементы этих режимов добавляются по обе стороны симметрично к пятиэлементной станции. В станции управления часто вводятся блокировки против ошибочного стирания записей.

Режимы работы, включаемые кнопками или клавишами, обозначаются (гравировются) буквами и индексами (рис. 114). Гравировка буквами более громоздка, так как состоит из большого количества знаков и для удобства чтения надписей станцию управления необходимо располагать вдоль фронтальной стороны лентопротяжного механизма.

Гравировка индексами очень проста и удобна, станцию управления при этом можно располагать вдоль фронтальной и боковых сторон ЛПМ, независимо от его вертикального или горизонтального расположения в магнитофоне. Гравировка индексами принята в Международной системе обозначений режимов работы магнитофонов. Заливка гравировки режима «Воспроизведение» выполняется зеленой, режима «Запись» — красной, остальных режимов — черной красками.

Механическая фиксация положения кнопок и клавишей станций управления дает ясное представление о включенном режиме работы магнитофона. Применяя станции управления без механической фиксации положения кнопки или клавиши, необходимо вводить световую индикацию (подсветку) включения режимов работы магнитофона.

Индикация режимов работы может быть раздельной и встроенной.

При раздельной индикации лампочки подсветки располагаются в любом месте магнитофона, удобном для обозре-

ния. Лампочки закрываются пластмассовыми колпачками: «Запись» — красного цвета, «Воспроизведение» — зеленого, остальных режимов — белого. При встроенной индикации лампочки подсветки располагаются в корпусе станции управления, подсвечивая кнопки или клавиши соответствующего режима работы магнитофона, что хотя и увеличивает несколько габариты станции, но более удобно в эксплуатации.

Станции управления с встроенной индикацией представляют собой законченный унифицированный узел, поэтому, если позволяют габариты и компоновка магнитофона, отдают предпочтение этой конструкции.

Блокировка против случайного стирания нужной записи в станциях управления с механической фиксацией достигается добавлением кнопки блокировки, фиксирующей кнопку или клавишу режима «Запись»; в станциях управления без механической фиксации это достигается либо одновременным включением двух кнопок или клавиш для выполнения режима «Запись», либо другим подобным способом.

При конструировании станций управления необходимо иметь в виду еще одно требование: обеспечение перехода с одного режима на другой только через режим «Стоп».

В станциях механического управления это достигается формой металлической арматуры (пластинок) кнопки или клавиши и соответствующим способом фиксации. В станциях электрического управления — соответственно построенной электрической коммутацией.

Станции механического управления состоят из набора кнопок или клавиш, фиксирующей замковой планки, замковой и возвратной пружин, контактной системы и объединяющего все в законченную конструкцию корпуса. Кнопки или клавиши состоят из металлической арматуры и изоляционной колодки. Арматура изготавливается из листовой стали толщиной от 1 до 2 мм (в зависимости от ее длины и передаваемого усилия) или обрабатывается из прутка. В арматуре различают замковую (фиксирующую) и тяговую (рабочую) части.

Замковая (фиксирующая) планка служит для фиксации кнопок или клавиш в нажатом положении и изготавливается из листовой или прутковой стали. Профиль замковой части выбирают так, чтобы фиксация кнопки или клавиши происходила в конце хода, а сброс ранее включенной кнопки

или клавиши осуществлялся несколько раньше, не доходя 2—3 мм до фиксации вновь включаемой кнопки. Положение тяговой части выбирается в зависимости от необходимого хода нагрузки, при этом у кнопочных станций управления этот ход равен ходу кнопки, у клавишных зависит от соотношения плечей клавиши. Колодка обычно опрессовывается вместе с арматурой или приклеивается к ней клеем БФ-2.

В некоторых конструкциях кнопочных станций (рис. 113) замковая планка выполняет функции не только

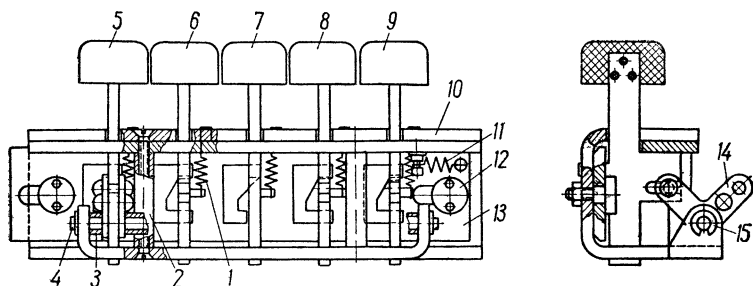


Рис. 113. Кнопочная станция механического управления:

1 — возвратная пружина; 2 — стойка; 3 — распорная втулка; 4 — ось тяговых элементов; 5 — кнопка «Ускоренный ход вперед» (УХВ); 6 — кнопка «Запись»; 7 — кнопка «Стоп»; 8 — кнопка «Воспроизведение»; 9 — кнопка «Ускоренный ход назад» (УХН); 10 — корпус; 11 — замковая пружина; 12 — замковый винт; 13 — замковая планка; 14 — тяговый элемент (серьга); 15 — шайба запорная

фиксации исполнительных элементов, но и блокировки последовательности перехода с одного режима работы на другой только через режим «Стоп». Это достигается формой фиксирующих вырезов замковой пластины.

Замковые и возвратные пружины бывают цилиндрические кручения, сжатия и растяжения. Их усилия должны обеспечивать требуемую фиксацию и нормальный возврат кнопок и клавишей без применения значительных усилий со стороны оператора. Контактные группы станции управления бывают врубные или нажимные. Врубная группа обеспечивает минимальное переходное сопротивление контактирующих поверхностей и их самозачистку, но при этом требуется несколько увеличенное усилие для ввода и вывода подвижной контактной планки. Для нажимной группы требуется меньшее усилие включения, но переходное сопротивление ее контактных площадок значительно выше, чем врубной группы, причем контакты нажимной группы могут

окисляться. Арматура станций управления изготавливается из листовой стали, алюминиевых сплавов или различных пластмасс. Обработка скользящих и трущихся поверхностей должна быть не ниже $\nabla 6$. Все остальные детали, с целью предохранения от коррозии, цинкуют или кадмируют.

В станциях управления, предназначенных для надежной работы в течение большого срока службы, замковые части арматуры подвергаются закалке, что повышает их износо-

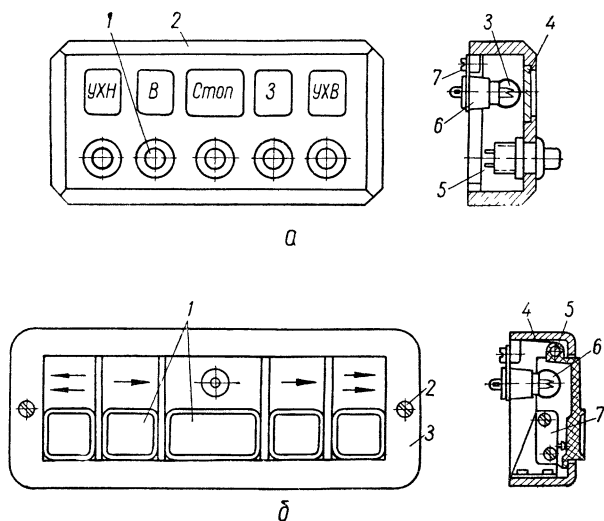


Рис. 114. Конструкции станций электрического управления:
а — кнопочная, б — клавишная.

устойчивость. Для предотвращения шума при сбрасывании ранее включенных кнопок или клавиш необходимо ставить шумоударогасящие резиновые амортизаторы. Конструкция подвижных деталей и корпуса должна быть достаточно жесткой, чтобы при установке отрегулированной станции в лентопротяжный механизм подвижные элементы не заедало. Конструкции станций электрического управления показаны на рис. 114. Кнопочная станция управления (рис. 114,а) очень проста и состоит из стандартных кнопок 1 и лампочек подсветки 3 с патронами 6, объединенных в корпусе 2. Кнопки крепятся к корпусу посредством своих гаек, а патроны — винтами 7. Внутри корпуса имеются перегородки 5 для предотвращения засветки соседних окон

индикации. Окна индикации закрываются пластинками 4 из оргстекла необходимого цвета. В корпусе станции имеются приливы с резьбой для крепления ее к несущей панели лентопротяжного механизма. Из выпускаемых в настоящее время кнопок применяются кнопки с нажимными контактами (типа 5К, 204К, К5В, ГР-605, КМ) или с врубными контактами (типа К1, К2, К3, К4).

Клавишная станция управления (рис. 114,б) состоит из набора клавишей 1, давящих на микропереключатели 7 (типа МИ-3, МП-7, МП-12, КВ-9), корпуса 3 и лампочек подсветки 6. Клавиши поворачиваются на оси 5 и поджимаются к корпусу возвратными пружинами кручения 4. Ось крепится к корпусу планками и винтами, расположенными в промежутках между клавишами. К лентопротяжному механизму станция крепится двумя невыпадающими винтами 2.

Для подсветки применяются различные типы лампочек накаливания напряжением 2,5 в (МН-2, МН-3, МН-5), 3 в (МН-12), 3,5 в (МН-13), 6 в (А-16, А-19), 12 в (А-22, А-23), 27 в (МН-14). Наиболее долговечны из них лампочки типов А-16 и А-22, срок службы которых составляет 500 ч.

Корпуса станций управления выполняются: прессованием из различных пресспорошков и цветного полистирола, фрезерованием из оргстекла, алюминиевых сплавов или штамповкой из листового алюминия или стали. Станции управления должны обеспечивать удобство управления магнитофоном в процессе эксплуатации, для чего размещение органов управления выполняется с учетом требований рациональной компоновки аппарата. Кроме того, поскольку станции управления находятся на наружной панели (или стенке) аппарата, они дополняют эстетический вид магнитофона. Поэтому конструктивное оформление станций управления и выбор окраски клавишей и корпуса должны выполняться с учетом требований технической эстетики, согласовываться с общим декоративным оформлением аппаратуры и в то же время выделяться на фоне несущей панели ЛПМ для большей оперативности в работе и меньшей утомляемости оператора.

Элементы автоматки

Наиболее часто применяемыми и несложными элементами автоматки являются датчики обрыва ленты, концевые выключатели и программирующие устройства.

Датчики обрыва контролируют целостность транспортируемого носителя и при его обрыве включают схему автоматики, которая останавливает двигатель магнитофона, а при работе с резервированием переключает запись на резервный магнитофон. Датчики обрыва одновременно могут выполнять функции концевых выключателей. Контактный датчик обрыва (рис. 115) состоит из вертикальной стойки 3 и прикрепленного к ней винтами основания 2, на котором установлен рычаг 6 с чувствительным штырем 4. На стойке

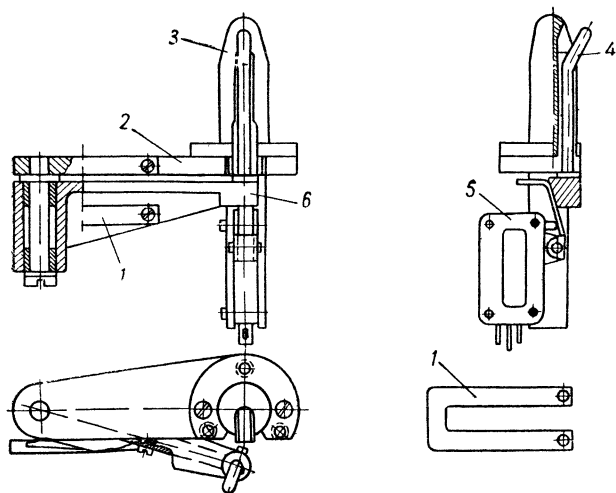


Рис. 115. Контактный датчик обрыва.

имеется глубокий паз, верхняя рабочая половина которого выполнена с минимальным зазором относительно штыря, а нижняя — более широкой, что исключает заклинивание штыря. В нижней части стойки крепится микровыключатель 5 с минимальным усилием срабатывания $(5 \div 10) \times 9,8 \cdot 10^{-3}$ н. Плоская пружина 1 удерживает подвижный штырь в пазу стойки при отсутствии ленты. Штырь датчика должен свободно входить в рабочую часть паза стойки. Усилие пружины подбирается таким, чтобы после зарядки тракта магнитофона лентой и при остановке магнитофона штырь не затягивал ленту в паз стойки. При обрыве ленты, когда натяжение падает до нуля, пружина должна обеспечивать ввод штыря в паз. При этом срабатывает микропереключатель.

чатель. При работе датчик должен создавать минимальное сопротивление движению ленты.

Основные конструкционные материалы и технология изготовления такие же, как и у описанного выше контактного датчика натяжения носителя. Датчик (если он один) устанавливается между ведущим валом и приемной кассетой, при этом он срабатывает при обрыве носителя как после блока головок, так и до него. В ответственных случаях датчик обрыва ставят дополнительно и у подающей кассеты, чем обеспечивается минимальное время остановки механизма после обрыва ленты.

Бесконтактные датчики обрыва в зависимости от конструкции разделяют на датчики непосредственного и косвенного слежения. Бесконтактный датчик непосредственного слежения (рис. 116) состоит из корпуса 2, изготовленного из изоляционного материала и имеющего вертикальную щель для ленты, лампочки накаливания 1 (источник света) и приемника света — фототриода 4 типа ФТ-1. Ширина паза для свободного прохождения ленты выбирается 2—3 мм. В обеих половинах корпуса имеются отверстия против фототриода и лампочки. Для контроля свечения лампочки в корпусе есть отверстие с глазком 3 из оргстекла. К лентопротяжному механизму датчик крепится двумя винтами с лицевой стороны.

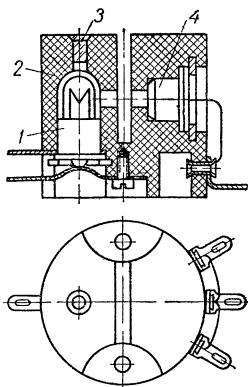


Рис. 116. Датчик обрыва непосредственного слежения.

Когда носитель записи цел, он перекрывает световой поток, направленный на фотоэлемент. При обрыве или окончании носителя световой поток падает на фотоэлемент, вследствие чего срабатывает схема автоматики и механизм останавливается.

Датчики обрыва непосредственного слежения, работающие на фотоэлементах, устанавливают на ЛПМ возле приемной кассеты. Здесь они надежно срабатывают при обрыве носителя в режимах перемоток и рабочего хода. Если фотодатчик установить возле подающей кассеты, он может не сработать, так как ведущий узел продолжает и после

обрыва подавать носитель, который преграждает путь световому потоку.

Датчики обрыва косвенного слежения устанавливаются на двигателях боковых узлов (рис. 117). Конструкция их аналогична конструкции датчиков непосредственного слежения. Отличие состоит в том, что здесь в щели корпуса датчика 1 находится не лента, а диск 2, вращающийся вместе с подкассетником 3. В диске имеется ряд равномерно расположенных по окружности отверстий. При вращении диска сквозь эти отверстия свет от лампочки попадает на

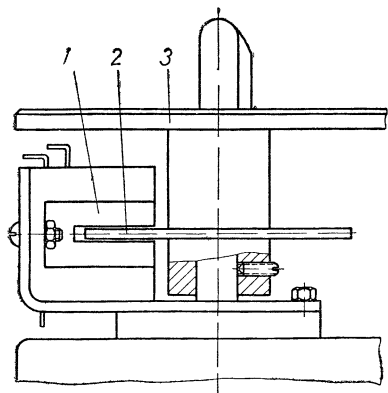


Рис. 117. Датчик обрыва косвенного слежения.

фотоэлемент, который таким образом выдает за каждый оборот подкассетника определенное число импульсов, равное количеству отверстий в диске.

Как уже отмечалось, скорость вращения боковых двигателей в рабочих режимах невелика, значит, и частота импульсов на выходе фотодатчика при нормальном режиме работы будет небольшой.

При обрыве носителя скорость вращения двигателей резко возрастает, частота импульсов, выдаваемых

фотодатчиком, также резко увеличивается, что вызывает срабатывание соответствующих схем электроники.

Датчики обрыва косвенного слежения хорошо срабатывают при обрыве носителя в рабочих режимах. При использовании этих датчиков в режимах ускоренных перемоток схему электроники приходится настраивать на разные частоты срабатывания, причем верхняя частота выдаваемых датчиком импульсов при перемотке мало отличается от частоты срабатывания при обрыве, что затрудняет настройку схемы.

Программирующие устройства осуществляют автоматическое воспроизведение записей в определенной последовательности согласно заданной программе и автоматический переход с одного режима магнитофона на другой. В состав устройств также входят датчики и электронные схемы.

По принципу действия различают механические и электрические датчики программирующих устройств.

Конструкция механического датчика с осязателем (рис. 118) аналогична соответствующей системе датчика натяжения ленты (см. стр. 187, рис. 84).

Количество ленты на кассете 3 контролируется по электрическому измерительному прибору, шкала которого проградуирована в метрах или в минутах для стандартных скоростей движения ленты. Напряжение, подаваемое на клеммы прибора с датчика 2, может поступать на схему автоматики, которая включает переход с перемотки на рабочие режимы, т. е. выполняет простейшие операции заданной программы. Точность нахождения заданных записей невысока, так как чувствительность данного устройства низкая. Кроме того, на точность измерений влияют неоднородность намотки ленты, ее разнотолщинность, биение кассеты, неаккуратно выполненные склейки и др.

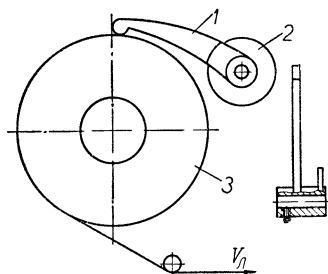


Рис. 118 Механический датчик программирующего устройства.

Такая конструкция датчика неплохо работает как концевое устройство, при этом в начале и в конце хода осязателя 1 устанавливаются переключатели, выключающие аппарат или переключающие через схему автоматики запись или воспроизведение на резервный магнитофон и т. д. Осязатель изготавливается из алюминиевых сплавов с последующим эматалированием. Это придает ему хороший внешний вид и увеличивает износостойчивость головки, работающей в контакте с ферромагнитной лентой.

При использовании ферромагнитной ленты с концевыми металлическими ракордами (наклеенной фольгой или напыленным металлическим слоем) применяют простейшую конструкцию концевой стойки (рис. 119), одновременно выполняющую функцию направляющей стойки тракта движения ленты. Стойка конструктивно состоит из нижней 3 и верхней 5 щек, между которыми находится изоляционная втулка 4. Этот пакет находится на оси 7 и стягивается винтом 6 при помощи круглых шлицевых гаек 8 и 1, между которыми зажат контактный лепесток 9. Винт

изолируется от оси втулкой 2. При прохождении металлического ракорда по стойке обе щеки электрически замыкаются, вследствие чего срабатывает автоматика и механизм останавливается.

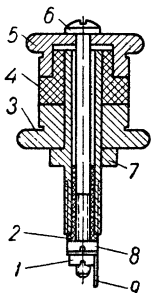


Рис. 119. Конструкция концевой датчика.

Схема простейшего устройства автоматического поиска заданной записи показана на рис. 120. На магнитной ленте 1 между отдельными записями имеются чистые отрезки, размагниченные до уровня собственных шумов. Длина чистых отрезков зависит от скорости ускоренных перемоток, емкости ленты и времени торможения боковых узлов. Она составляет ориентировочно 5—10% от средней скорости ускоренной перемотки. В режиме магнитофона «Поиск» дополнительная воспроизводящая головка 2 (установленная перед основным блоком головок по ходу ленты) включена

в схему первого звена автоматки 3 и усилителя 4. При прохождении чистых отрезков ленты мимо воспроизводящей

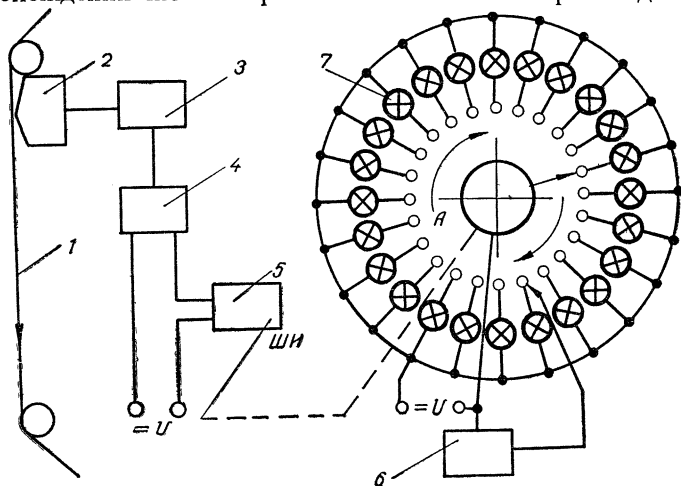


Рис. 120. Схема простейшего устройства автоматического поиска заданной записи.

головки автоматика включает питание обмотки шагового искателя 5, электромагнит которого переключает контактный ротор на один шаг по направлению, указанному стрелкой А.

При замыкании ползунка контактного ротора с контактами статора, соответствующими набранному при помощи переключателя номеру заданной записи, срабатывает второе звено автоматики 6. При этом лентопротяжный механизм сначала переводится в режим «Стоп», а затем — в режим «Воспроизведение», т. е. воспроизводится найденная запись. В режимах «Поиск» и «Воспроизведение» сигнальные лампочки 7 указывают номер записи, проходящей мимо воспроизводящей головки. Номер записи задается установкой штеккера или ползунка галетного переключателя в требуемое положение или другим подобным способом.

НОСИТЕЛИ ЗАПИСИ И УКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ

При общем хорошем исполнении лентопротяжного механизма и блоков электроники качество записи в значительной мере зависит от типа применяемого носителя и от уровня записи, измеряемого указателями уровня. Комплекс вопросов, относящихся к носителям записи и указателям уровня, имеет самостоятельное значение и в основном освещен в литературе. В настоящей книге приводятся основные данные, необходимые для правильного выбора наиболее распространенных носителей записи (порошковых ферромагнитных лент), устройств для намотки носителей (кассет и бобышек) и указателей уровня записи.

1. НОСИТЕЛИ ЗАПИСИ

Современные отечественные и зарубежные ферромагнитные ленты имеют двух- или трехслойную структуру. При двухслойной структуре лента состоит из эластичной основы и активного (рабочего) слоя. При трехслойной структуре лента состоит из эластичной основы, подслоя (слой специального лака, улучшающий адгезию активного слоя к основе) и активного слоя.

В качестве основы для ферромагнитных лент используются пластмассы из высокополимерных материалов: ацетилцеллюлозы, поливинилхлорида и в последнее время — из полиэфирных смол. В качестве активного слоя ферромагнитных лент используются тончайшие порошки ферромагнитных материалов. Наиболее распространены порошки гамма-оксида железа (γ — Fe_2O_3) и феррита кобальта. Ферропорошок смешивается со специальным лаком. Получившаяся смесь, так называемый ферролак, наносится на основу методом полива.

Различают ферропорошки с кристаллами кубической и игольчатой формы. При поливе основы ферролаком с иголь-

чатой формой кристаллов производят ориентацию этих кристаллов магнитным полем, направление которого совпадает с направлением намагничивания в процессе записи. Ориентация порошков при поливе позволяет заметно улучшить частотную характеристику лент. Выбирают и сравнивают ферромагнитные ленты по их физико-механическим, магнитным и электроакустическим свойствам.

Физико-механические свойства лент

К физико-механическим свойствам ферромагнитных лент относятся геометрические, механические и климатические характеристики.

Геометрические характеристики: размеры лент (общая толщина и толщина рабочего слоя, ширина и длина, равно-толщинность); отклонение от заданной формы (коробление, сабельность); правильность формы обреза. Геометрические размеры ферромагнитных лент отечественного производства с 1 июля 1963 г. определяются ГОСТ8303—62 «Ленты магнитные. Основные размеры».

Ферромагнитные ленты изготавливаются по размерам, указанным в табл. 6. Ленты должны сохранять указанные в таблице размеры в течение одного года со дня выпуска при условии соблюдения правил хранения и эксплуатации. По общей толщине, толщине активного слоя и длительности звучания записей для магнитной звукозаписи различают четыре группы лент: нормальные, долгоиграющие, сверхдолгоиграющие, особо долгоиграющие.

Таблица 6

Основные размеры ферромагнитных лент

Ширина, мм		Толщина, мм, не более
Номинальная	Допустимые отклонения	
6,25	±0,05	18 ₋₂ ; 27 ₋₂ ; 37 ₋₃ ; 55 ₋₅
12,70	—0,10	37 ₋₃ ; 55 ₋₅
17,50*	—0,10	37 ₋₃ ; 55 ₋₅
19,05	—0,10	37 ₋₃ ; 55 ₋₅
25,40	—0,10	37 ₋₃ ; 55 ₋₅
35,00**	—0,10	37 ₋₃ ; 55 ₋₅
50,80	—0,10	37 ₋₃ ; 55 ₋₅
70,00	—0,10	37 ₋₃ ; 55 ₋₅

* В новых разработках не применять

** По требованию заказчика допускается изготавливать толщиной до 150 мм.

Нормальные ленты имеют общую толщину 55_{-5} мк и среднюю толщину рабочего слоя $15-17$ мк. Они предназначены преимущественно для больших скоростей записи — воспроизведения ($38,1$ см/сек и выше). Эти ленты создают большой магнитный поток при воспроизведении и допускают более высокий уровень записи. Долгоиграющие ленты имеют общую толщину 37_{-3} мк и среднюю толщину рабочего слоя $11-12$ мк. Сверхдолгоиграющие ленты имеют общую толщину 27_{-2} мк и среднюю толщину рабочего слоя такую же, как долгоиграющие. Долгоиграющие и сверхдолгоиграющие ленты в основном применяются при низких скоростях движения ($4,76$ и $9,53$ см/сек). При этих скоростях носителя для получения хорошей частотной характеристики обычно работают с небольшими токами подмагничивания, при которых рабочий слой намагничивается не по всей толщине, в связи с чем нерационально применять ленты с активным слоем нормальной толщины. Кроме того, при уменьшении толщины рабочего слоя уменьшается саморазмагничивание носителя, вследствие чего улучшается и его частотная характеристика. Этими преимуществами по сравнению со всеми остальными лентами обладают особо долгоиграющие ленты, средняя толщина рабочего слоя которых составляет $6-7$ мк при общей толщине ленты 18_{-2} мк.

К отклонениям от правильной формы относится коробление и сабельность. Коробление — искривленность магнитной ленты в поперечном направлении (по ширине) ухудшает контакт между магнитными головками и лентой, способствует возникновению паразитной амплитудной модуляции (ПАМ). Сабельность — искривление магнитной ленты в продольном направлении (по длине) приводит к нарушению равномерности движения и колебанию уровня записанных сигналов, что особенно сильно сказывается в многодорожечной записи при небольшой ширине дорожек.

Механические характеристики ленты определяются следующими показателями: механическими свойствами ленты в целом (прочностью на разрыв при статических и динамических нагрузках, упругостью и пластической деформацией в диапазоне рабочих нагрузок, прочностью края, гибкостью); механическими свойствами ферромагнитного покрытия (качеством поверхности, прочностью соединения с основой, прочностью рабочего слоя, стойкостью к истиранию,

коэффициентом трения, абразивностью). Качество поверхности ферромагнитных лент имеет большое значение. Шероховатость поверхности ухудшает контакт головки с лентой, что вызывает паразитную амплитудную модуляцию (ПАМ) записанных сигналов и значительное ухудшение воспроизведения коротких длин волн; кроме того, увеличивается истирание магнитных головок и направляющих элементов тракта. Качество чистоты рабочей поверхности улучшают полировкой рабочей поверхности и каландрированием ленты. Появлению ПАМ способствуют также микродефекты в толще рабочего слоя.

Основными механическими характеристиками ленты являются прочность на разрыв при статической и динамической нагрузках. Статическую нагрузку лента испытывает в установившихся рабочих и вспомогательных режимах магнитофона. Динамическую нагрузку лента испытывает в момент включения рабочих и вспомогательных ходов магнитофона, а также в момент перехода к режиму «Стоп». Прочность ленты на разрыв при статической нагрузке характеризуется усилием разрыва и пределом прочности. Усилие разрыва ленты определяет прочность ее как изделия. Предел прочности на разрыв определяет прочность материала основы.

Тяговое усилие, действующее на образец ленты в момент разрыва, называется усилием разрыва ленты. Предел прочности на разрыв определяют как отношение усилия разрыва к начальному сечению ленты

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} \text{ (н/мм}^2\text{)}, \quad (\text{VI-1})$$

где P_p — усилие разрыва, н;

F_0 — начальное сечение ленты, мм².

Относительное удлинение при разрыве определяют как отношение длины приращения образца к его первоначальной длине

$$\sigma = \frac{\Delta l}{l_0} 100\%, \quad (\text{VI-2})$$

где Δl — приращение длины в момент разрыва, мм;

l_0 — первоначальная длина, мм.

Прочность ленты в интервале рабочих нагрузок характеризуется полным относительным удлинением образца под воздействием приложенной нагрузки и остаточным относительным удлинением после снятия нагрузки. Так

как сопротивление ленты растяжению характеризуется не только величиной приложенной нагрузки, но и длительностью ее приложения, то учитывается и время ее воздействия. Полное относительное удлинение — это отношение приращения длины испытуемого образца ленты под влиянием нагрузки, действующей в течение заданного времени, к его исходной длине. Остаточное относительное удлинение — это отношение остающегося приращения длины испытуемого образца ленты, измеренное через заданный промежуток времени после снятия нагрузки, действовавшей в течение определенного времени, к его исходной длине. Интервал рабочих нагрузок для лент шириной 6,25 мм находится в пределах $(30 \div 1000) 9,8 \cdot 10^{-3}$ н. Прочность ленты на разрыв при динамической нагрузке характеризуется величиной работы, затраченной на разрыв, и ударной прочностью на разрыв. Ударную прочность на разрыв определяют как отношение работы ударного разрыва к начальному сечению ленты

$$Q_p = \frac{A_p}{F_0} (\text{н} \cdot \text{см} / \text{мм}^2), \quad (\text{VI-3})$$

где A_p — работа ударного разрыва, $\text{н} \cdot \text{см}$;
 F_0 — начальное сечение ленты, мм^2 .

Дополнительной характеристикой ферромагнитных лент служит их поведение в условиях перекоса, который может возникнуть в лентопротяжном механизме из-за непараллельности цилиндрических поверхностей направляющих стоек и роликов, непараллельности осей боковых узлов и из-за перехода ленты с одного уровня на другой (например, кассета над кассетой в магнитофоне «Эльфа-6М»). Характеристикой ленты в этом случае служит сопротивление раздираания, которое характеризуется прочностью края (кромки) и измеряется усилием, вызывающим растяжение кромки и углом растяжения.

Гибкость (эластичность) определяет способность ленты облегать различные поверхности. От этого параметра существенно зависит качество контакта ленты с головками. Гибкость ленты сильно влияет на электроакустические показатели аппарата, так как чем эластичнее лента, тем совершеннее ее контакт с головками и тем меньше ПАМ.

Большое значение для ферромагнитных лент имеют характеристики ферромагнитного покрытия. Прочность ферромагнитного покрытия определяется прочностью сцепле-

ния рабочего слоя с поверхностью основы (адгезионной прочностью) и прочностью самого слоя, т. е. внутренним сцеплением между кристаллами ферропорошка (когезионной прочностью). Адгезионная прочность характеризуется величиной усилия, при котором наблюдаются первые признаки растрескивания активного слоя и отслаивания его от основы. Нагрузка может создаваться статической нагрузкой или раздираем по ширине.

Когезионную прочность ферромагнитного покрытия определяют царапанием, так как основные разрушения магнитного слоя — появление царапин на поверхности, осыпание слоя — происходят вследствие его трения о магнитные головки, а также от воздействия частиц пыли, застревающих между поверхностью ленты и головки. Абразивность активного слоя ферромагнитных лент — способность изнашивать поверхность тел, с которыми активный слой соприкасается в процессе перемещения ленты. Абразивность ленты в СССР характеризуется величиной изменения высоты алюминиевой пластинки (алюминий листовой 0,5 ГОСТ 3549—45) при истирании одним метром ленты, в мм/м, при скорости движения 19 см/сек и натяжении $250 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н.

К климатическим свойствам ферромагнитных лент относятся термо- и влагостойкость. Термостойкость — способность ленты сохранять в заданных температурных пределах свои свойства (при повышенных температурах — теплостойкость, при пониженных — морозостойкость). Влагостойкость — способность ленты сохранять в заданных пределах свои свойства при повышенной влажности.

Как видно из физико-механических свойств, характеристики ферромагнитных лент зависят в значительной степени от материала основы.

Основа из ацетилцеллюлозы, применяемая для нормальных и долгоиграющих лент, характеризуется повышенным усилием на разрыв (порядка $2500 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н) при сравнительно малом относительном удлинении (25%). Прочность края лент на этой основе сравнительно низка. Малое относительное удлинение и низкая прочность края служат преимуществом лент на основе из ацетилцеллюлозы, так как при неисправностях ЛПМ во время работы лента рвется не вытягиваясь. Тональность записей при этом не изменяется и запись после склейки ленты может быть вновь воспроизведена без ухудшения качества. Это свойство основы

особенно ценно в профессиональной аппаратуре, где величины натяжений и динамические нагрузки ленты относительно велики. Теплостойкость основы из ацетилцеллюлозы сравнительно высока, точка размягчения ее лежит в пределах 160—180° С, морозостойкость — весьма низка. Влажностойкость основы низка, основа очень гигроскопична: набухает с увеличением влажности и дает усадку при ее уменьшении.

Основа из поливинилхлорида, которая также используется для изготовления нормальных и долгоиграющих лент, обладает большим усилием разрыва (средняя величина которого порядка $35000 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н}$) при немного большем относительном удлинении по сравнению с основой из ацетилцеллюлозы (35%). Прочность края ленты на этой основе значительно выше, чем лент на ацетилцеллюлозе. Основа из поливинилхлорида менее гигроскопична. Крупным недостатком лент на такой основе является низкая точка размягчения (60—70° С), а допустимый нагрев двигателей и электромагнитов может достигать этих величин. Ленты на этой основе при воздействии солнечных лучей теряют твердость и деформируются. Поэтому при эксплуатации ленту из поливинилхлорида следует предохранять от повышенной температуры и воздействия солнечных лучей.

Основа на полиэфирной смоле, которую имеют долгоиграющие, сверхдолгоиграющие и особо долгоиграющие ленты, обладает без предварительной обработки таким же разрывным усилием, как и предыдущая лента при очень большом относительном удлинении (190%). Эти качества ценны для любительской и репортерской записи, так как вследствие большой эластичности лент на основе полиэфирной смолы можно отказаться от устройств прижима ленты к магнитным головкам и сделать контакт более совершенным. Это упростило конструкции лентопротяжных механизмов, увеличило срок службы головок и позволило значительно уменьшить ПАМ.

В профессиональной студийной аппаратуре эти ленты без предварительной обработки не применяются, так как при различных динамических толчках лента вытягивается, но не рвется, тональность при этом сильно меняется и запись становится непригодной к эксплуатации.

Механическую прочность лент на основе полиэфирной смолы можно значительно увеличить, применяя процесс

предварительного вытягивания. После обработки усилие разрыва может достигать $31000 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н при низком относительном удлинении (35%). При сильном предварительном растяжении усилие разрыва может достигать $42000 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}$ н при еще более низком относительном удлинении (27%). Такая лента становится крепче стали и в то же время эластичнее ее во много раз.

Приведенные значения усилий разрыва основы ферромагнитных лент справедливы для нормальных лент с толщиной основы 40 мк и шириной 6,25 мм. Для остальных видов лент эти усилия снижаются прямо пропорционально уменьшению толщины основы.

Магнитные свойства лент

Магнитные свойства лент характеризуются магнитным потоком насыщения Φ_s , остаточным магнитным потоком Φ_r , коэрцитивной силой H_c , коэффициентом прямоугольности β , коэффициентом выпуклости γ и степенью ориентации: максимальной $CO_{\text{макс}}$ и в поле насыщения CO_s .

Величина намагниченности ленты, при которой коэффициент нелинейных искажений по третьей гармонике для магнитофонов группы I не превышает 3%, а для магнитофонов группы II — 5%, принята за опорную и называется максимальным уровнем записи. Чем выше этот уровень, тем больше полезный поток превышает напряжения помех, создаваемых шумами ламп, полупроводников, воспроизводящей головкой, сопротивлениями и др. Величина полезного остаточного потока ограничивается началом насыщения ферромагнитного материала. При записи звуковых сигналов лента намагничивается примерно до половины полного насыщения, так как при дальнейшем увеличении остаточного потока нелинейные искажения превысят допустимый уровень.

Отношение величины остаточного потока при коэффициенте нелинейных искажений 3 или 5% (для соответствующих групп магнитофонов) к величине потока насыщения ленты характеризуется коэффициентом прямоугольности

$$\beta = \frac{\Phi_r}{\Phi_s}. \quad (\text{VI-4})$$

Для лучших отечественных ферромагнитных лент коэффициент прямоугольности $\beta = 0,51 \div 0,57$.

При записи высоких частот, когда длина волны записываемых колебаний соизмерима с толщиной рабочего слоя (т. е. длина элементарного полуволнового магнетика соизмерима с его толщиной), начинает сказываться эффект саморазмагничивания. Это приводит к уменьшению отдачи, поэтому стремятся уменьшить толщину рабочего слоя ферромагнитной ленты. Однако тонкий рабочий слой при той же величине остаточной индукции дает меньшую величину остаточного магнитного потока, поэтому необходимо повышать остаточную индукцию, чтобы сохранить тот же остаточный поток. При увеличении остаточной индукции $B_{ост}$ возрастает э. д. с., наводимая в головке воспроизведения, что позволяет увеличить динамический диапазон, но сужает частотный диапазон за счет ухудшения передачи коротких волн (при одинаковой толщине активного слоя ленты). Полоса воспроизводимых частот и динамический диапазон зависят от отношения $H_c/B_{ост}$. Это отношение для различных типов ферромагнитных лент лежит в пределах 0,5—1. При уменьшении скорости движения ленты это отношение должно увеличиваться за счет резкого роста H_c и медленного $B_{ост}$. При равном отношении $H_c/B_{ост}$ ленты с прямоугольной петлей гистерезиса обладают меньшим саморазмагничиванием.

По величине коэрцитивной силы ферромагнитные ленты делятся на низко- и высококоэрцитивные. Первая группа лент имеет коэрцитивную силу примерно 100, вторая — 200—280 э. Низкокоэрцитивные ленты применяются при больших скоростях движения ленты в профессиональной аппаратуре; высококоэрцитивные — при небольших скоростях движения в массовой, специальной, а в последнее время и в профессиональной радиовещательной аппаратуре. С увеличением коэрцитивной силы уменьшается эффект саморазмагничивания, что улучшает отдачу на высоких частотах. С другой стороны, высококоэрцитивные ленты требуют значительно больших токов стирания и подмагничивания, что приводит к увеличению мощности ГВЧ.

Рабочие свойства лент

Основными электроакустическими свойствами ферромагнитных лент являются: величина оптимального подмагничивания, чувствительность, неоднородность чувствительности, частотная характеристика, нелинейные искажения,

отдача при заданных нелинейных искажениях, шумы, уровень копирэффекта и стираемость (размагничиваемость).

Величина оптимального подмагничивания зависит от коэрцитивной силы ленты, толщины рабочего слоя, величины внутреннего размагничивающего фактора, определяемого объемной концентрацией ферропорошка и степенью ориентации его частиц в рабочем слое. Чем выше коэрцитивная сила и внутренний размагничивающий фактор, тем больше должна быть величина оптимального подмагничивания. При измерении относительной силы тока оптимального подмагничивания на испытываемой и типовой лентах определяется сила тока высокочастотного подмагничивания, соответствующего максимальной чувствительности. Частота записываемого сигнала 400 гц при уровне записи на 20 дб ниже максимального. Относительная сила тока оптимального подмагничивания

$$I_{\text{опт (отн)}} = 20 \lg \frac{I_{\text{опт (н)}}}{I_{\text{опт (т)}}} \text{ (дб)}, \quad (\text{VI-5})$$

где $I_{\text{опт (н)}}$ — оптимальная сила тока высокочастотного подмагничивания испытываемой ленты;

$I_{\text{опт (т)}}$ — оптимальная сила тока высокочастотного подмагничивания типовой ленты.

Чувствительность носителя характеризуется его отдачей при воспроизведении. Обычно измеряют относительную чувствительность, т. е. отношение чувствительности испытываемой ленты к типовой. В качестве типовой ленты для целей звукозаписи в СССР принята лента типа 2, выпускаемая по специальным техническим условиям (2ТП СТУ79 № 220X—62). Одно из основных требований, предъявляемых к типовой ленте, — однородность ее свойств по длине. Чувствительность ферромагнитной ленты зависит от магнитных свойств ферропорошка, толщины рабочего слоя, объемной концентрации, степени ориентации кристаллов в нем и других факторов. При измерении относительной чувствительности на испытываемой и типовой лентах записывают сигнал с частотой 400 гц при одинаковой величине тока записи. Уровень записи на типовой ленте должен быть на 20 дб ниже максимального. Относительная чувствительность

$$r = 20 \lg \frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{т}}} \text{ (дб)}, \quad (\text{VI-6})$$

где U_n — средняя отдача испытуемой ленты;

U_T — средняя отдача типовой ленты.

Чувствительность зависит от тока подмагничивания, при оптимальном значении которого она максимальна.

Неоднородность чувствительности в основном определяется неоднородностью толщины и концентрации ферропорошка в рабочем слое, качеством чистоты поверхности рабочего слоя. Неоднородность чувствительности как по длине ленты, так и у различных рулонов ленты одного типа в звукозаписи не должна превышать ± 1 дб. Неоднородность чувствительности измеряется на частоте 400 и 16 000 гц. Уровень записи должен быть на 20 дб ниже максимального. Максимальное отклонение чувствительности, выраженное в децибелах, за весь период измерения является неоднородностью чувствительности.

Частотная характеристика носителя записи характеризуется зависимостью его чувствительности от частоты записанных сигналов. Частотная характеристика ферромагнитной ленты зависит от магнитных свойств ферропорошка, однородности его кристаллов, чистоты поверхности, толщины рабочего слоя, объемной концентрации ферропорошка в рабочем слое, гибкости ленты, режима записи и других факторов. Обычно измеряют относительную частотную характеристику.

При измерении относительной частотной характеристики на испытуемой и типовой лентах записывают сигналы с частотой 400 и 16 000 гц. Уровень записи сигнала 400 гц на типовой ленте должен быть на 20 дб ниже максимального уровня. Относительная чувствительность

$$r_x = 20 \lg \frac{U_n(16\ 000)}{U_n(400)} - 20 \lg \frac{U_T(16\ 000)}{U_T(400)}, \quad (\text{VI-7})$$

где U_n — отдача испытуемой ленты на частотах 400 и 16 000 гц;

U_T — отдача типовой ленты на частотах 400 и 16 000 гц.

Нелинейные искажения ферромагнитной ленты зависят от магнитных свойств порошка, толщины рабочего слоя, объемной концентрации порошка в рабочем слое, степени ориентации кристаллов порошка, режима записи и других факторов. Нелинейные искажения, вносимые магнитной лентой при записи с высокочастотным подмагничиванием, определяются нечетными гармониками, из которых третья

имеет основное значение. При измерении нелинейных искажений на испытуемой ленте записывают сигнал с частотой 400 гц с максимальным уровнем и измеряют через полосовой фильтр 1200 гц третью гармонику. Величина нелинейных искажений находится по формуле

$$НИ_{(k_s)} = 20 \lg \frac{U_{1200}}{U_{\text{макс. у}}}, \quad (\text{VI-8})$$

где U_{1200} — напряжение третьей гармоники;

$U_{\text{макс. у}}$ — напряжение максимального уровня частоты 400 гц.

Отдача при заданных нелинейных искажениях характеризует тот максимальный уровень записи, который может быть получен при заданных нелинейных искажениях. При измерении отдачи на испытуемой ленте записывают сигнал частотой 400 гц с уровнем, соответствующим заданным нелинейным искажениям (-30 дб) и измеряют отдачу, а затем измеряют отдачу, соответствующую максимальному уровню. Уровень отдачи при заданных нелинейных искажениях

$$O = 20 \lg \frac{U_{(k_s=-30\text{дб})}}{U_{\text{макс. у}}}, \quad (\text{VI-9})$$

где $U_{k_s = -30 \text{ дб}}$ — отдача при заданных нелинейных искажениях.

Различают три рода шумов магнитной ленты: шум размагниченной ленты, шум на паузе (при воздействии высокочастотного подмагничивания) и модуляционный шум. Шум размагниченной ленты вызывается магнитными потоками рассеяния, обусловленными дискретным строением рабочего слоя и другими причинами, и определяется

$$Ш_p = 20 \lg \frac{U_p}{U_{\text{макс. у}}}, \quad (\text{VI-10})$$

где U_p — отдача размагниченной ленты.

Шум на паузе вызывается несимметрией тока высокочастотного подмагничивания и другими факторами. При несовершенной звукозаписывающей аппаратуре шум на паузе может быть значительно выше шума размагниченной ленты. Однако даже при хорошей форме тока высокочастотного подмагничивания и стирания шум на паузе для большинства лент примерно на 5 дб выше шума ленты, размаг-

ниченной на специальном размагничивающем устройстве. Шум на паузе определяется

$$Ш_{п} = 20 \lg \frac{U_{п}}{U_{\text{макс. у}}}, \quad (\text{VI-11})$$

где $U_{п}$ — отдача испытуемой ленты в паузе записи при высокочастотном подмагничивании.

Модуляционный шум возникает из-за паразитной амплитудной (ПАМ) и паразитной частотной (ПЧМ) модуляции записываемого сигнала. ПЧМ возникает из-за нестабильности скорости движения ленты и ее продольных колебаний. Наиболее сильные продольные колебания возникают в диапазоне собственных упругих колебаний ленты, определяемых модулем упругости, плотностью и расстоянием между «точками опоры» ленты в тракте ее движения. ПЧМ наиболее заметна при записи высоких частот. ПАМ вызывается неоднородностью ленты (как общей толщины, так и толщины рабочего слоя) и состоянием чистоты поверхности рабочего слоя.

Для оценки величины модуляционного шума измеряют относительный уровень шумов ленты при записи постоянного тока

$$Ш_{п\tau} = 20 \lg \frac{U_{п\tau}}{U_{\text{макс. у}}}, \quad (\text{VI-12})$$

где $U_{п\tau}$ — отдача испытываемой ленты при записи постоянного тока, равного эффективному значению тока частоты 400 *гц*.

Стираемость (размагничиваемость) носителя определяется отношением максимального остаточного потока записанного сигнала к остаточному потоку после стирания.

Уровень копирэффекта определяется отношением магнитного потока скопированного сигнала к магнитному потоку записанного сигнала. Копирэффект объясняется тем, что витки носителя, смотанного в рулон, соприкасаясь, вызывают взаимное намагничивание, величина которого зависит от магнитных свойств носителя, от уровня записанного сигнала и толщины основы ленты. В течение нескольких часов после намотки ленты на кассету взаимное намагничивание достигает максимального значения и затем практически не меняется. Значительное влияние на уровень копирэффекта оказывает окружающая температура, при которой хранится или эксплуатируется лента. При 0° С его значение невелико, при летней комнатной тем-

Основные характеристики лент

Характеристика ленты	Тип ленты					
	1	1Б	2	6	С	СН
Толщина феррослоя, мк	19—20	10—22	14—16	15—16	10—20	16
Напряжение (ток) подмагничивания	$U(I)$	$U(I)$	$2U(2I)$	$1,8U(1,8I)$	$U(I)$	$2U(2I)$
Чувствительность, дБ*	± 2	± 4	+1 —3	+8	0	0
Частотная характеристика, дБ*	+2 —3	+2 —3,5	+2 —3	+4	0	0
Относительный уровень шумов размагниченной ленты, дБ	—63	—62	—65	—57	—64	—65,5
Относительный уровень шумов при подмагничивании постоянным током, дБ	—40	—38	—49	—47	—40	—50
Размагничиваемость, дБ	—70	—68	—75	—74	—71	—80
Копирэффект, дБ	—47	—45	—48	—50	—47	—50
Максимально допустимое эффективное значение остаточного магнитного потока ленты (максимальный уровень записи), $\text{эб} \cdot 10^{-11}$	100	100	160	160	100	160
Уровень нелинейных искажений, дБ	—33	—28	—35	—	—29,3	—36,4
Разрывное усилие ленты, н (не менее)	$2,4 \cdot 9,8$	$2,3 \cdot 9,8$	$2,4 \cdot 9,8$	—	$(2 \div 3) \cdot 9,8$	—
Деформация под нагрузкой, % (не более)	1,5	1,5	1,5	—	—	—

* Относительно типовой ленты «тип 2».

пературе он повышается и достигает в среднем величины 2 дБ над уровнем шума в паузе. При дальнейшем увеличении температуры уровень копирэффекта быстро растет.

Рабочие характеристики ферромагнитных лент приведены в табл. 7.

Устройства для намотки лент

Ферромагнитная лента наматывается на кассеты (катушки) или бобышки (сердечники). Согласно ГОСТ 7704—61 кассеты изготавливаются двух типов: I (рис. 121, а) предназначены для ферромагнитной ленты шириной 6,25 мм (применяются в массовых магнитофонах) и II (рис. 121, б)— для ферромагнитной ленты шириной от 6,25 до 70 мм (применяются в радиовещательных студийных и специальных магнитофонах).

Высота кассет типа I постоянна (13,5 мм), а высота и толщина щек кассет типа II различна и определяется ГОСТ 7704—61 (табл. 8). Основные размеры кассет согласно ГОСТ 7704—61 и емкость ферромагнитной ленты различной толщины, намотанной на эти кассеты, согласно ГОСТ 8303—62 приведены в табл. 9.

Таблица 8

Высота кассет типа II

Размеры кассеты	Ширина ленты, мм	H, мм		h, мм		
		номинальная	допустимые отклонения	номинальная	допустимые отклонения	S, не менее, мм
6	6,25	11,6	—0,4	8,6	—0,1	1,3
12	12,70	18,3	—0,1	13,2	—0,1	2,3
15	15,90	21,5	—0,1	16,4	—0,1	2,3
17*	17,50	23,1	—0,1	18,0	—0,1	2,3
19	19,05	24,7	—0,1	19,6	—0,1	2,3
25	25,40	31,0	—0,1	25,9	—0,1	2,3
31	31,75	37,4	—0,1	32,2	—0,1	2,3
35	35,00	40,6	—0,1	35,5	—0,1	2,3
38	38,10	43,7	—0,1	38,6	—0,1	2,3
50	50,80	56,4	—0,1	51,3	—0,1	2,3
57	57,15	62,8	—0,1	57,6	—0,1	2,3
70	70,00	76,6	—0,1	70,5	—0,1	2,8

* В новых разработках не применять.

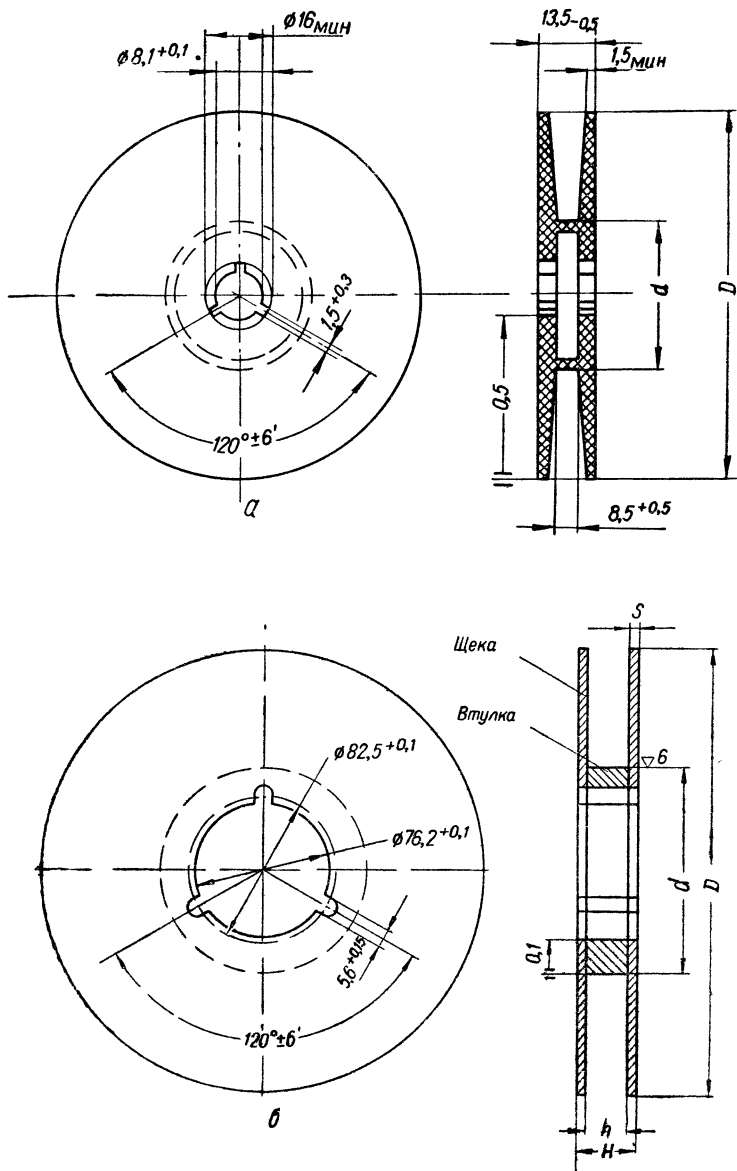


Рис. 121. Кассеты для намотки ферромагнитной ленты:
 а — кассета типа I, б — кассета типа II.

Диаметры и емкости кассет типов I и II

Тип кассеты	Номер кассеты	Ориентировочная емкость кассеты, ж (для ленты толщиной, мк)			D, мм		d, мм		Торцовое Бюение	Вес, а	$K = \frac{D}{d} \cdot \frac{a}{1 \text{ см}}$
		55	37	27	18	номинальный	допустимые отклонения	номинальный			
I	7,5	50	75	90	135	75	+1,0	35	+1,0	25	2
	10	100	150	180	270	100	+1,0	45	+1,0	30	2,7
	13	180	270	360	540	127	+1,0	50	+1,0	45	2,7
	15	250	375	500	750	147	+1,0	60	+1,0	70	2,8
	18	350	525	700	1050	178	+1,0	90	+1,0	100	2,9
	22	500	750	1000	1500	220	+1,0	114	+1,0	130	2,2
II	20	340	500	—	—	203	+0,5	114	+0,5	—	1,8
	23	500	750	—	—	230	+0,5	114	+0,5	—	2
	27	750	1100	—	—	267	+0,5	114	+0,5	—	2,3
	32	1000	1500	—	—	318	+0,5	114	+0,5	—	2,8
	35	1500	2200	—	—	355	+0,5	114	+0,5	—	3,1

В щеках кассет допускается наличие окон для контроля за количеством ленты, для удобства зарядки, вентиляции и уменьшения веса. Кассеты типа I изготавливаются из поли-

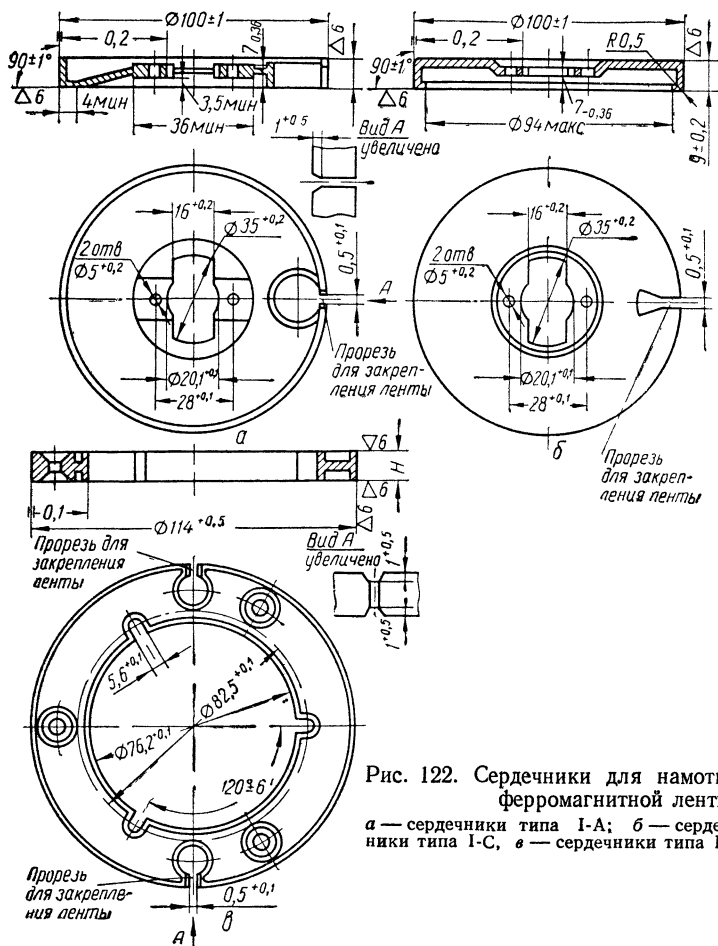


Рис. 122. Сердечники для намотки ферромагнитной ленты: а — сердечники типа I-A; б — сердечники типа I-C, в — сердечники типа II.

стирола прозрачного, белого или цветного (розового, оранжевого, зеленого). В последнее время освоено изготовление кассет из ударопрочного полистирола. Кассеты типа II изготавливаются сборной конструкции: втулки — из алюминиевых сплавов по ГОСТ 2685—53, щеки — из дуралюминия

по ГОСТ 4957—52, также допускается изготовление щек из магниевого сплава МА-8-М. Разнотолщинность щек одной кассеты не должна превышать 0,15 мм. Коробление щек в сторону увеличения высоты кассеты не должно превышать для каждой щеки 0,5 мм для кассеты типа I и 0,25 мм — для кассеты типа II. Коробление щек в сторону уменьшения высоты кассеты не допускается.

На наружной поверхности обеих щек должны быть отчетливо нанесены объемным способом: товарный знак предприятия — поставщика; цифры «1» — на одной щеке кассеты, «2» — на другой щеке; номер стандарта. На щеках допускается нанесение делений, ориентировочно указывающих длину намотанной ленты или продолжительность записи. Надписи не должны выступать над поверхностью щек.

Согласно ГОСТ 7705—61 сердечники изготавливаются трех типов: I-A, I-C и II. Сердечники типа I-A (рис. 122, а) из-

Таблица 10

Высота сердечников типа II

Размер сердечника	Ширина ленты, мм	Высота сердечника <i>H</i> , мм	
		номинальная	допустимые отклонения
6	6,25	8,6	—0,1
12	12,70	13,2	—0,1
15	15,90	16,4	—0,1
17*	17,50	18,0	—0,1
19	19,05	19,6	—0,1
25	25,40	25,9	—0,1
31	31,75	32,2	—0,1
35	35,00	35,5	—0,1
38	38,10	38,6	—0,1
50	50,80	51,3	—0,1
57	57,15	57,6	—0,1
70	70,00	70,5	—0,1

готавливаются из алюминиевых сплавов, сердечники типа I-C (рис. 122, б) — из листовой стали. Эти сердечники предназначены для лент шириной 6,25 мм и применяются в радиовещательных студийных магнитофонах. Сердечники типа II (рис. 122, в) изготавливаются из алюминиевых сплавов и предназначены для лент шириной от 6,25 до 70 мм. Применяются такие сердечники в аппаратуре магнитной записи изображений, электронно-счетных машинах и в других устройствах. Вес сердечников типа I-A не должен превышать 60 г и типа I-C—70 г. Высота сердечников типов I-A и I-C постоянна и

равна 9 мм, а высота сердечников типа II различна в зависимости от ширины ленты и определяется ГОСТ 7707—61 (табл. 10). Ферромагнитные ленты должны быть

* В новых разработках не применять.

намотаны на кассеты типа I (ГОСТ 7704—61) рабочей поверхностью наружу рулона, на кассеты (катушки) типа II (ГОСТ 7704—61) или сердечники (ГОСТ 7705—61) — рабочей поверхностью внутрь рулона. Длина ферромагнитной ленты в рулоне при намотке на сердечники должна быть не менее 1000 м, а на кассеты — соответствовать величинам, приведенным в табл. 9. При хранении ленточных носителей необходимо выполнять следующие основные требования:

температура окружающей среды должна быть в пределах 10—20° С при относительной влажности 60—70 %;

удалять на безопасное расстояние от источников сильных магнитных полей (постоянных и переменных), создаваемых электродвигателями, трансформаторами;

должны быть отдельные картонные или металлические коробки для каждого рулона при установке его на ребро; в каждом рулоне должен быть ракорд длиной 2,5 м, приклеенный к внешнему концу носителя;

исключать попадание ультрафиолетовых лучей (солнце, ртутно-кварцевые лампы).

Выполнение этих требований предохраняет ферромагнитную ленту от преждевременного старения и выхода из строя.

2. УКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ ЗАПИСИ

Указатели уровня служат для объективного контроля уровня записи — степени полезной намагниченности ленты. Номинальное значение уровня записи — уровень, соответствующий номинальной отдаче при воспроизведении при заданных нелинейных искажениях. Мерой уровня записи является эффективное значение остаточного магнитного потока в пересчете на один миллиметр ширины ленты. Для каждого типа ленты имеется своя оптимальная величина намагниченности.

Лента типа 1 характеризуется номинальным уровнем записи, равным $16 \cdot 10^{-11}$ вб/мм, что для ширины ленты 6,25 мм соответствует эффективному значению потока $100 \cdot 10^{-11}$ вб при коэффициенте нелинейных искажений 2,2%. Для ленты типа 2 уровень записи равен $25 \cdot 10^{-11}$ вб/мм или $160 \cdot 10^{-11}$ вб на ширине ленты 6,25 мм при коэффициенте нелинейных искажений 2,8%, а для ленты типа 6 уровень записи составляет также $160 \cdot 10^{-11}$ вб при коэффициенте нелинейных искажений 2%.

Малые уровни записи понижают соотношение сигнал — шум магнитофона, что нежелательно. При увеличении уровня записываемого сигнала полезная намагниченность ленты возрастает, в связи с чем требуется меньшее усиление для получения номинального выходного уровня магнитофона. Вместе с тем при чрезмерном увеличении уровня записываемого сигнала его амплитуда начинает заходить на нелинейный участок характеристики намагничивания ленты, вследствие чего повышается уровень нелинейных искажений.

Уровень записи определяется методом сравнения выходного напряжения при воспроизведении данной ленты с напряжением при воспроизведении ленты с заведомо известным уровнем записи. В качестве ленты с известным уровнем обычно используется часть «У» тестфильма, у которого эффективное значение остаточного магнитного потока составляет 50% номинального, т. е. $50 \cdot 10^{-11}$ вб для ленты типа 1 и $80 \cdot 10^{-11}$ вб — для ленты типов 2 и 6. При воспроизведении этого уровня в стандартном канале воспроизведения фиксируется выходное напряжение. Затем воспроизводится испытываемая запись и также фиксируется напряжение на выходе стандартного канала воспроизведения. Тогда уровень записи испытываемой ленты

$$\Phi_{\text{и}} = \Phi_{\text{т}} \frac{U_{\text{и}}}{U_{\text{т}}}, \quad (\text{VI-13})$$

где $\Phi_{\text{и}}$ — эффективное значение остаточного магнитного потока испытываемой ленты, вб;

$\Phi_{\text{т}}$ — эффективное значение остаточного магнитного потока тестфильма, вб;

$U_{\text{т}}$ — выходное напряжение от воспроизведения тестфильма, в;

$U_{\text{и}}$ — выходное напряжение от воспроизведения испытываемой ленты, в.

Вследствие того что коэффициент усиления усилителя воспроизведения практически не меняется, тестфильм воспроизводят не для каждого измерения испытываемых лент, а только один раз, чтобы откалибровать канал воспроизведения.

Для своевременного внесения необходимых поправок в соответствии с изменением входного сигнала и получения высококачественной записи уровень записи важно контролировать непосредственно в процессе выполнения этой

записи. Лучше всего эта задача решается в магнитофонах, имеющих сквозной канал, поскольку откалиброванный указатель уровня такого магнитофона при записи любой программы дает соответствующие показания практически без задержки. В магнитофонах с универсальными усилителями, не имеющих сквозного канала, уровень записи определяется косвенно, так как указателем измеряется напряжение, подводимое в режиме записи к цепи универсальной головки.

К указателям уровня предъявляются следующие основные требования:

- обеспечение оптимального времени срабатывания;
- достаточный диапазон измерений;
- достаточная чувствительность и точность измерения;
- удобство отсчета показаний;
- простота схемы включения.

Основные системы указателей уровня

В зависимости от типа прибора-указателя различают газосветные, электронно-лучевые и стрелочные указатели уровня.

Простейшим газосветным указателем может быть неоновая лампа. При помощи газосветных указателей контролируется максимально допустимая величина уровня записи, но сам уровень не измеряется. Такой указатель не имеет диапазона измерений, а при работе вносит большие нелинейные искажения в цепи, к которым он подключается. Встречаются газосветные указатели, состоящие из трех неоновых ламп, одна из которых зажигается при уровне записи, равном 50, вторая — при 100 и третья — при 150% от номинального уровня. Вследствие перечисленных недостатков газосветные указатели уровня применяются редко.

Прибором-указателем электронно-лучевых указателей уровня служит специальная электронная лампа с экраном, размеры засвечивания которого изменяются в соответствии с уровнем сигнала на управляющем электроде лампы. Имеются лампы с торцовым и продольным расположением экранов. Величина максимального уровня сигнала определяется по схождению секторов засвечивания экрана.

Основными характеристиками электронно-лучевых указателей уровня являются чувствительность и время срабатывания. Чувствительность показывает минимальную ве-

личину напряжения, которую необходимо подать на вход указателя для получения эффекта схождения секторов. Время срабатывания определяется продолжительностью сигнала, при которой ширина затемненной части у края экрана примерно равна 1 мм. Схема электронно-лучевого указателя уровня показана на рис. 123. Такие схемы строятся на лампах типа 6Е5С, 6Е1П и других, соответственно которым выбираются величины режимных сопротивлений R_4 и R_5 . Измеряемое переменное напряжение через делитель $R_1 R_2$, с помощью которого можно подобрать нужную

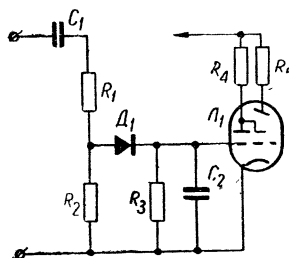


Рис. 123. Схема электронно-лучевого указателя уровня.

чувствительность указателя, повысить его входное сопротивление и сделать это сопротивление более линейным, подводится для выпрямления к диоду D_1 . Выпрямленное напряжение снимается с сопротивления нагрузки R_3 и прикладывается минусом к управляющему электроду указателя. Конденсатор C_2 предназначен для устранения быстрых колебаний потенциала сетки и размытости краев засвечивания экрана. Заряжается этот конденсатор через небольшое по величине сопротивление R_1

и сопротивление диода, поэтому время срабатывания такого указателя (схождение секторов) обычно составляет 100—200 мсек.

Расхождение секторов происходит значительно дольше, так как конденсатор C_2 разряжается через сопротивление R_3 , которое может быть выбрано большим. Точность измерения уровня электронно-лучевыми указателями относительно невысока, но из-за малой стоимости, простоты схемы включения и удобства замены такие указатели широко применяются в бытовых магнитофонах.

Стрелочные указатели уровня значительно сложнее, но более точны и удобнее при эксплуатации, в связи с чем они в основном применяются в профессиональной аппаратуре. На показания указателя уровня стрелочного типа существенно влияют переходные характеристики магнитоэлектрического прибора. Основными характеристиками стрелочных указателей уровня являются время срабатывания, время интеграции, время возврата и выброс стрелки.

Время срабатывания определяется временем, в течение которого стрелка прибора переходит из положения покоя в положение «0 дБ» или «— 2 дБ» при внезапно приложенном напряжении, соответствующем установочному уровню (установочному уровню соответствует величина синусоидального напряжения, при которой показание указателя при длительном приложении этого напряжения равно «0 дБ» или «100 %»).

Поскольку уровень передачи быстро и непрерывно меняется, указатель должен реагировать на эти изменения, поэтому показания отсчитываются не по установившемуся отклонению стрелки, а по ее выбросам. Вследствие инерционности подвижной системы магнитоэлектрического прибора время срабатывания порядка 10—20 мсек и менее получить трудно. Однако оказывается, что нет необходимости добиваться уменьшения времени срабатывания до 10—20 мсек, так как вследствие инерционности зрения столь быстрые изменения уровня оператором не улавливаются. Практически достаточно иметь минимальное время срабатывания в пределах 60—100 мсек. При увеличении времени срабатывания свыше 300 мсек наблюдается заметное отставание показаний указателя от слухового восприятия изменения уровня звука. Поэтому максимальное время срабатывания желательно иметь не более 200 мсек.

Время интеграции определяется длительностью импульса напряжения звуковой частоты установочного уровня, при подаче которого стрелка прибора успевает переместиться из начального положения в положение, соответствующее показанию — $(1 \div 2)$ дБ. Время интеграции показывает минимальную длительность «всплеска», обрабатываемую прибором.

Время возврата стрелки равно времени, необходимому для того, чтобы стрелка из установившегося положения (0 дБ или 100 %) возвратилась в положение, соответствующее 30 % рабочей длины шкалы (считая от нижнего конца шкалы) при снятии приложенного напряжения установочного уровня.

Выброс стрелки определяется величиной перехода стрелки за установочный уровень «0 дБ» при внезапном приложении напряжения установочного уровня.

Стрелочные указатели уровня, согласно рекомендации МККР, подразделяются на указатели средних значений (время интеграции 220 мсек, время возврата 200 мсек), ука-

затели максимальных значений (время интеграции 20 мсек, время возврата 2 сек) и указатели пиковых значений (время интеграции 2 мсек, время возврата 2 сек).

Так как при контроле уровня внимание оператора сосредоточено в основном на максимальных уровнях сигналов, увеличение времени возврата до 2 сек позволяет исключить часть минимальных показаний, что облегчает наблюдение, уменьшает утомляемость зрения. Показания стрелок каждого из трех типов указателей уровня при одном и том же рабочем сигнале различны. Эти показания могут быть оди-

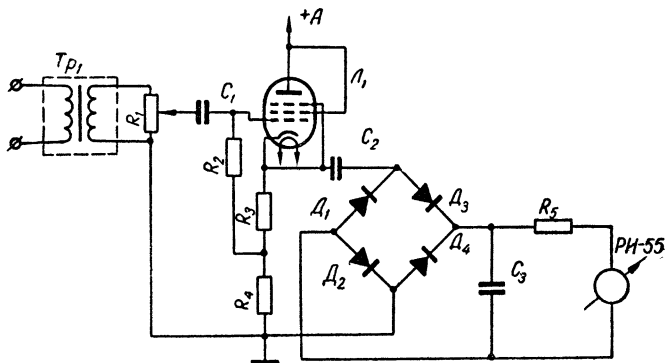


Рис. 124. Принципиальная схема указателя уровня РИ-55 (блок питания условно не показан).

наковы только при измерении длительного синусоидального сигнала, поэтому указатели уровня градуируются именно такими сигналами.

Одним из типовых указателей уровня, применяемых в радиовещании, является указатель РИ-55 (рис. 124), разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом магнитной записи и технологии радиовещания и телевидения (ВНИИРТ). Указатель состоит из однокаскадного усилителя с нагрузкой в катode (катодного повторителя) и вольтметра с полупроводниковым выпрямителем. Вход указателя симметричный, трансформаторный, что существенно повышает чувствительность указателя. Время интеграции прибора 60 мсек, время срабатывания 220 мсек, время возврата стрелки 1,5 сек, выброс 3%, частотная характеристика 30—15 000 гц \pm 0,5 дб, диапазон измерений порядка 38 дб. Другой указатель уровня типа ИРМ-2

(также разработан ВНИИРТ) применяется в профессиональной аппаратуре. Он представляет собой малогабаритный прибор, работающий без дополнительного усилителя, с диапазоном измерений около 26 дБ и временем срабатывания порядка 110 мсек.

Включение в схемы

Применение указателей уровня в схемах магнитофонов связано с некоторыми особенностями, которые должны быть учтены при выборе схемы включения. Указатель не должен вносить искажений в измеряемый сигнал, для чего входное сопротивление указателя должно быть в 5—10 раз больше выходного сопротивления места включения. Если на входе указателя имеется нелинейный элемент — диод, входное сопротивление схемы указателя не постоянно, что создает дополнительные нелинейные искажения. В этом случае необходимо, чтобы минимальное входное сопротивление указателя уровня было в 15—25 раз больше выходного сопротивления того участка схемы, куда подключается указатель. Кроме того, выбором схемы включения и ее элементов необходимо обеспечить заданный диапазон измерений: для любительской и массовой аппаратуры 12—15 дБ, а для профессиональной 40—50 дБ.

Место включения указателя уровня определяется электрической схемой магнитофона. В универсальных усилителях указатель включается в цепь универсальной головки. При наличии сквозного канала указатель включается на выходе усилителя воспроизведения. Показания указателя в этом случае не зависят от различий в чувствительности лент или от данных записывающей головки. Однако контроль уровня записи по выходному напряжению с целью получения минимальных нелинейных искажений при включении указателя на выходе усилителя воспроизведения не может быть эффективным во всем диапазоне частот.

Известно, что при одном и том же магнитном потоке записывающей головки остаточный магнитный поток ленты на высоких частотах будет меньшим вследствие явления саморазмагничивания и других потерь. Для уменьшения спада сквозной частотной характеристики в усилителях записи осуществляется подъем частотной характеристики на + 6, +12 дБ. Вследствие этого при одинаковой амплитуде сигнала на выходе (т. е. при одинаковых показаниях

указателя уровня) нелинейные искажения в области высоких частот будут несколько выше, чем в области низких и средних частот. Для устранения этого несоответствия указатели уровня на выходе усилителей воспроизведения обычно включаются через корректирующее устройство, частотная характеристика которого аналогична характеристике усилителя записи. Этим достигается совпадение показаний такого указателя с показаниями, получаемыми при измерении тока записи, а установка указателя уровня на выходе усилителя воспроизведения исключает влияние параметров головки и ленты на результаты измерений, так как усилитель настроен по стандартной частотной характеристике.

В заключение следует отметить, что так как величина звуковой энергии в области высоких звуковых частот у большинства реальных звуковых сигналов (речь, музыка) относительно невелика, случаи перемодуляции записи в области высоких частот наблюдаются относительно редко.

К устройствам электроники магнитофонов относятся усилители низкой частоты, генераторы, блоки питания и другие. В качестве нагрузки усилителей низкой частоты применяются различные акустические устройства.

Вопросы разработки принципиальных электрических схем различных блоков электроники широко освещены в литературе. Ниже рассмотрены только специфические особенности принципиальных электрических схем блоков электроники и основные разновидности конструктивного выполнения этих устройств.

1. УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Усилители магнитофонов выполняют функции усиления и частотной коррекции сигналов низкой частоты, поэтому электрические схемы усилителей должны удовлетворять следующим основным требованиям:

обеспечивать достаточную глубину частотной коррекции и оптимальную форму частотной характеристики в заданном диапазоне частот;

входная чувствительность и входное сопротивление должны быть согласованы с выходными параметрами источника усиливаемых сигналов;

собственный уровень шумов и нелинейных искажений должен быть не выше заданного;

иметь минимальное количество органов управления, контроля, сигнализации и подстроечных элементов;

обеспечивать максимальное использование разработанных и проверенных схем, унифицированных узлов и деталей;

обеспечивать высокую надежность.

Основным условием высококачественной работы усилителей магнитофонов является обеспечение достаточно высокого и неискаженного усиления сигналов. При этом коэффициент усиления в заданном диапазоне звуковых частот должен изменяться с определенной точностью по заданному закону, а нелинейные искажения не должны превосходить заданной величины. Для того чтобы соотношение амплитуд и формы звуковых сигналов в любой точке частотного диапазона на входе и выходе магнитофона сохранялось неизменным, коэффициент усиления сквозного канала должен быть постоянным на всем диапазоне частот. Однако коэффициент усиления в усилителях записи и воспроизведения не остается постоянным в пределах частотного диапазона, а его изменения определяются особенностью процессов записи и воспроизведения.

Процесс записи выполняется так, чтобы на разных частотах уровень намагниченности носителя был один и тот же. При воспроизведении записи низких частот напряжение на воспроизводящей головке нарастает по мере роста частоты со скоростью 6 дБ на октаву. При дальнейшем росте частоты скорость подъема частотной характеристики уменьшается, а затем в области высоких частот начинается ее спад. Поэтому для получения линейной сквозной частотной характеристики необходима коррекция, которая может осуществляться как в усилителях записи, так и в усилителях воспроизведения. Рациональное распределение коррекции между усилителями зависит от спектра шумов и диапазона частот. Так как высокие частоты в реальном звуковом сигнале имеют относительно меньшую амплитуду, чем низкие и средние, для улучшения соотношения сигнал/шум их записывают с подъемом уровня в канале записи.

При произвольно выбранном распределении коррекции в каждом магнитофоне был бы невозможен обмен записанными программами. Поэтому в 1951 г. впервые были стандартизованы частотные характеристики канала воспроизведения. Выбор для стандартизации именно частотной характеристики канала воспроизведения объясняется тем, что глубина и характер низкочастотной коррекции не зависят от типа ленты и ширины рабочего зазора воспроизводящей головки. При стандартизации в качестве эталона принята идеальная воспроизводящая головка, т. е. высоко-

качественная головка, у которой точно измерена и вычислена величина волновых и частотных потерь. Стандартные частотные характеристики каналов воспроизведения для каждой скорости ленты (рис. 125) однозначно определяются постоянными времени полного сопротивления последовательной RC-цепочки (табл. 11). Частотная коррекция канала записи не оговаривается, поскольку ее величина определяется качеством применяемых головок и ленты.

При известной стандартной частотной характеристике канала воспроизведения частотная характеристика канала записи подбирается такой, чтобы обеспечить линейность сквозной частотной характеристики магнитофона в заданном диапазоне частот. Коррекция частотных характеристик усилителей осуществляется специальными фильтрами, состоящими из индуктивных, емкостных и активных элементов. В последние годы широко применяются так называемые активные фильтры, представляющие собой каскады усиления низкой частоты с одной или несколькими корректирующими ячейками, включенными в цепи обратной связи.

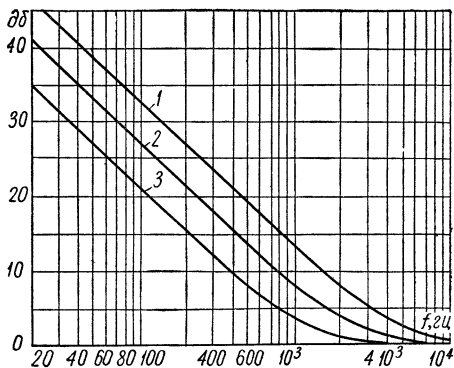


Рис. 125. Стандартные частотные характеристики каналов воспроизведения: 1 — для скоростей 76,2 и 38,1 см/сек; 2 — для скорости 19,05 см/сек, 3 — для скоростей 9,53 и 4,76 см/сек.

Таблица 11

Постоянные времени, соответствующие стандартным частотным характеристикам

Скорость движения ленты, см/сек	Постоянная времени, мксек
76,2 и 38,1	35
19,05	70
9,53	140
4,76 и 2,38	Не установлена

Усилитель записи — это усилитель низкой частоты, у которого предусмотрены частотная коррекция усиливаемого сигнала, работа выходного каскада на нагрузку индук-

тивного элемента.

тивного характера (записывающая головка) и смещение низкочастотного выходного сигнала с высокочастотными колебаниями, осуществляющими подмагничивание ленты во время записи. Усилитель записи может иметь линейный или микрофонный вход или и тот и другой вход одновременно. Так как уровень сигнала от микрофона значительно ниже уровня сигнала от линии, то для нормальной работы усилителя записи микрофонный сигнал усиливается дополнительными каскадами. В некоторых случаях эти каскады выполняются в виде самостоятельного микрофонного усилителя.

При разработке схем усилителей записи уделяется большое внимание снижению уровня нелинейных искажений. Для этого тщательно выбираются рабочие режимы каскадов усилителя, вводится отрицательная обратная связь и выбирается оптимальная величина тока подмагничивания. Усилители питаются напряжением с минимальным коэффициентом пульсаций, а в анодные цепи каскадов вводятся развязывающие фильтры.

Вследствие сравнительно большой величины полезного сигнала, поступающего на вход усилителя записи, собственный уровень его шумов не является особенно критичным параметром. Усилитель записи имеет регуляторы уровня для микрофонного и линейного входов, позволяющие устанавливать оптимальный уровень при записи различных программ. Эти регуляторы включаются так, чтобы они не находились внутри участка схемы, охваченного обратной связью. Уровень сигналов записи контролируется указателем уровня электронно-лучевого или стрелочного типа, вынесенного на лицевую панель.

К особенностям схем усилителей воспроизведения относятся: малая величина входного сигнала (на низких частотах порядка 150 мкВ) и связанные с этим трудности получения заданного соотношения сигнал/шум; большая глубина частотной коррекции при сложной форме частотной характеристики; низкий уровень нелинейных искажений (для высококачественной аппаратуры 1% на низких, 0,5% — на средних и высоких частотах); работа от источника с преимущественно индуктивным внутренним сопротивлением (головка воспроизведения).

При разработке схем усилителей воспроизведения основные трудности связаны с созданием достаточно высокого отношения напряжения сигнала к напряжению шумов и фона.

Для того чтобы уровень шумов сквозного канала магнитофона удовлетворял требованиям стандарта, отношение сигнал/шум усилителя воспроизведения должно быть не хуже 65 дБ для магнитофонов I группы и 40 дБ для II группы. Для выполнения этого условия важно получить минимальный уровень шумов входного каскада, так как эти шумы усиливаются всеми последующими каскадами с тем же коэффициентом усиления, что и полезный сигнал. Вследствие этого входные каскады усилителей воспроизведения обычно выполняют на малошумящих полупроводниковых приборах или лампах и применяют малошумящие сопротивления.

В ламповых усилителях обычно понижают напряжение накала первой лампы, симметрируют цепи накала относительно «земли» либо питают накал постоянным током.

В высококачественных усилителях входной каскад часто выполняют по каскадной схеме. Это дает снижение на 2—3 дБ уровня шумов, обусловленных дробовым эффектом анодного тока и эффектом мерцания, а также уменьшает входную емкость усилителя. Уменьшение входной емкости сдвигает резонанс во входной цепи в сторону более высоких частот, что расширяет диапазон воспроизводимых частот.

Для снижения помех электромагниты, работающие в режимах рабочего хода, питают постоянным током, головки и двигатели снабжают электромагнитными экранами, применяют трансформаторы с малыми полями рассеяния, а также выполняют компоновку магнитофона, уменьшающую взаимное влияние блоков. Для этой цели входной каскад иногда выделяют в самостоятельную экранированную конструкцию, устанавливаемую в непосредственной близости от блока головок. Питание входных каскадов усилителей воспроизведения осуществляется напряжением с минимальным коэффициентом пульсаций.

Шумы усилителя воспроизведения могут появляться также вследствие микрофонного эффекта, возникающего из-за механических вибраций электродов входной лампы и ее сеточных проводов. Вибрации обычно создаются громкоговорителями. Для устранения или уменьшения микрофонного эффекта выбирают входные лампы с повышенной жесткостью конструкции. Ламповые панели входных каскадов ставят на пружинных или резиновых амортизаторах, а подпайку к лепесткам панели осуществляют мягким многожильным проводом. На лампы, расположенные непо-

средственно у громкоговорителей, одевают войлочные колаки, поглощающие звуковые колебания.

Выходные каскады усилителей воспроизведения подразделяются на маломощные и мощные. Первые представляют собой небольшие усилители мощности, выполненные по однотактной или двухтактной схеме, с выходным трансформатором или без него (в зависимости от сопротивления нагрузки). Мощные выходные каскады строятся на лампах или транзисторах большой мощности по двухтактно-параллельной схеме, имеют увеличенные габариты, поля рассеяния и теплоотдачу, вследствие чего такие каскады часто выполняют в виде самостоятельных конструкций (вынесенные усилители). В схемы усилителей воспроизведения вводятся регуляторы усиления, а в высококачественных усилителях также и отдельные регуляторы тембра низких и высоких частот.

Сказанное выше полностью относится к универсальным усилителям, работающим поочередно — в режиме записи и воспроизведения. Во многих случаях уровень сигнала от микрофона бывает такого же порядка, как и от воспроизводящей головки, что позволяет выбирать для обоих режимов работы одинаковое число каскадов усиления. Выходной каскад усилителя в режиме записи может быть использован как генератор стирания и подмагничивания. Обычно электрические схемы универсальных усилителей характеризуются большим количеством коммутирующих устройств, что снижает надежность схемы. Кроме того, работа в разных режимах требует компромиссных решений при выборе параметров схемы. В связи с этим качественные показатели универсальных усилителей, как правило, ниже, чем у отдельных, но, благодаря своей простоте и компактности, такие усилители широко применяются в бытовых и любительских магнитофонах.

Конструктивное выполнение

Конструкция усилителей определяется принципиальными схемами и общей компоновкой магнитофонов. Основными требованиями при конструировании усилителей являются:

- отсутствие вредного взаимного влияния элементов схем;
- высокая технологичность изготовления, сборки и монтажа;

использование ранее разработанных и проверенных конструкций;

унификация конструктивного выполнения схемно подобных блоков;

обеспечение максимального доступа ко всем элементам схем и конструкций;

надежность.

В зависимости от количества каналов различают одно- и многоканальные блоки усилителей. По типу монтажа различают блоки с объемным (навесным) монтажом и блоки с печатным монтажом. Как те, так и другие выполняются открытыми (неэкранированными) и закрытыми (экранированными).

Усилители с применением объемного монтажа в основном используются для ламповых схем и мощных схем на транзисторах, содержащих большое количество крупногабаритных деталей. Печатный монтаж в этом случае не может заметно уменьшить габариты конструкции и его применение только усложняет общий монтаж блока. Простейший каркас, применяемый в любительской практике, показан на рис. 126.

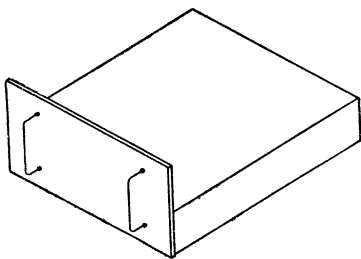


Рис. 126. Каркас одноканального усилителя с объемным монтажом.

Шасси усилителя изготавливается из листового алюминиевого сплава толщиной 1,5—2 мм. Возможно также применение листовой стали, но при этом следует учесть, что в стальных шасси концентрируются магнитные потоки рассеяния. Если сквозь отверстия стального шасси пропускаются входные провода, то на слабые входные сигналы влияют более сильные наводки. Поэтому для усилителей воспроизведения, у которых уровни сигналов малы, стальные шасси применять не рекомендуется.

Каркас одноканального усилителя с объемным монтажом показан на рис. 127. Каркас состоит из лицевой панели 1 и шасси 2, выполненного в виде узкой обечайки, имеющей несущие стенки. На стенке А располагаются лампы и другие элементы конструктивного крепления. На лицевую панель выносятся органы управления и регули-

ровки, а также ручка для переноски и установки блока в аппарат. Разъем 4 с контактами ножевого типа для внешних соединений ставится на стенке В шасси. Элементы, крепящиеся пайкой, размещаются на вертикальной расшивочной плате 3, расположенной внутри обечайки и закрепленной на ушах, отогнутых из материала шасси. Плата 3 может быть выполнена также печатным способом. Монтажный жгут проходит внутри обечайки по нижней

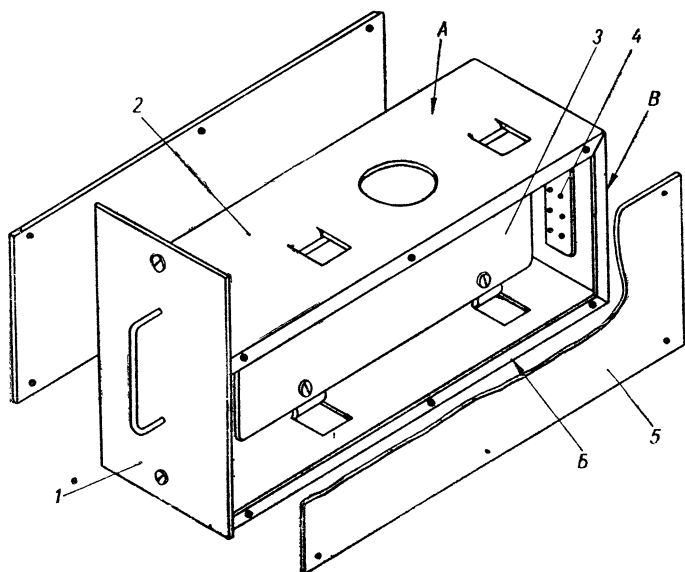


Рис. 127. Каркас одноканального усилителя с объемным монтажом и с экранировкой.

или верхней стенке и крепится хомутиками. По торцам обечайка имеет отбортовки с установленными на них с внутренней стороны резьбовыми втулками. При необходимости иметь экранированную конструкцию блока к этим втулкам при помощи винтов крепятся плоские листовые крышки 5 из высококачественного пермаллоя (80НХС, 79НМ и др.). При снятых крышках обеспечивается легкий доступ ко всем элементам схемы.

К недостаткам такой конструкции следует отнести:

возможность размещения сравнительно небольших по объему схем (порядка четырех каскадов);

невозможность замены ламп без извлечения блока или отбрасывания несущей панели лентопротяжного механизма; слабая естественная вентиляция.

Разновидностью рассмотренной конструкции является каркас для одноканальных усилителей с комбинированным монтажом, компоновка которого позволяет производить замену ламп без извлечения блока (рис. 128). Каркас блока состоит из лицевой панели 2 и обечайки 3, которая в этом случае выполнена по габаритам лицевой панели. Элементы,

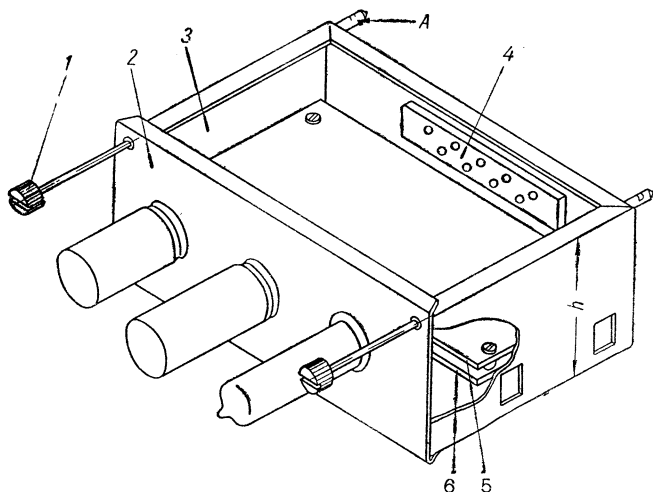


Рис. 128. Каркас одноканального усилителя с комбинированным монтажом.

к которым нужен доступ без извлечения блока, располагаются на лицевой панели (лампы, потенциометры). Разъем 4 с контактами ножевого типа для внешних соединений ставится на задней стенке обечайки. На плате 5, закрепленной на ушках из материала обечайки, размещаются элементы, крепящиеся методом пайки, причем все выводы группируются вдоль ее длинных сторон, обращенных к контактам ламп и к разъему. Благодаря такому монтажу в блоке отсутствует жгут монтажных проводов, а имеются только короткие перемычки от выводов платы до соответствующих контактов на лицевой панели и задней стенке. Плата 5 может быть выполнена также печатным способом.

Высота h обечайки выбрана такой, что под платой 5 при необходимости можно разместить крупногабаритные элементы (например, электролитические конденсаторы) на дополнительной плате 6, которая крепится на те же точки, что и плата 5. По торцам обечайка и лицевая панель имеют отбортовки для жесткости. Лицевая панель и обечайка изготавливаются из листового алюминия толщиной 1—1,5 мм. Блок не имеет экранирующих крышек. При необходимости экранировка усилителя выполняется на рабочем месте в магнитофоне, где имеется соответствующая коробка-экран, изготовленная по габаритам каркаса и являющаяся одновременно направляющей.

Блок крепится при помощи двух вращающихся ручек-защелок 1, проходящих через лицевую панель и заднюю стенку обечайки и заканчивающихся коническими головками с поперечными шлицами А. При установке блока конические головки ручек проходят через отверстия в задней стенке экрана и захватываются имеющимися там пружинными защелками за поперечные шлицы. Для извлечения блока поворачивают одновременно обе ручки, при этом пружинные защелки выходят из пазов и блок освобождается.

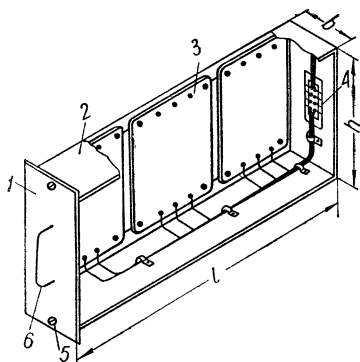


Рис. 129. Одноканальный усилитель с печатным монтажом.

Ручки 1 выступают за лицевую панель на габаритную величину большего элемента (например, лампы) и при рабочем положении блока не выходят за лицевую сторону магнитофона. При этом лицевая панель усилителя оказывается удаленной в глубину аппарата на размер ручек. Вынос всех радиоламп за лицевые панели усилителей облегчает тепловой режим внутри магнитофона, а также создает известные удобства в эксплуатации.

Разработка принципиальных схем усилителей на полупроводниках позволяет использовать при конструировании таких блоков печатный монтаж, что значительно уменьшает их габариты. Каркас такого одноканального усили-

теля изображен на рис. 129. На лицевую панель 1 вынесены органы управления, регулировки, контроля и ручка 6 для переноски блока. Разъем 4 для внешних соединений ставится на задней стенке рамки 2. Все остальные элементы схемы собираются на печатных платах 3 по принципу функционально законченных узлов. Функциональные узлы закреплены на верхней и нижней отбортовках рамки, для чего их вертикальный размер согласуется с высотой h рамки.

Таким образом, по длине l рамки набирается определенное количество узлов — печатных плат. Выводы группируются вдоль верхних и нижних сторон плат, причем все входные — внизу, а выходные — вверх или наоборот. Соответственно уложены монтажные жгуты: входные провода — по одной внутренней стенке, а выходные — по другой. Размер b рамки выбирается по габариту наибольшего элемента схемы. Вместо монтажных проводов иногда используют выполненную печатным способом субпанель, на которую ставятся и распаиваются все функциональные узлы. Блок не имеет собственной экранировки. При необходимости она осуществляется на рабочем месте с помощью коробки-экрана, куда вставляется усилитель. Блок крепится с помощью двух невыпадающих винтов 5. Лицевая панель выполняется из листового материала (сталь, алюминий).

Рамка изготавливается как штамповкой из листовой стали, так и из алюминиевых сплавов — методом литья под давлением. Последний способ обеспечивает повышенную жесткость конструкции (особенно при $l > 200$ мм), а также идентичность установочных размеров, что важно для взаимозаменяемости. Конструкция блока проста и позволяет иметь доступ ко всем элементам. К недостаткам такой конструкции относятся: невозможность размещения крупногабаритных деталей и несколько пониженная естественная вентиляция.

Многоканальные усилители также разрабатываются на лампах или полупроводниках. Многоканальный ламповый усилитель выполняется в виде наборной конструкции из усилителей, рассмотренных ранее (рис. 127 и 128). При значительном количестве каналов (например, восемь записи и восемь воспроизведения) такой усилитель получается сравнительно большого объема по отношению к объему лентопротяжного механизма и применяется в высококачественной стационарной аппаратуре, выполняемой в виде прибор-

ных шкафов. Компоновка многоканальных усилителей на полупроводниках производится по ячеечному, кассетному или стержневому принципам. Ячеечная конструкция многоканального усилителя состоит из набора усилителей

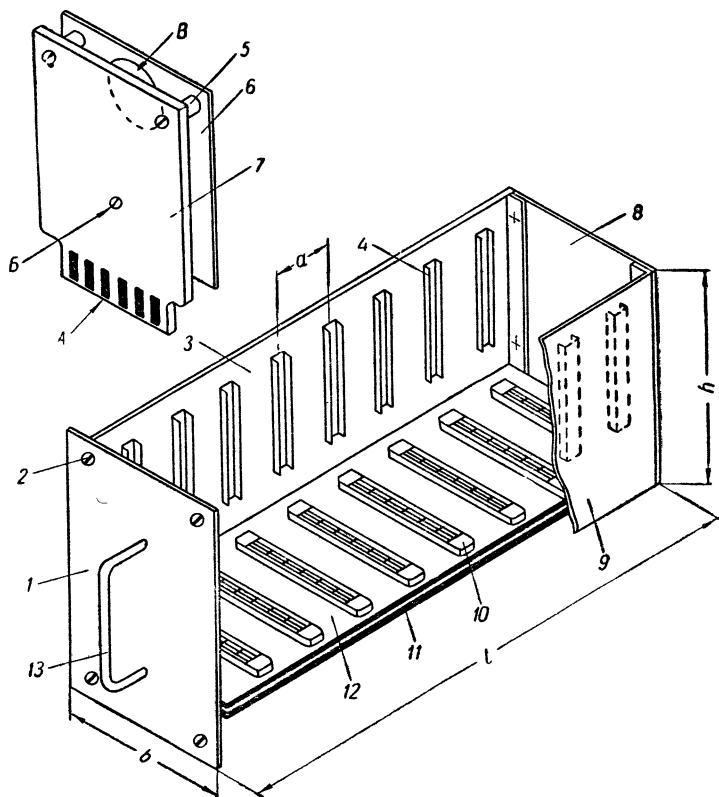


Рис. 130. Кассетная конструкция многоканального усилителя с печатным монтажом (кассеты соединяются с блоком разъемами).

(рис. 129), объединенных в общем корпусе магнитофона в один или несколько этажей.

Одна из кассетных конструкций многоканального усилителя на полупроводниках показана на рис. 130. Каркас блока состоит из лицевой панели 1, задней панели 8, боковых стенок 3 и 9 с направляющими 4. В нижней части кар-

каса находятся субпанели 12 и 11. На субпанели 12 закреплены и распаяны внутриблочные гнездные части разъемов 10, а также выполнена часть монтажных соединений. Остальной монтаж несет на себе субпанель 11. Субпанели изготавливаются методом печатного монтажа, распаиваются и закрепляются на уголках, приваренных к боковым стенкам. Выводы группируются на узкой стороне возле лицевой панели, на которую вынесены органы управления, контроля, общей регулировки и ручка 13 для переноски блока. Разъем любого типа для внешних соединений устанавливается на лицевую панель (при этом подключение к блоку осуществляется гибким кабелем). Возможна также установка разъема с контактами ножевого типа на задней панели. В этом случае субпанели 11 и 12 имеют выводы на узкой стороне и у задней панели.

Все каналные усилители, выполненные в виде функционально и конструктивно законченных печатных плат 7, закреплены на плоских экранах 6 кассетного типа, причем экраны располагаются со стороны печатных проводников на распорных втулках 5, исключающих возможность замыкания паек на металл. Для соединения с внутриблочным разъемом 10 функциональная плата на стороне А имеет ряд контактных площадок, выполненных печатным способом в виде ножевой части разъема. При установке канального усилителя на рабочее место боковые торцы экрана 6 скользят по направляющим 4, что обеспечивает сочленение ножевых и гнездных контактов. Для извлечения усилителя в кассете есть отверстие В. Винт Б, скрепляющий плату 7 с экраном 6, расположен посередине нижнего края платы, вследствие чего ножевая часть разъема может самоустанавливаться по гнездной. Конструкция блока обеспечивает хорошую междуканальную экранировку. Окончательная экранировка осуществляется на рабочем месте при установке блока в коробку-экран, а крепление блока производится четырьмя невыпадающими винтами 2.

Лицевая панель изготавливается из листового алюминиевого сплава, а боковые стенки, направляющие 4 и задняя панель — из высококачественного пермаллоя и соединяются точечной сваркой. Экран также изготавливается из пермаллоя. Рассмотренная конструкция позволяет производить компоновку многоканальных усилителей в небольших габаритах. На кассетах возможна установка крупногабаритных элементов, так как шаг *a* между кассетами может

быть любым. К недостаткам такой конструкции можно отнести:

1) соединение канальных усилителей при помощи разъемов, снижающее надежность блока, поскольку при очень малых величинах токов в полупроводниковых схемах большое количество переходных контактов в блоке может привести к отказу;

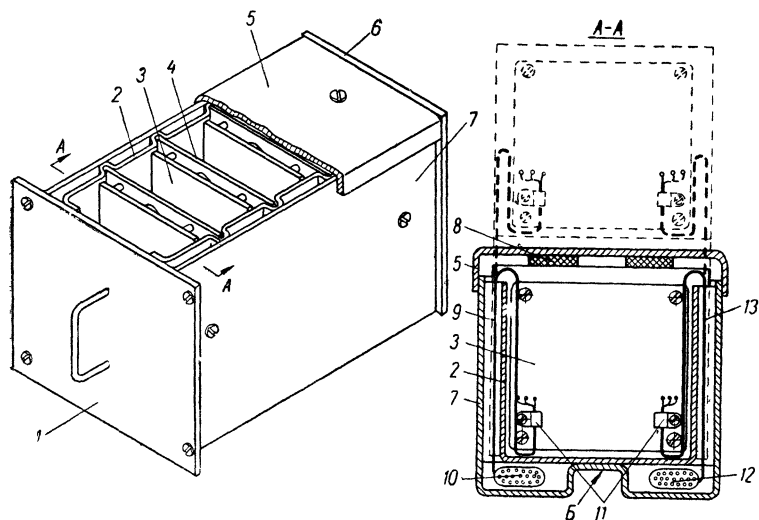


Рис. 131. Кассетная конструкция многоканального усилителя с печатным монтажом (кассеты соединяются с блоком эластичными жгутами).

2) обесточивание канальных усилителей при их извлечении, что усложняет проверку и настройку блоков;

3) отсутствие естественной вентиляции.

Конструкции многоканальных усилителей кассетного типа с внутриблочными разъемами применяются в профессиональной аппаратуре, где требуется быстрая замена одних функциональных узлов другими.

На рис. 131 показана конструкция многоканального усилителя кассетного типа, принципиальное отличие которой от предыдущей состоит в том, что соединение канальных усилителей с общим монтажом блока осуществлено гибкими монтажными проводами.

Каркас блока имеет корпус 2 с направляющими, к которому прикреплены передняя 1 и задняя 6 панели. Расположение элементов схемы аналогично предыдущему за исключением внешних соединений: входной разъем находится на передней панели, а выходной — на задней. Соответственно жгуты монтажных проводов идут вдоль блока между стенками корпуса 2 и кожуха 7: входной 10 и выходной 12. По длине жгутов в местах установки канальных усилителей — кассет (экраны 4 с печатными платами 3) имеются закрепленные отводы 9 и 13, которые огибают верхние кромки корпуса 2 и заходят на печатные платы усилителей, где зажимаются хомутиками 11 и распаиваются. Поскольку входные и выходные проводники подходят к плате раздельно, их количество в каждом жгуте невелико (обычно 2—4 провода). Такие жгуты, выполненные из гибких многожильных проводов небольшого сечения, увязываются нитками и имеют форму эластичного ремня. Сверху блок защищен крышкой 5, прижимающей прокладкой 8 из губчатой резины канальные экраны 4 с платами. При извлечении какого-либо усилителя внутренние участки подводящих проводников 9 и 13 изгибаются, как указано пунктиром, обеспечивая настройку и ремонт канальных усилителей без их отключения от общей схемы. Кожух 7 и крышка 5 крепятся к корпусу 2 винтами. Корпус, кожух, крышка и канальные экраны изготавливаются из высококачественного пермаллоя, а передняя и задняя панели — из стали «Э», благодаря чему в блоке имеется надежная экранировка между каналами, подводящими проводниками, входным и выходным разъемами и жгутами этих разъемов. Для экранирования в кожухе 7 имеется прямоугольный зиг Б, проходящий между жгутами по всей длине блока.

В случае применения наружного экрана в виде кожуха и легкоъемной крышки усилитель можно крепить непосредственно на несущей панели лентопотяжного механизма под блоком головок, что уменьшает длину входных проводников. К недостаткам конструкции относятся несколько увеличенная длина подводящих проводов от общего жгута к выводам печатных плат и отсутствие естественной вентиляции.

Стержневая конструкция многоканального усилителя показана на рис. 132. Несущим элементом конструкции служит каркас, состоящий из лицевой панели 2, рамы 5 и задней панели 4. Расположение элементов схемы такое же,

как и в кассетной конструкции рис. 131, но принципиальное отличие от нее заключается в том, что все печатные платы 3 собираются в пакет на развальцованных в них по четырем углам пустотелых распорных втулок 6 и стягиваются четырьмя стержнями 1, 9, 10, 11, которые завинчиваются в резьбовые втулки на задней панели.

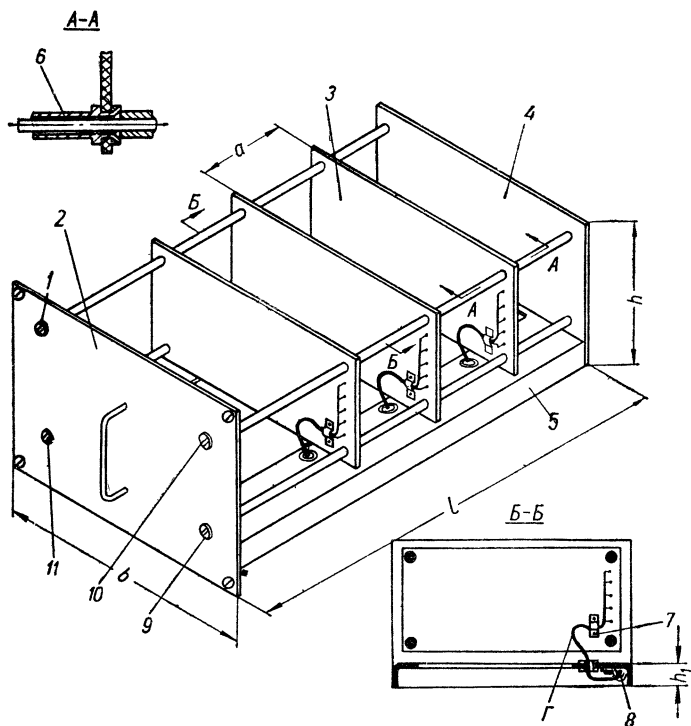


Рис. 132. Стержневая конструкция многоканального усилителя с печатным монтажом с извлечением стержней для доступа к элементам.

Жгут монтажных проводов 8 закреплен хомутиками в правой нижней части рамы 5 и по своей длине у каждой из печатных плат имеет ответвление в виде небольшой петли Г, конец которой зажат хомутиком 7 и распаян на плате. Рама 5 уголкового конструкции проходит по периметру каркаса и является элементом жесткости. Высота h_1

рамы небольшая, порядка 15—20 мм. Для извлечения какого-либо усилителя стержни 10, 11 и 1 извлекаются и нужная плата выворачивается по часовой стрелке на угол порядка 90° на стержне 9, который служит осью вращения. Длина петли Г выбирается с необходимым припуском. Для уменьшения длины петли хомутик 7 на плате располагается возможно ближе к оси вращения. Возврат плат на место производится в обратном порядке. Распорные втулки 6 плат определяют шаг *a* усилителей.

Для исключения деформации каркаса при изменении общей длины стягиваемого пакета плат стержни 9, 10, 11 и 1 удерживаются лицевой панелью только в радиальном направлении. При необходимости между платами ставят экраны из пермаллоя. Общая экранировка блока при необходимости осуществляется на рабочем месте.

В связи с отсутствием горизонтальных стенок в блоке обеспечена хорошая вентиляция. К недостаткам конструкции относятся близкое расположение входных и выходных проводов и необходимость съема трех стержней для извлечения платы. Разновидностью описанной конструкции является каркас, представленный на рис. 133. В этом каркасе не используют уголковую раму, а вместо четырех имеется три неизвлекаемых стержня 8, 9 и 12, скрепляющие лицевую 1 и заднюю 4 панели и служащие элементом жесткости каркаса.

Из эстетических соображений стержни крепятся так, что их торцы на лицевой панели не видны. У лицевой панели на стержнях штифтами закреплены втулки 16 с гайками 14 и контргайками 15. На стержень 12 одеты экраны 2 с печатными платами 3 усилителей, шаг между которыми обеспечивают насаженные свободно на стержнях распорные втулки 13. Выворачивание и возврат экранов в данной конструкции производится без извлечения стержней, что упрощает пользование блоком. На стержень 8 экраны одеваются косыми пазами Г. При завинчивании гаек 14 все экраны зажимаются между торцами распорных втулок 13. Для извлечения любой платы контргайки 15 и гайки 14 отпускаются, экран 2 выворачивается по часовой стрелке и фиксируется в нужном положении затяжной гайкой 14 на стержне 12, служащем осью вращения экранов. Петля В подводных проводов от жгута 10, находящегося в желобе 5, выбирается минимальной и закрепляется хомутиком 7. Общая экранировка блока осуществляется на рабо-

чем месте. Конструкция каркаса проста, обеспечивает оперативный доступ ко всем элементам схемы и имеет хорошую вентиляцию. Подобные каркасы применяются не только для усилителей, но и для других неэкранированных

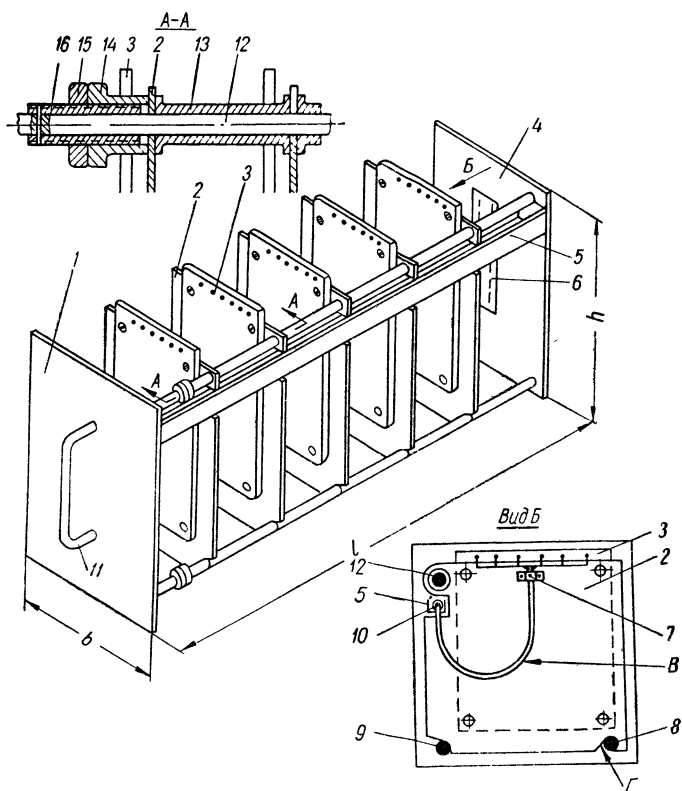


Рис. 133. Стержневая конструкция многоканального усилителя с печатным и комбинированным монтажом без извлечения стержней для доступа к элементам.

блоков. В последнем случае сплошные экраны 2 заменяются плоскими рамками-держателями функциональных плат. Рамки-держатели выполняются из листового алюминиевого сплава. На задней панели имеется междублочный разъем 6, а на лицевой — ручка 11.

2. ГЕНЕРАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

В настоящее время для высококачественной записи широко применяется высокочастотное стирание и подмагничивание. Для этих целей используются генераторы высокой частоты (ГВЧ), представляющие собой автогенераторы небольшой мощности (1—5 *вт*).

К генераторам высокой частоты магнитофонов предъявляются следующие основные требования:

сохранение заданной стабильности высокочастотных колебаний по амплитуде и частоте;

получение колебаний с минимально допустимыми нелинейными искажениями;

обеспечение заданной мощности колебаний;

минимальное излучение энергии в окружающее пространство.

Выбор частоты стирания и подмагничивания генератора зависит от полосы записываемых частот, скорости движения и типа ферромагнитной ленты, конструкции магнитных головок.

Частоты стирания и подмагничивания должны превышать верхнюю записываемую частоту в несколько раз. При этом они не прослушиваются и уменьшаются амплитуды комбинационных тонов, которые возникают вследствие биений между записываемыми сигналами и частотой подмагничивания.

В массовой и любительской аппаратуре используется одна частота стирания и подмагничивания от общего ГВЧ. При максимальной записываемой частоте 12 *кГц* частота генератора обычно не превышает 35—45 *кГц*. Увеличение частоты нецелесообразно, так как при использовании высокоомных универсальных магнитных головок с большой собственной емкостью неоправданно увеличивается мощность генератора.

В профессиональной аппаратуре частоты стирания и подмагничивания нередко различны и их получают от отдельных генераторов. Частоту подмагничивания желательно выбирать больше (порядка 120—180 *кГц*), так как это снижает шум сигналаграммы и ослабляет комбинационные тона, особенно при записи высоких частот. Частоту стирания из-за сильного нагрева головок, приводящего к оплавлению ленты, нельзя увеличивать до частоты подмагничивания. Поэтому величина ее лежит в пределах 50—60 *кГц*.

Для предотвращения биений между частотами обоих генераторов, в результате чего на носитель записывается разностная частота, необходимо выполнить условие

$$f_{\text{п}} \geq 3f_{\text{с}} + 20 \text{ (кГц)}, \quad (\text{VII-1})$$

где $f_{\text{п}}$ — частота подмагничивания;
 $f_{\text{с}}$ — частота стирания.

При увеличении коэрцитивной силы рабочего слоя ленты частоты токов стирания и подмагничивания должны повышаться. Одновременно следует также увеличивать и мощность, подводимую к магнитным головкам.

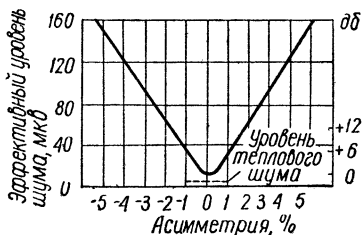


Рис. 134. Кривая зависимости шума сигналограммы от постоянного подмагничивания, вызываемого асимметрией формы тока высокочастотного подмагничивания.

Для нормальной работы высокочастотного стирания и подмагничивания мало зависит от стабильности частоты генератора. Для нормальных по качеству записей допускается нестабильность частоты генератора $\pm 5\%$. В отношении стабильности амплитуды колебаний генератора предъявляются более жесткие требования. Особенно жесткие требования предъявляются к ГВЧ в отношении симметричности формы колебаний. Дело в том, что асимметрия формы тока подмагничивания порядка 1% увеличивает шум сигналограммы на 4 дБ. Кривая зависимости шума сигналограммы от постоянного подмагничивания, вызываемого асимметрией формы тока подмагничивания, показана на рис. 134.

Асимметрия формы колебаний возникает из-за четных гармоник, поэтому стремятся подавить их на выходе генератора. Форма высокочастотных колебаний генератора может быть синусоидальной или прямоугольной.

Мощность генерируемых колебаний зависит от частоты, амплитуды токов стирания и подмагничивания, от скорости

движения и типа носителя, от конструкции и добротности магнитных головок, от правильной экранировки генератора.

Мощность, затрачиваемая на подмагничивание, во много раз меньше мощности, затрачиваемой на стирание.

Энергия поля высокочастотных колебаний излучается в пространство, создает наводки на усилители самого магнитофона и на расположенные вблизи радиоприемники, что иногда приводит к записи биений в виде свиста (при записи от приемника). Поэтому все виды излучения генератора во внешнее пространство и в сеть питания магнитофона необходимо сводить к минимуму.

Принципиальные схемы генераторов

Генераторы высокой частоты, применяемые в магнитофонах, разделяются на однотактные и двухтактные. В массовых и любительских магнитофонах чаще всего приме-

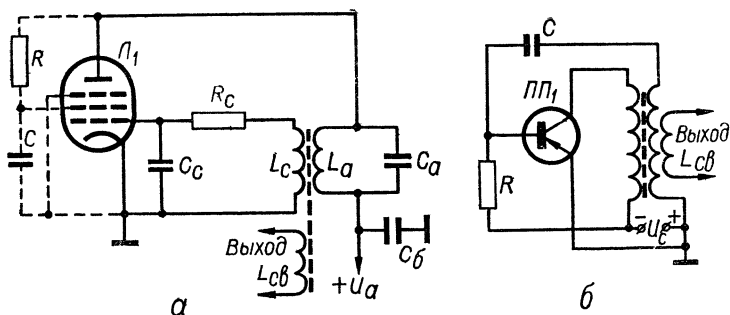


Рис. 135. Принципиальные схемы однотактных генераторов на: а — лампах; б — полупроводниках.

няются однотактные, в профессиональных — двухтактные схемы генераторов. Выход ГВЧ через различные схемы связи нагружается магнитными головками стирания и записи.

Однотактные генераторы с трансформаторной связью (рис. 135, а, б) содержат на выходе четные гармоники, которые приводят к некоторой асимметрии формы колебаний.

Ламповый генератор (рис. 135, а) может быть построен на триодах 6Н1П, 6Н2П, 6Н3П или тетродах и пентодах 6П1П, 6П14П, где добавляются только элементы цепи питания экранирующей сетки (показано пунктиром).

Генератор на транзисторах (рис. 135, б) может быть построен на триодах П201, П203, П209, П210 и др.

В универсальных усилителях (например, в усилителе магнитофона «Днепр-10») иногда применяют схему генератора, совмещенную с выходным каскадом (рис. 136). В режиме «Воспроизведение» (В) переключатель Π_1 шунтирует контур L_6 . Оба конца его соединяются с корпусом, переключатель Π_2 соединяет управляющую сетку L_4 с предыдущим каскадом. Лампа L_4 работает как усилитель мощ-

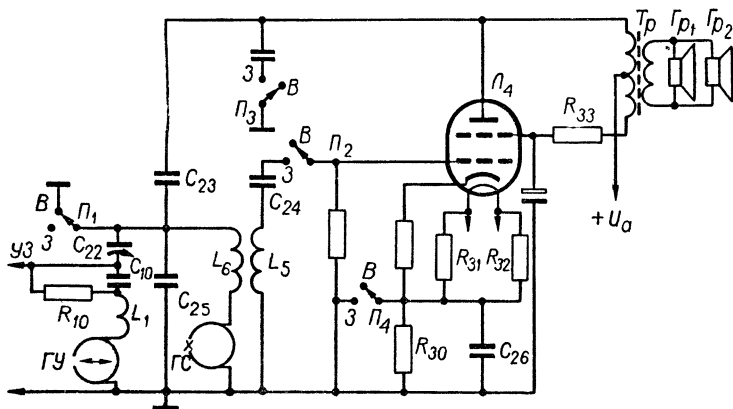


Рис. 136. Схема генератора, совмещенная с выходным каскадом универсального усилителя.

ности. В режиме «Запись» (З) переключатель Π_1 соединяет контур L_6 с анодом лампы L_4 , который образует анодный контур генератора. Переключатель Π_2 соединяет контур L_5 с управляющей сеткой L_4 , образуя сеточный контур генератора. При этом лампа L_4 , отсоединенная от предыдущих каскадов, работает как генератор высокой частоты.

Двухтактные ламповые и полупроводниковые генераторы (рис. 137, а, б, в, г) не содержат четных гармоник и, следовательно, асимметрия формы колебаний у них минимальная. Наличие небольшой асимметрии объясняется невозможностью точно сбалансировать оба плеча генератора. К. п. д. двухтактных генераторов также значительно выше, поэтому они часто применяются в высококачественной аппаратуре. Схема двухтактного лампового генератора

с индуктивной связью приведена на рис. 137, а. Наличие в катодной цепи сопротивления R_k обратной связи по току дает автоматическую балансировку обеих половин схемы. Этим достигается очень высокая симметрия формы колебаний на выходе генератора.

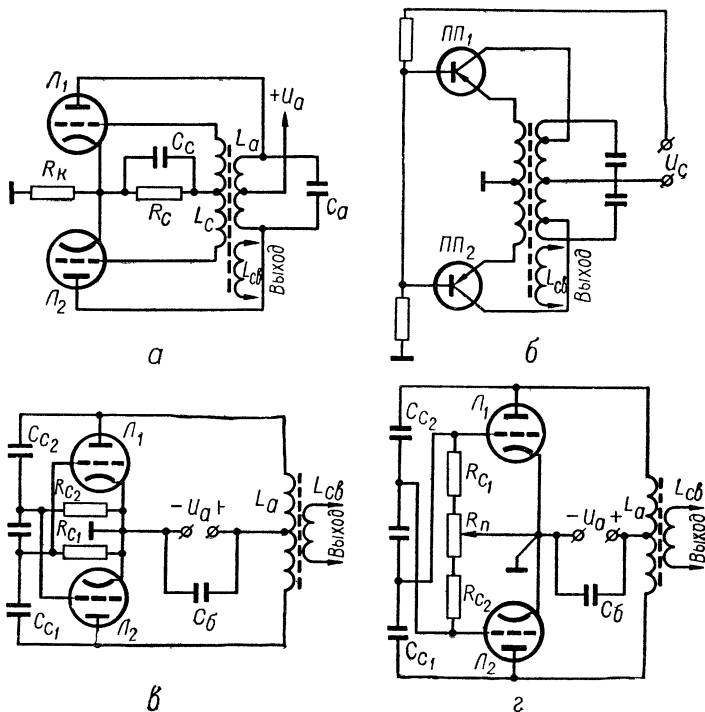


Рис. 137. Принципиальные схемы двухтактных генераторов: а — с индуктивной связью на лампах, б — с индуктивной связью на полупроводниках, в — с емкостной связью; г — с емкостной связью и регулировкой симметрии.

Генератор может работать и без сопротивления R_k , при этом несколько увеличивается асимметрия, но одновременно возрастает колебательная мощность.

На рис. 137, б показана схема простого двухтактного генератора на транзисторах с индуктивной связью. Асимметрия формы колебаний его несколько выше, чем у генератора, собранного по схеме рис. 137, а.

Двухтактный генератор с емкостной связью (рис. 137, в) не содержит обмотки обратной связи и, следовательно, конструктивно проще, чем генератор по схеме рис. 137, а. Асимметрия формы его колебаний выше из-за трудности точного подбора одинаковых емкостей связи. Этот недостаток устраняется введением в схему генератора регулятора симметрии R_{Π} (рис. 137, з). Изменяя положение ползунка, можно плавно регулировать сеточное смещение, а следовательно, и выполнять балансировку обеих половин генератора. Наименьший шум сигналограммы на паузе

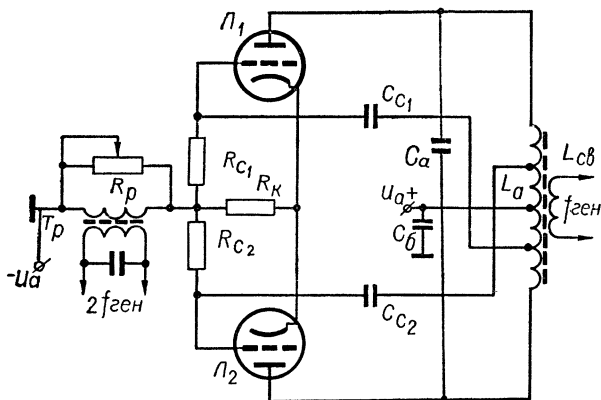


Рис. 138. Схема двухтактного генератора с двумя генерируемыми частотами.

соответствует точной балансировке. Симметрия формы колебаний в хорошо настроенном генераторе высокая, однако в связи с недостаточной устойчивостью работы и необходимостью частой подстройки применение генератора, собранного по такой схеме, ограничено.

В двухтактных схемах усилителей или генераторов на анодной нагрузке присутствуют только токи нечетных гармоник (первой, третьей), а в общем проводе питания складываются только токи четных гармоник (второй, четвертой). Применяя для выделения нужных частот настроенные резонансные контуры, можно построить множество схем двухтактных генераторов с двумя генерируемыми частотами. Из этих частот нижнюю, получаемую от основной гармоники, можно применять для стирания; верхнюю, по-

лучаемую от второй гармоники, — для подмагничивания в режиме записи. Схема двухтактного генератора с двумя генерируемыми частотами приведена на рис. 138.

Следует отметить, что генераторы на транзисторах конструктивно проще, отличаются значительной экономичностью, высокой механической прочностью и большей долговечностью. К недостаткам их следует отнести зависимость параметров полупроводниковых приборов от температуры и более высокий уровень шумов. При соответствующей температурной стабилизации и правильном выборе режимов работы генераторы высокой частоты на транзисторах

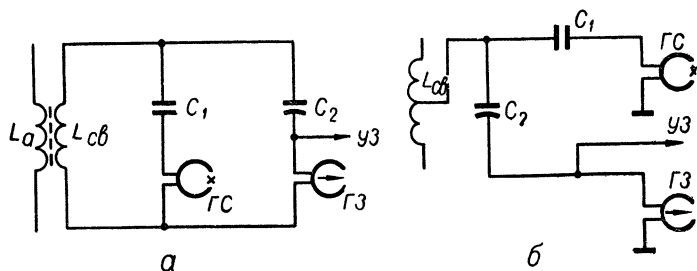


Рис 139. Схемы связи генератора с нагрузкой:
а — трансформаторная; б — автотрансформаторная.

не уступают ламповым, а по многим показателям даже превосходят их, что позволяет применять такие генераторы в высококачественных и экономичных магнитофонах.

Нагрузкой генератора служат магнитные головки стирания и записи, которые подключаются к нему при помощи различных схем связи. Назначение схем связи — согласование сопротивления нагрузки с сопротивлением генератора. Кроме того, в генераторах с одной частотой стирания и подмагничивания в схемах связи происходит распределение энергии между магнитными головками.

Применяя отдельную обмотку связи в трансформаторной схеме (рис. 139, а), можно в значительной мере отфильтровать высшие гармоники. Конденсатором C_2 подбирают ток подмагничивания при настройке, емкость его обычно лежит в пределах 8—30 *нф*. Разделительный конденсатор C_1 ослабляет низкочастотный ток различных наводок (50, 100 *гц*). Его емкость выбирается в зависимости от индуктивности применяемой головки стирания так, чтобы

резонансная частота контура была несколько меньше частоты стирания. В бытовой и любительской аппаратуре, где применяется автотрансформаторная (индуктивная) связь с одной общей обмоткой $L_{св}$ (рис. 139, б), емкость конденсатора C_1 обычно лежит в пределах 1000—3000 пф.

В профессиональных магнитофонах широко применяется трансформаторная связь с двумя отдельными обмотками связи: одна — для стирающей, другая — для записывающей магнитных головок. В бытовых магнитофонах, где нет жестких требований по фильтрации высших гармоник, применяют автотрансформаторную (кондуктивную) связь. Головки стирания и записи подключаются к отводу обмотки контура генератора. Конденсаторы связи выбираются так же, как и для схемы по рис. 139, а, б.

Конструктивные особенности генераторов

Чтобы выполнить требования по минимальному излучению высокочастотной энергии генератором, необходимо применить определенные методы борьбы с различными видами излучений.

В массовых магнитофонах генераторы рекомендуется собирать на отдельных платах и располагать в отдалении от входных цепей усилителя. Для уменьшения излучения контура его рекомендуется выполнять на тороидальном сердечнике или ставить в броневые сердечники типа СБ-3а, СБ-4а и др. При намотке контура на обычных гильзах (каркасах) его следует заключать в экран, изготовленный из алюминия, меди или латуни.

Устанавливать контуры генератора ближе, чем на 8—15 мм от шасси, экранов и кожухов не рекомендуется, так как это приводит к значительным потерям энергии высокой частоты.

В высококачественной бытовой и в профессиональной аппаратуре весь генератор высокой частоты помещается в экран из пермаллоя или меди.

Генераторы стирания и подмагничивания обычно монтируют на отдельных платах и ставят между ними двойной экран: из пермаллоя и меди. Медный экран подвергается серебрению. Между экранами помещается изолирующая прокладка толщиной 0,5—1 мм (листовая резина, гетинакс и др.). Проводники, соединяющие генератор и нагрузку, в бытовых магнитофонах свивают и экранируют.

В профессиональной аппаратуре генератор и нагрузка соединяются отдельными коаксиальными кабелями (например РК-119) при помощи высокочастотных разъемов типа ВР-73, ВР-74 и др.

Для предупреждения проникания токов высокой частоты в питающую сеть оба проводника входа сети блокируют емкостью 0,1—0,25 мкф или же ставят заградительный фильтр.

Конструктивное выполнение генераторов, если они выделяются в отдельные блоки, оформляется аналогично конструкциям усилителей низкой частоты. Несущими конструкциями ламповых генераторов служат каркасы, показанные на рис. 127, 128, полупроводниковых — на рис. 129.

3. БЛОКИ ПИТАНИЯ

Блоки питания служат для питания всех приборов и узлов магнитофона необходимыми переменными и постоянными (выпрямленными) напряжениями и токами. Блоки питания классифицируют на активные и пассивные.

Активный блок питания имеет собственный источник электрической энергии (аккумуляторы, сухие батареи, термоэлектрогенератор) и преобразователи: постоянного напряжения в постоянное и постоянного в переменное. Такие блоки питания применяются в переносной бытовой и профессиональной аппаратуре.

Пассивный блок питания не имеет собственного источника, а преобразует напряжение питающей сети в постоянное и переменное соответственно требованиям нагрузки. Эти блоки питания применяются во всех устройствах магнитной записи: профессиональных, массовых, любительских и специальных. К схемам блоков питания предъявляются следующие основные требования:

- получение номинальных напряжений с заданной точностью;

- соответствие величины пульсации выпрямленных напряжений требованиям нагрузки;

- минимальное количество органов управления, контроля, регулировки;

- максимальное использование разработанных и проверенных схем и унифицированных узлов и деталей;

- надежность работы.

Особенности электрических схем

Выбор принципиальной схемы выпрямителя производится в зависимости от рода тока питания, мощности нагрузки, допустимых отклонений выходных напряжений, величины пульсаций и назначения магнитофона. Применительно к величине выпрямленного тока или напряжения схемы блоков питания выполняются на лампах, полупроводниковых приборах, а также с применением и тех и других элементов. Для более надежной работы элементы схемы выбираются с запасом по мощности, напряжению или току.

Электрические схемы выпрямителей подразделяются на однополупериодные, двухполупериодные и мостовые. Однополупериодная схема очень проста, но имеет большие пульсации выпрямленного напряжения и низкое использование трансформатора по мощности. Она применяется для питания узлов, некритичных к величине пульсаций (например, для питания электромагнитов постоянного тока). Большинство выпрямителей малой и средней мощности на электровакуумных приборах выполняются по двухполупериодной схеме, обеспечивающей более высокие качественные показатели. Мостовые схемы чаще всего применяются в выпрямителях, работающих на полупроводниках. В последнее время, благодаря прогрессу в полупроводниковой технике, эти схемы становятся основными для блоков питания аппаратов магнитной звукозаписи.

Сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения имеет большое значение для снижения уровня шумов и нелинейных искажений усилителей. В зависимости от назначения выпрямителя допустимые величины коэффициента пульсаций на его выходе (после фильтра) должны иметь следующие значения:

<i>Устройство</i>	<i>Коэффициент пульсации</i>
Первые каскады микрофонных усилителей . . .	0,00001 — 0,00002
Предварительные каскады УНЧ . . .	0,0001 — 0,001
Оконечные каскады УНЧ (однотактная схема)	0,001 — 0,005
Оконечные каскады (двухтактная схема)	0,005 — 0,02
Обмотки возбуждения динамиков . . .	До 0,2

Уменьшение пульсаций осуществляется Г- или П-образными индуктивно-емкостными (LC), реостатно-емкост-

ными (RC), а также электронными или полупроводниковыми фильтрами.

При существующих колебаниях напряжения сети выпрямленное напряжение изменяется в пределах $\pm 10\%$. Если такое изменение напряжения на выходе выпрямителя недопустимо (например, для питания стабилизаторов скорости ленты), применяются стабилизаторы напряжения, которые в зависимости от схемы и режима поддерживают номинальное значение выходного напряжения с точностью порядка 0,01—0,5%.

Для стабилизации выпрямленного напряжения применяются газовые, полупроводниковые или электронные стабилизаторы. Газовые стабилизаторы просты по устройству, но имеют низкий коэффициент стабилизации и к. п. д. Полупроводниковые стабилизаторы имеют высокий коэффициент стабилизации (до 1000), повышенный к. п. д. и низкое выходное сопротивление (десятые доли ома). Эти стабилизаторы хорошо работают при стабилизации низких выпрямленных напряжений (до 30 в), чем объясняется их широкое применение в выпрямителях для питания полупроводниковых схем.

Электронные стабилизаторы обладают более высокими качественными показателями по сравнению с полупроводниковыми. Кроме того, они одновременно выполняют фильтрацию выпрямленного напряжения, ввиду чего в несколько раз уменьшаются габариты фильтров выпрямителя. Электронные стабилизаторы применяются для питания наиболее ответственных цепей усилителей и устройств стабилизации движения ленты профессиональной аппаратуры.

Стабилизация переменного напряжения обычно осуществляется при помощи феррорезонансных стабилизаторов, которые поддерживают на выходе напряжение с большой точностью (до 0,5%). К недостаткам этих стабилизаторов относятся: зависимость стабильности выходного напряжения от изменения частоты, сильные поля рассеяния и искажения формы напряжения сети.

В зависимости от выполняемых функций различают выпрямители анодного напряжения, выпрямители напряжения накала, выпрямители питания автоматики и выпрямители питания исполнительных устройств. Все выпрямители объединяются в один блок питания, которому придается также функции питания различными величинами

переменного напряжения двигателей, муфт и других элементов привода.

Так как блоки питания являются самыми энергоемкими устройствами, при разработке их схем особое внимание уделяется обеспечению нормального теплового режима как самого блока, так и всего аппарата. От большого концентрированного выделения тепла ухудшаются рабочие характеристики полупроводниковых приборов, трансформаторов, нагревается механизм, коробится и пересыхает лента. Конструктивные меры, применяемые для облегчения теплового режима магнитофона, могут быть эффективными при правильном выборе элементов электрической схемы и их режимов работы.

Конструктивное выполнение

Конструктивно блоки питания выполняются в соответствии с их принципиальными схемами, общей компоновкой магнитофонов и с учетом следующих основных требований:

обеспечение теплового режима в допустимых для элементов схемы пределах;

высокая технологичность изготовления, сборки, монтажа;

жесткость конструкции;

унификация конструктивного выполнения схемно подобных блоков;

обеспечение максимального доступа ко всем элементам схем и конструкций;

минимальные внешние поля рассеяния.

Блоки питания различают по мощности питания на маломощные (до 50 *вт*) и мощные (до 100 и более *вт*) и по способу выполнения монтажа на объемные, печатные и комбинированные. Печатными выполняются конструкции некоторых маломощных блоков питания, элементы схем которых допускают размещение и механическое крепление на печатных платах. В комбинированных конструкциях печатный монтаж обычно применяется для схем стабилизаторов, делителей напряжения, схем коммутации и других малогабаритных устройств. Для исключения взаимного влияния магнитных полей моточных изделий они располагаются так, чтобы оси их катушек находились под углом 90°.

Вследствие незначительного количества органов управления и контроля некоторые конструкции несложных бло-

ков питания не имеют лицевых панелей (рис. 140). Выключатель сети, предохранитель и сигнальная лампочка в таких случаях выносятся на панель усилителя или общую панель магнитофона. Блок на рабочем месте крепится подпружиненными винтами.

Для блоков питания с объемным и комбинированным монтажом используются каркасы с лицевыми панелями (см. рис. 126, 127). Это особенно желательно в тех случаях, когда и блоки усилителей данного магнитофона выполнены на таких каркасах.

Каркас коробчатой формы (рис. 141) также рассчитан для объемного и комбинированного монтажа. Органы управления, сигнализации и приборные ручки расположены в углублении лицевой панели, что не увеличивает габариты блока и предохраняет эти элементы от механического повреждения.

К основным недостаткам рассмотренных блоков питания относятся слабая естественная вентиляция вследствие горизонтально расположенных несущих стенок и закрытых объемов (подвалы), а также отсутствие удобного доступа к элементам схем.

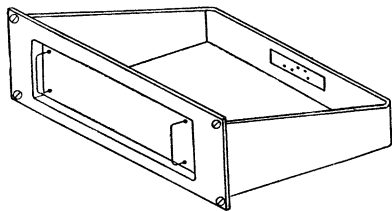


Рис. 141. Каркас коробчатой формы для блока питания с объемным и комбинированным монтажом.

Более рациональной для блоков питания следует считать конструкцию каркаса с вертикально расположенной несущей стенкой (рис. 142). Каркас состоит из передней 1 и задней 3 панелей, стенки 2 и рамки 4 уголкового профиля для жесткости. Все элементы схемы, кроме вынесенных на переднюю и заднюю панели, расположены на вертикальной несущей стенке 2 со стороны А. Стенка смещена от центра блока настолько, чтобы в размере b_1 уложился монтаж ламповых панелей и других элементов с проходными контак-

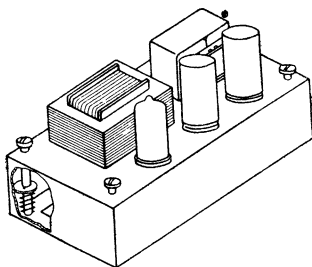


Рис. 140. Блок питания без лицевой панели.

тами. Там же находятся монтажные расшивки. Размер b_2 определяется габаритами максимального элемента, поэтому общая ширина b блока сравнительно небольшая (150—200 мм). Лицевая панель и стенка 2 для большей жесткости имеют

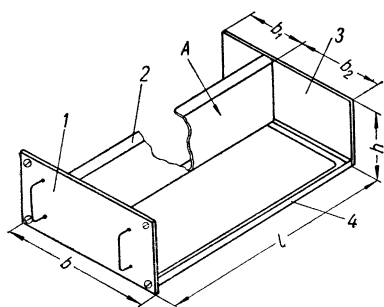


Рис. 142. Каркас с вертикально расположенной несущей стенкой.

коробчатую конструкцию. Все детали каркаса выполняются из алюминиевого сплава или стали, в зависимости от веса элементов схемы, и соединяются точечной сваркой. Каркас обеспечивает удобный доступ ко всем элементам и имеет хорошую вентиляцию. Недостатком такого каркаса является некоторая нетехнологичность монтажа, который необходимо вести с двух сторон стенки, и недостаточное использование объема каркаса.

Для маломощных блоков на полупроводниках с небольшими габаритами моточных изделий применяются неэкранированные конструкции каркасов, аналогичные усилителям (см. рис. 129, 132, 133), с хорошей вентиляцией и удобством доступа к элементам.

Каркас для мощного блока питания на полупроводниках с достаточно высоким заполнением объема показан на рис. 143. Он состоит из лицевой панели 1 с ручками для переноски 5 и обечайки 2, имеющей для жесткости внизу отбортовки по периметру. Так как обычно большие блоки питания состоят из нескольких выпрямителей, их группируют на две части по принципу исключения взаимных помех (желательно на равные объемы) и располагают на внутренних сторонах боковых стенок обечайки. Разъем 3 для внешних соединений ставится по центру задней стенки. Жгут

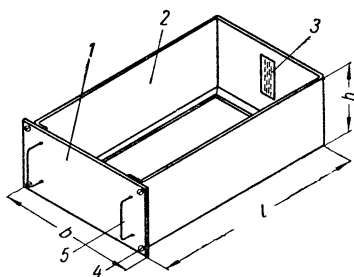


Рис. 143. Каркас для мощного блока питания.

монтажных проводов, начинающийся у разъема, раздвигается, проходит по периметру обечайки в углах, создаваемых стенками и их отбортовками, и оканчивается на лицевой панели. Детали каркаса изготавливаются из листового алюминиевого сплава и соединяются точечной сваркой. На рабочем месте блок крепится невыпадающими винтами 4. Для возможности доступа к элементам высоту h обечайки не рекомендуется брать более 100—120 мм. Блок

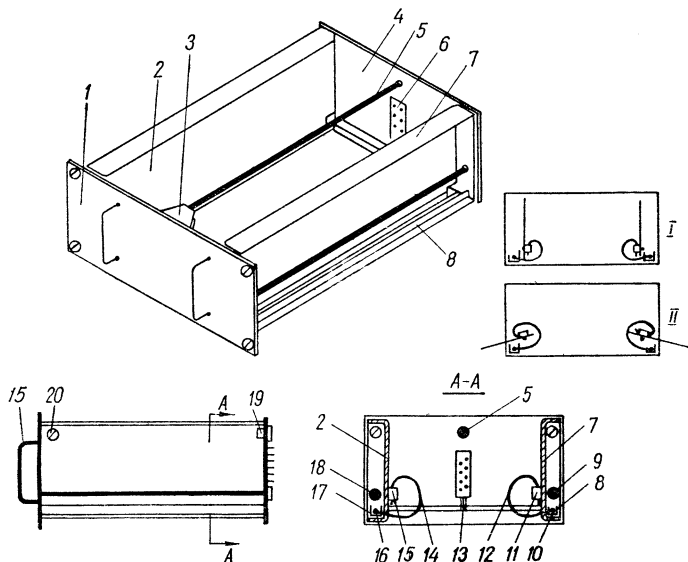


Рис. 144. Каркас стержневого типа с открывающимися несущими стенками.

имеет хорошую вентиляцию. Недостатком конструкции блока является некоторое неудобство монтажа и замены элементов.

Эти недостатки отсутствуют в конструкции каркаса стержневого типа, предназначенного для мощного блока питания на полупроводниках (рис. 144). Этот каркас подобен предыдущему, но его боковые стенки 2 и 7, выполненные коробчатыми для большей жесткости, могут поворачиваться на неподвижных стержнях 9 и 18, которые свободно проходят через отверстия в передней и задней отбортовках стенок. Рабочее положение стенок фиксируется

невыпадающими винтами 19 и 20, первый из которых входит в резьбовую втулку задней панели 4, а второй — в уголок с резьбой, прикрепленный к лицевой панели 1. В каркасе имеется еще один стержень 5, аналогичный стержням 8 и 9 и расположенный вверху по центру блока. Все три стержня скрепляют жестко заднюю и лицевую панели каркаса, причем к лицевой панели они крепятся переходными фланцами 3 и не выходят наружу.

Жгут монтажных проводов 13, идущий от разъема 6, находящегося в центре задней панели, раздваивается и прокладывается в виде ответвлений 10 и 16 в желобках 8 и 17, расположенных под стержнями 9 и 18, и оканчивается на лицевой панели. На каждую из боковых стенок ответвления жгута выводятся только в одном месте в виде кольцевых петель 12 и 14, которые крепятся хомутками 11 и 15 и распаиваются. Размеры петель выбираются такими, чтобы стенки могли поворачиваться на угол порядка 120° из рабочего положения I в положение II. Стенки 2 и 7 ставятся в блок собранными и смонтированными, причем монтаж стенок оканчивается расшивками, установленными у хомутиков 11 и 15.

При применении такой конструкции упрощается сборка и монтаж блока, открывается доступ ко всем элементам и обеспечивается хорошая вентиляция.

Полупроводниковые приборы в блоках питания

Полупроводниковые приборы — диоды и триоды — нашли широкое применение в блоках питания в схемах выпрямления и стабилизации. Радиоэлектронные блоки и узлы, построенные на полупроводниках, как правило, имеют меньшие габариты и потребление, повышенные к. п. д., срок службы и надежность, а также обеспечивают более легкий тепловой режим всего аппарата. Преимущества полупроводников в полной мере могут быть использованы, если они работают в облегченных условиях эксплуатации.

Для мощных полупроводников, работающих в блоках питания, основным параметром является максимально допустимая величина рассеиваемой мощности, которая сильно зависит от температурных условий и ограничивается предельно допустимой температурой коллекторного перехода. Температура перехода зависит от свойств полупроводникового материала и колеблется в пределах $90\text{—}100^\circ\text{C}$

для германиевых и от 150 до 170° С для кремниевых полупроводников. Конкретные значения предельно допустимой температуры перехода данного полупроводника указываются в его технических условиях. В установившемся режиме температура перехода зависит от рассеиваемой мощности, температуры окружающей среды, теплового сопротивления переход — корпус $R_{п к}$ и теплового сопротивления корпус — среда $R_{к с}$. Сумма $R_{п к} + R_{к с} = R_{п с}$ представляет суммарное тепловое сопротивление переход — среда.

Таким образом, суммарное тепловое сопротивление триода состоит из сопротивлений переход — корпус и корпус — среда, причем для лучшей теплоотдачи величины этих сопротивлений должны быть минимальными. Так как сопротивление переход — корпус не поддается изменению в процессе конструирования блока, то для улучшения теплоотдачи уменьшают тепловое сопротивление корпус — среда путем увеличения площади охлаждения при помощи специальных радиаторов.

Тепло от радиатора отводится в окружающую среду за счет теплопроводности, конвекции и излучения. Теплопроводность растет при увеличении контактной поверхности между радиатором и корпусом триода. Отвод тепла за счет конвекции увеличивается с ростом разности температур окружающей среды и радиатора, причем конвекция улучшается при вертикальном положении плоскости радиатора. Отвод тепла вследствие излучения зависит от конфигурации радиатора и состояния его поверхности.

Размеры и конфигурация радиаторов бывают самыми разнообразными, поэтому точный расчет их площади довольно сложен. С достаточной для практики точностью минимально необходимая поверхность радиатора может быть определена по формуле

$$S_{\text{рад}} = \frac{P_p}{k_T(t_{\text{п}} - t_{\text{с}} - P_p R_{\text{п.к}})} \text{ (см}^2\text{)}, \quad (\text{VII-2})$$

где $S_{\text{рад}}$ — поверхность радиатора, см^2 ;

P_p — мощность, рассеиваемая триодом, вт ;

k_T — коэффициент теплоотдачи, равный 0,0012—0,0014 $\text{вт/см}^2 \cdot \text{град}$;

$t_{\text{п}}$ — температура коллекторного перехода, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{с}}$ — температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$;

$R_{\text{п.к}}$ — тепловое сопротивление переход — корпус, $^{\circ}\text{C/вт}$.

Для изготовления радиаторов чаще всего применяют алюминиевые сплавы. Радиаторы изготавливаются как механической обработкой, так и методом литья под давлением. Особое внимание уделяется при этом состоянию посадочной поверхности для установки полупроводникового элемента. Для обеспечения максимальной теплопередачи корпус — радиатор эта поверхность должна быть ровной, без вмятин, царапин, заусенцев, загрязнений. Чистота обработки посадочной поверхности должна быть не ниже $\nabla 7$. Чтобы площадь теплового контакта между корпусом полупроводникового прибора и радиатором не уменьшалась, отверстия под выводы прибора сверлятся минимального диаметра, при котором исключалась бы опасность замыкания выводов на радиатор.

Таблица 12
Зависимость теплового сопротивления
корпус — среда
от материала и состояния
поверхности радиатора

Материал	Поверхность	$R_{\text{к с}}$ $^{\circ}\text{C}/\text{вт}$
Алюминий	Без специальной обработки	7,7
Сталь	Кадмированная	7,7
Медь	Без специальной обработки	5,8
Медь	Пескоструйная	5,3
Алюминий	Пескоструйная	4,8
Медь	матированная	
	Пескоструйная	4,6
	черненная	

Недопустимо выполнение одного общего отверстия в радиаторе под все выводы прибора. К остальной поверхности радиатора также предъявляются высокие требования чистоты обработки, так как от нее существенно зависит тепловое сопротивление корпус — среда. Изменение этого сопротивления для пластины площадью 100 см^2 в зависимости от состояния ее поверхности приведено в табл. 12.

Изготовленные радиаторы электрохимическим способом покрываются оксидной пленкой черного цвета, что способствует увеличению отвода тепла за счет излучения. Однако черная поверхность имеет также и повышенную поглощающую способность, в связи с чем чернение радиатора, расположенного у теплоизлучающих элементов (ламп, трансформаторов), приводит к ухудшению теплового режима полупроводникового прибора. Расположение полупроводников вблизи нагреваемых элементов схемы недопустимо, но если в виде исключения и приходится это делать, то радиатор такого полупроводника не покрывается черной пленкой.

Не допускается покрытие радиаторов лаками или красками, так как эти покрытия имеют низкую теплопроводность, что сильно повышает тепловое сопротивление радиатор — среда.

Полупроводниковый элемент устанавливается на радиатор и закрепляется винтами. Важно, чтобы контактная поверхность элемента прилегала к радиатору плотно, без перекосов, для чего обязательно крепление при помощи всех винтов. Для компенсации возможных зазоров между контактными поверхностями элемента и радиатора рекомендуется смазывать эти поверхности перед сборкой слоем невысыхающего масла или проложить между ними тонкую прокладку из мягкого металла (алюминия, меди). Достигаемое при этом уменьшение теплового сопротивления корпус — среда показано в табл. 13.

Если в качестве радиатора используется шасси блока, то для изоляции полупроводникового элемента применяют прокладки из слюды, оксидированного алюминия или покрывают посадочное место бакелитовым лаком. Вследствие увеличения теплового сопротивления установка полупроводников на изоляционной прокладке применяется редко.

Собранный узел ставится в блок так, чтобы радиатор не касался корпусных деталей. Если монтаж блока после настройки покрывается защитным лаком, радиатор с элементом предварительно снимается и устанавливается на место после покрытия.

По конструктивному выполнению различают радиаторы цельнометаллические (из одной заготовки) и наборные (из нескольких заготовок). Наборные радиаторы имеют более низкую теплоотдачу вследствие повышенного теплового сопротивления на стыках деталей набора и поэтому применяются редко.

Таблица 13

Изменение теплового сопротивления корпус — среда в зависимости от теплового контакта корпус — радиатор

Тепловой контакт корпус — радиатор	Тепловое сопротивление, °C/вт
Без прокладки . . .	$R_{к.с}$
То же, с маслом . . .	$R_{к.с} - 0,2$
Прокладка из оксидированного алюминия	$R_{к.с} + 1,4$
То же, с маслом . . .	$R_{к.с} + 0$
Прокладка из слюды 40 мк	$R_{к.с} + 2,5$
То же, с маслом . . .	$R_{к.с} + 0,5$

Простейшая конструкция радиатора — плоская пластина круглой или прямоугольной формы. Для уменьшения габаритов такого радиатора пластину подгибают, придавая ей форму уголка, швеллера (рис. 145, а, б). Примером наборного радиатора из подобных пластин может служить радиатор, показанный на рис. 145, в. Изготавливать пластинчатые радиаторы целесообразно до определенных размеров площади, так как при дальнейшем увеличении площади

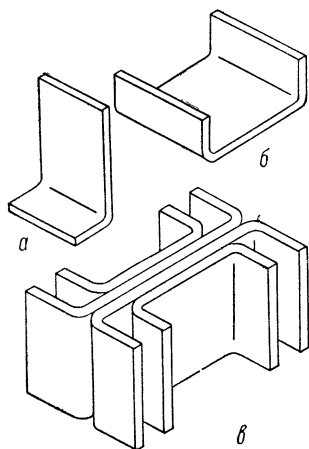


Рис. 145 Конструкция пластинчатых радиаторов:
а — радиатор в виде уголка;
б — радиатор в виде швеллера;
в — наборный радиатор.

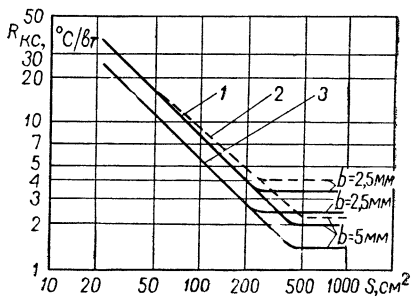


Рис. 146. Кривые зависимости теплового сопротивления корпус — среда R_K с алюминиевой пластины от ее площади S , толщины b , обработки поверхности и расположения:
1 — обычная обработка, вертикальное положение; 2 — то же, горизонтальное положение; 3 — пескоструйная и черненная (вертикальное положение).

эффективность охлаждения не повышается (рис. 146). Из приведенных кривых видно, что предельная площадь пластинчатого радиатора зависит от его толщины. Обычно радиаторы в виде пластин применяются при площади порядка 100 см^2 . Если необходима большая площадь охлаждения, конструкция радиатора выполняется объемной. Такие радиаторы изготавливаются цилиндрическими (рис. 147, а), прямоугольными с односторонними ребрами (рис. 147, б), прямоугольными с двухсторонними ребрами (рис. 147, в). В конструкциях ребристых радиаторов важно обеспечить небольшие сечения металла (толщина ребра 1,5—3 мм, несущей пластины 3—5 мм), а также достаточный шаг

ребер (8—12 мм), чтобы избежать местной концентрации тепла (особенно для блоков без обдува).

Для закрытых конструкций блоков, где отсутствует конвекция воздуха, применяют трапециевидную форму ребер (рис. 147, *г*) с уклоном порядка нескольких градусов.

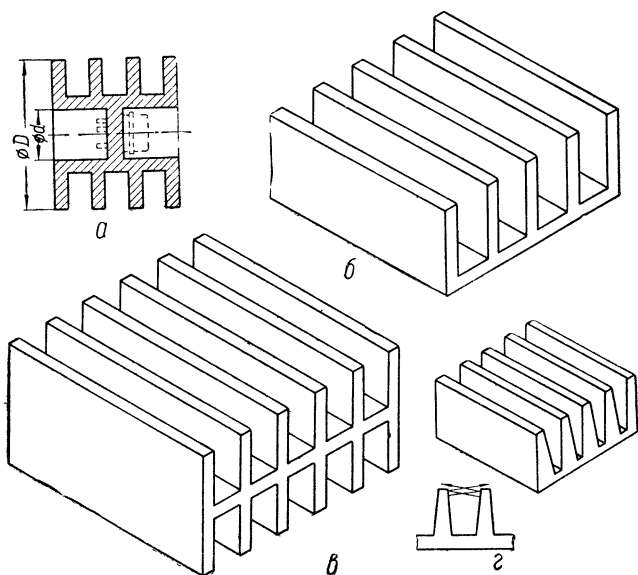


Рис. 147. Конструкции объемных радиаторов.

При этом тепловые лучи, отражаясь от противоположных стенок, выходят в окружающую среду, как указано стрелками.

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОНТАЖ МАГНИТОФОНОВ

При помощи электрического монтажа все электромеханические и электронные элементы, узлы и блоки соединяются в единое функционально законченное устройство — аппарат магнитной записи. Монтаж по назначению делится на узловой, блочный и междублочный.

Узловой монтаж соединяет между собой детали функционально законченных каскадов (предварительный уси-

литель НЧ, фазоинвертор, усилитель мощности и т. д.) согласно принципиальной и монтажной схемам.

Блочный монтаж соединяет между собой отдельные элементы и функциональные каскады согласно принципиальной и монтажной схемам блока.

Междублочный монтаж соединяет между собой отдельные элементы, узлы и блоки (электронные и механические) в единую законченную систему согласно принципиальной и монтажной схемам магнитофона.

Монтажная схема показывает расположение деталей на данной конструкции согласно принципиальной схеме, способ соединения, количество проводов и их диаметры, расположение жгутов (пучков) проводов и отводы от них, места закрепления и длины соединительных проводов. Все детали на монтажной схеме изображаются в упрощенном виде (контурные формы). Количество проекций на монтажной схеме соответствует количеству плоскостей прибора, на которых будет выполняться монтаж. Обычно вид снизу на шасси — главный, а боковые стороны «заваливаются» на 90° во все стороны от главного вида. При компоновке всего аппарата и конструировании узлов и блоков необходимо уделять большое внимание выполнению их электрического монтажа. При продуманном монтаже общая конструкция получается компактной, увеличивается надежность, возрастают удобства настройки, эксплуатации и ремонта как отдельных узлов, блоков, так и всего комплекса. В массовой аппаратуре магнитной записи к монтажу предъявляются требования высокой технологичности, легкости смены отдельных элементов, механической прочности соединений. В профессиональной аппаратуре к монтажу предъявляется еще и ряд специальных требований, таких как безотказность соединений в течение заданного срока службы аппарата, обеспечение доступа ко всем элементам схем и конструкций, минимальное переходное сопротивление контактных пар и др.

Узловой монтаж

Узловой монтаж выполняется на платах из изоляционного материала, на которых располагаются контактные элементы: стойки, лепестки, заклепки и др. Расположение контактных элементов в определенных точках платы выбирается конструктивно при компоновке данного узла на плате.

Для характеристики плотности узлового монтажа введено понятие коэффициента заполнения площади платы, который определяется шагом контактных элементов — шагом координатной сетки. Чем меньше шаг координатной сетки, тем гуще расположение контактных элементов и радиотехнических деталей и лучше используется по площади монтажная плата.

По конструктивному исполнению узловой монтаж классифицируют на навесной (обычный) и печатный.

Навесным называется такой монтаж, когда отдельные радиотехнические элементы соединяются монтажными одножильными или многожильными проводниками.

Печатным называют такой монтаж, когда отдельные радиотехнические элементы соединяются плоскими проводниками, выполненными из фольги, наклеенной на платы из изоляционного материала. Оба вида узлового монтажа широко применяются при конструировании различных узлов и блоков магнитофонов.

Компоновка радиотехнического узла на плате заданных габаритов выполняется согласно принципиальной электрической схеме в соответствии с требованиями по исключению вредного взаимовлияния элементов. Шаг координатной сетки плат навесного монтажа не регламентируется и выбирается для слабонасыщенных плат порядка 4—6 мм, средненасыщенных 2—4 мм и насыщенных 1—3 мм. В качестве входных и выходных контактных элементов функционального узла (прибора) применяются цилиндрические стойки и двухсторонние лепестки. Для межэлементного соединения внутри платы применяются односторонние (или двухсторонние) лепестки и пустотелые заклепки-пистоны.

Контактные элементы изготавливаются из латуни или бронзы с последующим лужением или серебрением. Платы изготавливаются из изоляционных материалов: гетинакса марок Б, В, Г, текстолита марок Б, ВЧ толщиной от 1 до 3 мм. Иногда фигурные платы прессуются из пресспорошка марок АГ-4, К21-22 и др.

После выполнения слесарных работ для уменьшения гигроскопичности платы подвергают бакелизации.

Обычно радиотехнические элементы припаиваются к контактными стойкам или лепесткам. От качества пайки зависит безотказная работа узла, поэтому для большей надежности необходимо предварительное механическое крепление выводов деталей и проводников к контактными элементам.

В последнее время для монтажа радиоаппаратуры иногда применяют сварку вместо пайки, в результате чего можно надежно соединять выводы радиотехнических деталей и проводников без механического крепления, что повышает производительность труда. Кроме того, при сварке деталей получается экономия припоя. Недостатком сварных соединений является их неразъемность и возможность окисления во влажной среде. Для борьбы с окислением сварные соединения покрывают слоем влагостойкого лака.

При предварительном макетировании различных узлов и блоков зачастую трудно сразу правильно определить необходимую компоновку радиотехнических элементов на

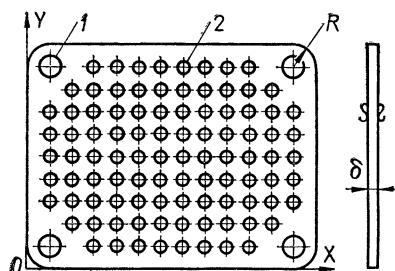


Рис. 148 Макетная плата:

1 — отверстия для крепления платы, 2 — отверстия для пустотелых заклепок; δ — толщина платы.

платах. Особенно это относится к первым каскадам усилителей и к генераторам. Кроме того, в процессе отработки изделия происходит корректировка электрической схемы с целью улучшения ее параметров. Поэтому при макетировании целесообразно применять платы с заранее заданным расположением контактных элементов. Более рационально в этом случае применение

макетных плат (рис. 148). Эти платы имеют отверстия под пустотелые заклепки во всех узлах координатной сетки платы. Заклепки развальцовываются в тех местах, которые были определены при макетировании узла.

В ходе отработки макета узла в необходимых местах ставятся добавочные заклепки для новых или для перекомпоновки ранее установленных радиотехнических элементов. Все эти изменения учитываются при окончательном изготовлении платы узлового монтажа. Отработка принципиальных электрических схем должна производиться только на макетных платах, что снижает трудоемкость, ускоряет отработку конструкции, позволяет получить высококачественные платы с навесным монтажом и дает большой экономический эффект. Образец выполняется по полностью отработанной и законченной компоновке макетной платы.

Недостатком навесного монтажа является большой объем ручного труда при установке и распайке радиотехнических деталей, что приводит к низкой производительности труда.

Пути поиска новых решений выполнения монтажа привели к созданию плат с печатным монтажом как проводников, так и многих радиотехнических элементов.

Печатный монтаж. Полный цикл производства функциональных узлов и блоков, выполняемых методом печатного монтажа, разбивается на ряд этапов:

- компоновка и конструирование печатных плат;
- изготовление печатных плат;
- сборка печатных плат;
- настройка и покрытие.

В начале компоновки конструкции узла или блока необходимо выбрать вид печатной платы и шаг координатной сетки. Материалом, применяемым для печатных плат, служит фольгированный гетинакс марок ГФ-1 (односторонний) и ГФ-2 (двухсторонний) или фольгированный стеклотекстолит марок СТЭФФ-1 (односторонний) и СТЭФФ-2 (двухсторонний). Фольгированный гетинакс обладает средней механической жесткостью, несколько пониженной электрической прочностью и повышенной утечкой, поэтому его рекомендуется применять в основном в бытовой и с некоторыми ограничениями в профессиональной аппаратуре. Фольгированный стеклотекстолит обладает высокой механической прочностью, электрической прочностью, малой утечкой и гигроскопичностью, поэтому его рекомендуется применять в ответственных узлах профессиональной аппаратуры (например, высокочастотные генераторы).

При одностороннем монтаже радиодетали располагаются со стороны, обратной печатным проводникам. Односторонний монтаж проще в производстве, но обладает пониженной плотностью, а следовательно, и низким коэффициентом заполнения, что увеличивает габариты плат.

При двухстороннем монтаже радиодетали располагаются по одной из сторон платы, где меньшее число проводников. Двухсторонний монтаж сложнее в производстве, но обладает более высоким коэффициентом заполнения, что значительно уменьшает габариты печатных плат.

Шаг координатной сетки плат печатного монтажа согласно ГОСТ 10317—62 равен 2,5 и 0,5 мм.

Как показала практика, при шаге координатной сетки 0,5 мм плотность монтажа возрастает примерно в 1,5—2 раза. Такой малый шаг усложняет изготовление печатных плат, поэтому его рекомендуется применять только с обоснованием целесообразности.

После выбора шага координатной сетки приступают к размещению радиодеталей в заданных габаритах платы. Черновая компоновка делается от руки с грубой раскладкой деталей, а чистовая выполняется при помощи чертежных инструментов. Компоновка значительно облегчается, если имеются вырезки радиодеталей или линейки-шаблоны из оргстекла с отверстиями, повторяющими контуры радиодеталей.

Соединение радиодеталей проводниками печатных плат необходимо выполнять с учетом действующих токов и напряжений в соответствии с ниже указанными расстояниями.

Зависимость ширины проводника от тока

Максимальный ток, <i>a</i>	0,6; 0,8; 1,0; 1,3; 1,9
Ширина проводника, <i>мм</i>	0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0

Зависимость расстояния между проводниками от напряжения

Рабочее напряжение, <i>в</i>	50; 200; 300; 400; 500
Расстояние между проводниками, <i>мм</i>	0,5; 1,0; 1,5; 1,5; 2,0

Кроме того, должны учитываться следующие требования: длина проводников должна быть минимальной; каждому выводу радиодеталей должна соответствовать отдельная контактная площадка; переход проводника от узкой части к широкой должен быть плавным; при поворотах проводника внутренний радиус должен быть не менее 2 мм; если ширина проводника более 5 мм, то в нем необходимо делать щелевидные промежутки во избежание отслаивания фольги во время химической обработки.

Существенное значение имеет также правильность взаимного расположения проводников на плате для уменьшения паразитной емкости монтажа.

Как видно из графика (рис. 149, *а, б*), паразитная емкость при двухстороннем расположении печатных проводников и небольшой толщине платы составляет значительную величину (прямая 1). При увеличении толщины платы паразитная емкость сначала резко уменьшается (прямая 2), а затем при дальнейшем увеличении толщины уменьшается мало (кривые 3 и 4).

При одностороннем расположении печатных проводников (рис. 149, в, г) паразитная емкость зависит не только от толщины платы, но и от ширины и длины печатных проводников. Величина этих емкостей небольшая, но при ра-

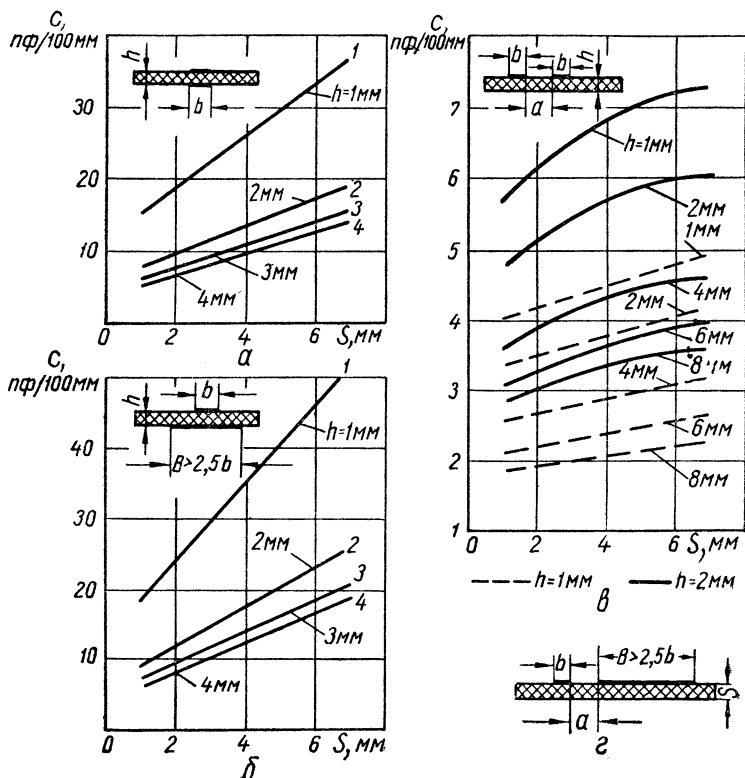


Рис. 149. График для определения паразитной емкости печатных проводников:

а — при одинаковой ширине печатных проводников двухстороннего монтажа,
 б — при различной ширине печатных проводников двухстороннего монтажа,
 в — при одинаковой ширине печатных проводников одностороннего монтажа,
 г — различная ширина печатных проводников одностороннего монтажа.

боте с высокочастотными схемами с такими емкостями приходится считаться. При различной ширине печатных проводников (рис. 149, г) значение паразитной емкости определяется по предыдущему рисунку с увеличением на 15—20%. При невозможности достичь хорошей компоновки

отдельных участков платы из-за перекрещивания проводников на таких участках допускается применение перемычек из луженого медного провода $\varnothing 0,5-0,8$ мм, но не более трех на одну плату. На перемычки одеваются изоляционные хлорвиниловые или линоксиновые трубки (рис. 150).

Иногда печатный монтаж выполняется на прессованных платах из пресспорошка АГ-4. В этом случае крепление различных деталей может быть упрощено, а также улучшена компоновка некоторых узлов. Платы могут иметь

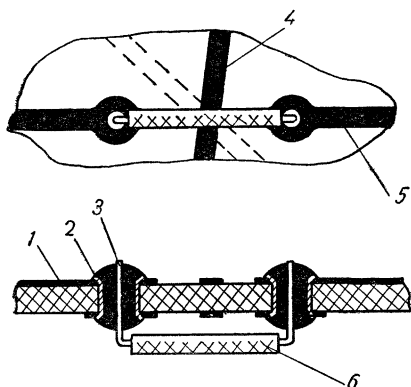


Рис. 150. Постановка перемычек:

1 — плата, 2 — пустотелая заклепка, 3 — луженая перемычка, 4 — проходящий печатный проводник, 5 — соединяемые печатные проводники, 6 — изоляционный чулок.

различные формы, диктуемые общей конструкцией. Технология изготовления таких плат сложна и поэтому их применение может быть оправдано только в исключительных случаях (например, когда из-за малых габаритов прибора печатный монтаж необходимо выполнять в нескольких плоскостях, заполняя им свободные участки пространства между деталями ЛПМ).

В настоящее время известно несколько методов изготовления печатных плат, но лишь два из них получили наибольшее распространение:

метод травления фольгированного материала;

метод гальванического осаждения.

Метод травления фольгированного материала — гетинакса или стеклотекстолита — в зависимости от принятой технологии изготовления печатных плат чаще всего выполняется двумя способами.

При первом способе вначале на плату фотографическим, типографским или шелкографическим способами наносится изображение, затем производится травление и покрытие проводников.

При фотографическом способе нанесения изображения тушью на бумаге выполняется оригинал печатной платы

(проводники), причем для повышения точности оригинал вычерчивается в увеличенном масштабе. Затем оригинал фотографируется. Негатив, выполненный в натуральную величину, накладывается на материал, на фольгу которого предварительно нанесен светочувствительный слой, и освещается ярким источником света. Экспонированная плата проявляется ватным тампоном, смоченным теплой водой. Незасвеченная часть эмульсии смывается, засвеченная — образует слой, изображающий проводники печатной платы (рис. 151).

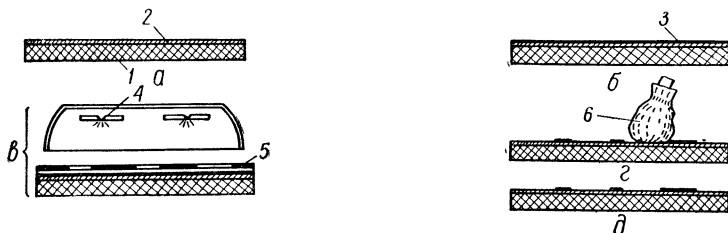


Рис. 151. Нанесение рисунка печатного монтажа фотометодом:

а — фольгированный гетинакс; *б* — фольгированный гетинакс с нанесенным на фольгу фотослоем; *в* — экспонирование платы, *г* — проявление рисунка, *д* — плата с рисунком печатного монтажа; 1 — гетинакс; 2 — фольга, 3 — светочувствительный слой, 4 — дуговая лампа; 5 — негативная пленка; 6 — ватный тампон.

При типографском способе изображение наносится на фольгу с рельефного клише, на котором находится типографская краска. Краска прочно удерживается на плате, образуя изображение печатных проводников.

При шелкографическом способе на шелковую ткань, натянутую на рамку, наносится светочувствительный слой, после чего на ткань проецируется позитив печатной платы, полученный фотографическим методом. Производится проявление теплой водой, в процессе которого незасвеченный слой легко смывается, образуя рисунок печатных проводников. Полученную ткань с рисунком платы накладывают на фольгированный материал и производят втирание краски в шелк, в результате чего краска проникает через незасвеченную часть ткани, образуя рисунок проводников будущей печатной платы (рис. 152).

Полученные изображения (красочные и фотоэмульсионные слои) для лучшей фиксации на фольге припудриваются пылью канифоли. Пыль осаждается на влажной

краске, а с остальных мест легко сдувается. В термошкафу плату нагревают до 100—120° С, канифоль расплавляется и изображение проводников покрывается тонкой стекло-видной пленкой. Затем плата травится в растворе хлорного железа (рис. 153), где вытравливается фольга, не защищен-

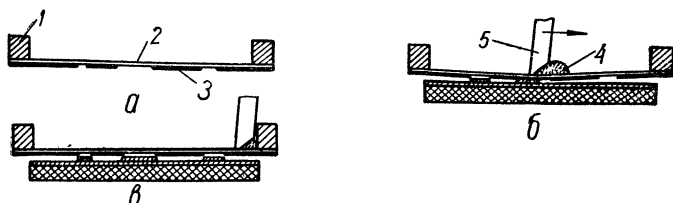


Рис 152. Нанесение рисунка печатного монтажа на фольгированный гетинакс методом шелкографии: *а* — шелковый трафарет; *б* — продавливание краски через трафарет, *в* — плата с нанесенным на нее рисунком, *1* — рамка; *2* — шелковая, капроновая или нейлоновая ткань; *3* — задубленный фотослой, *4* — краска; *5* — скребок, движущийся в направлении, указанном стрелкой

ная канифолью. После травления канифоль с краской удаляется, плата тщательно промывается и сушится в термошкафу. Проводники готовой печатной платы обычно подвергают гальваническому покрытию оловом или серебром,

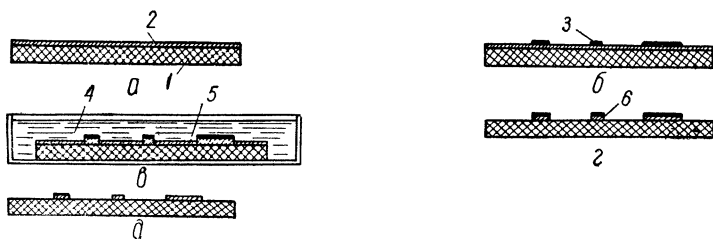


Рис 153 Травление фольгированного гетинакса: *а* — фольгированный гетинакс; *б* — рисунок на фольгированном гетинаксе; *в* — травление платы, *г* — вытравленная плата, *д* — готовая плата (краска смыта), *1* — гетинакс; *2* — медная фольга, *3* — краска, *4* — травящий раствор, *5* — место травления; *6* — печатный проводник.

закорачивая их для этого технологическими перемычками. Покрытые проводники хорошо противостоят окислению, обладают лучшими проводящими свойствами. Если оловянирование или серебрение экономически нецелесообразно, медные проводники предохраняют от окисления слоем защитного лака, который затем при монтаже платы в местах паек снимается.

К недостаткам первого способа изготовления плат относятся снижение прочности сцепления проводников с основой вследствие воздействия электролита на клеевой слой в процессе серебрения в гальванической ванне, а также необходимость закорачивания проводников платы технологическими перемычками при серебрении.

Для изготовления плат по второму способу требуется фотопозитив оригинала печатной платы. Позитив накладывается на плату, фольгированный материал которой предварительно покрывается слоями эпоксидной эмали без отвердителя и светочувствительной эмульсии и засвечивается. После этого плата протирается растворителем, вследствие чего незасвеченные участки эмали смываются, обнажая медные проводники. Затем удаляется светочувствительная эмульсия и плата поступает на серебрение, в процессе которого серебром покрываются только участки, не защищенные эпоксидной эмалью. При серебрении отпадает необходимость в технологических перемычках, поскольку проводником служит не стравленная фольга. По этой же причине проводники не подмываются электролитом. После серебрения с платы полностью снимается слой эмали, а в хлорном железе вытравливается фольга, находящаяся между посеребренными проводниками.

В зависимости от способа соединения выводов радиодеталей с печатными проводниками различают платы с пустотелыми заклепками и платы с металлизацией отверстий. В первом случае в контактных площадках, которыми оканчиваются проводники, после изготовления платы сверлятся отверстия, куда вставляются пустотелые заклепки. Заклепки развальцовываются и тщательно пропаиваются с контактными площадками. Так как изготовление, установка, развальцовка и пропайка заклепок трудоемки и не обеспечивают высокой надежности, то в последнее время все шире применяются платы с металлизацией отверстий. Изготовление таких плат начинается с получения на платах рисунка схемы, т. е. печатных проводников одним из указанных выше способов. Проводники покрываются бесцветным цапонлаком, после чего сверлятся монтажные отверстия и на их поверхности наносится слой химической меди. Затем наносят слой 5—7 мк гальванической меди, удаляют цапонлаки наращивают медь на проводниках и в отверстиях толщиной 25—30 мк. После серебрения проводников плата поступает на сборку.

При изготовлении проводников методом гальванического осаждения (рис. 154) обычно применяются платы из пресс-порошка АГ-4, изготовленные путем опрессовки. Рисунок всех проводников выполняется в виде прямоугольных углублений, которые тщательно пескоструятся. Остальная поверхность платы полируется и лакируется, углубления предохраняются от попадания лака. Плата опускается в раствор солей меди, где на шершавых местах осаждается слой меди толщиной в несколько микрон (химическое наращивание). На этот слой гальванически наращивают медь до 50 мк. При химическом и гальваническом наращива-

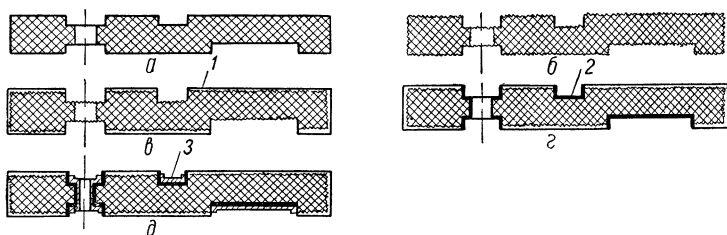


Рис. 154. Метод гальванического осаждения:

а — плата, отпрессованная из пресспорошка, *б* — плата, обработанная на пескоструйке; *в* — покрытие платы защитным лаком; *г* — химическая металлизация; *д* — плата после наращивания гальванической меди на проводники, *1* — лак; *2* — слой меди, нанесенный химическим способом, *3* — гальваническая медь.

ниях все проводники между собой закорачиваются технологическими перемычками, которые убираются по окончании процесса. Затем платы промываются и сушатся.

Преимущество этого метода заключается в простоте конструкции, возможности получить различные конфигурации плат (прямоугольные, цилиндрические, сферические). Недостатком является сложность технологии (промежуточные операции не рассматривались), меньшая прочность сцепления фольги с подложкой, пониженная электропроводность печатных проводников, снижение электрических параметров материала платы от воздействия химических растворов. Этот метод применяется для изготовления блоков бытовых магнитофонов.

После механической обработки (сверление различных отверстий, введение в габарит) печатные платы попадают на сборку. На платах без металлизации отверстий сначала ставятся пустотелые заклепки, затем — различные держа-

тели радиодеталей. Сборка других видов плат начинается непосредственно с установки и пропайки держателей полупроводниковых приборов и конденсаторов, для которых требуется механическое крепление. Слесарная сборка заканчивается постановкой радиаторов и держателей мощных полупроводниковых приборов, крупногабаритных конденсаторов, трансформаторов, дросселей, различных реле.

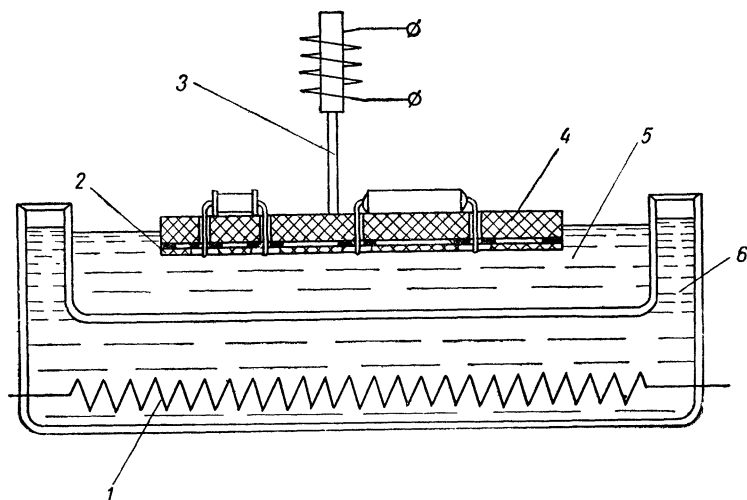


Рис. 155. Пайка погружением:

1 — подогреватель; 2 — бумажная маска; 3 — вибратор; 4 — печатная плата, 5 — припой, 6 — расплавленная соль, поддерживающая постоянство температуры припоя.

После слесарной сборки на печатную плату устанавливаются радиодетали и их выводы пропаиваются в заклепках. Метод ручной установки и пропайки радиодеталей применяется в единичном и мелкосерийном производствах.

В крупносерийном и массовом производствах сборка осуществляется автоматами, которые производят выгибание и обрезку выводов радиодеталей, установку их в пистоны и одновременно пропайку всех соединений методом погружения (рис. 155).

После выполнения монтажных работ и проверки на соответствие принципиальной схеме готовая печатная плата подается на настройку. При настройке проверяются ре-

жимы работы узла (прибора) или блока, подбираются окончательно величины отдельных номиналов радиодеталей (подстроечные детали). Настроенная печатная плата подвергается обволакиванию специальным лаком для улучшения влагостойкости и прочности крепления радиодеталей. Покрытая печатная плата испытывается на соответствие климатико-механическим данным согласно техническим условиям на блок или изделие, в котором она должна работать.

Блочный монтаж

Блочный монтаж в аппаратуре магнитной записи по конструктивному выполнению подразделяют на стелющийся и подвесной, а по назначению — на монтаж радиоэлектронных блоков и монтаж лентопротяжных механизмов.

Стелющийся тип монтажа блоков — это традиционный, старый вид монтажа. Кросс (связанный жгут, пучок проводов) или несколько кроссов стелятся по какой-либо плоскости шасси электронного блока или несущей панели лентопротяжного механизма в определенном направлении или нескольких направлениях, выбираемых по наиболее рациональному использованию меди проводников, удобству монтажа и настройки блока.

Ответвления небольших жгутов проводников (косичек) поднимаются вверх к расшивкам с радиодеталями, к контактными планкам силовых трансформаторов, дросселям, к лепесткам крупногабаритных конденсаторов, к контактными выводам двигателей, блоков реле и др. В местах ответвления косичек кросс крепится односторонними или двухсторонними хомутиками при помощи винтов, шайб и гаек. Частые подъемы косичек, необходимость свободного места на шасси электронного блока или несущей панели ЛПМ для кросса, большое количество обходных петель, частые зигзаги кросса и отсутствие стройной системы монтажа — все это вызывает лишнюю затрату соединительных проводов и крепежа, снижает компактность и технологичность монтажа, ухудшает ремонтпригодность и эстетический вид блока, а также снижает производительность труда монтажника.

Хорошая конструкция блока (изделия) часто становилась неудобной в настройке и эксплуатации вследствие насыщенного и разбросанного стелющегося монтажа. Поэтому для разгрузки шасси электронных блоков и несущих

панелей ЛПМ от пучков проводов применяется подвесной монтаж. При подвесном монтаже лентопротяжных механизмов (рис. 156) укладка кроссов монтажных проводов производится на монтажной арматуре — раме, которая представляет собой систему каналопроводов — гнутых желобков, прутков, сваренных в виде ажурного каркаса, устанавливаемого на внутреннюю сторону несущей панели ЛПМ.

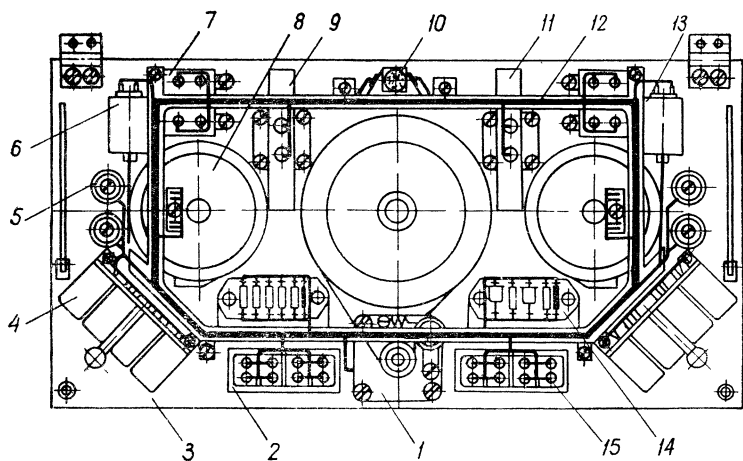


Рис 156. Подвесной монтаж ЛПМ:

1 — узел ведущего двигателя. 2, 15 — станции управления; 3 — несущая панель; 4 — блок реле, 5 — сопротивление цепи бокового двигателя; 6, 13 — тормозящие электромагниты боковых узлов, 7 — конденсаторы цепи бокового двигателя, 8 — боковой двигатель, 9 — предварительный усилитель воспроизведения; 10 — выходной блочный разъем; 11 — усилитель записи; 12 — монтажная рама с уложенным кроссом монтажных проводов; 14 — искрогасящие цепочки блоков реле.

В монтажной арматуре среднего по объему блока лентопротяжного механизма имеются три-четыре каналопровода. Эти каналопроводы располагаются обычно на уровне элементов, имеющих примерно равные высоты выходных контактов. Направление и расположение каналопроводов строится после рациональной прикидки направлений кросса и его ответвлений. Обычно кросс располагается на монтажной раме, а косички отходят к элементам. В местах ответвления косичек кросс укрепляется на монтажной раме при помощи кольцевых или плоских хомутиков, изготовляемых

из листовых материалов: алюминия, стали или полиэтилена.

При установке всех междублочных разъемов и кросса на монтажной раме можно создать отдельный монтажный блок, значительно сокращающий время сборки и настройки магнитофона.

Небольшие спуски и подъемы ответвлений кросса от какого-либо среднего уровня всей монтажной рамы, возможность обойтись тремя-четырьмя направлениями каналов проводов и обход поверху всех узких мест на шасси или несущей панели ЛПМ позволяют сэкономить соединительные монтажные провода, создать компактную и изящную конструкцию монтажного блока. С применением такого блока существенно повышаются технологичность монтажа и конструкции лентопротяжного механизма, создаются известные удобства при сборке, настройке и эксплуатации магнитофона, что отвечает основным требованиям, предъявляемым к качеству монтажа аппаратуры магнитной записи. Некоторый его недостаток — дополнительный расход материала на монтажную раму, которая обычно изготавливается из алюминиевых сплавов.

Междублочный монтаж

По выполнению различают простой (безарматурный) и сложный (арматурный) междублочный монтаж.

Простой междублочный монтаж выполняется в виде разведенного и увязанного ветвистого монтажного кросса. С блоками лентопротяжного механизма и радиоэлектроники кросс соединяется при помощи разъемов и реже — распайкой. Длина отдельных жгутов кросса должна предусматривать возможное перемещение или поворот некоторых блоков (например, поворот панели лентопротяжного механизма на петлях ящика, выдвигание блока питания).

Монтажный кросс стелится по задней и боковым стенкам, днищу ящика магнитофона и укрепляется хомутиками (рис. 157). Простой междублочный монтаж магнитофона относится к стелющемуся типу монтажа и применяется в переносных, настольных и консольных конструкциях магнитофонов.

Сложный междублочный монтаж выполняется на специальных монтажных рамах в виде разведенного, увязанного и укрепленного в каналах кросса (рис. 158, а, б). От-

воды кросса к различным блокам лентопротяжного механизма и радиоэлектроники заканчиваются разъемами и резе — выводами для распайки. Наиболее рациональный и компактный вид укладки проводов кросса в каналах — прямоугольный (рис. 159, а, б), что также соответствует профилю каналов.

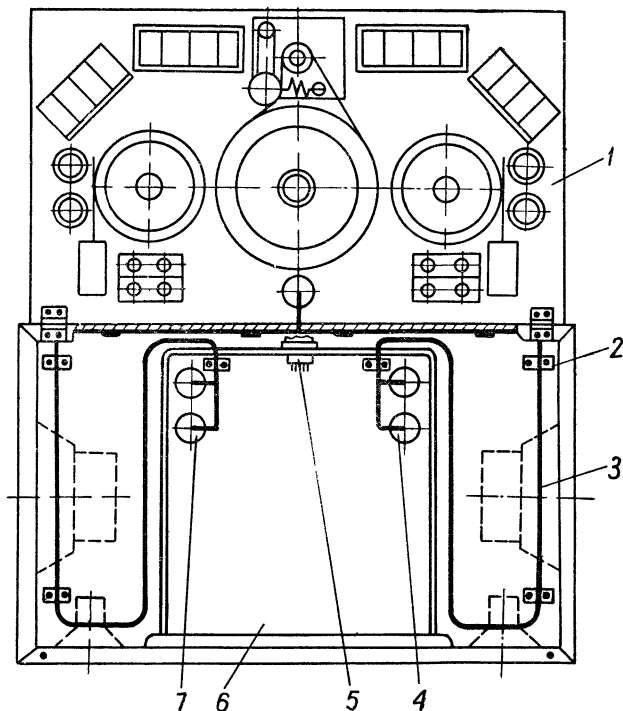


Рис. 157. Междублочный монтаж магнитофона:
 1 — блок ЛПМ; 2 — хомут, 3 — монтажный кросс, 4 — разъемы питания; 5 — выходной разъем магнитофона; 6 — блоки питания и автоматики, 7 — разъемы автоматики.

На монтажную раму устанавливаются платы с радиодеталями, относящимися к междублочным соединениям (заградительные фильтры, реле и пр.). В насыщенном блочном монтаже на монтажную раму иногда ставят элементы, к которым не требуется частый доступ в процессе работы (фазосдвигающие конденсаторы и сопротивления двигате-

лей, галетные переключатели скорости двигателей, различные реле и их искрогасящие цепочки). Эта переброска некоторых элементов на монтажную раму позволяет разгрузить блоки, сделать их более удобными в настройке, ремонте и надежными в эксплуатации.

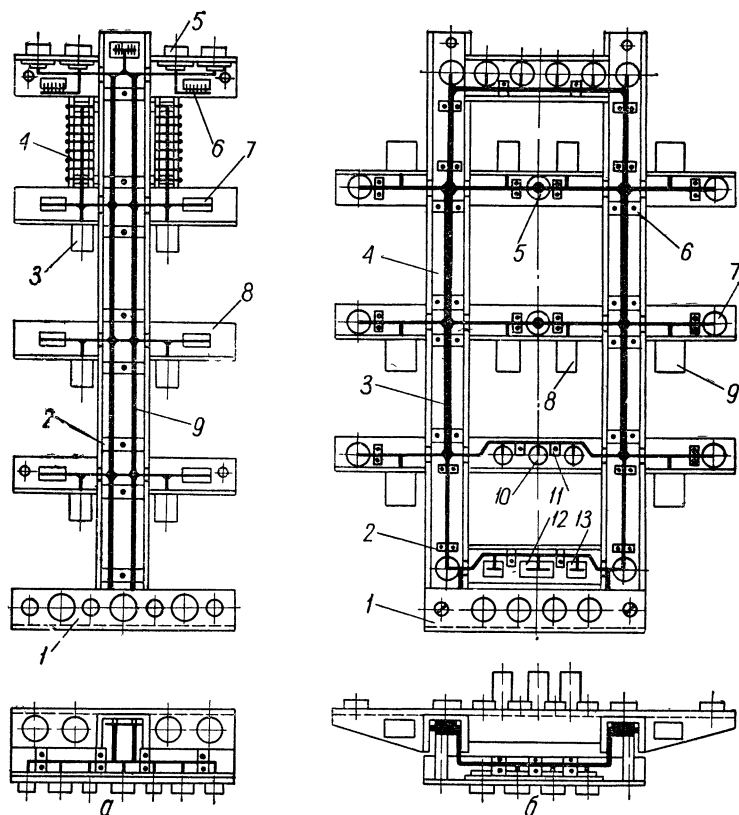


Рис. 158. Монтажные рамы сложного междублочного монтажа блоков электроники в стойках АМЗ:

а — для двух вертикальных рядов блоков; 1 — панель с разъемами внешних соединений; 2 — плоские хомутики; 3 — реле; 4 — искрогасящие цепочки контактов реле; 5 — разъемы междублочные, 6, 7 — контактные расшивки междублочных соединений; 8 — монтажная рама, 9 — монтажный кросс; *б* — для трех вертикальных рядов блоков 1 — панель с разъемами внешних соединений, 2, 6, 11 — плоские хомутики, 3 — монтажный кросс, 4 — монтажная рама, 5, 7, 10 — разъемы междублочные; 8, 9 — реле, 12, 13 — контактные расшивки междублочных соединений.

Сложный междублочный монтаж выделяют в виде отдельного соединительного блока, имеющего свою электрическую и монтажную схему.

Сложный междублочный монтаж обычно применяется в профессиональных и специальных магнитофонах, выполненных в виде приборных шкафов, и благодаря своим преимуществам начинает широко использоваться в последних конструкциях высококачественных магнитофонов.

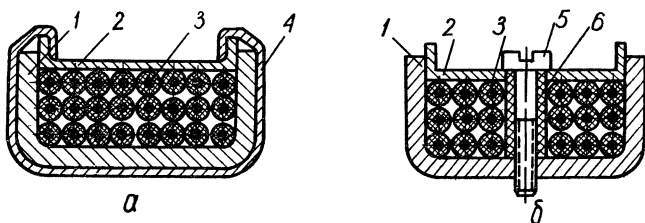


Рис. 159. Прямоугольная укладка монтажного кросса:
а — с креплением хомутка обжимом, *б* — с креплением хомутка винтом, 1 — каналопровод, 2 — плоский хомутки, 3 — монтажный провод, 4 — обжим, 5 — крепежный винт, 6 — втулка

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Акустическая система является окончательным устройством аппарата магнитной записи звука. При помощи акустической системы осуществляется слуховое восприятие выполненных записей.

В простых акустических системах при воспроизведении монофонических записей слуховое восприятие создает впечатление «точности», «скованности» звука, так как звучание кажется исходящим из одной точки.

В сложных акустических системах при воспроизведении этих же монофонических записей слуховое восприятие создает впечатление глубины и некоторой пространственности. Это объясняется эффектом реверберации и неодинаковой относительной громкостью различных источников звука. Подлинного восприятия пространственного расположения источников звука при воспроизведении монофонических записей даже при использовании сложных акустических систем добиться нельзя.

Любая акустическая система состоит из источника звуковых колебаний — громкоговорителя (или группы их) и акустического оформления в виде щита, ящика, фазоинвертора, рупора или лабиринта.

В технике магнитной записи звука в качестве источника звуковой энергии широко применяются электродинамические громкоговорители. Сравнение и выбор громкоговорителей производят по их основным электроакустическим показателям, к которым относятся: номинальная мощность, диапазон воспроизводимых частот, неравномерность частотной характеристики, отдача или чувствительность, допустимые нелинейные искажения, направленность излучения, входное сопротивление и резонансная частота подвижной системы.

По величине номинальной мощности громкоговорители в звукозаписи различают маломощные до 2—4 *ва*, и мощные до 10—15 *ва*.

В зависимости от полосы воспроизводимых частот различают громкоговорители узкополосные низкочастотные (полоса частот от 30—80 до 6000—7000 *гц*), узкополосные высокочастотные (от 800—1000 до 15 000—20 000 *гц*) и широкополосные (от 40—50 до 12 000 *гц*).

Частотная характеристика определяет зависимость чувствительности или среднего звукового давления от частоты. Стандартными частотами для измерения частотной характеристики согласно ГОСТ 7323-61 являются частоты 100, 200, 400, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4500, 5500, 6500, 8000, 10 000, 12 000 и 15 000 *гц*.

Отдача или к. п. д. громкоговорителей характеризуется отношением излучаемой акустической мощности к подводимой электрической мощности. Отдача показывает эффективность преобразования электрических колебаний в звуковые. Ввиду сложности определения отдачи на практике чаще пользуются характеристикой чувствительности.

Чувствительность громкоговорителя — это величина среднего звукового давления, развиваемого громкоговорителем в некоторой определенной точке (обычно на расстоянии 1 м по его оси) при подведении к звуковой катушке номинальной мощности в 0,1 *ва*.

Нелинейные искажения, вносимые громкоговорителем, определяются по амплитудной характеристике как зависимость отдачи громкоговорителя от величины воздействующей на него электрической мощности. Направленность излучения определяется зависимостью развиваемого громкоговорителем на данной частоте звукового давления от величины угла между рабочей осью громкоговорителя и на-

правлением на приемник звука. Расстояние от громкоговорителя до приемника звука при этом остается неизменным. Характеристика направленности, построенная в полярных координатах, называется диаграммой направленности. Диаграмма направленности обычно снимается в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Входным или полным электрическим сопротивлением громкоговорителя называют сопротивление синусоидальному переменному току с частотой 1000 *гц*, измеренное на зажимах звуковой катушки. Согласно ГОСТ 9010—59 установлены следующие номинальные значения полных электрических сопротивлений громкоговорителей: 2; 4; 5; 6; 5; 10; 50; 100; 400 и 800 *ом* с допуском $\pm 15\%$.

Входное сопротивление является комплексной величиной и содержит активную и реактивную составляющие. От соотношения этих величин зависит изменение входного сопротивления от частоты переменного тока, подаваемого на звуковую катушку.

Резонансная частота подвижной системы громкоговорителя определяется частотой, при которой входное сопротивление после резкого возрастания достигает своего максимального значения. На частотах ниже резонансной излучение громкоговорителя резко падает.

Для узкополосных низкочастотных громкоговорителей резонансная частота находится в пределах 80—150 *гц*, для высокочастотных 270—330 *гц* и для широкополосных 50—80 *гц*. Основные электроакустические показатели электродинамических громкоговорителей, применяемых в технике магнитной записи звука, приведены в табл. П-3 приложения.

При выборе электродинамических громкоговорителей важны также их конструктивные данные. К конструктивным данным громкоговорителей относятся: тип, материал, вес и размеры магнитной системы, ширина воздушного зазора, число витков, диаметр провода и сопротивление звуковой катушки постоянному току, габаритные размеры и общий вес. Конструктивные данные электродинамических громкоговорителей также приведены в табл. П-3.

Акустическое оформление громкоговорителей

При работе громкоговорителя его диффузор при движении вперед сжимает воздух впереди себя и разрезает его позади. В результате периодических сжатий и разрежений

воздуха, создаваемых диффузором, возникают звуковые волны. Волна, излучаемая фронтальной стороной диффузора, называется прямой; волна, излучаемая противоположной стороной, — обратной. На низких частотах, где длина звуковых волн во много раз больше размеров препятствия — диффузора громкоговорителя — звуковые волны легко огибают диффузор. Прямая и обратная волны находятся в противофазе (сдвиг 180°), поэтому они, взаимно накладываясь одна на другую, резко уменьшают громкость звука. Такое явление носит название акустического короткого замыкания. Обычно акустическое короткое замыкание сказывается только на низких частотах, примерно до 300 *гц*, при более высоких частотах звуковые волны хуже огибают диффузор. Для устранения акустического короткого замыкания применяют различные виды акустического оформления: щит

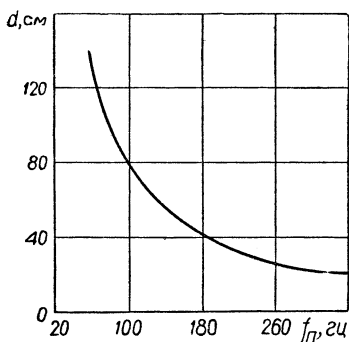


Рис. 160 График для выбора размеров акустического экрана в зависимости от резонансной частоты громкоговорителя.

(акустический экран), открытый или закрытый ящик, акустический лабиринт, фазоинвертор и направляющий рупор. Акустическое оформление способствует улучшению воспроизведения низших частот, повышению равномерности частотной характеристики и созданию определенной характеристики направленности излучения. Специальное акустическое оформление целесообразно применять только в таких магнитофонах, в которых громкоговоритель или группа громкоговорителей способны вос-

произвести интересующие нас нижние частоты. В портативных магнитофонах специальное акустическое оформление громкоговорителей обычно не делается, так как вследствие малых габаритов этих аппаратов и их громкоговорителей низшая воспроизводимая частота сигнала обычно бывает не менее 300 *гц*.

Акустический экран (щит) относится к наиболее простому виду акустического оформления и представляет собой лист фанеры толщиной от 15 до 30 *мм* с одним или двумя отверстиями для громкоговорителей. Акустический экран

может иметь квадратную, прямоугольную, треугольную или круглую форму в зависимости от места установки и эстетических соображений. Размеры акустического экрана для высококачественного воспроизведения низких частот громкоговорителем оказываются сравнительно большими, что затрудняет его практическое применение. Например, для хорошего воспроизведения крайней низкой частоты звукового диапазона, воспроизводимой хорошим громкоговорителем (50 гц), размеры стороны акустического экрана составляют

$$d = \frac{v_{зв}}{2f} = \frac{340}{2 \cdot 50} = 3,4 \text{ м}, \quad (\text{VII-3})$$

где f — воспроизводимая частота, гц;

$v_{зв}$ — скорость распространения звука в воздухе, м/сек.

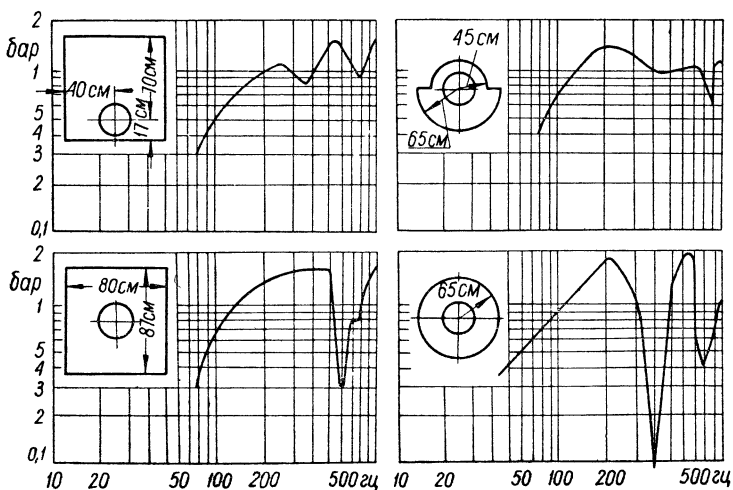


Рис. 161. Частотные характеристики громкоговорителя на экранах различной формы

Для выбора размеров акустического экрана в зависимости от низшей частоты, передаваемой громкоговорителем, или, что то же самое, в зависимости от резонансной частоты подвижной системы громкоговорителя, удобно пользоваться графиком рис. 160. На рис. 161 показаны частотные характеристики одного и того же громкоговорителя, установленного на экранах различной формы. Симметричность

расположения громкоговорителя относительно экрана нежелательна, так как в этом случае наблюдается глубокий провал частотной характеристики вследствие акустического короткого замыкания на определенной частоте. Поэтому необходимо стремиться к несимметричному расположению громкоговорителя.

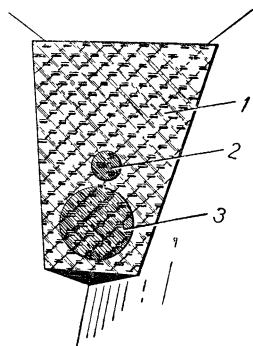


Рис. 162. Акустический экран (щит) с двумя громкоговорителями:
1 — акустический экран; 2, 3 — громкоговорители

Наиболее распространена установка акустического экрана с одним или несколькими громкоговорителями в углу комнаты (рис. 162), стены которой служат продолжением экрана, увеличивая его эффективные размеры. При этом улучшается воспроизведение низших частот. Между потолком и верхней стороной экрана необходимо оставлять широкую щель для свободного выхода звуковых колебаний. Громкоговоритель следует затянуть материей спереди и сзади

для предотвращения попадания пыли. Стены сзади громкоговорителя следует покрыть звукопоглощающим материалом. Основные недостатки акустического экрана — большие габариты и незаконченность общей конструкции акустической системы (отсутствие боковых стенок).

Дальнейшим конструктивным развитием акустического экрана является установка громкоговорителя в ящик. По конструктивному выполнению различают ящики с открытой и закрытой задней стенкой. Открытый ящик можно рассматривать как сложенный акустический экран со стороной $d = a + 2b$ (рис. 163), при глубине $b = 0,125 \lambda$, где λ — низшая воспроизводимая длина

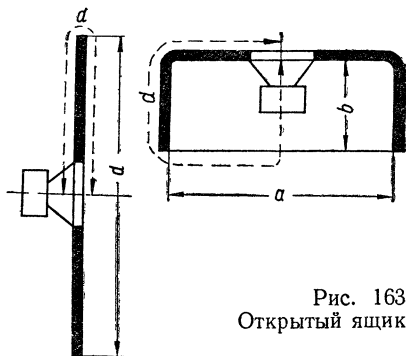


Рис. 163. Открытый ящик.

волны. Размеры ящика желательнее выбирать согласно закону «золотого деления», т. е. пропорции: $a : h = h : b$, где h — высота ящика, см.

Конфигурация открытого ящика оказывает некоторое влияние на частотную характеристику громкоговорителя. Как показали исследования, частотная характеристика более равномерна при использовании ящика с плавным переходом лицевой панели и боковых стенок. Наилучшей частотной характеристикой обладает акустическое оформление в виде сферы.

Габариты акустической системы можно несколько уменьшить, применяя акустическое оформление в виде закрытого ящика. Задняя стенка этого ящика преграждает путь для акустического короткого замыкания, поэтому упругость воздуха, находящегося в ящике, особенно при небольшом его объеме (меньше 1 м^3), складывается с упругостью подвижной системы громкоговорителя, что повышает его резонансную частоту. Увеличение резонансной частоты снижает отдачу на низших воспроизводимых частотах. Наличие замкнутого объема вызывает неравномерность частотной характеристики на более высоких частотах. Для устранения этих нежелательных явлений применяют покрытие внутренних стенок или заполнения всего объема ящика звукопоглощающим материалом.

Размеры ящика с закрытой задней стенкой выбирают в зависимости от диаметра диффузора D так, чтобы объем ящика равнялся $125 D^2$. При применении нескольких громкоговорителей этот диаметр

$$D_3 = \sqrt{D_1^2 + D_2^2}, \quad (\text{VII-4})$$

где D_1 — диаметр диффузора первого громкоговорителя, см,
 D_2 — диаметр диффузора второго громкоговорителя, см.

Размеры ящика окончательно находят по кривым графика на рис. 164. Частотные характеристики громкоговорителей, установленных в закрытые ящики различной формы, можно сравнить по графикам на рис. 165.

Многочисленные исследования показали, что динамическая структура речи и музыки имеет импульсивный характер, т. е. ряд следующих один за другим звуковых импульсов различной продолжительности, интенсивности и частоты. Способность точно преобразовывать электри-

ческие импульсы речи и музыки в звуковые колебания определяется переходными характеристиками громкоговорителей.

Переходные характеристики громкоговорителей определяются степенью электромеханического и акустического демпфирования.

Степень демпфирования (затухания колебаний подвижной системы громкоговорителя после окончания действия

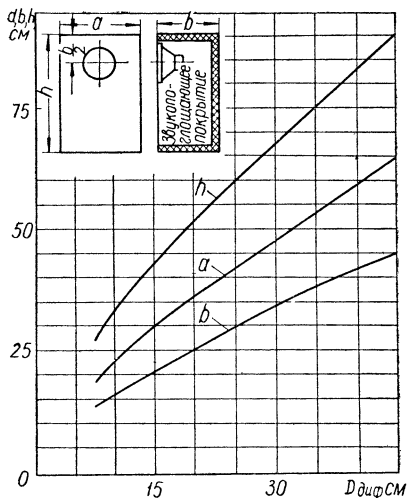


Рис 164. Кривые для расчета размеров закрытого ящика.

импульса) определяется высотой пика на частотной характеристике громкоговорителя. Чем меньше этот пик, тем лучше демпфирование. При плохом демпфировании предыдущий импульс может накладываться на последующий и искажать его, что часто наблюдается на низких частотах вблизи резонансной частоты подвижной системы громкоговорителя.

Электромеханическое демпфирование определяется самим громкоговорителем: весом и упругостью подвижной системы, величиной маг-

нитной индукции в кольцевом зазоре и другими факторами.

Акустическое демпфирование определяется характером упругости воздушной среды акустической системы.

Установка громкоговорителей в закрытый ящик относится к одному из эффективных способов акустического демпфирования. Этот способ заключается в заполнении всего объема ящика хлопчатобумажной или стеклянной ватой вплоть до громкоговорителя, диффузор которого для предохранения от соприкосновения с ватой ограждается металлической или пластмассовой сеткой с ячейками размером 2—4 мм. Пористый звукопоглощающий материал вносит активное сопротивление в слой колеблющегося воздуха, т. е. вносит затухание во все звенья механико-акустической

системы громкоговорителя. Этот способ акустического демпфирования очень эффективен на низких и средних частотах вплоть до 4—5 кГц. Выше этих частот изменяется характер излучения звука диффузором и ослабляется акустическая связь громкоговоритель — поглотитель, поэтому этот способ резко снижает свою эффективность.

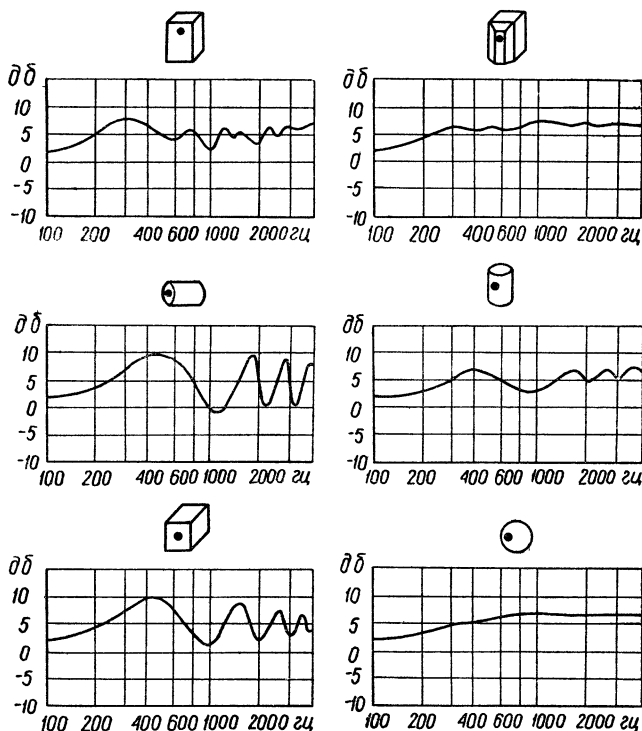


Рис. 165. Частотные характеристики громкоговорителей в закрытых ящиках различной формы

Фазоинвертор представляет собой закрытый ящик, имеющий дополнительное отверстие на одной стороне с громкоговорителем. Форма отверстия может быть прямоугольной, треугольной или круглой, площадь его примерно равна площади диффузора. Принцип действия фазоинвертора состоит в том, что обратная звуковая волна проходит от диффузора до отверстия в ящике некоторое дополнительное расстояние, что приводит к добавочному сдвигу

по фазе, устраняющему акустическое короткое замыкание. Дополнительное отверстие излучает обратную волну, сфазированную таким образом, что она не уменьшает, а увеличивает отдачу громкоговорителя на низших частотах. Размеры фазоинвертора выбирают в зависимости от диаметра диффузора громкоговорителя

$$S_{эф} = 0,63D_{диф}^2, \quad (VII-5)$$

где $S_{эф}$ — площадь отверстия, $см^2$;
 $D_{диф}$ — диаметр диффузора, $см$.

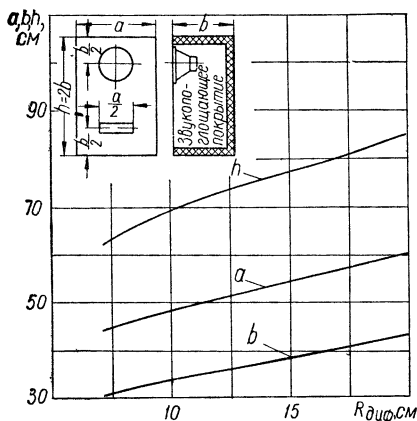


Рис 166. График для выбора размеров ящика фазоинвертора.

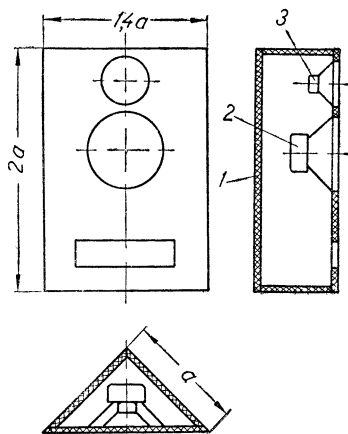


Рис 167. Конструкция трехгранного фазоинвертора:
 1 — фазоинвертор, 2 — низкочастотный громкоговоритель; 3 — высокочастотный громкоговоритель.

Объем ящика фазоинвертора

$$V = 6400D_{диф}, \quad (VII-6)$$

Правильные размеры сторон ящика при заданном объеме можно определить по кривым, приведенным на графике (рис. 166).

В последнее время наиболее распространена конструкция трехгранного фазоинвертора с двумя громкоговорителями: низко- и высокочастотного диапазона (рис. 167). Фазоинвертор устанавливается в углу комнаты или выделяется отдельным боксом для стереофонического оформления.

Размер стороны фазоинвертора, выполненного в виде трехгранной призмы, находится по формуле

$$a = 23,5 \sqrt{\frac{D_{\text{диф}}}{2}}. \quad (\text{VII-7})$$

Резонансную частоту фазоинвертора можно менять, перекрывая отверстие козырьком и таким образом подбирать нужное звучание нижних частот. Внутренние стенки ящика фазоинвертора необходимо частично или полностью покрывать звукопоглощающим материалом. При правильном выборе конструкции фазоинвертора отдача громкоговорителя в области низких частот (80—250 гц) увеличивается более чем вдвое. Кроме того, несколько снижаются нелинейные искажения.

Рупор, как акустическое оформление, применяется для согласования относительно высокого полного акустического сопротивления источника звуковой энергии — громкоговорителя — с относительно низким сопротивлением нагрузки — воздушной среды комнаты, зала или открытого пространства. Для достаточно хорошего воспроизведения низких частот рупор должен иметь значительные размеры, что практически исключает его применение на этих частотах. Для хорошего воспроизведения высоких частот размеры рупора сравнительно невелики, поэтому его широко применяют в качестве высокочастотных звеньев в двух- и трехполосных акустических системах. На высоких частотах применение рупора дает равномерное повышение отдачи громкоговорителя в сравнительно широком диапазоне частот.

Для хорошего воспроизведения низких, средних и высоких частот в последнее время применяют разновидность рупора — сложенный рупор — акустический лабиринт. В акустическом лабиринте рупор служит волноводом для обратной звуковой волны громкоговорителя и аналогично простому фазоинвертору создает фазовый сдвиг в этой волне. Основное излучение звуковой энергии, как и во всех акустических системах, происходит от передней стороны диффузора громкоговорителя.

В стационарных акустических системах применяются акустические лабиринты прямоугольной формы с фронтальным расположением громкоговорителей (рис. 168). Если с фронтальной стороны акустического лабиринта по

пути движения обратной звуковой волны выполнить ряд отверстий через определенные интервалы и установить отражательные щитки внутри ящика, то величина излучаемой через отверстия звуковой энергии будет уменьшаться по мере удаления от громкоговорителя и звуковые волны каждого отверстия будут иметь различный фазовый сдвиг. При значительных размерах такого лабиринта и определенном количестве отражательных щитков можно добиться ощутимого эффекта реверберации воспроизводимых программ.

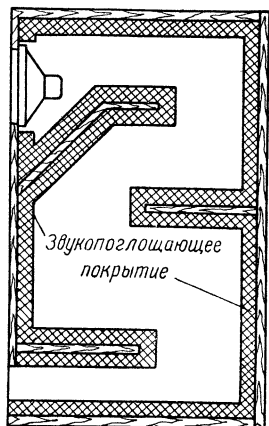


Рис. 168 Конструкция акустического лабиринта прямоугольной формы с фронтальным расположением громкоговорителей.

При проектировании акустических систем, кроме правильного выбора акустического оформления и типа громкоговорителей, необходимо уделять должное внимание выбору вибро- и звукопоглощающих покрытий. Небольшие щели в местах соединения и нежесткое сочленение стенок акустического оформления приводит к их вибрации, которая наиболее ощутима на слух при резонансных частотах. При этом четко различаются паразитные призвуки, резко снижающие качество воспроизведения.

К наиболее простому способу борьбы с вибрациями относится увеличение толщины стенок акустического оформления и установка на них ребер жесткости в виде планок. Эти меры повышают резонансные частоты стенок, уменьшают амплитуду вибраций и изменяют их характер, но не могут относиться к наиболее эффективным способам борьбы с вибрациями.

Эффективным способом борьбы с вибрациями следует считать применение вибродемпфирующих материалов, обладающих повышенными внутренними потерями колебательной энергии при их деформации и достаточно высокой упругостью. К таким материалам относятся сухой песок (засыпается между стенками), кровельный рубероид (наклеивается на стенки клеем № 88) и противозащумовая мастика № 579 и 580 (наносится слоем 3—6 мм на внутреннюю поверхность стенок).

Вибродемпфирующие материалы превращают часть колебательной энергии в тепло и увеличивают механическое сопротивление стенок акустического оформления. На резонансных частотах вибродемпфирующие материалы работают наиболее эффективно, так как при возрастании амплитуды вибраций и деформаций на изгиб увеличиваются потери колебательной энергии.

На практике часто между стенками (панелями) и вибродемпфирующим покрытием помещают слой жесткого материала, например слой пенопласта ПХВ-1 или ПС-1 толщиной 6—12 мм, что значительно увеличивает демпфирование колебательной энергии. В случае применения промежуточного слоя можно уменьшить толщину вибродемпфирующего покрытия на 1 мм на каждые 5 мм прослойки. При укладке промежуточного слоя обычно оставляют окна, составляющие 10—20% всей площади стенок. Это позволяет уложить промежуточный слой из нескольких отдельных кусков. Толщина промежуточного слоя должна быть одинакова.

Одним из простых способов борьбы с вибрациями несущих стенок акустического оформления является установка громкоговорителей на мягких прокладках, например на войлок, микропористую или вакуумную резину, пенопласт ПХВЭ. При этом уровень вибрации удается снизить на 15—20 дБ. Все громкоговорители выпускаются с такими прокладками: мощные — с войлочными, толщиной 5—10 мм, и маломощные высокочастотные — с мягкими картонными, толщиной 2—4 мм.

В акустических оформлениях типа закрытого ящика и фазоинвертора применяется звукопоглощающее покрытие на внутренних поверхностях панелей. Это покрытие предназначено для уменьшения отражения от внутренних поверхностей и снижения интерференции со звуковыми обратными волнами. Звукопоглощающее покрытие должно быть пористым, так как звуковые волны, проникая в поры материала (капиллярные каналы), рассеивают и теряют свою энергию. Чем толще покрытие, тем больше его звукопоглощающая способность.

В качестве звукопоглощающего материала часто используют пористые и волокнистые материалы, например войлок и фильц, минеральную, стеклянную, капроновую или хлопчатобумажную вату и др. Толщина звукопоглощающего покрытия из войлока составляет примерно 5—10 мм, из

ваты — 2—4 мм. В последнее время в качестве звукопоглощающего покрытия применяют пористый эластичный материал поролон, который обладает хорошими звукопоглощающими свойствами.

Панели, на которые устанавливаются громкоговорители, с наружной стороны облицовываются различными декоративными элементами, такими как ткань, решетки, жалюзи и т. п., которые оказывают значительное влияние на излучение высших частот. Например, густая сетка или плотный шелк могут внести затухание и ослабить излучение этих частот. При недостаточной жесткости декоративных решеток возникает их вибрация, особенно на низких частотах. И наоборот, при значительной толщине решеток могут возникнуть резонансные явления, что приводит к появлению пиков и провалов на частотной характеристике акустической системы. Декоративные решетки изготавливаются из аминопласта, капрона или листового алюминия, который после механической обработки подвергают оксидированию с окраской в анилиновых красителях. В качестве ткани применяется декоративная ткань.

Внешнее оформление акустических систем магнитофонов

Внешнее оформление акустических систем тесно связано с оформлением магнитофона в целом. Существует три основных варианта оформления акустических систем: настольный (для установки на столе, тумбочке, этажерке); консольный (устанавливается на специальных полках-консолях или на полу); мебельный (устанавливается в книжный шкаф, кабинетный сервант).

Громкоговорители, устанавливаемые в различные виды внешнего оформления — футляры, представляют с ними законченную акустическую систему.

При расположении нескольких громкоговорителей на передней панели футляра настольного варианта (рис. 169, а) несколько улучшаются электроакустические данные магнитофона по сравнению с применением одного громкоговорителя, но заметен эффект «точечности» звука. Такое построение акустической системы используется в магнитофонах «Днепр-9» и «Днепр-10». В этих системах необходимо применять громкоговорители с разными резонансными частотами 70—80, 80—100 гц.

В последние годы создан ряд акустических систем объемного звучания, позволяющих расширить диаграмму направленности и уменьшить неравномерность частотной характеристики громкоговорителей. Они строятся по системам «ЗД» или «4R». Одна из таких систем применена в магнитофоне «Днепр-11» (рис. 169, б). Громкоговорители расположены здесь согласно системе «ЗД». На лицевой панели установлены два широкополосных громкоговорителя типа

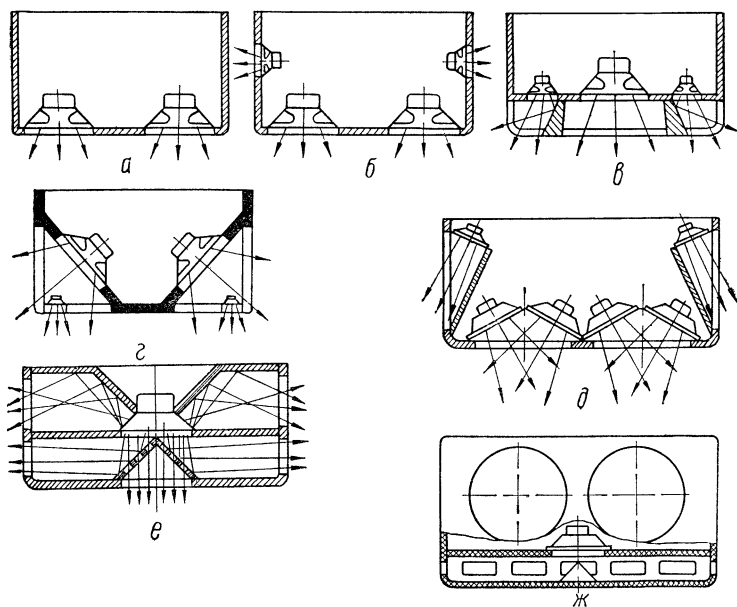


Рис. 169. Настольное оформление акустических систем магнитофонов.

2ГД-3, на двух боковых стенках — по два высокочастотных громкоговорителя типа 1ГД-9.

Более просто объемное звучание достигается в системе (рис. 169, в) с тремя громкоговорителями, установленными на отражательной доске в глубине футляра, и с применением дополнительных отражателей. Центральный громкоговоритель — низкочастотный, два других — высокочастотные. На рис. 169, г, д показаны акустические системы с четырьмя и шестью громкоговорителями. Самое простое ре-

шение состоит в использовании конструкции с одним громкоговорителем и системой отражателей и распределителей (рис. 169, е).

Высокое качество звучания обеспечивают акустические агрегаты, построенные по объемной системе «4R» (рис. 169, ж). Громкоговоритель устанавливается на резонирующей планке под верхней крышкой футляра. По всему периметру между крышкой и планкой есть прорези, через которые звук распространяется радиально во все стороны. На верхней крышке по оси громкоговорителя установлен рассеивающий конус. Для повышения качества звучания

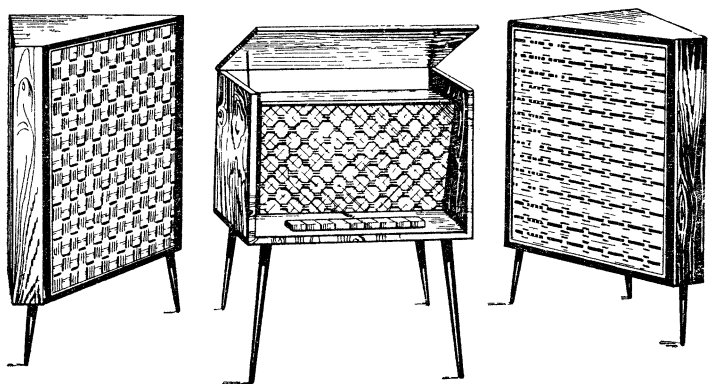


Рис. 170. Консольное оформление магнитофона.

к этой системе можно добавлять любую компоновку акустики системы «ЗД».

Консольное оформление применяется в высококачественной аппаратуре. Такая акустическая система имеет значительно большие габариты по сравнению с настольным вариантом, что позволяет получить широкую полосу воспроизводимых частот от самых низких (30 гц) без опасности акустического короткого замыкания.

Обычно все акустические системы консольного оформления магнитофонов построены по системе «ЗД» или «4R» с широким применением фазоинверторов.

При простом консольном оформлении вся акустическая система сосредоточена в одном ящике с магнитофоном. Разделение полосы воспроизводимых частот между группами

громкоговорителей обычно осуществляется на выходе усилителя низкой частоты полосовыми фильтрами. Значительно реже применяется разделение частот при помощи отдельных каналов по низкой и высокой частоте.

В случае сложного оформления акустическая система распределяется в двух-трех ящиках. В случае расположения акустической системы в двух ящиках агрегаты каналов низкой и высокой частот обычно объединены с панелью

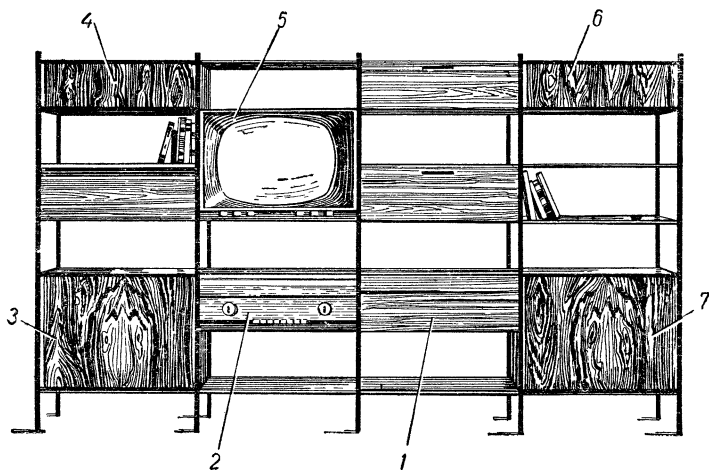


Рис. 171. Мебельное оформление магнитофона:

1 — магнитофон, 2 — радиолы; 3, 7 — акустический агрегат низкочастотного диапазона, 4, 6 — акустический агрегат высокочастотного диапазона, 5 — телевизор.

магнитофона, радиолы. Разделение полосы воспроизводимых частот обычно достигается при помощи отдельных усилителей каналов низких и высоких частот. Расстояние (стереобаза) между фронтально расположенными громкоговорителями этих каналов должна быть не менее 1—1,2 м. Громкоговорители в обоих каналах должны быть однотипны по конструкции и различны по резонансным частотам.

В случае применения трех ящиков (рис. 170) акустические агрегаты каналов низкой и высокой частоты обычно устанавливаются в отдельные тумбы, а каналы средних частот конструктивно объединены с панелью магнитофона.

Изменяя стереобазу при помощи различной установки боковых тумб и их поворота по отношению к слушателям, можно по желанию подбирать наилучшее объемное звучание. В выносных акустических агрегатах можно с успехом применять акустический лабиринт.

Мебельное оформление магнитофона (рис. 171) еще мало применяется, но для малогабаритных квартир оно имеет неоспоримые преимущества. При конструировании таких систем должны одинаково удовлетворяться требования удобства пользования мебелью и радиоаппаратурой. В мебельном оформлении удобно компоновать радиокомбайны, т. е. конструкции, состоящие из радиоприемника, телевизора, магнитофона и проигрывателя.

НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОФОНОВ. ВОПРОСЫ УНИФИКАЦИИ

Изготовление магнитофона оканчивается настройкой и испытаниями, в процессе которых проверяется соответствие основных характеристик техническим требованиям, заданным на проектирование аппарата.

Все этапы разработки магнитофона (проектирование, изготовление, настройка) могут быть существенно сокращены, а качественные показатели улучшены в случае применения унифицированных элементов, узлов, приборов.

1. НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОФОНОВ

После изготовления деталей, сборки и монтажа блоков производят индивидуальную настройку блоков, а затем настройку и регулировку всего магнитофона. При индивидуальной настройке входящих в магнитофон блоков и узлов, используя подстроечные и регулировочные элементы, обеспечивают получение заданных характеристик блоков. После общей сборки проводят настройку и испытание всего магнитофона с проверкой его основных параметров.

Настройка и регулировка проводятся в определенной последовательности, которая исключает ненужное повторение операций. Процесс настройки и регулировки должен проводиться с минимальным количеством измерительных приборов и специальных приспособлений.

Настройка блоков

Лентопротяжный механизм (собранный и смонтированный) подвергается тщательному осмотру с целью выявления возможных дефектов сборки. Электрические соединения проверяются на соответствие их принципиальной электрической схеме.

Регулировка начинается с проверки и выставления тракта движения ленты. В тракте имеются элементы, определяющие положение ленты по высоте, а также создающие ей нужное направление в плоскости несущей панели механизма. Чтобы исключить перекосы ленты, все направляющие элементы выставляются так, чтобы их рабочие поверхности (соприкасающиеся с лентой) были параллельны между собой, т. е. были перпендикулярны базовой плоскости несущей панели. Направляющие ленты по высоте выводятся рабочими торцами на заданный уровень от несущей панели, причем, если диаметры торцов значительны, проверяются величины их торцовых биений. После установки подкассетников на данную высоту от панели они регулируются на минимальные величины торцовых биений. Так как щеки кассет нежесткие и сами имеют торцовые биения, то для объективной проверки используются шаблоны в виде жестких дисков, диаметр которых равен максимальному диаметру кассеты. Проверяется также взаимозаменяемость кассет. Устраняются перекосы всех вспомогательных элементов, не меняющих направление ленты (рычаги контактов обрыва и следящих устройств). Особое внимание уделяется креплению головок или блоков головок. Безъюстировочные блоки головок не подлежат регулировкам, проверяется только их перпендикулярность несущей панели. Юстировочные головки предварительно выставляются по высоте и углу наклона. Окончательная регулировка головок производится при настройке магнитофона.

Правильность положения ленты в плоскости несущей панели проверяется на соответствие фактических углов охвата лентой различных элементов расчетным данным. Расположение головок в плане проверяется по шаблону, который фиксируется по входной и выходной направляющим стойкам блока головок. Устройства прижима ленты к головкам (подушки, штыри, ролики) выставляются параллельно рабочим поверхностям головок.

У всех вращающихся элементов тракта, в том числе и у подкассетных фланцев, измеряется величина радиального биения.

Замеры выполняются в крайних точках элемента (вверху и внизу) и сверяются с расчетными. Биение проверяется миниметром с точностью отсчета не более 2 мк. Ведущий вал проверяется на параллельность остальным элементам тракта.

В ведущих узлах регулируются величина хода прижимного ролика (если ход не задан конструкцией) и усилие его прижима. В момент подвода несомоустанавливающегося прижимного ролика к ведущему валу проверяется параллельность их образующих. В случае несомоустанавливающихся конструкций прижимного ролика проверяется наличие запаса его качания. Обязательно измеряется радиальное биение ведущего вала и ролика в сборе с подшипниками. Одновременно проверяется безотказность работы исполнительного устройства, механического или электрического, путем многократного включения прижима. Если в качестве исполнительного элемента применяется электромагнит, то проверка выполняется на нижнем пределе напряжения питания. При наличии в конструкции узла прижима демпферов регулируется и фиксируется время их срабатывания.

В ведущем узле выставляется также натяжение пасика за счет изменения усилия натяжного ролика, а при его отсутствии — за счет смещения кронштейна ведущего двигателя. Если применяется фрикционная передача, то регулируют заклинивающее усилие пружины. После этого проверяют надежность фиксации выключенного положения паразитного ролика и отсутствие касания его обрешиненной поверхности с другими деталями.

Тормозные пружины боковых узлов устанавливаются в положение, соответствующее номинальному значению тормозящего момента в режиме «Стоп» или при выключенном механизме. Систему тормозов регулируют также на полный отвод тормозных лент или колодок в период работы механизма, т. е. устанавливают на полное растормаживание.

Механические устройства управления регулируются для надежного ввода в зацепление коммутируемых элементов, точной фиксации рычагов в рабочем положении и полное их выключение при снятии рабочего положения. Электрические устройства управления регулируются для надежного срабатывания микровыключателей (с запасом их рабочего хода), зажигания лампочек индикации и полного обесточивания при выключении. Если необходимо, то проверяется и отрабатывается усилие нажатия коммутирующих кнопок и клавиш.

Установив на механизм кассеты с лентой, определяют удобство зарядки и разрядки тракта, плавность трогания ленты и ее остановки в режимах рабочих и ускоренных

ходов, отсутствие петель. Эти параметры проверяются и при необходимости обрабатываются для худших условий, т. е. при повышенном напряжении питания в начале полного рулона подающей кассеты и при пониженном — в конце. Обязательно контролируется отсутствие вертикального перемещения ленты в различных местах тракта и особенно на участке блока головок и ведущего вала. Замеряется величина натяжения ленты у подающей и приемной кассет и у блока головок. Проверяется качество намотки ленты. Особенно важно выполнение качественной намотки на бобышки без щек, чтобы при снятии и хранении рулона он не рассыпался.

Рычажные устройства указателей метража, контактов обрыва и других элементов автоматики также регулируются с целью сведения к минимуму их влияния на характер движения ленты во всех режимах и на надежное срабатывание (с запасом хода рычага). У датчиков стабилизации движения и натяжения ленты (механические, электрические) регулируется величина хода, угла поворота, перекрытия фотоэлементов и т. д. согласно расчетным данным или инструкциям по регулировке. Сводятся до заданного уровня акустические шумы лентопротяжного механизма.

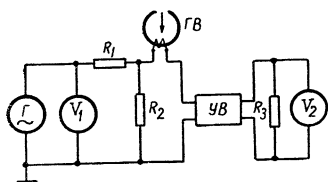


Рис. 172 Схема настройки усилителей воспроизведения.

Усилитель воспроизведения после сборки и монтажа проверяется на соответствие принципиальной электрической схеме, картам сопротивлений и напряжений. Схема настройки приведена на рис. 172. Сопротивления R_1 и R_2 образуют делитель напряжения и служат нагрузкой генератора. Сопротивление R_3 служит сопротивлением нагрузки. Величина подаваемого на вход усилителя $УВ$ напряжения контролируется ламповым вольтметром V_1 с учетом делителя, коэффициент деления которого выбирается не более 100.

Величина сопротивления R_2 выбирается значительно меньшей полного сопротивления цепи воспроизводящей головки $ГВ$ при нижнем пределе полосы частот. Частотную характеристику усилителя снимают при номинальном положении регуляторов усиления (соответствует номинальному выходному напряжению при заданном со-

противлению нагрузки) и тембра (соответствует максимальной линейности частотной характеристики).

Измерения проводят в следующем порядке. На вход усилителя от генератора Γ подается напряжение частоты 400 гц. Величина напряжения генератора выбирается таким образом, чтобы на выходе усилителя при номинальном сопротивлении нагрузки напряжение было на 20 дб (в 10 раз) меньше номинальной расчетной величины. Выходное напряжение контролируется ламповым вольтметром V_2 . После этого, поддерживая величину входного напряжения постоянной, подают на вход усилителя напряжение различных частот и, измеряя выходное напряжение, строят частотную характеристику. При необходимости корректируют форму частотной характеристики, подстраивая соответствующие элементы цепей коррекции. Уровень нелинейных искажений измеряют на частоте 400 гц при помощи измерителя фильтрового типа. При этом на вход усилителя подается напряжение, соответствующее номинальной величине выходного напряжения на нагрузке.

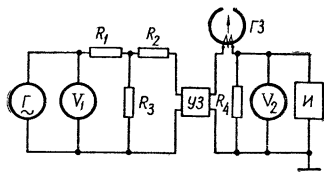


Рис. 173 Схема настройки усилителей записи.

Относительный уровень шумов определяют по той же схеме при номинальном положении регуляторов усиления и тембра. Головка $\Gamma В$ включается непосредственно на вход усилителя, для чего генератор Γ , вольтметр V_1 и сопротивления R_1 и R_2 отключаются. Перед началом измерения экраны головки и усилителя устанавливаются в рабочее положение. При включенном усилителе вольтметром V_2 измеряют напряжение на сопротивлении R_3 . Отношение этого напряжения к номинальному выходному напряжению, выраженное в децибелах, показывает относительный уровень шумов усилителя с подключенной головкой.

Усилитель записи после сборки и монтажа проверяется на соответствие принципиальной электрической схеме, картам сопротивлений и напряжений. Схема настройки приведена на рис. 173. Сопротивления R_1 и R_3 составляют входной делитель. Величина согласующего сопротивления R_2 равна выходному сопротивлению источника сигналов (например, микрофона). Величину тока в головке записи определяем отношением показания вольтметра V_2 , измеря-

ющего падение напряжения на сопротивлении R_4 , к величине сопротивления R_4 . Величина R_4 должна быть намного меньше полного сопротивления головки записи на низшей рабочей частоте.

Настройка усилителя записи производится без включения высокочастотного подмагничивания. Частотная характеристика усилителя снимается при номинальном положении регулятора усиления. На вход усилителя от генератора G подается напряжение частоты 400 *гц*. Величина входного напряжения, измеряемая ламповым вольтметром V_1 , выбирается такой, чтобы через обмотку записывающей головки $GЗ$ протекал ток на 20 *дб* меньший тока, соответствующего максимальному уровню записи на ленте.

Затем не меняя величины входного напряжения, снимают частотную характеристику усилителя по току в головке $GЗ$, подавая напряжения различных частот на его вход. При помощи корректирующих элементов добиваются необходимой формы частотной характеристики.

Уровень нелинейных искажений усилителя записи измеряется на частоте 400 *гц* при помощи измерителя фильтрового типа при номинальном положении регулятора усиления. Для объективной оценки нелинейных искажений должна учитываться неравномерность частотной характеристики усилителя на измеряемой частоте.

Генератор стирания — подмагничивания проверяется на соответствие принципиальной электрической схеме. Частоты подмагничивания и стирания измеряются при помощи генератора и осциллографа по методу фигур Лиссажу либо частотомерами типов ИЧ-5, ИЧ-6.

Напряжение для измерений берется непосредственно от выводов записывающей или стирающей головки. Подстройка частоты осуществляется изменением величины подстроечных номиналов в цепи контура генератора.

Величина тока подмагничивания определяется по падению напряжения на небольшом омическом сопротивлении, включенном в разрыв заземленного конца записывающей головки. Напряжение подмагничивания измеряется ламповым вольтметром непосредственно на обмотке записывающей головки. При этих измерениях должен быть выключен ток звуковой частоты. Ток стирания измеряется аналогично измерению тока подмагничивания. При выборе величины омического сопротивления, включенного последовательно со стирающей головкой, необходимо учитывать полное со-

противление цепи головки при частоте стирания. Напряжение стирания измеряется ламповым вольтметром непосредственно на обмотке стирающей головки.

Блок питания проверяется на соответствие принципиальной электрической схеме. На выходе блока включаются эквивалентные сопротивления нагрузки и измеряются выходные напряжения. Далее определяются пределы стабилизации и величина коэффициента пульсаций, измеряется температура нагрева мощных выходных триодов. Если полученные данные превышают допустимые значения, то проверяется режим перегревающегося элемента.

Испытания магнитофонов

Для настройки и испытаний магнитофонов используются специальные измерительные ленты — тестфильмы. Тестфильмы выпускаются нескольких типов соответственно скорости движения ленты (ЛИР-1-76, ЛИР-1-38, ЛИР-1-19, ЛИР-1-9). Тестфильм каждого типа состоит из:

1) части с индексом «У», содержащей запись установочного уровня и предназначенной для измерения и установки номинальных уровней записи и воспроизведения. Частота записи установочного уровня равна 400 *гц*;

2) части с индексом «Ч», содержащей запись ряда фиксированных частот и предназначенной для настройки и измерения частотной характеристики канала воспроизведения и установки рабочих зазоров головок. Частотная характеристика этой части измерительной ленты выбрана так, чтобы при воспроизведении тестфильма в стандартном канале воспроизведения обеспечивалась линейная частотная характеристика выходного напряжения;

3) части с индексом «Д», содержащей запись частоты 3150 *гц* $\pm 5\%$, выполненную на специальном магнитофоне с повышенной стабильностью скорости движения ленты, и предназначенной для измерения коэффициента неравномерности движения ленты;

4) части с индексом «С», представляющей собой размагниченную ленту, принимаемую по своим качествам за образец (типовая лента), с которой при испытаниях сравниваются другие ленты и которая применяется для измерения сквозных характеристик магнитофонов.

Настроенные блоки устанавливаются на рабочие места в корпусе магнитофона и закрепляются. Подключаются

кабели междублочных соединений. Определяется работоспособность аппарата, для чего производятся пробные пуски и остановки магнитофона в различных режимах работы. Перед настройкой магнитофона все металлические детали, соприкасающиеся с лентой, размагничиваются.

Испытания магнитофона начинаются с проверки лентопротяжного механизма (измерение скорости движения ленты, стабильности средней скорости, величины детонации, времени пуска и ускоренных ходов, проверка расположения дорожек записи на ленте). После этого испытывается канал воспроизведения и записи — воспроизведения (или сквозной). Для этого предварительно устанавливаются рабочие зазоры головок и номинальные положения регуляторов усиления и тембров. Затем измеряются частотные характеристики, относительный уровень шума, нелинейные искажения, относительный уровень стирания и относительный уровень проникания (переходное затухание) с соседней дорожки. В заключение проверяются акустические свойства, потребляемая мощность, а также габариты и вес магнитофона.

При проверке лентопротяжного механизма скорость движения ленты можно определить:

- 1) методом измерения абсолютных значений скорости в различных условиях эксплуатации;
- 2) методом измерения абсолютного значения скорости в оптимальных условиях эксплуатации;
- 3) при помощи стробоскопа.

Абсолютное значение скорости определяется:

- 1) способом измерительного ролика, основанным на измерении средней скорости вращения ролика известного диаметра, ведомого лентой испытываемого магнитофона;
- 2) способом отрезка ленты, при котором определяется время прохождения участка ленты известной длины;
- 3) способом девиации частоты, когда на испытываемом магнитофоне воспроизводится эталонная запись и выходной сигнал сравнивается по частоте с сигналом от внешнего генератора;
- 4) способом сдвига фаз между головками, при котором во время записи с одновременным воспроизведением измеряется сдвиг фаз между входным и выходным сигналами магнитофона (сдвиг фаз определяется скоростью движения

ленты и геометрическим расстоянием между рабочими зазорами головок записи и воспроизведения);

5) способом визуализации записи на ленте, когда на испытуемом магнитофоне записывается сигнал известной частоты, после чего лента «проявляется» в эмульсии порошка карбонильного железа в бензине, а затем измеряется число записанных периодов на единицу длины ленты. В практике наиболее распространен способ измерительного ролика и способ отрезка ленты, причем способ измерительного ролика обеспечивает более высокую точность измерений. При измерении скорости этими двумя способами должны выполняться следующие условия:

1) промежуток времени, за который измеряется скорость, должен быть не менее 100 сек;

2) замерять скорость необходимо пять раз подряд в одинаковых условиях и брать среднее арифметическое из полученных данных;

3) измерение необходимо производить на участке тракта движения ленты, где натяжение ленты наиболее близко к натяжению ее у головок записи и воспроизведения;

4) для магнитофонов, скорость движения ленты которых зависит от частоты питающей сети, отклонения скорости, вызванные отклонением частоты сети, из результатов измерений исключаются (для того чтобы определить отклонение скорости, обусловленное собственно лентопротяжным механизмом);

5) скорость движения ленты измеряется при наиболее неблагоприятном сочетании условий работы магнитофона (например, в начале воспроизведения полного рулона ленты при нижнем пределе напряжения сети и в конце воспроизведения этого рулона при верхнем пределе напряжения сети).

Способ измерительного ролика основан на использовании свободно вращающегося ролика известного диаметра, ведомого лентой испытуемого магнитофона и снабженного контактным прерывателем, работающим на счетчик импульсов. Счетчик учитывает число замыканий прерывателя за время измерения, равное 100 сек, так как он включается на указанное время синхронными часами, электродвигатель которых питается от той же сети, что и испытуемый магнитофон. Тогда скорость движения ленты

$$V = \frac{\pi D (N_2 - N_1)}{tM} \text{ (см/сек),} \quad (\text{VIII-1})$$

где N_1 — показание счетчика в начале замера;
 N_2 — показание счетчика в конце замера;
 D — диаметр измерительного ролика, *см*;
 t — время замера, *сек*;
 M — число замыканий прерывателя за один оборот ролика.

Для измерения скорости движения ленты указанным способом Всесоюзным научно-исследовательским институтом магнитной записи и технологии радиовещания и телевидения (ВНИИРТ) разработан прибор ИСЛ-1. Максимальная погрешность прибора за один замер составляет 0,13%.

Абсолютное значение скорости измеряется способом отрезка ленты в случаях, когда установка измерительного ролика на магнитофон невозможна вследствие конструктивных особенностей лентопротяжного механизма или когда не требуется высокая точность измерения. По данному методу на ленте белой краской или наклеенными белыми полосками размечается участок, равный расчетному времени движения ленты за 100 *сек* (38,1 м при номинальной скорости движения ленты 38,1 *см/сек*; 19,05 м при номинальной скорости 19,05 *см/сек* и т. д.). Отклонение измеренной величины времени от 100 *сек* непосредственно показывает отклонение скорости движения ленты испытуемого магнитофона от номинальной (в процентах). Время прохождения измерительного участка ленты отсчитывается: при помощи синхронного электрического секундомера, питающегося от общей сети с магнитофоном, если скорость ленты магнитофона зависит от частоты сети; при помощи механического секундомера, если скорость ленты не зависит от частоты сети. Вследствие эластичности ленты, затрудняющей точное измерение ее длины, точность измерения скорости по данному методу составляет 0,5—1%.

Стабильность средней скорости измеряется при наиболее неблагоприятных условиях работы, например, при пониженном напряжении питания в начале воспроизведения полного рулона подающей кассеты и при повышенном напряжении в конце воспроизведения этого рулона. В первом случае получаем максимальное значение средней скорости, во втором — минимальное. Для измерений используется либо запись от генератора, выполненная на магнитофоне с гораздо большей стабильностью скорости, чем у испытуемого магнитофона, либо часть «Д» измерительной ленты. К выходу магнитофона подключается прибор для

измерения девиации частоты. На испытуемом магнитофоне, при номинальных условиях его работы (номинальное напряжение питания, середина рулона), воспроизводят запись, при этом стрелку выходного индикатора измерительного прибора устанавливают на нуль. Затем эту же запись воспроизводят в самых неблагоприятных условиях работы данного магнитофона и по выходному индикатору фиксируют максимальное и минимальное отклонения средней скорости. Необходимое значение стабильности средней скорости (если оно вышло за допустимые значения) получают повышением стабилизации натяжения ленты и уменьшением ее проскальзывания в паре ведущий вал — прижимной ролик.

Принцип измерения детонаций магнитофонов основан на измерении колебаний частоты выходного сигнала магнитофона. Для получения объективных результатов коэффициент детонаций необходимо измерять с учетом следующих требований:

носитель, применяемый при измерениях, должен быть высококачественным по механическим и рабочим параметрам;

измерения должны производиться после окончания переходных процессов, происходящих во время пуска испытуемого магнитофона;

при изменениях и колебаниях показаний измерителя детонаций должны учитываться лишь его максимальные показания (кратковременные выбросы в показаниях, не чаще одного раза за 10 сек), можно не учитывать, если их величина не превышает более чем в два раза установившуюся величину показаний;

коэффициент детонаций измеряется в начале, середине и конце полного рулона носителя, а длительность каждого измерения должна быть не менее 30 сек. За результат измерения принимаются максимальные показания прибора.

Коэффициент детонаций измеряется несколькими способами, в зависимости от выполняемых аппаратурой функций. Для аппаратуры воспроизведения звука применяются:

1) способ однократного воспроизведения части «Д» тест-фильма, имеющего собственный коэффициент детонаций по крайней мере на порядок меньше, чем измеряемая величина;

2) способ многократного (не менее 5—10 раз) воспроизведения тест-фильма с коэффициентом детонаций по край-

ней мере в три раза меньшим, чем измеряемая величина. Коэффициентом детонаций испытуемого магнитофона при этом считается среднее арифметическое значение всех измерений. При измерениях, выполняемых этим способом, необходимо для повышения точности при каждом новом воспроизведении смещать начало тестфильма относительно головки воспроизведения.

Детонация в аппаратуре записи звука, имеющей режим воспроизведения, измеряется так же, как и в аппаратуре воспроизведения, однако допускается измерение детонации способом записи с последующим воспроизведением. Способ заключается в том, что на испытуемом магнитофоне записывается частота, равная частоте измерительной ленты ($3150 \text{ гц} \pm 5\%$), после чего эта запись воспроизводится на этом же аппарате не менее пяти раз. Результатом считается среднее арифметическое из максимальных показаний каждого измерения:

$$K_d = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_n}{n} \cdot \frac{\pi}{4}, \quad (\text{VIII-2})$$

где K_d — суммарный коэффициент детонаций;
 K_1, K_2, K_n — коэффициент детонаций за каждое измерение;
 n — количество измерений.

Детонация в аппаратуре записи звука, не имеющей режима воспроизведения, измеряется следующим образом. На испытуемом аппарате записывается сигнал частотой $3150 \text{ гц} \pm 5\%$, после чего измеряется детонация либо путем однократного воспроизведения выполненной записи на паспортизованном аппарате воспроизведения с коэффициентом детонаций по крайней мере на порядок меньшим, чем испытуемого, либо многократным воспроизведением на паспортизованном аппарате с коэффициентом детонаций по крайней мере в три раза меньшим испытуемого магнитофона.

Время пуска магнитофона определяется секундомером. Если время пуска сравнительно велико — порядка нескольких секунд, — оно определяется при прослушивании записи от генератора в пусковом режиме магнитофона. Более точно время пуска определяется при помощи шлейфового осциллографа, по которому регистрируется ток ведущего двигателя (если пуск осуществляется включением ведущего двигателя) или время переходных процессов при воспроизведении ранее сделанной записи.

Время ускоренного хода вперед или назад определяется для полного рулона ленты секундомером при пониженном напряжении питания магнитофона.

Правильное расположение дорожек записи на ленте проверяется способом «проявления» записанной магнитной ленты в суспензии порошка карбонильного железа в бензине с последующим измерением ширины и расположения дорожек на координатном микроскопе. Дорожки, подлежащие измерению, записываются от генератора звуковых частот. Для обеспечения хорошей видимости дорожек длина волны записи на ленте выбирается порядка $0,2$ мм и запись выполняется с достаточно большим уровнем (лента предварительно тщательно размагничивается).

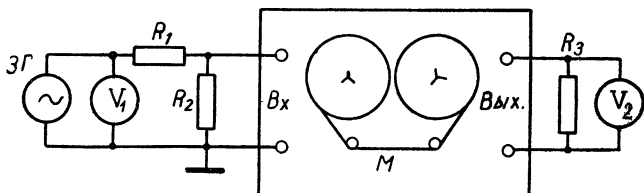


Рис 174. Схема измерений, используемая при установке перпендикулярности рабочих зазоров магнитных головок и номинального положения регуляторов уровня

Для приготовления суспензии берется 1 г порошка карбонильного железа с размером частиц порядка 3 мк на 100 г бензина. Записанный отрезок ленты кратковременно погружают в суспензию. После высыхания ленту помещают на столик координатного микроскопа, где измеряется расположение дорожек.

Настройка и испытание канала воспроизведения и канала записи — воспроизведения начинается с установки рабочих зазоров головок, установки регуляторов уровня в номинальное положение и установки номинального положения регуляторов тембра. Рабочие зазоры головок устанавливаются по схеме, показанной на рис. 174, начиная с головки воспроизведения. Регулятор уровня воспроизведения ставится в положение максимального усиления. На магнитофоне воспроизводится часть «Ч» тестфильма и регулируется угол наклона головки к направлению движения ленты. Положение головки, при котором обеспечивается максимальное выходное напряжение по вольтметру V_2 , соответствует перпендикулярности рабочего зазора к направлению движения ленты. Для установки рабочего

ззора головки записи на магнитофон устанавливается типовая лента и осуществляется несколько записей с различным углом наклона головки к направлению движения ленты. Перпендикулярности рабочего зазора головки соответствует запись, при воспроизведении которой обеспечивается максимальное выходное напряжение магнитофона. Записи выполняются при одинаковом входном напряжении магнитофона, а частота записываемого сигнала и уровень записи должны примерно соответствовать характеристикам измерительной ленты, по которой устанавливалось положение рабочего зазора головки воспроизведения. Режим записи проверяется вольтметром V_2 при одинаковом положении регулятора уровня воспроизведения. Для магнитофонов, имеющих сквозной канал, положение рабочего зазора головки записи устанавливается на ходу магнитофона, а для магнитофонов с универсальными головками — в режиме воспроизведения.

Регуляторы уровня воспроизведения и записи устанавливаются в номинальное положение также по схеме, показанной на рис. 174. Номинальному положению регулятора уровня воспроизведения соответствует положение, при котором обеспечивается номинальная выходная мощность (или номинальное выходное напряжение при заданном сопротивлении нагрузки) испытуемого магнитофона при воспроизведении на нем части «У» тестфильма. Номинальному положению регулятора уровня записи соответствует положение, при котором обеспечивается уровень записи на ленте, равный максимальному уровню тестфильма (часть «У») при подаче на вход магнитофона сигнала с частотой 400 $\mu\text{ц}$ и напряжением, равным номинальному напряжению данного входа.

Для установки регулятора уровня воспроизведения в номинальное положение воспроизводится часть «У» тестфильма и по вольтметру V_2 определяется положение регулятора, соответствующее номинальной выходной мощности магнитофона. Регулятор уровня записи устанавливают, не меняя положения регулятора уровня воспроизведения. На вход магнитофона (с учетом коэффициента деления делителя R_1, R_2) от генератора ЗГ подается напряжение частоты 400 $\mu\text{ц}$, равное номинальному напряжению данного входа, после чего ставится типовая лента и выполняется несколько записей в различном положении регулятора уровня записи. Номинальному положению регулятора

соответствует запись, при воспроизведении которой обеспечивается номинальная выходная мощность магнитофона. Для магнитофона с общим регулятором уровня записи и воспроизведения находят его номинальные положения для каждого из этих режимов. При всех дальнейших испытаниях магнитофонов регуляторы должны быть установлены в номинальное положение.

Номинальным положением регуляторов тембра испытуемого магнитофона является положение, соответствующее наибольшей линейности частотной характеристики канала воспроизведения. Такое положение регуляторов тембра устанавливается при снятии частотной характеристики и используется при всех испытаниях магнитофона.

Частотная характеристика канала воспроизведения измеряется по схеме, показанной на рис. 175 (без сопротивления R_1 и ИНШ). На магнитофоне воспроизводится часть «Ч» измерительной ленты и при помощи вольтметра V_1 изме-

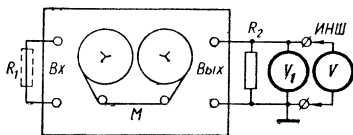


Рис. 175 Схема измерения частотной характеристики канала воспроизведения.

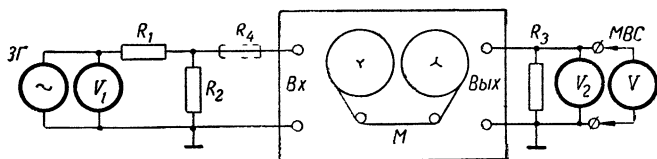


Рис 176. Схема измерения частотной характеристики канала записи — воспроизведения.

ряется неравномерность выходного напряжения в децибелах, которая характеризует неравномерность частотной характеристики канала воспроизведения. При помощи элементов коррекции усилителя воспроизведения добиваются линейной формы частотной характеристики (с учетом допусков, см. рис. 3 и 4). Необходимо помнить, что тест-фильм «Ч» записан с уровнем, на 20 дб меньшим номинального. По окончании измерения определяют номинальное положение регуляторов тембра. Оно соответствует наибольшей линейности частотной характеристики канала воспроизведения.

Частотная характеристика канала записи — воспроизведения измеряется по схеме, показанной на рис. 176 (без МВС). На магнитофон устанавливают предварительно разматываемую типовую ленту. При неизменном входном напряжении, на 20 дБ меньшем номинального напряжения данного входа, от генератора ЗГ записывают ряд частот в пределах частотного диапазона испытуемого магнитофона. При воспроизведении этой записи вольтметром V_2 измеряется неравномерность выходного напряжения в децибелах, показывающая неравномерность частотной характеристики канала записи — воспроизведения. Так как ранее настроенный канал воспроизведения отвечает требованиям стандартного канала, необходимая линейность частотной характеристики канала записи — воспроизведения (или сквозного канала) достигается при помощи элементов коррекции усилителя записи.

Относительный уровень шума канала воспроизведения измеряется:

1) прибором с линейной частотной характеристикой измерения (V_1);

2) прибором с скорректированной частотной характеристикой измерения, учитывающим субъективное восприятие шумов (ИНШ). Измерения производятся по схеме, показанной на рис. 175 (без R_1). Сначала на магнитофоне воспроизводится часть «У» измерительной ленты и измеряется напряжение на выходе магнитофона двумя приборами — с линейной (V_1) и с скорректированной (V) частотными характеристиками. После этого магнитофон включается на воспроизведение без магнитной ленты и измеряется напряжение шумов на его выходе теми же двумя приборами. Отношения напряжения шума к максимальному напряжению, измеренные прибором V_1 , и напряжения шума к максимальному напряжению, измеренные прибором V , и выраженные в децибелах, показывают относительный уровень шума канала воспроизведения, измеренный соответственно с линейной и скорректированной частотными характеристиками измерительных приборов.

Относительный уровень шума канала записи — воспроизведения (или сквозного канала) измеряется теми же двумя приборами по схеме, показанной на рис. 175. Сначала на магнитофоне воспроизводится часть «У» измерительной ленты. Приборами с линейной и скорректированной частотными характеристиками измеряется напряжение на

выходе магнитофона. После этого на предварительно размагниченной типовой ленте записывается «пауза». Выполненная запись воспроизводится и при этом теми же приборами снова измеряется напряжение шумов на выходе магнитофона. Выраженные в децибелах отношения напряжения шума к максимальному напряжению, измеренные прибором V_1 (рис. 175), и напряжения шума к максимальному напряжению, измеренные прибором V , показывают относительный уровень шумов канала записи — воспроизведения, измеренный соответственно с линейной и скорректированной характеристиками измерительных приборов.

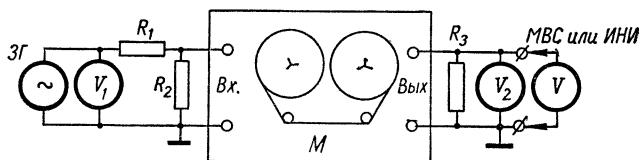


Рис. 177. Схема измерений нелинейных искажений канала записи — воспроизведения магнитофона.

Нелинейные искажения в канале записи — воспроизведение измеряются по схеме, показанной на рис. 177 (с ИНИ). Сначала на предварительно размагниченной типовой ленте записывают сигналы частотой 400 гц при номинальном входном напряжении магнитофона. Величина напряжения контролируется вольтметром V_1 с учетом коэффициента деления делителя R_1, R_2 . Затем выполненная запись воспроизводится и прибором типа ИНИ-6 измеряется коэффициент нелинейных искажений. Погрешности измерения, связанные с фоном и детонацией испытуемого магнитофона, в результате измерения не входят, так как фильтр прибора ИНИ-6 отсекает все частоты ниже второй гармонической.

Относительный уровень стирания измеряется по схеме, показанной на рис. 176 (без R_4). Сначала на предварительно размагниченной типовой ленте дважды записывается сигнал частотой 400 гц. Первая запись выполняется при номинальном напряжении на входе магнитофона, а вторая — при входном напряжении, равном удвоенному его значению. Затем лента перематывается до середины участка с первой записью, вход магнитофона закорачивается, магнитофон

включается на запись, вследствие чего стирается половина первой и вся вторая запись. Лента перематывается до начала участка с первой записью и магнитофон включается на воспроизведение. Во время воспроизведения нестертой части первой записи селективный вольтметр МВС подстраивается на максимальное отклонение и фиксируется его максимальное показание. При дальнейшем движении ленты фиксируются показания прибора во время воспроизведения стертых записей. Отношения этих напряжений к максимальному напряжению, выраженные в децибелах, определяют относительный уровень стирания номинального и удвоенного уровней записи.

Проникание сигнала с соседней дорожки измеряется по схеме, показанной на рис. 177 (с МВС). Сначала на предварительно размагниченной типовой ленте на одной из дорожек записывается сигнал частоты 80 гц (согласно ГОСТ 8088—62) при входном напряжении, равном номинальному. На соседней дорожке запись не выполняется. При воспроизведении записанной дорожки селективный вольтметр МВС устанавливается на частоту 80 гц, подстраивается на максимальное

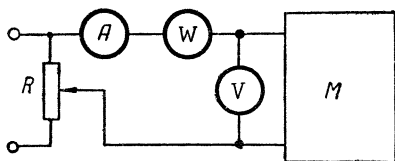


Рис 178 Схема измерения потребляемой мощности магнитофона.

отклонение и фиксируется его показание. Затем воспроизводится соседняя незаписанная дорожка и снова фиксируется показание вольтметра. Отношение напряжения воспроизведения незаписанной дорожки к напряжению воспроизведения записанной дорожки,

выраженное в децибелах, показывает относительный уровень проникания с соседней дорожки (переходное затухание) на частоте 80 гц.

Если количество параллельных дорожек более двух, относительный уровень проникания измеряется для незаписанной дорожки, расположенной между двумя одновременно записанными дорожками.

Акустические свойства магнитофона определяются либо объективным способом, путем снятия акустических характеристик в заглушенной камере, либо субъективным способом — прослушиванием выполненных на проверяемом магнитофоне различных записей.

Потребляемая мощность магнитофона, работающего от сети переменного тока, определяется по схеме, показанной на рис. 178. Для получения истинных значений потребляемой мощности и тока из показаний ваттметра W и амперметра A при работающем магнитофоне M исключаются показания тех же приборов при выключенном магнитофоне. Показания вольтметра V в обоих случаях поддерживают неизменными. Измерения производятся в режимах записи и ускоренных ходов. Потребляемая мощность магнитофонов, работающих от источников постоянного тока, измеряется по такой же схеме.

Габариты и вес магнитофона определяются путем измерения его наибольших размеров и взвешивания его веса нетто.

2. ВОПРОСЫ УНИФИКАЦИИ МАГНИТОФОНОВ

В связи с бурным развитием техники магнитной записи и непрерывным расширением ее применения в науке, технике и в быту необходимо коренное изменение методов конструирования соответствующей аппаратуры.

В настоящее время основным является блочный метод конструирования, когда блоки, даже при идентичных заданных параметрах, проектируются с учетом специфических требований данного аппарата. В связи с этим в спроектированных по-разному блоках одного функционального назначения наблюдается повторяемость конструирования и различное конструктивное выполнение идентичных по назначению узлов, распыляются творческие усилия конструкторов, что приводит к излишним затратам времени и материальных средств. Например, в настоящее время промышленность выпускает много бытовых магнитофонов с одинаковыми параметрами (см. табл. П-4), однако в каждом из этих аппаратов конструктивные и схемные решения одних и тех же функциональных узлов выполнены по-разному. Проведенное в пределах каждого магнитофона разделение на функциональные узлы и блоки часто имеет скорее символическое значение, чем практически ощутимый эффект, поскольку работы по унификации иногда носят эпизодический характер и нередко замыкаются в пределах одного предприятия.

В последнее время силами ВНИИРТ сделана попытка частичной унификации узлов бытовых магнитофонов.

Используя такие узлы, можно собрать определенную гамму аппаратов с различными параметрами, т. е. сократить разнообразие конструкций магнитофонов. Однако свести номенклатуру выпускаемых магнитофонов к одному-двум видам невозможно, поскольку вопросы конструктивного выполнения, эксплуатационных удобств, эстетики, стоимости и других факторов так же разнообразны, как различно назначение звукозаписывающих устройств и запросы потребителей. Но недопустимо то, что основные узлы — ведущие, боковые, магнитные головки, усилители, обеспечивающие идентичные параметры в большинстве бытовых магнитофонов и зачастую выполненные по аналогичным техническим решениям или электрическим схемам, в конструктивном отношении не имеют между собой ничего общего. Это отрицательно сказывается на качестве продукции, поскольку вместо отработанных иногда во вновь проектируемый магнитофон закладываются сырые, непроверенные конструктивные решения. Кроме того, обширная номенклатура одних и тех же узлов практически исключает возможность специализации и кооперации производства.

Функционально-узловой метод конструирования на основе унификации схемных решений и конструктивного выполнения функциональных узлов имеет существенные преимущества перед блочным методом конструирования. Применяя унифицированные узлы и блоки, разработанные по функционально-узловому методу, можно:

- 1) организовать массовое специализированное производство узлов с внедрением автоматизации;
- 2) сократить сроки конструирования и освоения новых типов аппаратуры в серийном производстве;
- 3) повысить надежность аппаратуры;
- 4) добиться значительной экономии материальных средств.

Процесс унификации основных деталей, узлов и блоков магнитофонов завершается созданием ряда унифицированной аппаратуры с необходимыми параметрами, получаемыми при различных вариантах набора унифицированных элементов, узлов и блоков. Соответственно этому различают унификацию элементную, узловую и блочную. Элементная унификация охватывает ряд деталей, общих для любого магнитофона: прижимные ролики, тормоза, подкассетники, сердечники и экраны головок, направляющие элементы

тракта, элементы крепления радиодеталей и монтажа, радиаторы и др. Однако ограничить унификацию одними элементами и деталями было бы неправильно, так как в этом случае невозможно создать функционально законченные устройства и неоправданно увеличится номенклатура унифицированных элементов. Унифицированные узлы имеют более четкое функциональное деление (узлы прижимного ролика, ведущего вала, боковые узлы, электромагниты, головки и др.). Используя такие узлы, можно в минимальные сроки собрать необходимые для данного магнитофона блоки.

Возможности унификации более крупных устройств — блоков (лентопротяжных механизмов, универсальных усилителей, универсальных блоков питания и др.) нередко ограничивается различными специфическими требованиями к аппаратам. В то же время такие блоки состоят из набора однотипных узлов, повторяющихся в различных конструкциях магнитофонов. Таким образом, наиболее рациональной унифицируемой единицей является схемно и конструктивно законченный электромеханический или радиоэлектронный унифицированный функциональный узел (УФУ).

Преимущества функционально-узлового метода могут быть использованы только при высокой степени однородности конструктивных, схемных и технологических решений в процессе конструирования УФУ.

Независимо от того, что подвергается унификации — детали, узлы или блоки, такая работа включает в себя ряд последовательных этапов:

1. Определение конкретной задачи по унификации и конечной цели работы. Постановка задачи производится в рациональных для данного уровня развития техники магнитной записи пределах, но с учетом перспективы, т. е. так, чтобы работа проводилась, опираясь на реально существующую техническую базу и была рассчитана на создание определенного технического задела.

2. Изучение существующих конструкций. Качественное и полноценное выполнение работ по унификации возможно на базе реально существующих и проверенных на практике конструкций и схем. Для того чтобы разработанная унифицированная конструкция была жизненной и широко применялась, она должна воплотить в себе все положительные стороны существующих конструкций и по качественным показателям превосходить или, по крайней мере, не усту-

пать лучшим из них. Эти требования могут быть удовлетворены после тщательного сравнительного изучения большинства конструкций и схем данного узла, выполненных в разное время различными исполнителями, в том числе с учетом последних достижений зарубежной техники.

Таким образом, на этом этапе производится сбор и систематизация материалов, изучение и обобщение всех технических данных по заданным функциональным узлам. Так как все последующие этапы будут выполняться, исходя из результатов данного этапа, к полноте собранной информации, а также к квалификации произведенного анализа и к объективности выводов предъявляются особо высокие требования.

3. Определение ряда основных параметров. Унифицированный узел должен заменить все или большинство аналогичных по назначению существующих функциональных узлов, поэтому его параметры должны быть более высокими по сравнению с существующими и охватывать широкий диапазон аналогичных узлов. Основные параметры, которым должны удовлетворять УФУ, определяются, исходя из параметров лучших, наиболее распространенных образцов, с учетом перспективы применения данных УФУ. При этом учитываются действующие стандарты на параметры магнитофонов.

4. Выбор базовой конструкции или схемы производится, исходя из ряда основных параметров, заданных для данного вида функциональных устройств с учетом результатов анализа существующих конструкций.

Конструкция узла, блока, на основе которой с незначительными доработками или заменой отдельных элементов возможно построение всех или большинства разновидностей данного функционального устройства, называется базовой.

За базовую принимается одна из лучших существующих конструкций либо разрабатывается новая, если имеющиеся конструкции не могут быть основой для унификации. Базовая конструкция может охватывать весь ряд параметров или, если это по конструктивным, схемным или другим соображениям нерационально или невозможно, все параметры разбиваются на несколько частей и для каждой из них выбирается базовая конструкция. Например, выполнение одного базового бокового узла ЛПМ на все емкости кассет нерационально, так как для ЛПМ с малыми емкостями такой узел окажется неоправданно громоздким. То же

самое можно сказать и в отношении всескоростных ведущих узлов ЛПМ. Стремление охватить все параметры одной базовой конструкцией или схемой приводит к необходимости создания излишне универсальных конструкций и схем. Универсальность всегда достигается путем технического компромисса, при котором качественные показатели для каждой функции нередко ухудшаются с целью увеличения количества выполняемых функций.

Другая крайность универсальности — создание узлов по наиболее высоким качественным показателям заданного ряда параметров. Например, если использовать в качестве базового для всех магнитофонов высококачественный ведущий узел с коэффициентом детонации порядка 0,2% или усилитель с диапазоном частот 40—16 000 *гц*, то полностью эти параметры будут использованы только в высококачественной профессиональной аппаратуре, в то время как у большого количества массовых магнитофонов они будут использованы только частично.

После изготовления базовая конструкция подвергается полному циклу типовых испытаний по самым жестким требованиям на аппаратуру, для которой такая конструкция предназначена.

Базовые конструкции и схемы, показавшие положительные результаты, могут использоваться для унификации и стандартизации звукозаписывающей аппаратуры.

Основные параметры электродвигателей,

Тип двигателя	Система	Напряжение питания, в	Мощность на валу, вт	Скорость вращения, об/мин	Пусковой момент, г·см
ДВД-1	Гистерезисный двухскоростной	220	14/7	1500/750	1300/800
ДВД-1Р	Синхронно-реактивный	220	20/10	1500/750	1300/900
ДВС-010/5-4	То же	220	15	1500	1000
ДВС-010/5-6	» »	220	8	1000	1000
ДПА-010/5-4	Асинхронный	220	13	1430/890	3000
ДПА-010/5-4М	»	220	13	1430/890	3000
ДВС-У1М	Синхронно-реактивный	110/220	12	1500	1000
ДВС-У1	То же	220	15	1500	1000
ДВА-У1	Синхронный	220/110	30	1440	1000
ДВА-У2	»	220/110	7	710	700
ДВА-У3	»	220/110	36	1430	2000
ДВА-У4	»	220	6	595	1100
ДПА У1	»	220/110	13	1430 (890)	3000
ДПА-У2	»	220/110	8	1430 (760)	2000
ДМ-2	Асинхронный двухскоростной	180	14/6	960/460	1000
ДМ-3	Синхронно-гистерезисный трехскоростной	220	15 8 4	3000 1500 750	600
АО-1	Асинхронный	110	—	1350	—
АО-2	»	110	—	1350	—
КД-2	»	127	8	2800	700
КД-30	»	220	50	1440	1100
ДПН-1	»	220	7	1300	1900
ДПН-2	»	220	—	1300	2100
ДПН-3	»	220	6,4	1300	2800

Приложение
Таблица П-1

применяемых в магнитофонах

Потребляемый ток, а	Потребляемая мощность, вт	Емкость конденсатора, мкф	Добавочное сопротивление, ом	Вес, кг	Рисунок	Примечание
0,5	109/95	2,75	250	7,1	—	Снабжен тормозной системой
0,5	118/105	3	300	7	—	То же
0,44	108	3	500	6,7	П-1	» »
0,47	84	2,5	500	6,6	П-1	» »
0,51	100	2,75	250	5,8	П-1	» »
0,51	100	2,75	250	5,8	П-1	—
0,4/0,8	75	10/2,5	125/500	4,2	П-2	—
$\frac{0,44}{0,88}$	78	2,5	500	4,2	П-2	—
$\frac{0,43}{0,86}$	85	2,5	500	4,2	П-2	—
$\frac{0,17}{0,34}$	32	1,25	500	4,2	П-2	—
$\frac{0,43}{0,86}$	90	2,5	500	4,2	П-2	—
$\frac{0,2}{0,4}$	37	1,25	500	4,2	П-2	—
$\frac{0,51}{0,57}$	95/106	2,75	250	4,2	П-2	—
$\frac{0,34}{0,38}$	61/69	1,5	250	3	—	—
	50/59	3,5	—	3	П-3	С внешним ротором, реверсивный
0,5	—	3,5	400	4,5	П-4	—
1,5	—	1,5	—		П-5	—
3	—	3	—	0,7	—	—
0,23	—	2,5	—	0,7	П-6	—
0,41	—	4	—	1,6	—	—
0,32	55	1,5	250	2	П-7	С внешним ротором и тормозной системой
—	—	1,5	250	1,5	П-7	То же
0,33	70	1,5	200	2	—	» »

Тип двигателя	Система	Напряже- ние питания, в	Мощность на валу, вт	Скорость вращения, об/мин	Пусковой момент, г см
АД-2 («Яуза»)	Асинхронный	127	5	1480	500
АД-5	»	220/110	5,2	1460	500
СД-09М	Синхронный реактивно- гистерезисный	220	8	3000	800
Г-31	Синхронный гистерезисный	220	4	3000	130
Г-33	То же	220	7	3000	430
Г-34	» »	220/127	4	3000	230
Г-205	» »	220	1	3000	Не менее 33
2АСМ-50	Асинхронный	110	0,67	1280	50
2АСМ-100	»	110	1,32	1280	100
2АСМ-200	»	110	2,4	1180	200
2АСМ-400	»	110/220	4,6	1120	400
ЭДГ-1, ЭДГ-4	»	220/110	2	2800	80
ЭПУ	»	110	2	2500	80
ДАП-1	»	127/220	1	2800	30

Потребляемый ток, а	Потребляемая мощность, вт	Емкость конденсатора, мкф	Добавочное сопротивление, ом	Вес, кг	Рисунок	Примечание
0,36	25	2,5	500	0,24	—	—
0,5	35	2,0	500	2	—	—
0,31	50	10/2,5	125/500	3,8	П-8	На шарикоподшипниках
0,2	30	2,5	—	0,9	П-9	То же
0,2	33	2	—	0,9	П-9	» »
0,35	30	6,5/2	—	0,9	П-9	» »
—	19	—	—	0,4	П-10	» »
0,095	25	4	—	0,72	П-11	» »
0,18		4	—	1,15	П-12	» »
0,3	50	4	—	1,25	П-13	» »
0,4/0,7	25	4	—	1,9	П-14	» »
—	13	0,5	—	0,6	П-15	—
—	15	1,5	—	0,45	—	—
—	20	—	—	0,4	—	—

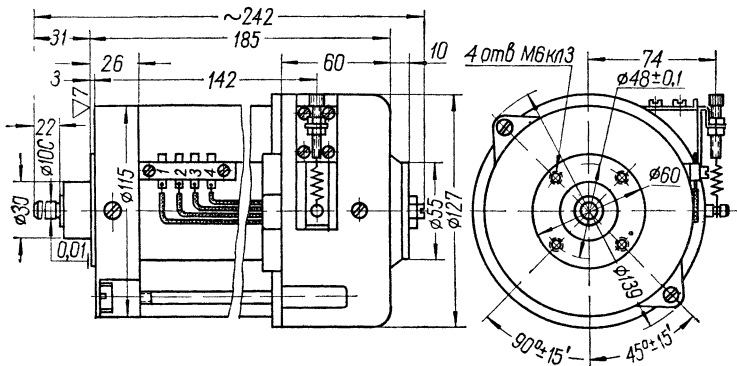


Рис П-1

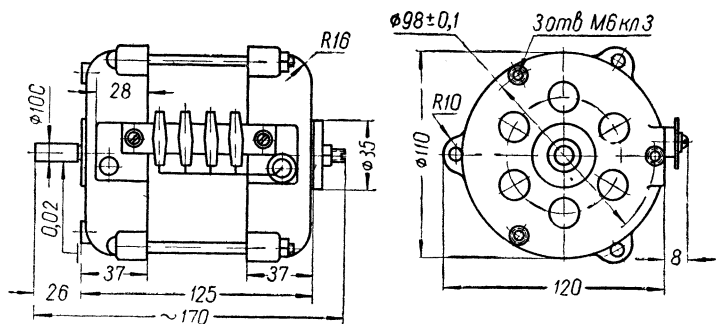


Рис П-2.

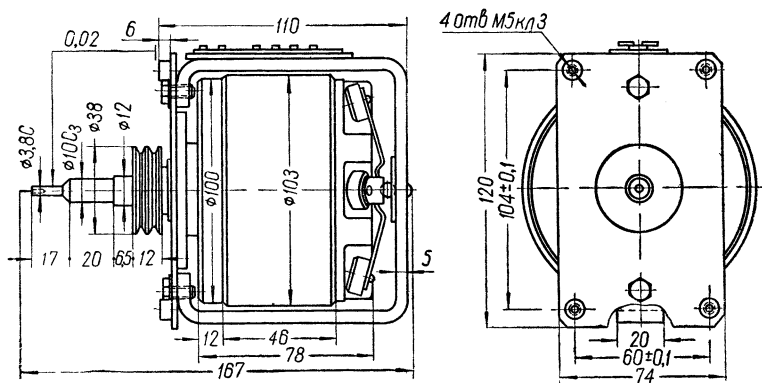


Рис. П-3.

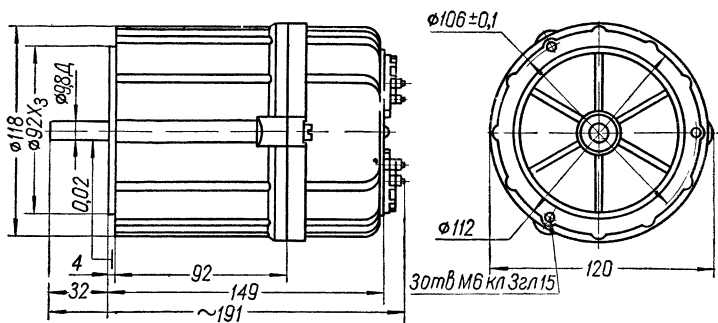


Рис. П-4.

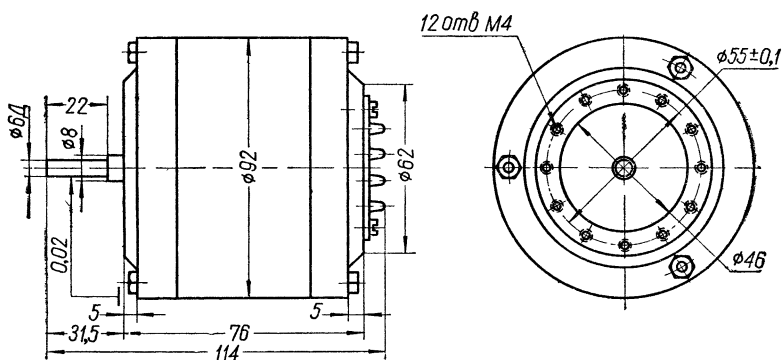


Рис. П-5

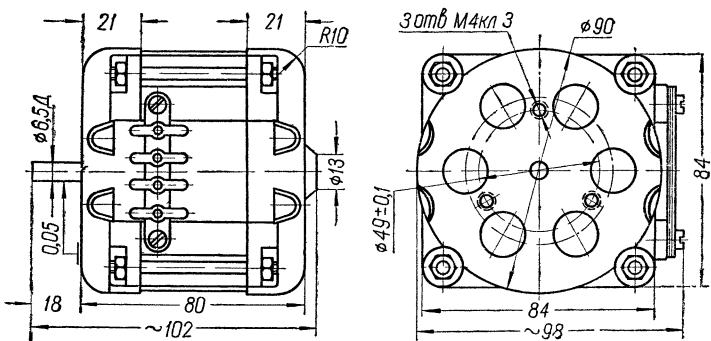


Рис. П-6.

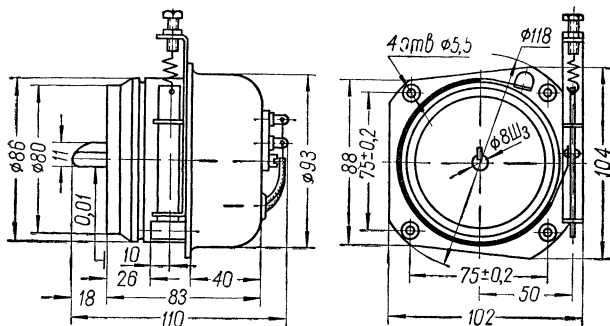


Рис. П-7.

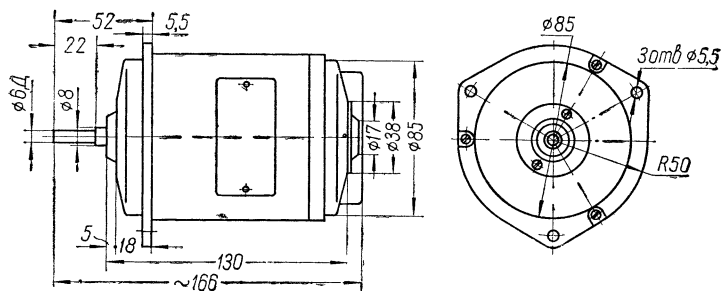


Рис. П-8.

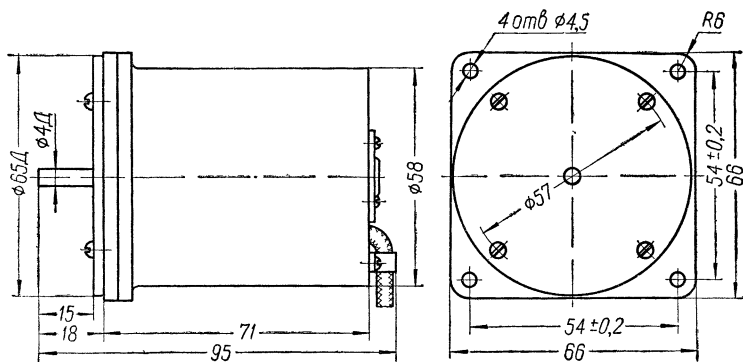


Рис. П-9.

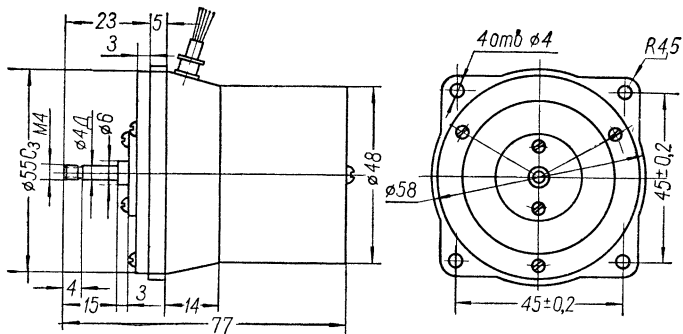


Рис. П-10.

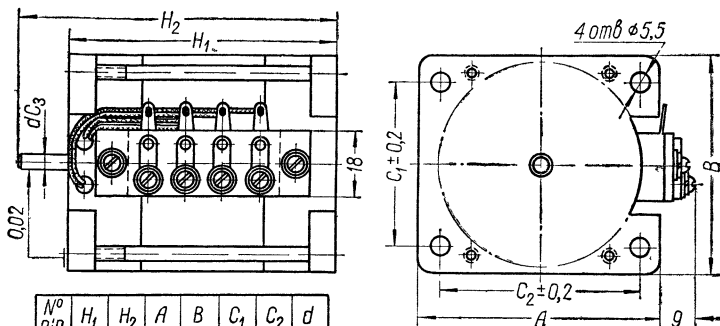


Рис П-11.

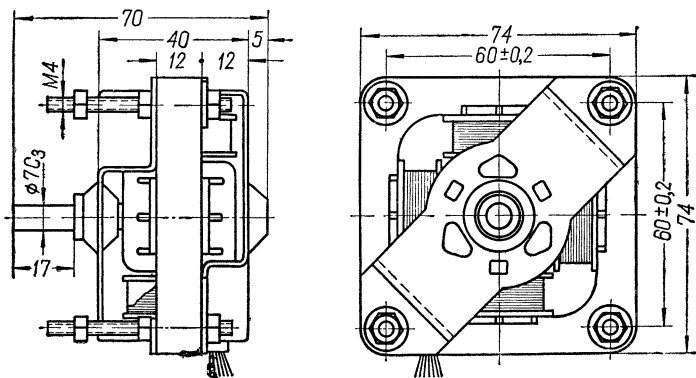


Рис. П-12.

Основные параметры магнитных головок

Тип магнитофона	Вид записи	Назначение головок *	Число витков	Диаметр провода, мм
МЭЗ-2 МАГ-5	Однородно- жечная	В	2×300	0,2
		З	2×150	0,25
		С	2×75	0,38
МЭЗ-6 МЭЗ-15	То же	В	2×300	0,2
		З	2×150	0,25
МЭЗ-17	» »	С	2×150	0,25
		В	2×1500	0,1
		З	2×150	0,25
МЭЗ-28	» »	С	2×150	0,27
		В	2×200	0,2
		З	2×150	0,3
МАГ-8	» »	С	2×150	0,27
		В	2×1500	0,08
		З	2×150	0,25
МАГ-8-ПМ	» »	С	2×75	0,38
		В	2×1000	0,08
		З	2×50	0,08
«Днепр-1» «Днепр-2» «Днепр-3»	» »	С	2×150	0,25
		У	2×1500	0,1
		С	—	—
«Днепр-5» «Днепр-8»	» »	У	2×300	0,23
		С	—	—
«Репортер-2»	» »	В	2000	0,08
		З	600	0,1
«Репортер-3»	» »	В	600	0,12
		З	150	0,15
«Днепр-9» «Днепр-10»	Двухдородно- жечная	У	2×1500	0,1
		С	2×100	0,27
«Днепр-11»	То же	У	2×1500	0,1
		С	2×100	0,31
«Эльфа-6»	» »	У	2×1500	0,08
		С	2×200	0,2
«Эльфа-10» «Эльфа-17»	» »	У	2×1500	0,08
		С	2×200	0,2
«Эльфа-19» «Яуза»	» »	У	2500	0,05
		С	450	0,12
«Яуза-5»	» »	У	2×2500	0,05
		С	300	0,12
«Мелодия»	» »	У	2550	0,05
		С	400	0,15

* В — воспроизводящая, З — записывающая, У — универсальная,

массовых и профессиональных магнитофонов

Индуктив- ность, мГн	Длина рабочего зазора, мм	Длина заднего зазора, мм	Сопротив- ление обмотки, ом	Ток записи, ма	Ток подмаг- ничи- вания, ма	Ток стира- ния, ма	Приме- чание
60—70	20	Нет	10	—	—	—	1
8—9	20	0,25	2,83	2	10—12	—	2
2	200	Нет	0,8	—	—	130—150	3
60—70	20	Нет	10	—	—	—	1
9	20	0,25	2,83	2	12	—	2
7—9	150	Нет	3	—	—	60	4
1500	20	Нет	200	—	—	—	5
9	20	0,25	2,83	2	10—12	—	2
8	150	Нет	2,8	—	—	50	4
60—70	10	Нет	3	—	—	—	6
10	10	0,4	2,3	2	12	—	7
8	150	Нет	2,8	—	—	50	4
3000	10	Нет	220	—	—	—	—
9	20	0,25	2,83	2	12	—	2
2	200	Нет	0,8	—	—	130—150	3
1000	10	Нет	150	—	—	—	—
340	10	0,3	120	1,5	2	60	—
2	150	Нет	2,83	—	—	60	—
900	12	0,1	180	0,1	1,1	—	—
2	200	Нет	0,5	—	—	75	—
120	10	Нет	8	0,6	2	—	8
—	—	—	—	—	—	—	9
2000	10	Нет	500	—	—	—	—
130	10	0,1	40	0,6	2,0	—	—
50	10	Нет	12	—	—	—	—
4,5	10	Нет	3,5	3,5	12	—	—
900	8	0,1	180	0,05	0,7	—	—
10	100	Нет	1,6	—	—	100	—
1000	8	Нет	180	0,1	1	—	—
10	100	Нет	1,5	—	—	100	—
800	10	0,1	220	0,3	2	—	—
10	100	Нет	5	—	—	30	—
750	10	0,1	220	0,3	1,3	—	—
10	100	Нет	5	—	—	40	—
900	8	Нет	500	0,2	2	—	—
7	200	Нет	11	—	—	50	—
1,25	8	Нет	1000	0,1	1	—	—
4,5	200	Нет	9	—	—	30	—
900	8	Нет	500	0,13	0,5	—	10
7	200	Нет	10	—	—	45	10

С — стирающая головки.

Тип магнитофона	Вид записи	Назначение головок *	Число витков	Диаметр провода, мм
МП-1; МП-2 «Астра»	Двухдоро- жная То же	У	2×1500	0,09
		С	2×200	0,2
		У	4000	0,05
		С	420	0,18

- Пр и м е ч а н и я: 1. Низкоомная воспроизводящая головка типа В-01.
2. Низкоомная записывающая головка типа З-02.
3. Низкоомная стирающая головка типа С-02.
4. Стирающая головка типа С-04.
5. Высокоомная воспроизводящая головка типа В-02.
6. Воспроизводящая головка типа 28-01.
7. Записывающая головка 23-01.

Основные параметры диффу

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, ва	Номинальный диапазон частот, гц	Резонансная частота подвижной системы, гц	Неравномерность частотной характеристики, дб	Среднее стандартное звуковое давление, дин/см ²	Полное сопротивление звуковой катушки, ом
0,25ГД-1	0,25	300—3000	300±30	18	2	8±0,8
0,5ГД-10	0,5	150—7000	150±30	14	2,3	5±0,5
0,5ГД-11	0,5	150—7000	150±30	14	2,3	5±0,5
0,5ГД-12	0,5	150—7000	150±30	14	3	5±0,5
1ГД-5	1	150—6000	120±20	15	2	6,5±0,7
1ГД-6	1	100—6000	100±10	15	3	6,5±0,7
			140±10			
1ГД-9	1	100—7000	95±15	14	2,5	6,5±0,7
		200—10 000	150±30			
1ГД-11	1	150—7000	120±20	15	2	8±0,8
1ГД-12	1	200—1000	175±15	14	2,5	5±0,5
1ГД-14	1	150—10 000	150±30	14	2,5	5±0,5
2ГД-3	2	70—10 000	80±15	14	2,5	4,5±0,5
			100±10			
2ГД-4	2	70—10 000	80±15	14	2,3	5±0,5
			100±10			

* В — воспроизводящая, З — записывающая, У — универсальная,

Индуктив- ность, мГН	Длина рабочего зазора, мм	Длина заднего зазора, мм	Сопротив- ление обмотки, ом	Ток записи, ма	Ток подмаг- ничива- ния, ма	Ток стира- ния, ма	Приме- чание
750	10	0,1	200	0,25	2	—	—
10	100	Нет	5	—	—	30	—
4000	5	Нет	600	0,5	20	—	12
8	0,2	Нет	3,5	—	—	40	—

8. В качестве универсальной головки применяется воспроизводящая головка В-01 с уменьшенным рабочим зазором. Заднего зазора нет.

9. Стирающая головка типа СГПМ-2 с постоянным магнитом.

10. Универсальная головка МГУ-2, стирающая — МГС-1.

11. Воспроизводящая головка МГ-8В, стирающая МГ-8П.

12 Универсальная головка имеет отвод от 500-го витка.

Таблица П-3

зорных громкоговорителей

Габариты громко- говорителя, мм	Тип магнита и материал	Вес магни- та, г	Диам- метр керна, мм	Индукция в зазоре, гс	Вес громкогово- рителя, г
∅72×34	Керновой Анко-4	18	12	6000	70
∅105×50	То же	40	12	7000	150
∅105×36	Кольцевой МБА	40	12	7000	150
∅105×36	То же	80	12	9000	250
∅126×50	Кольцевой ални	150	17	5000	370
∅126×63	То же	340	17	7300	600
156×98×56	Керновой Анко-4	50	17	7000	250
∅126×45	Кольцевой МБА	80	17	6500	300
156×98×41	Кольцевой МБА	40	12	7000	200
∅126×45	То же	40	12	7000	180
∅152×69	Керновой Анко-4	70	20	7000	400
∅152×54	Кольцевой МБА	80	17	6500	300

С — стирающая головки.

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, <i>ва</i>	Номинальный диапазон частот, <i>гц</i>	Резонансная частота подвижной системы, <i>гц</i>	Неравномерность частотной характеристики, <i>дб</i>	Среднее стандартное звуковое давление, <i>дин/см²</i>	Полное сопротивление звуковой катушки, <i>ом</i>
ЗГД-2	3	80—6000	80 ± 10	15	3	4 ± 0,6
ЗГД-7	3	80—7000	90 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5
ЗГД-9	3	80—7000	80 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5
4ГД-1	4	60—12 000	60 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5
			80 ± 10			
4ГД-2	4	60—12 000	60 ± 10	14	2,5	5 ± 0,5
5ГД-10	5	50—12 000	50 ± 10	15	3	4,5 ± 0,5
5ГД-14	5	70—12 000	70 ± 10	14	2,5	4,5 ± 0,5
			90 ± 10			
10ГД-17	10	40—8000	50 ± 10	14	3	4,5 ± 0,5
10ГД-18	10	50—8000	50 ± 10	12	3	8 ± 0,8
ВГД-1 (ЗГДВ-1) *	3	800—15 000	270 ± 30	15	2,5	5 ± 0,5

Основные технические данные отечественных

Тип магнитофона	Скорость движения ленты, <i>см/сек</i>	Коэффициент детонации, %	Тип двигателя	Время звучания одной дорожки, <i>мин</i>
МЭЗ-2	77,00	0,15	—	22
МДС-2	19,25	0,5	—	60
МЭЗ-3	77,00	0,2	ДВА-УЗ	12
МЭЗ-6	77,00	0,15	ДВС-010/5-4 ДПА-010/5-4	22

* Вариант ВГД-2 (ЗГДВ-2) имеет номинальный диапазон частот

Габариты громкоговорителя, мм	Тип магнита и материал	Вес магнита, г	Диаметр керна, мм	Индукция в зазоре, гс	Вес громкоговорителя, г
∅202×100	Кольцевой ални	350	25	6000	1200
204×134×77	Керновой Анко-4	100	25	7500	650
204×134×65	Кольцевой МБА	200	25	7500	900
∅202×100	Керновой Анко-4	100	25	7500	600
∅202×80	Кольцевой МБА	200	25	7500	900
∅252×126	Кольцевой ални	700	25	9000	1700
254×170×100	Керновой Анко-4	100	25	7500	700
∅295×140	Кольцевой ални	700	30	7500	1500
324×212×128	То же	700	30	7500	2000
∅105×64	Керновой Анко-4	65	12	9000	250

Таблица П-4

бытовых и профессиональных магнитофонов

Тип микрофона	Частотная характеристика, гц	Тип громкоговорителя	Мощность, потребляемая, от сети, вт	Выходная мощность (для профессиональных аппаратов выходное напряжение и нагрузка), вт
—	70—7000	—	—	—
СДМ	200—3500	2ГД-3	125	3
СДМ	100—6000	2ГД-3	60	1
—	30—12 000	—	250	3 в 600 ом

от 1 до 18—20 кгц.

Тип магнитофона	Скорость движения ленты, см/сек	Коэффициент детонации, %	Тип двигателя	Время звучания одной дорожки, мин
МЭЗ-15	76,2	0,2	ДВС-010/5-4	22
МЭЗ-17	38,1	—	ДПА-010/5-4	22
МЭЗ-28	76,2	—	ДВД	22
	38,1		ДПА-У2	
МАГ-2	45,6	—	ДО-50	12
МАГ-3М	45,6	0,3	ДАМ-110/3-4	12
			МШ-627	
МАГ-800	45,6	—	ДАМ-1	12
			МШ-627	
МАГ-8	77,0		ДВС-У1	11
МАГ-8М	38,5	0,2	МШ-627	22
МАГ-8	38,5		ДВА-У4	22
МАГ-8М	19,25	0,35	ДПА-У2	44
МАГ-5	77,0	0,2	ДВС-У1	22
	38,5		ДПА-У2	44
МАГ-8М-II	19,05	0,6	ДВА-У4М	44
			ДПА-У2М	
МАГ-59	19,05	0,6	ДВА-У4М	44
			ДПА-У2М	
«Днепр-1»	45,6	0,5	ДАМ-110/3-4	18
	18,0			46
«Днепр-3»	19,25	0,6	ДВА-У3	43
«Днепр-5»	19,25	0,6	ДВА-У4	44
«Днепр-8»	9,53	0,8	Пружинный	15
«Днепр-9»	19,05	0,6	ДВА-У4	30

Тип микрофона	Частотная характеристика, гц	Тип громкоговорителя	Мощность, потребляемая от сети, вт	Выходная мощность (для профессиональных аппаратов выходное напряжение и нагрузка), вт
—	30—15 000	—	300	3 в 600 ом
—	60—10 000	—	—	3 в 600 ом
—	30—12 000	—	—	3 в 600 ом
РДМ	70—6000	—	200	1,5
СДМ	70—7000	3ГД-3	180	1,5
РДМ	80—7000	3ГД-3	100	1,5
РДМ	70—7000	2ГД-3	250	3
РДМ	100—5000	2ГД-3	250	3
МД-30	70—7000	4А-1	400	5
СДМ	50—10 000	2ГД-3	250	2,5
МД-55	50—10 000	2ГД-3	250	2,5
РДМ	100—5000	3ГДМП	150	3
	100—3000			
СДМ	100—5000	3ГД-2	160	3
СДМ	100—5000	3ГД-2	100	3
Пьезоэлектрический	200—500	Головной телефон	—	1 в 600 ом
МД-41	50—10 000	2ГД-3 и 1ГД-9	100	2,5

Тип магнитофона	Скорость движения ленты, см/сек	Коэффициент детонации, %	Тип двигателя	Время звучания одной дорожки, мин
«Днепр-10»	19,05	0,6	ДВА-У4	30
«Днепр-11»	19,05	0,5	ДВС-У1	30
	9,53	0,9		60
«Эльфа-6»	Переменная	0,9	ДАГ-1	55
«Эльфа-10»	19,05	0,6	КД-2	30
«Эльфа-17»	19,05	0,6	КД-2	30
«Эльфа-19»	19,05	0,6	КД-2	30
(Гинтарас)				
«Яуза»	19,05	0,8	АД-2	15
«Яуза-5»	19,05	0,5	АД-5	22
	9,53			44
«Яуза-10»	19,05	4,0	АД-5	22
	9,53	0,6		44
«Мелодия	19,05	0,5	ДМ-2	30
МГ-56»	9,53	0,9		60
«Репортер-2»	19,05	0,5	ДКС-8	15
«Репортер-3»	19,05	0,5	ДКС-8	15
«Весна»	9,53	1,2	ДК-0,5	16
«Астра»	9,53	0,7	ЭДГ-1М	60
	4,76	1,5		120
«Астра-2»	9,53	0,7	ЭДГ-1М	60
	4,76	1,5		120
«Искра»	19,05	0,55	КАД-2	30
«Чайка»	9,53	0,6	ЭГД-1М	45
«Комета»	19,05	0,4	ЭДГ-1М	22
	9,53	0,6	(2 шт.)	45
	4,76	1,5		90
«Кристалл»	19,05	0,5	ДМ-2	30
	9,53			60
«Спалис»	19,05	0,6	КД-2	30
«Неринга»	19,05	0,6	КД-2	30

Тип микрофона	Частотная характеристика, гц	Тип громкоговорителя	Мощность, потребляемая от сети, вт	Выходная мощность (для профессиональных аппаратов выходное напряжение и нагрузка), вт
МД-41	50—10 000	2ГД-3 (2 шт.)	100	2,5
МДМ-1	40—12 000	2ГД-3 (2 шт.)	160	3
	100—6000	1ГД-9 (2 шт.)		
МД-41	100—5000	1ГД-6	90	1,5
МД-41	60—10 000	1ГД-6	75	1
МД-41	60—10 000	—	52	0,3 в
МД-47	60—10 000	1ГД-9	80	1
МД-41	70—7000	1ГД-6 и 1ГД-9	75	1
МД-47	50—12 000	1ГД-9 (2 шт.)	75	1,5
	60—7000			
МД-47	40—15 000	1ГД-9-150	110	4
	60—10 000			
МД-55	50—10 000	2ГД-3	100	2
	100—6000	и 1ГД-9		
МД-35	50—10 000	Головной Телефон	—	1 в 100 ом
МД-44	50—10 000	то же	—	1 в 600 ом
МД-47	100—6000	1ГД-9 и 0,1ГД-1	20	1
МД-55	100—6000	2ГД-3 и	90	2
	100—4000	1ГД-9		
МД-47	50—10 000	1ГД-9	70	2
	50—5000	(2 шт.)		
МД-55	100—10 000	1ГД-9	70	2
МД-41	100—6000	1ГД-9	60	1
МД-55	40—12 000	1ГД-9	90	2
	40—6000	(3 шт.)		
	100—4000			
МД-55	50—10 000	2ГД-3 (2 шт.) 1ГД-3 (2 шт.)	90	2
—	50—10 000	—	—	1
—	80—10 000	—	—	2

ЛИТЕРАТУРА

- Альтрихтер Э, Магнитная лента, Изд. иностр. лит., М, 1959.
- Андреев И. В., Внешнее оформление приемника, Госэнергоиздат, 1958.
- Андриевский М. Н., Конструирование элементов радиопередатчиков, устанавливаемых на подвижных объектах, Оборонгиз, М, 1959.
- Балагуров В. А., Галтеев Ф. Ф., Гордон А. В., Ларионов А. Н., Проектирование электрических аппаратов авиационного электрооборудования, Оборонгиз, М., 1962.
- Басов Г. А. и др, Теория плоских механизмов и динамика машин, Изд-во, «Высшая школа», М, 1961.
- Бенедиктов А., Звуковая часть кинопроектора, Изд-во «Искусство», 1962.
- Борисов К. Н., Основы авиационного электропривода, Ч-1, Оборонгиз, М., 1962
- Бургов В. А., Кинотелевизионная техника, Сборник переводных материалов, Изд-во «Искусство», 1959
- Василевский Д. П., Методика лабораторных испытаний магнитофонов, Труды ВНИИРТ, вып. 2 (12), М, 1964.
- Васильев В. С., Станки и приборы для динамической балансировки, Машгиз, 1959.
- Винкель Ф., Техника магнитной записи, Пер. с нем. под ред. проф. Розенבלата М. А., Изд. иностр. лит., М, 1962.
- Добровольский В. А., Заблонский К. И., Мак С. П., Радчик А. С., Эрлих Л. Б., Детали машин, Машгиз, К., 1963.
- Дольник А. Г., Громкоговорители, Госэнергоиздат, 1961.
- Единицы измерения и обозначения физико-технических величин, Гостоптехиздат, М., 1961.
- Ефремов Е. Г., Новая конструкция магнитофонных магнитных головок, «Техника кино и телевидения», 1961, № 4.
- Иванов И. Н., Комаров М. С., Детали машин и подъемно-транспортные машины, Изд-во Львовского университета, Львов, 1961.
- Иоффе А. Ф., Применение магнитной записи, Госэнергоиздат, 1959
- Измерение детонации в аппаратуре для записи и воспроизведения звука, рекомендация № 21-П Международной организации по радиовещанию и телевидению (ОИРТ), Москва, 1963.
- Козырев А. Ф., Фабрик М. А., Конструирование любительских магнитофонов, Изд-во ДОСААФ, 1959.
- Корольков В. Г., Механический контакт магнитной ленты с головкой, Труды ВНАИЗ, вып. 10, 1962.

К о р о л ь к о в В. Г., Электрические схемы магнитофонов, Госэнергоиздат, 1959.

Л а н г е н А. М., К вопросу о выборе типа и параметров ведущего двигателя трехмоторного радиовещательного магнитофона, Труды ВНАИЗ, вып. 2, М., 1957.

Методика испытания магнитофонов, Труды ВНАИЗ, вып. 4, 1958.

П а р х о м е н к о В. И., Магнитные головки, Госэнергоиздат, 1960.

П а х о м о в Ю., Зарубежные магнитофоны, Госэнергоиздат, 1961.

Полупроводниковые приборы и их применение, Сб. статей под ред. Федотова Я. А., вып. 7, Изд-во «Советское радио», М., 1961.

Р а б и н о в и ч Л. В., Электроавтоматика авиационных электро-механических установок, Оборонгиз, М., 1957.

Р а к о в с к и й В. В., Измерения в аппаратуре записи звука кинофильмов, Изд-во «Искусство», 1962.

Транзисторы и полупроводниковые диоды, Справочник под общ. ред. Николаевского И. Ф., Связьиздат, 1963.

Ц ы к и н Г. С., Усилители электрических сигналов, Госэнергоиздат, 1962.

Ш т е й н в о л ь ф Л. И., Динамические расчеты машин и механизмов, Машгиз, М—К., 1961.

Э ф р у с и М. М., Акустическое оформление громкоговорителей, Госэнергоиздат, 1962.

Ю ф е р о в Ф. М., Электрические двигатели автоматических устройств, Госэнергоиздат, 1959.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
<i>Глава I</i>	
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАГНИТОФОНАМ	5
1. Основные параметры магнитофонов	5
Механические параметры	6
Электрические параметры	13
Эксплуатационные параметры	17
Стандарты на основные параметры магнитофонов	20
2. Блок-схемы магнитофонов	27
Назначение, требования и классификация	27
Основные блок-схемы магнитофонов	29
Предварительная компоновка	35
<i>Глава II</i>	
ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МАГНИТОФОНОВ	37
1. Функциональные узлы	37
2. Кинематические схемы	40
3. Расчет лентопротяжных механизмов	59
Натяжение ленты	62
Прижим ролика к ведущему валу	69
Выбор ведущего двигателя	75
Передача двигатель — ведущий вал	77
Момент инерции маховика	82
Время разгона	85
<i>Глава III</i>	
ВЕДУЩИЕ И БОКОВЫЕ УЗЛЫ	88
1. Ведущие узлы	88
Назначение, требования и классификация	88
Узел ведущего вала	91
Узел прижимного ролика	103
Узел ведущего двигателя	107

Подшипники	109
Связывающие элементы	116
Несущие детали	120
2. Боковые узлы	123
Назначение, требования и классификация	123
Фрикционные муфты	126
Электромагнитные муфты	129
Обгонные муфты	133
Тормозные устройства	135

Глава IV

ТРАКТЫ ЗАПИСИ — ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ И СТАБИЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ НОСИТЕЛЯ 145

1. Тракты записи — воспроизведения лентопротяжных механизмов	145
Назначение, требования и классификация	145
Магнитные головки	149
Конструктивное выполнение головок	155
Прижимные устройства	163
Направляющие элементы тракта	166
Экранирование тракта	168
2. Стабилизация движения и натяжения носителя	169
Стабилизация скорости движения носителя	170
Стабилизация натяжения носителя	183
Схемы включения датчиков	190

Глава V

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА 195

1. Электродвигатели	: 195
Конструктивное выполнение электродвигателей	196
Характеристики двигателей	200
Применение электродвигателей в магнитофонах	208
2. Электромагниты	211
Характеристики электромагнитов	212
Конструкция электромагнитов	213
Расчет электромагнитов постоянного тока	223
3. Органы управления и элементы автоматики	231
Станции управления	232
Элементы автоматики	237

Глава VI

НОСИТЕЛИ ЗАПИСИ И УКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ 244

1. Носители записи	244
Физико-механические свойства лент	245
Магнитные свойства лент	251
Рабочие свойства лент	252
Устройства для намотки лент	258

2. Указатели уровня записи	263
Основные системы указателей уровня	265
Включение в схемы	269

Глава VII

БЛОКИ ЭЛЕКТРОНИКИ МАГНИТОФОНОВ	271
1. Усилители низкой частоты	271
Особенности электрических схем	272
Конструктивное выполнение	276
2. Генераторы высокой частоты	289
Принципиальные схемы генераторов	291
Конструктивные особенности генераторов	296
3. Блоки питания	297
Особенности электрических схем	298
Конструктивное выполнение	300
Полупроводниковые приборы в блоках питания	304
4. Электрический монтаж магнитофонов	309
Узловой монтаж	310
Блочный монтаж	322
Междублочный монтаж	324
5. Конструирование акустических систем	327
Громкоговорители	328
Акустическое оформление громкоговорителей	329
Внешнее оформление акустических систем магнитофонов	340

Глава VIII

НАСТРОЙКА И ИСПЫТАНИЯ МАГНИТОФОНОВ. ВОПРОСЫ УНИФИКАЦИИ	345
1. Настройка и испытания магнитофонов	345
Настройка блоков	345
Испытания магнитофонов	351
2. Вопросы унификации магнитофонов	363
ПРИЛОЖЕНИЕ	369
ЛИТЕРАТУРА	386

*Виктор Терентьевич Колищук, инж.,
Евгений Николаевич Травников, инж.*

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ МАГНИТОФОНОВ

Редактор издательства инж. *Л. О. Полянская*
Обложка художника *Л. А. Россинского*
Художественный редактор *И. Т. Лагутин*
Технический редактор *Л. Ф. Курьшиева*
Корректоры *Л. Н. Седякина, Р. В. Савлук*

Сдано в набор 16/1 1965 г. Подписано к печати 17/V 1965 г. Формат бумаги $84 \times 108^{1/32}$ Объем: 12,25 физ. л.; 20,58 усл. л.; 20,2 уч.-изд. л. Тираж 16000. БФ 02235. Цена 1 руб. 15 коп. Т. П.—1965—поз. 59.

Издательство «Техніка», Киев, 4, Пушкинская, 28.

Отпечатано с матриц книжной фабрики им. Фрунзе Государственного комитета Совета Министров Украинской ССР по печати, Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8, в Харьковской книжной типографии «Коммунист» Государственного комитета Совета Министров Украинской ССР по печати, Харьков, Пушкинская, 29 Зак. 111.