

681.240

1118

А. И. ПАРФЕНТЬЕВ, Л. А. ДЕМИХОВСКИЙ,
А. С. МАТВЕЕНКО

Звукозапись
В
ОФОРМЛЕНИИ
СПЕКТАКЛЯ



· искусство ·

182250

681.84
п 18

ВСЕРОССИЙСКОЕ ТЕАТРАЛЬНОЕ ОБЩЕСТВО

А.И.ПАРФЕНТЬЕВ, А.А.ДЕМИХОВСКИЙ,
А.С.МАТВЕЕНКО

Звукзапись В ОФОРМЛЕНИИ СПЕКТАКЛЯ

Под редакцией
профессора П. Г. ТАГЕРА

Проверено 1958

КБ
БИБЛИОТЕКА
Харьковского Горного
Института
№. № 788250

2001

83

Государственное Издательство
ИСКУССТВО
Москва · 1956

ПРОСМОТРЕНО
1964

В этой книге даются основные сведения о записи и воспроизведении звука в театральных постановках, а также описания и технические данные отечественных магнитофонов, наиболее широко применяемых в театрах, клубах, Дворцах культуры для звукового оформления спектаклей.

В последние два десятилетия в различных театральных постановках успешно применяется воспроизведение звука с граммофонных пластинок. В наши дни с появлением относительно простой в обращении аппаратуры магнитной звукозаписи (магнитофонов), обеспечивающей получение высококачественного звука, возможности применения звукозаписи как одного из новых средств постановочной техники значительно расширились.

Данная книга должна ознакомить работников театра и самодеятельности с аппаратурой и методами звукозаписи и помочь в освоении этого весьма эффективного способа расширения постановочных возможностей.

В данной книге § 1—4 главы II написаны Л. А. Демидовским, § 5 главы II и § 1 и 2 главы III—А. С. Матвеевко и остальные—А. И. Парфентьевым.

Авторы выражают глубокую благодарность инженеру В. Г. Королькову за большую работу, проделанную им над рукописью данной книги.

ВВЕДЕНИЕ

Звукозапись одержала великую победу над временем. Благодаря появлению звукозаписи открылись неограниченные возможности сохранения для потомства живой речи выдающихся мастеров театра.

Значительное усовершенствование техники звукозаписи, осуществленное в последние годы, позволяет получать с фонограммы звук, мало отличающийся от естественного. С появлением простой аппаратуры для магнитной звукозаписи и воспроизведения весьма существенно упростились эти оба процесса. Раньше при использовании механической и оптической звукозаписи работать с аппаратурой могли только высококвалифицированные специалисты.

В настоящее время, используя магнитофон, лица, не имеющие специальной квалификации, своими силами могут осуществлять и запись и воспроизведение звука достаточно удовлетворительного качества. Опыт показал, что работа с магнитофоном оказывается не на много сложнее, чем управление радиоприемником или телевизором.

Для работников театра, и в особенности для актеров и режиссеров, это обстоятельство обусловило новые возможности контроля звука в процессе работы над ролью. Прослушивание записи репетиций позволяет совершенствовать процесс подготовки спектакля.

Весьма важную роль имеет звукозапись и в звуковом оформлении самого спектакля. Здесь могут быть применены самые разнообразные приемы, как, например, воспроизведение в спектакле с фонограмм шумов, музыки и т. п.

Магнитофон может быть применен для воспроизведения специально искаженной речи (имитация радиопередач, разговора по телефону и т. п.) и для воспроизведения неискаженной речи и музыки.

В главе III описываются возможности применения звукозаписи в спектакле.

Использование звукозаписи в театре с принципиальной точки зрения ограничивается только двумя факторами:

- 1) не всегда точным соответствием воспроизводимых с фонограммы звуков и действия на сцене;

- 2) недостаточным качеством передачи с фонограммы некоторых звуков и возможностью нарушений в работе аппаратуры.

Последнее связано с техническими возможностями звукозаписи.

Рассмотрим оба эти положения более подробно.

Звук, воспроизводимый с фонограммы во время спектакля, в основном „предрешен“, ибо он уже ранее записан. В процессе воспроизведения, манипулируя соответствующими регуляторами, можно изменять громкость звука, характер его нарастания или спадания и частично тембр. Однако существенно изменить характер записанного звука невозможно. Это обстоятельство несколько огра-

ничивает пределы использования звукозаписи в звуковом оформлении спектакля.

Можно ли, например, полностью заменить в театре оркестр безукоризненным по качеству воспроизведением звука с фонограммы, содержащей запись требуемого музыкального произведения в исполнении лучшего оркестра под управлением выдающегося дирижера? Несмотря на большие экономические, организационные и другие достоинства такого способа музыкального оформления спектакля, на этот вопрос применительно к задачам оперы и балета, очевидно, следует ответить только отрицательно.

Однако при постановке драматического спектакля воспроизведение с фонограммы в отдельных сценах „фоновой“ музыки, сопровождающей сценическое действие, вполне целесообразно и может значительно обогатить впечатление от спектакля, получаемое зрителями. Такого рода „музыкальное обогащение“ спектакля широко доступно не только театрам с большими постановочными возможностями, но и художественной самодеятельности. Для этого нужен лишь сравнительно недорогой аппарат для воспроизведения звука с фонограммы. Имитировать многие звуки методами обычной шумовой техники часто не представляется возможным, а потому звукозапись может иметь существенное значение в шумовом оформлении спектакля. Однако всегда должны быть учтены разумные границы использования звукозаписи. Так, например, при имитации шагов за сценой вовсе нет необходимости сначала записывать звук шагов, а затем в нужное время воспроизводить этот звук с фонограммы.

Замечательные достижения советской шумовой техники позволили значительно обогатить постановочную базу спектакля и сделать спектакль более жизненным и правдивым. В ряде случаев создание требуемых шумовых эффектов в спектакле, находящихся в соответствии с фактически происходящим на сцене действием, следует рассматривать как творческий процесс.

Однако далеко не все театры, а тем более клубы и коллективы художественной самодеятельности, располагают необходимым оборудованием для создания шумовых эффектов и имеют специалистов-звукооформителей. Воспроизведение шумов с фонограмм расширяет возможности и область применения шумовой техники и делает доступным звуковое оформление спектакля для небольших театров и коллективов художественной самодеятельности.

Можно считать установленным следующее положение, которое сначала кажется несколько парадоксальным: как правило, фонограммы, содержащие запись искусственно созданных шумов (т. е. шумов, имитированных с помощью шумовых приспособлений), дают значительно лучшее звучание, чем фонограммы с записью естественных („натуральных“) шумов. Поэтому запись фонограмм шумов желательно осуществлять в театрах, обладающих необходимым оборудованием и высококвалифицированными специалистами-звукооформителями. В дальнейшем можно использовать эти фонограммы при постановке спектаклей в театрах и коллективах самодеятельности, не имеющих надлежащего шумового оборудования. Это относится в особенности к записи некоторых часто встречающихся шумов (производственные, транспортные шумы и т. п.).

Студия звукозаписи Всесоюзного театрального общества выпустила в последнее время большое количество специальных фонограмм (см. гл. III), которые могут быть использованы для звукового оформления спектакля.

Следует отметить, что с одной оригинальной фонограммы можно изготовить большое количество копий в виде граммофонных пластинок или магнитных фонограмм. Поэтому возможно произвести одну весьма высококачественную запись, а при звуковом оформлении спектаклей использовать копии с этой записи.

Одним из важных достоинств метода шумового оформления спектакля путем воспроизведения звука с фонограмм является полная гарантия того, что требуемый звук проверенного качества будет воспроизведен в спектакле в нужное время и с надлежащей громкостью и тембром.

Разнообразные шумовые эффекты, однажды записанные, могут быть воспроизведены с фонограммы нужное количество раз в различных спектаклях.

Кардинальным вопросом, связанным со звуковым оформлением спектакля с помощью фонограмм, является качество записи отдельных звуков на фонограмме.

В настоящее время широкое распространение имеют три основных метода звукозаписи:

- 1) механическая запись звука, на основе которой возникли техника производства граммофонных пластинок и граммофонная промышленность;
- 2) оптическая запись, применяемая в кинофильмах и явившаяся базой для создания звукового кино;
- 3) магнитная запись, широко используемая для целей радиовещания, в науке, народном хозяйстве и т. п.

Использование граммофонных пластинок для создания звуковых эффектов в театре давно и достаточно широко практикуется. В этом случае применяется электрический звукозаписывающий аппарат (адаптер), который включается в усилитель, работающий на громкоговоритель, установленный на сцене или в зале.

Хорошо известно, что качество записи звука на граммофонных пластинках не всегда бывает достаточно высоким. Целый ряд звуков, и в особенности низкого регистра (басы) или очень высокого регистра, плохо передаются граммофонной пластинкой. Кроме того, в процессе эксплуатации пластинки канавка, имеющаяся на пластинке и передающая записанные звуки, постепенно разрушается. В результате этого звуки, воспроизводимые с пластинки, по мере увеличения ее износа все больше и больше искажаются, и, что еще более существенно, появляется заметный шум (собственный шум пластинки), чрезвычайно ухудшающий качество передачи записанного звука.

Несмотря на указанные недостатки граммофонной пластинки, она благодаря дешевизне, простоте и удобству обращения с ней получила довольно широкое применение в звуковом оформлении спектакля.

Обычные граммофонные пластинки, как правило, имеют весьма высокий уровень собственных шумов и поэтому мало пригодны для высококачественного звукового оформления спектакля. Для этих целей подходящими являются значительно менее шумящие винилитовые пластинки. В последнее время появились винилитовые долгоиграющие пластинки с микрозаписью. Эти пластинки мало „шипят“ и обеспечивают значительное время непрерывного звучания (до 23 мин. с одной стороны пластинки). С выпуском этих пластинок возможности использования граммофонных записей в звуковом оформлении спектакля значительно расширились.

Оптическая запись звука какого-либо использования в театраль-

ной практике не получила. Это объясняется, с одной стороны, трудностью работы с оптической фонограммой, требующей для воспроизведения звука с нее довольно сложного оборудования, а также опасностью возгорания киноплёнки. С другой стороны, хотя оптическая фонограмма и превосходит граммофонную пластинку в смысле качества воспроизведения звука, но в процессе ее эксплуатации по мере износа фонограммы быстро растут искажения звука и собственные шумы.

Среди всех известных методов звукозаписи магнитная запись благодаря свойственным ей качествам занимает особое положение. К числу специфических особенностей магнитной записи и воспроизведения звука относятся следующие:

- 1) высокое качество передачи звука;
- 2) низкий уровень собственных шумов;
- 3) возможность неоднократного воспроизведения звука без ухудшения его качества;
- 4) простота обслуживания аппаратуры записи и воспроизведения;
- 5) возможность прослушивать фонограмму немедленно после записи (или даже в процессе самой записи);
- 6) возможность произвести последовательно большое количество разных записей на одном и том же магнитном звуконосителе;
- 7) магнитный звуконоситель после записи не требует какой-либо (фотохимической или другой) обработки перед воспроизведением звука;

8) магнитная фонограмма хорошо сохраняется.

Указанные особенности магнитной записи звука позволили успешно применять ее для самых разнообразных целей. В настоящее время значительная часть радиопередач, и в частности передача по радио спектаклей, производится с магнитной фонограммы.

Магнитная запись получает все большее применение и в звуковом оформлении спектакля. В настоящее время многие театры имеют аппаратуру для записи и воспроизведения магнитных фонограмм.

С помощью магнитофона представляется возможным создать музыкальное оформление спектакля, в некоторых случаях заменить оркестр воспроизведением звука с фонограммы и наряду с этим получить полноценное шумовое оформление спектакля без специальной аппаратуры и квалифицированных звукооформителей. Кроме того, магнитная запись позволяет обеспечить создание ряда специальных звуковых эффектов, которые осуществимы только с помощью аппаратуры записи и воспроизведения звука.

Небольшие театры, клубы, кружки художественной самодеятельности с помощью магнитофона получают новое средство звукового (музыкального и шумового) оформления спектакля.

В гл. I настоящей книги изложены основы записи и воспроизведения звука, в гл. II дается описание наиболее распространенных типов аппаратуры записи и воспроизведения звука, в гл. III указаны методы и намечены пути применения звукозаписи в звуковом оформлении спектаклей.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗВУКА

§ 1. Основные принципы магнитной записи и воспроизведения звука

Магнитная запись звука производится обычно на магнитной ленте, иногда называемой также магнитной пленкой. Магнитная лента имеет ширину 6,35 мм при толщине около 0,06 мм. Лента наматывается в рулон на бобышку. Полный рулон обычно содержит 1000 м ленты. Диаметр такого рулона вместе с бобышкой—около 25 см (т. е. примерно равен диаметру обычной граммофонной пластинки).

Магнитная лента изготавливается из ацетилцеллюлозы, т. е. из того же вещества, что и негорючая кинопленка. Наиболее распространена двухслойная магнитная лента. На рис. 1 показан вид такой ленты в разрезе. Двухслойная лента имеет немагнитную основу толщиной около 0,05 мм, придающую ей необходимую прочность, и тонкий (около 0,01 мм) магнитный слой.

Магнитный слой состоит в основном (на 80%) из мельчайших кристалликов магнитной окиси железа, находящихся в связующем веществе, подобном веществу, из которого сделана основа ленты. Если взять сильный постоянный магнит и поднести к нему кусочек такой ленты, то он притягивается к магниту. При удалении ленты от магнита она сохраняет некоторое остаточное намагничивание, т. е. сама становится постоянным магнитом. Эта особенность магнитной ленты позволяет осуществлять на ней запись звука.

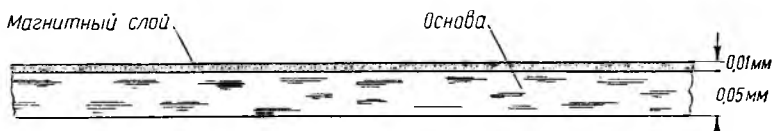


Рис. 1. Магнитная лента в разрезе

Для записи и воспроизведения звука с использованием магнитной ленты применяется специальный аппарат, называемый магнитофоном. На рис. 2 приведена общая схема устройства магнитофона.

При магнитной записи звука лента с рулона перематывается с подающей кассеты 1 на приемную 2 с помощью электромоторов 3 и 13. При своем движении лента соприкасается с сердечниками магнитных головок 4, 5 и 6. Записываемый звук улавливается микрофоном 7, который преобразует звуковые колебания в электрические токи звуковой частоты. Эти токи через усилитель для записи 8 подводятся к магнитной головке записи (записывающей головке)* 5.

* В дальнейшем употребляются оба термина.

Магнитная головка стирания (стирающая головка) 4 используется в магнитофоне для уничтожения ранее произведенной записи на магнитной ленте 9. С помощью магнитной головки воспроизведения (воспроизводящей головки) 6 записанный на ленте сигнал превращается в соответствующий электрический ток. Этот ток после его усиления усилителем для воспроизведения 10 приводит в действие громкоговоритель 11, воспроизводящий записанный на магнитной ленте звук. Между кассетами 1 и 2 лента движется с постоянной скоростью.

Электрический ток, проходящий через обмотку головки записи 5, изменяется в соответствии со звуковыми колебаниями, воздействующими на микрофон 7. Проходящий в обмотке головки записи 5

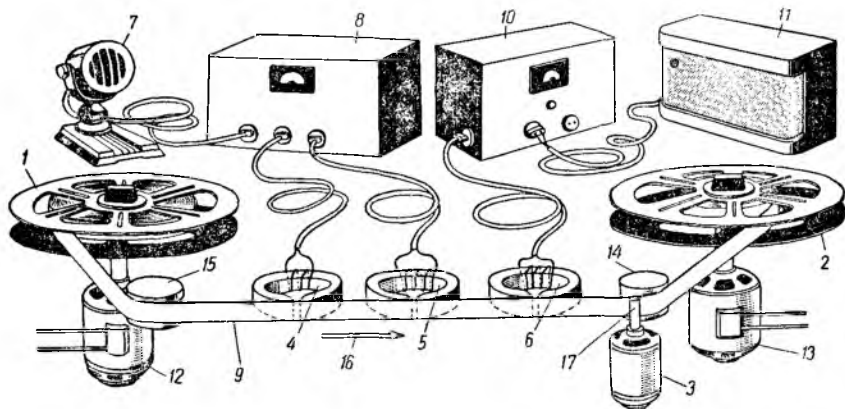


Рис. 2. Принципиальная схема устройства магнитофона:

1—подающая кассета с рулоном магнитной ленты; 2—приемная кассета; 3—ведущий электромотор; 4—магнитная головка стирания; 5—магнитная головка записи; 6—магнитная головка воспроизведения; 7—микрофон; 8—усилитель для записи звука; 9—магнитная лента; 10—усилитель для воспроизведения звука; 11—громкоговоритель; 12—электромотор подающей кассеты; 13—электромотор приемной кассеты; 14—прижимной ролик; 15—направляющий ролик; 16—направление движения ленты при записи и воспроизведении звука; 17—ведущий валик

ток создает в ней и около нее переменное магнитное поле, действующее на магнитную ленту 9. При записи лента движется через переменное магнитное поле, создаваемое магнитной головкой записи 5, где она и намагничивается. Это переменное намагничивание ленты вдоль ее длины соответствует записанным на ней звуковым колебаниям.

Таким образом, в результате записи на ленте регистрируется записываемый звуковой процесс в виде неоднородного по длине ее намагничивания. Магнитная лента с произведенной на ней магнитной записью называется магнитной фонограммой.

На рис. 3 показан вид кольцевой магнитной головки записи. Она имеет магнитный сердечник в виде кольца, набранного из тонких изолированных друг от друга пермаллоевых* пластинок. Сердечник состоит из двух пакетов пластин, каждый из которых имеет вид полукольца. На обеих половинах сердечника располагаются катушки из изолированного медного провода. При сборке головки

* Пермаллоем называется железо-никелевый сплав с содержанием около 78% никеля, 21,5% железа и небольшого количества кобальта, марганца, углерода и т. д. Пермаллой обладает высокой магнитной проницаемостью, приобретаемой при специальной термической обработке сплава.

оба полукольца, составляющие вместе кольцевой сердечник магнитной головки, механически скрепляют друг с другом (на рисунке скрепляющие детали не показаны), благодаря чему образуется кольцо; обмотки катушек соединяют последовательно. В месте стыка полуколец, составляющих сердечник головки записи, вставляют немагнитные прокладки. В результате этого магнитный сердечник записывающей головки получает зазоры. Ширина переднего (рабочего) зазора весьма мала; этот немагнитный зазор головки записи, иногда называемый также пишущей щелью, имеет ширину менее двух сотых долей миллиметра.

Магнитный поток в сердечнике создается электрическим током, проходящим через обмотку магнитной головки. Сердечник магнитной головки, выполненный из пермаллоевых пластин, обладает весьма малым магнитным сопротивлением для магнитного потока. Силовые линии магнитного поля проходят по сердечнику, практически не выходя в окружающее пространство. Немагнитные зазоры сердечника головки представляют весьма значительное магнитное сопротивление. В области зазоров магнитное поле рассеивается, и силовые линии выходят за пределы сердечника, образуя внешнее магнитное поле примерно так, как это показано на рис. 4. Магнитное поле рассеяния переднего (рабочего, или пишущего) зазора магнитной головки действует при записи на соприкасающуюся с ним магнитную ленту, вызывая ее намагничивание. Ток, питающий записывающую головку, изменяется в соответствии с записываемыми звуковыми колебаниями. В результате этого все время изменяется сила поля, намагничивающего ленту. Лента движется мимо головки, и отдельные ее участки, проходя через переменное магнитное поле пишущей головки, намагничиваются по-разному. В результате такого процесса переменное вдоль длины ленты остаточное намагничивание и представляет собой запись звукового процесса.

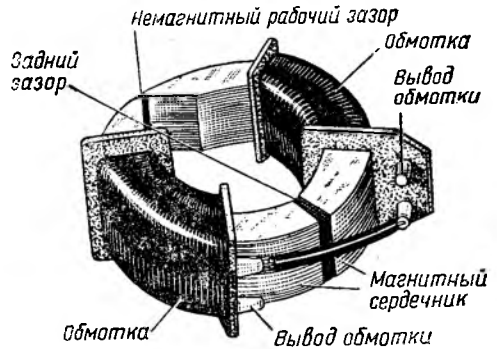


Рис. 3. Кольцевая магнитная головка записи

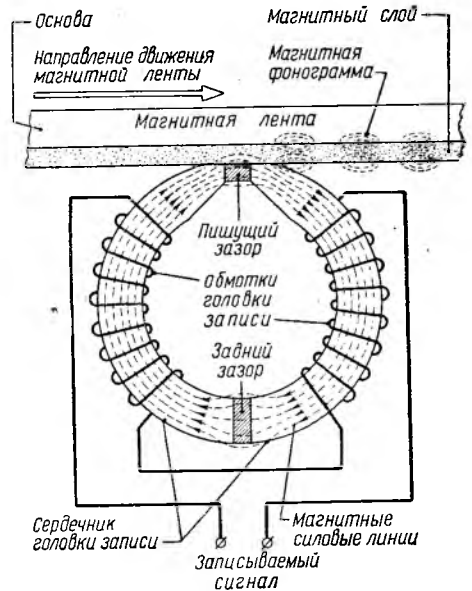


Рис. 4. Принципиальная схема магнитной звукозаписи кольцевой головкой

Воспроизведение звука с магнитной фонограммы основано на явлении электромагнитной индукции. Электромагнитной индукцией называется возникновение электродвижущей силы в проводнике, когда его пересекают силовые линии магнитного поля.

Если вводить внутрь катушки, намотанной из проволоки, постоянный магнит, то во время движения магнита витки катушки будут пересекаться силовыми линиями поля магнита; в результате этого в обмотке катушки возникает электродвижущая сила индукции.

Пропуская магнитную фонограмму через короткую катушку так, как это показано на рис. 5, вследствие пересечения обмоткой катушки силовых линий при движении магнитной фонограммы получим на зажимах катушки электродвижущую силу индукции, изменяющуюся в соответствии с записанными на фонограмме сигналами.

Используемая обычно головка воспроизведения по своей конструкции аналогична головке записи (см. рис. 3). Однако в отличие от головки записи эта головка имеет только один передний (рабочий)

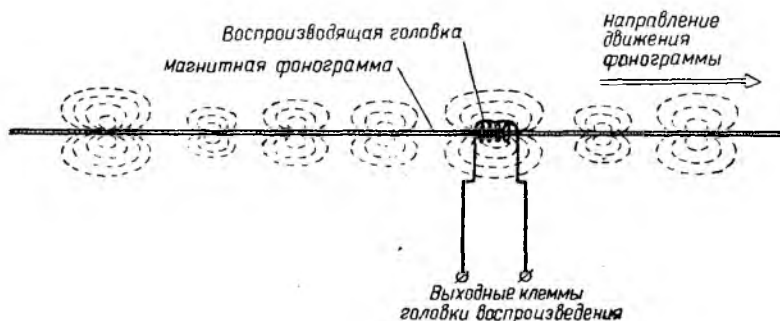


Рис. 5. Принципиальная схема воспроизведения магнитной фонограммы

зазор в сердечнике. Края рабочего зазора при воспроизведении непосредственно соприкасаются с магнитной фонограммой, в результате чего часть магнитного потока фонограммы проходит через сердечник головки. Поток, проходящий через сердечник воспроизводящей магнитной головки, пропорционален намагниченности того участка фонограммы, который примыкает к зазору головки. При движении фонограммы мимо зазора головки проходят всё новые и новые участки фонограммы, что приводит к изменению магнитного потока через сердечник воспроизводящей головки. В результате этого электродвижущая сила, индуцируемая в обмотке воспроизводящей головки, изменяется в соответствии с сигналами, записанными на магнитной ленте. После усиления электрических сигналов, возникающих на обмотке воспроизводящей головки, они используются для приведения в действие громкоговорителя.

§ 2. Различные способы магнитной звукозаписи

Выше мы рассмотрели основные принципы звукозаписи на магнитной ленте. Запись и воспроизведение звука на аппаратах, работающих с магнитной лентой, производятся описанными выше кольцевыми головками. Такая аппаратура магнитной записи и воспроизведения звука имеет в настоящее время большое распространение.

На рис. 6 показаны три возможных способа намагничивания ленты при записи. В случае *a* лента намагничивается внешним магнитным полем вдоль направления своего движения (продольная запись);

б и в показывают два возможных способа намагничивания полем, перпендикулярным к направлению движения ленты (поперечная запись).

На рис. 7 показаны различные конструкции магнитных головок, позволяющие осуществить поперечную и продольную запись на ленте.

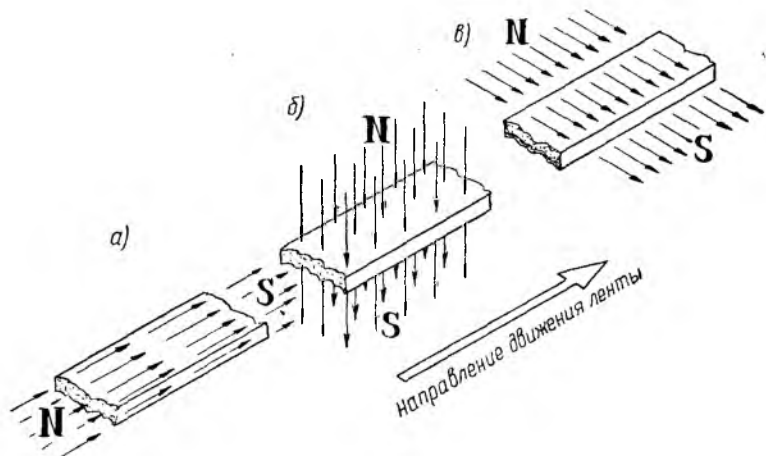


Рис. 6. Три возможных направления намагничивания элемента магнитной ленты при звукозаписи

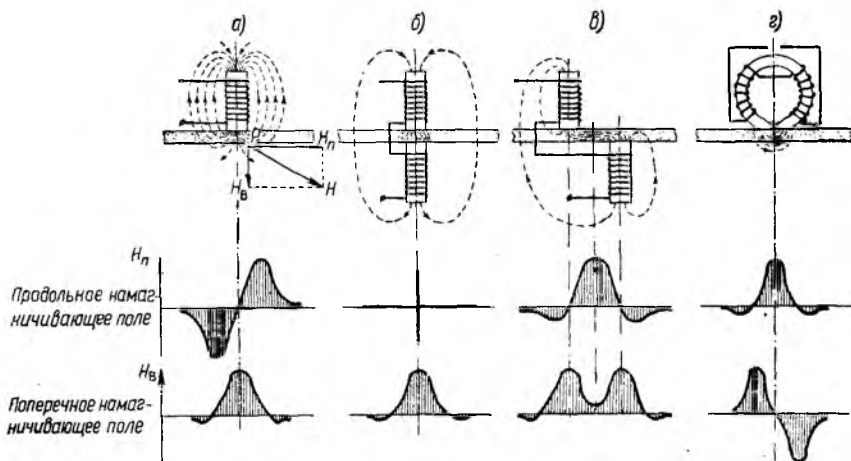


Рис. 7. Виды магнитных головок для поперечной и продольной записи на ленте

Поперечная запись не получила практического применения из-за ряда свойственных ей недостатков. К числу этих недостатков относится возможность засорения головки лентой, движущейся между ее полюсами, застревание ленты в головке при изменении толщины ленты или наличия на ленте склеек и т. д.

Следует отметить, что практическое осуществление как чисто продольной, так и чисто поперечной записи встречает ряд технических трудностей. Кольцевые головки оказались весьма удобными для записи и воспроизведения потому, что лента при своем

движении соприкасается с поверхностью сердечника, а не проходит внутри его зазора. Однако при записи кольцевой головкой пишущее поле, действующее на ленту вблизи рабочего зазора магнитной головки записи, имеет как продольную, так и поперечную составляющие, ибо силовые линии, выходящие из зазора головки, сильно искривлены.

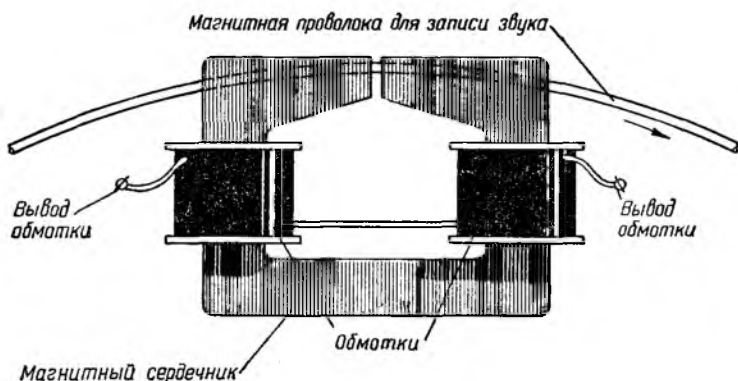


Рис. 8. Магнитная головка для записи на проволоке

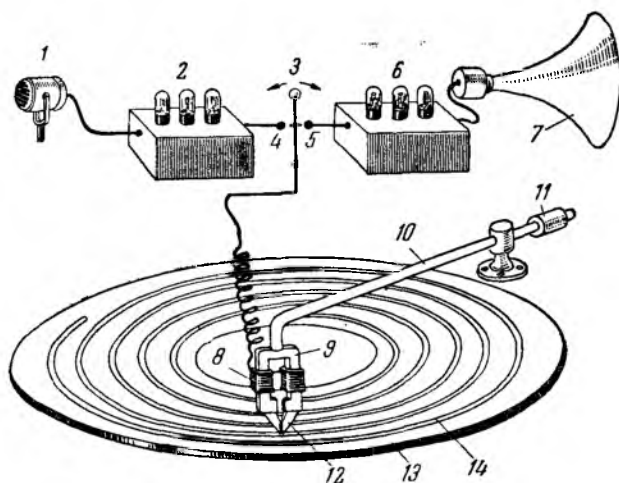


Рис. 9. Магнитная головка и устройство для записи на магнитной пластинке и воспроизведения с нее:

1—микрофон; 2—усилитель для записи; 3—переключатель для записи или воспроизведения; 4—включение на запись; 5—включение на воспроизведение; 6—усилитель для воспроизведения; 7—громкоговоритель; 8—универсальная головка записи и воспроизведения; 9—сердечник универсальной головки; 10—тонарм; 11—груз для балансирования тонарма; 12—сменный игольчатый палец сердечника; 13—магнитная пластинка; 14—канавка на пластинке

Над серединой зазора кольцевой головки поле направлено параллельно движению фонограммы, и запись кольцевой головкой обычно рассматривают как продольную запись.

В большинстве выпускаемых магнитофонов, описание которых приводится в II гл. настоящей книги, используются кольцевые головки записи, воспроизведения и стирания, а сама запись осуществляется на магнитной ленте шириной 6,35 мм.

Кроме магнитной записи на ленте известны также магнитная запись на проволоке, на диске и так называемая строчная запись на „магнитном листке“. Эти способы записи пока еще не получили применения в театральной практике. Однако ниже приводится краткое описание принципов устройства таких приборов, ввиду того что в дальнейшем при освоении промышленного производства этих устройств не исключена возможность применения их для указанных целей.

Запись на проволоке осуществляется продольным методом, причем проволока проходит через рабочий зазор записывающей головки по особым направляющим, имеющимся в полюсах головки (рис. 8). Для магнитной записи используется тонкая проволока (диаметром 0,1—0,05 мм), изготовленная из специальной магнитной стали. Для этой цели применяется также проволока биметаллического типа, поверхностный слой которой обладает магнитными свойствами, а сердечник выполнен из немагнитного достаточно прочного металла.

В последнее время некоторое распространение приобретает запись на магнитном диске, подобном грампластинке. Такая магнитная пластинка прессуется из специальной пластмассы, содержащей ферромагнитный порошок, равномерно распределенный в связующем немагнитном веществе. На поверхность пластинки нанесена спиральная канавка постоянной глубины. Эта канавка при записи и воспроизведении звука является профилированным поводком для кончика сердечника специальной магнитной головки (рис. 9). Кончик сердечника головки движется по этой канавке, подобно тому как кончик иголки следует по канавке грампластинки.

Запись магнитной фонограммы на пластинке осуществляется с помощью магнитного поля, создаваемого полюсами головки. Для воспроизведения звука с такой магнитной пластинки используется та же самая головка, что и для записи. Кончики сердечника головки движутся по канавке и их пересекают силовые линии магнитного поля ранее записанной на пластинке магнитной фонограммы. Магнитное поле фонограммы проходит через сердечник воспроизводящей головки и ее обмотку. При движении фонограммы изменение магнитного поля, проходящего через обмотку головки, вызывает в ней появление электродвижущих сил, соответствующих записанному на магнитной пластинке звукам.

Для строчной записи на „магнитном листке“ применяется несколько магнитных головок, укрепленных на вращающемся диске или отдельных спицах (рис. 10). „Магнитный листок“, представляющий собой отрезок широкой магнитной ленты, медленно движется вблизи

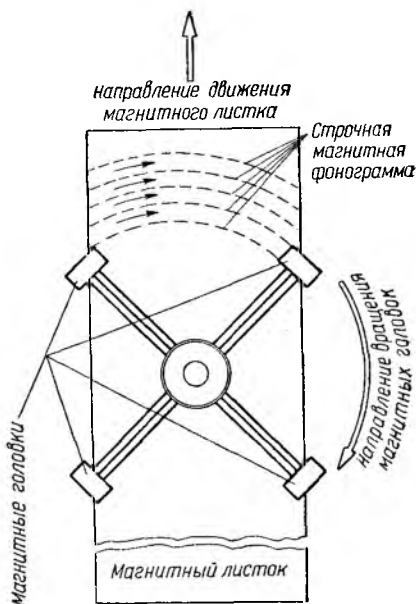


Рис. 10. Схема строчной записи и воспроизведения звука на „магнитном листке“ с помощью четырех вращающихся магнитных головок

диска с головками с постоянной скоростью. Каждая из головок прочерчивает одну строчку записи, затем вступает в работу следующая головка и т. д. В результате такой записи магнитная фонограмма наносится в виде отдельных строчек, последовательно расположенных друг за другом на „магнитном листке“. Воспроизведение строчной магнитной записи звука производится с помощью устройства, подобного устройству для записи (или с помощью того же самого устройства, что и применяемое для записи).

Независимо от того или иного конструктивного выполнения аппаратов и звуконосителя для магнитной записи и воспроизведения физические принципы, на которых основывается их работа, остаются неизменными.

Ниже дается более детальная характеристика двух основных режимов магнитной записи, получивших название записи с постоянным током смещения и записи с дополнительным ультразвуковым током. Однако, прежде чем перейти к характеристике этих процессов, целесообразно рассмотреть некоторые основные положения из теории магнетизма.

§ 3. Краткие сведения о магнитных явлениях

Для характеристики магнитных явлений применяется понятие магнитного поля.

Магнитным полем называется пространство, в котором обнаруживается действие магнитных сил. Для характеристики действия магнитного поля используется понятие напряженности магнитного поля. Величина напряженности магнитного поля измеряется в единицах напряженности—эрстедах.

Распределение магнитного поля в пространстве изображается обычно магнитными силовыми линиями. Общее число силовых линий, проходящее через данную площадку, носит название магнитного потока. Магнитный поток измеряется в единицах магнитного потока—максвеллах. Магнитный поток через площадку в 1 см^2 , расположенную перпендикулярно к нему, носит название магнитной индукции и измеряется в единицах магнитной индукции—гауссах.

Все вещества, в зависимости от того как они ведут себя в магнитном поле, разделяются на диамагнитные и парамагнитные. Диамагнитные тела выталкиваются магнитным полем, парамагнитные—втягиваются в магнитное поле.

С точки зрения рассматриваемых в данной книге вопросов наибольший интерес представляет особая группа парамагнитных веществ, называемых ферромагнитными. Ферромагнитными веществами являются железо, кобальт, никель и некоторые их химические соединения и сплавы. Они обладают очень большой магнитной восприимчивостью и способны намагничиваться в слабых магнитных полях. Ферромагнитные вещества обычно имеют кристаллическую структуру, с которой и связаны их магнитные свойства.

При помещении ферромагнитного тела в постоянное намагничивающее поле с напряженностью H эрстед тело намагничивается до некоторого значения, характеризуемого значением магнитной индукции B гаусс или намагниченности I гаусс.

На рис. 11 приведена характеристика начального намагничивания ферромагнитного тела. Из этой характеристики мы видим, что при малых значениях напряженности внешнего поля оно вызывает относительно малое намагничивание (участок Oa кривой), затем намагни-

ченность тела почти линейно возрастает с увеличением напряженности намагничивающего поля (участок ab), наконец, при больших значениях напряженности намагничивающего поля наступает так называемое магнитное насыщение (участок $бв$); при дальнейшем увеличении напряженности воздействующего поля намагниченность больше не возрастает, оставаясь постоянной, равной максимальной намагниченности данного ферромагнитного тела.

Указанный характер зависимости намагниченности от напряженности воздействующего на тело внешнего магнитного поля может быть объяснен, исходя из физических предположений о процессе намагничивания тела.

Всякое ферромагнитное тело с точки зрения современной

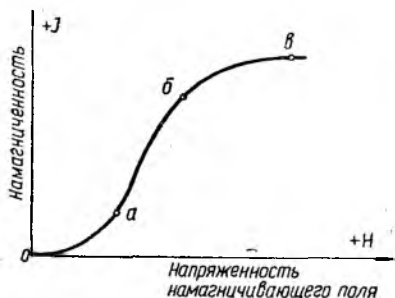


Рис. 11. Характеристика начального намагничивания ферромагнитного тела

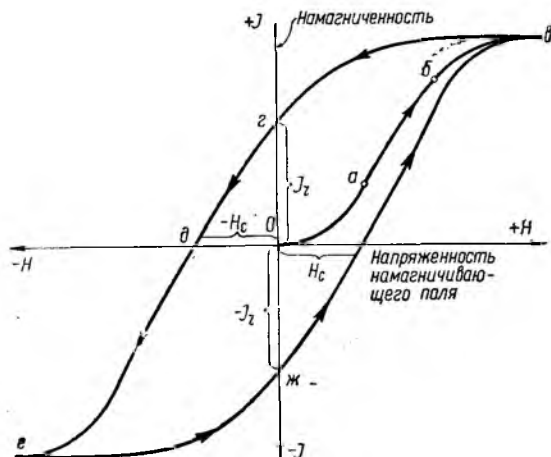


Рис. 12. Петля гистерезиса ферромагнитного тела

физики состоит из отдельных элементарных участков, называемых областями самопроизвольного намагничивания и представляющих собой весьма мелкие и сильные постоянные естественные магниты. В ненамагниченном теле магнитные поля отдельных элементарных магнитов, расположенных хаотично, взаимно уничтожают друг друга. По этой причине у подобного размагниченного ферромагнитного тела внешнее магнитное поле не обнаруживается. При воздействии на размагниченное ферромагнитное тело внешнего магнитного поля под влиянием этого поля магнитная структура тела упорядочивается. Это упорядочение заключается в том, что магнитные поля элементарных магнитов, взаимодействуя с внешним полем, стремятся принять направление, совпадающее с направлением внешнего магнитного поля. В результате этого происходит изменение магнитной структуры тела, и оно в целом приобретает намагниченность, т. е. становится магнитом. Чем сильнее внешнее воздействующее на тело магнитное поле, тем более упорядочивается магнитная структура тела. Это происходит до тех пор, пока все элементарные области самопроизвольного намагничивания не ориентируются в направлении внешнего поля. Тогда наступает магнитное насыщение, и при дальнейшем возрастании внешнего магнитного поля степень намагниченности тела больше не увеличивается.

Если после намагничивания уменьшить напряженность внешнего магнитного поля (рис. 12), то образовавшаяся раньше под влиянием более сильного магнитного поля упорядоченная магнитная структура тела частично сохраняется, в результате чего обнаруживаются боль-

шие значения намагниченности тела при данном действующем на тело внешнем поле, чем при первоначальном намагничивании (участок *вг* кривой). Это явление отставания намагничивания от силы внешнего поля получило название гистерезиса. Когда внешнее магнитное поле вовсе исчезает ($H=0$), то тело не теряет полностью намагниченность, полученную в результате предыдущего воздействия на него внешнего поля, а частично сохраняет ее, т. е. становится постоянным магнитом. Значение намагниченности тела I_r , остающейся после прекращения воздействия на него магнитного поля, получило название остаточной намагниченности. Оно характеризует способность тела сохранять намагниченность после прекращения воздействия на него внешнего магнитного поля.

Посмотрим, что получится, если на тело, обладающее остаточной намагниченностью, подействовать внешним полем обратного направления. Участок *гд* кривой на рис. 12 характеризует уменьшение намагниченности тела при воздействии обратного размагничивающего поля. Обратное внешнее поле напряженностью $-H_c$, приводящее намагниченность тела к нулю, носит название коэрцитивной силы. Это поле характеризует сопротивление тела размагничиванию. При дальнейшем увеличении напряженности обратного внешнего магнитного поля тело приобретает намагниченность в противоположном направлении (участок *де* кривой), а когда это поле уменьшается и исчезает (участок *еж* кривой), то тело снова сохраняет остаточную намагниченность $-I_r$, т. е. снова становится постоянным магнитом, но таким, полюса которого изменились на противоположные. При воздействии в дальнейшем на такой магнит возрастающего поля противоположного направления (участок *жв* кривой) тело сначала размагничивается, после чего снова приобретает намагниченность в прежнем направлении.

Полученная указанным способом кривая имеет вид петли (она называется петлей гистерезиса) и характеризует магнитные свойства данного ферромагнитного тела.

§ 4. Магнитная запись с постоянным током смещения

В процессе магнитной записи звука на любом звуконосителе (т. е. магнитной ленте, проволоке или диске) каждый элемент звуконосителя за время прохождения через магнитное поле записывающей головки подвергается кратковременному воздействию на него пишущего магнитного поля.

Рассмотрим случай, когда звуконоситель перед записью полностью размагничен, т. е. не имеет какой-либо остаточной намагниченности. Предположим, что элемент такого звуконосителя подвергается воздействию записывающего магнитного поля напряженностью H_3 (рис. 13). В этом случае, находясь в магнитном поле записывающей головки, он приобретает намагниченность I_3 . При выходе из поля головки, намагниченность элемента звуконосителя уменьшается до остаточной намагниченности I'_3 , меньшей, чем та намагниченность, которую он имел, находясь под воздействием поля записывающей головки. Можно отнести это значение остаточной намагниченности элемента к значению воздействовавшего при записи магнитного поля H_3 (рис. 13, точка б).

Проводя аналогичное построение для всех точек кривой начальной намагниченности звуконосителя (кривая I), мы получим кривую остаточной намагниченности (кривая II). Последняя кривая харак-

теризует зависимость остаточной намагниченности звуконосителя от напряженности поля, действовавшего на звуконоситель при записи.

Полная характеристика остаточной намагниченности имеет вид, представленный на рис. 14. Она состоит из двух отрезков кривых остаточной намагниченности, снятых для прямого и обратного направлений намагничивающего поля.

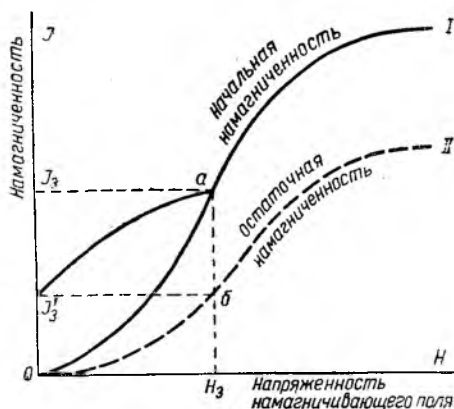


Рис. 13. Зависимость начальной намагниченности и остаточной намагниченности от напряженности намагничивающего поля

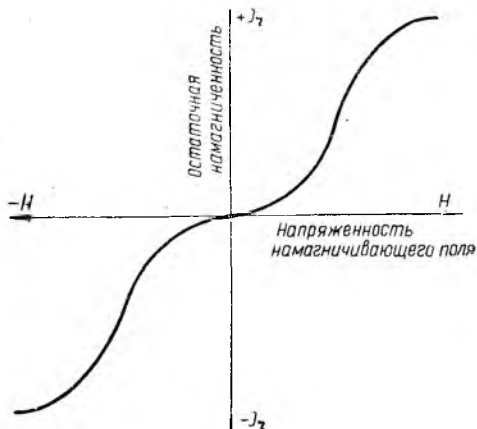


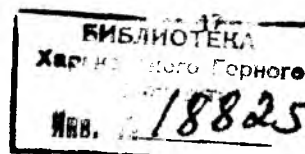
Рис. 14. Характеристика остаточной намагниченности

Рассмотрим случай, когда через магнитную головку записи проходит только ток звуковой частоты. Напряженность магнитного поля записывающей головки будет пропорциональна величине тока, проходящего через головку. При этом процесс записи можно представить себе так, как это показано на рис. 15.

Из последнего рисунка видно, что при записи произойдет сильное искажение формы записываемого сигнала за счет того, что характеристика остаточной намагниченности не является прямой линией (т. е. нелинейна). Следовательно, запись на размагниченном носителе одного только тока звуковой частоты приведет к сильным искажениям звука и поэтому на практике не применяется.

Для того чтобы уменьшить указанные искажения (называемые нелинейными искажениями), применяют запись с дополнительным постоянным током, пропускаемым через обмотку головки записи одновременно с записываемым звуковым сигналом. В этом случае процесс записи может быть представлен так, как это показано на рис. 16. Из последнего графика видно, что, используя дополнительное постоянное (сдвигающее) намагничивающее поле напряженностью H_0 , создаваемое дополнительным постоянным током, имеем возможность работать на относительно прямолинейном участке кривой остаточной намагниченности и получать в результате этого относительно неискаженную запись звука. Однако указанный способ записи с дополнительным постоянным током не является наилучшим.

Основные недостатки этого способа обусловлены относительно небольшой протяженностью прямолинейного участка характеристики остаточной намагниченности. В результате этого нельзя получить достаточно большую неискаженную отдачу с магнитной фонограммы. Кроме того, на паузе звуконоситель оказывается намагниченным,



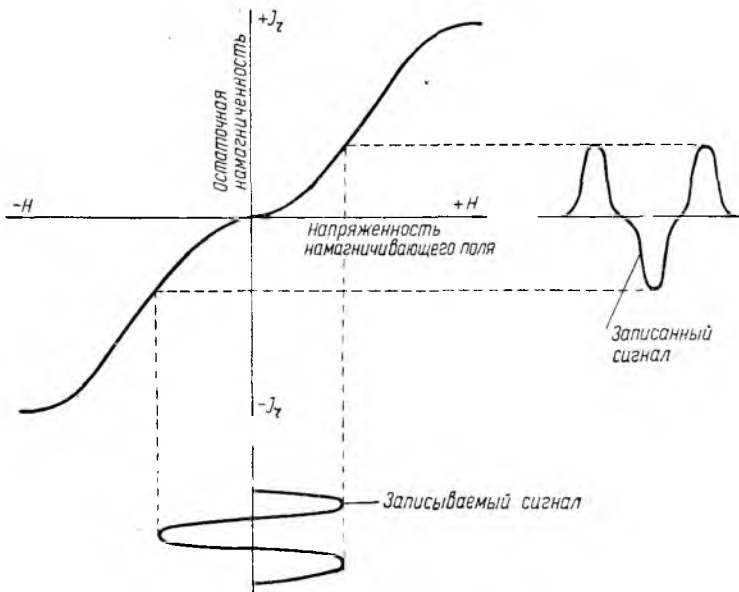


Рис. 15. Искаженная передача сигнала фонограммой при записи тока звуковой частоты

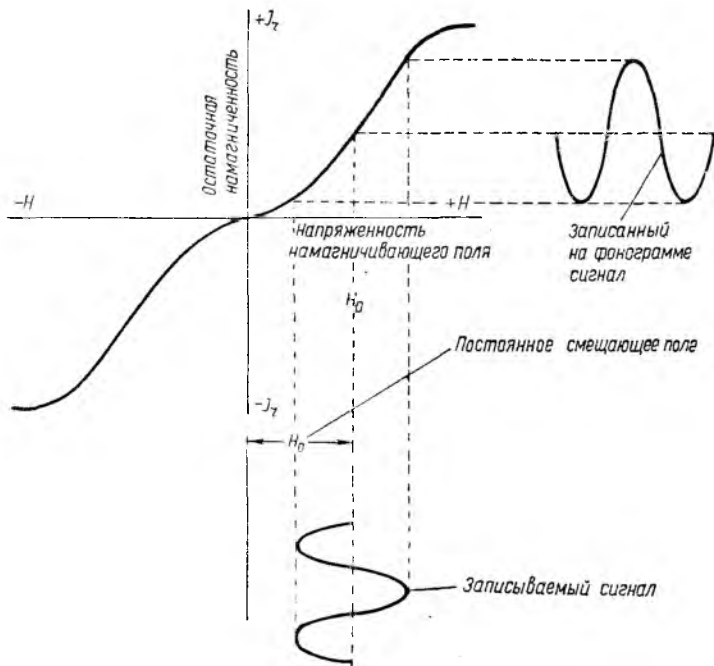


Рис. 16. Неискаженная передача сигнала фонограммой при записи с постоянным током смещения

что приводит к появлению значительного собственного шума фонограммы, обусловленного ее магнитной неоднородностью (см. § 7).

Более удачным оказался другой способ, основанный на использовании предварительного сильного намагничивания звуконосителя. На рис. 17 приведена гистерезисная кривая I. Если элемент звуконосителя сначала намагнитить до насыщения (точка β), а затем прекратить действие намагничивающего поля, то элемент звуконосителя получит остаточную намагниченность J_r . Подвергнем теперь этот элемент звуконосителя действию поля $-H_0$ (обратного направления, создаваемого дополнительным постоянным током через головку записи); после прохождения через это поле, когда воздействие поля прекратится, остаточная намагниченность элемента звуконосителя будет равна I_0 . Относя значение I_0 к напряженности $-H_0$ ранее действовавшего поля, мы получим точку δ , лежащую на интересующей нас кривой. Изменяя напряженность $-H_0$ поля, можно получить и все остальные точки этой кривой (кривая II на рис. 17), которая выражает зависимость остаточной намагниченности от напряженности размагничивающего поля.

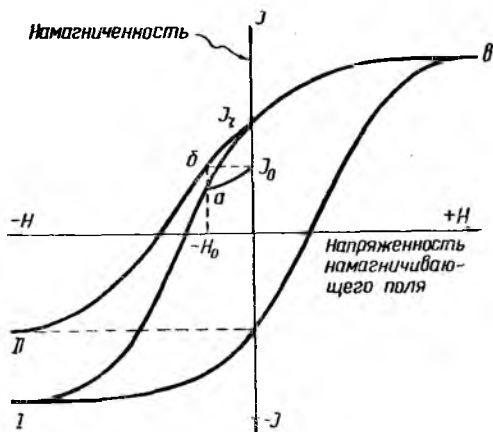


Рис. 17. Зависимость остаточной намагниченности от напряженности размагничивающего поля (кривая II) и петля гистерезиса (кривая I)

На рис. 18 приведен график, характеризующий указанный способ записи в режиме постоянного тока.

Сравнивая графики, приведенные на рис. 16 и рис. 18, мы видим, что получаемая в последнем случае (рис. 18) магнитная фонограмма имеет большую отдачу и меньшую намагниченность на паузе, что обеспечивает меньший собственный шум. Свести намагниченность фонограммы на паузе к нулю в данном случае не удастся из-за несимметрии линейного участка кривой остаточной намагниченности по отношению к оси H . Последнее обстоятельство практически привело бы к тому, что при работе с полностью размагниченной на паузе

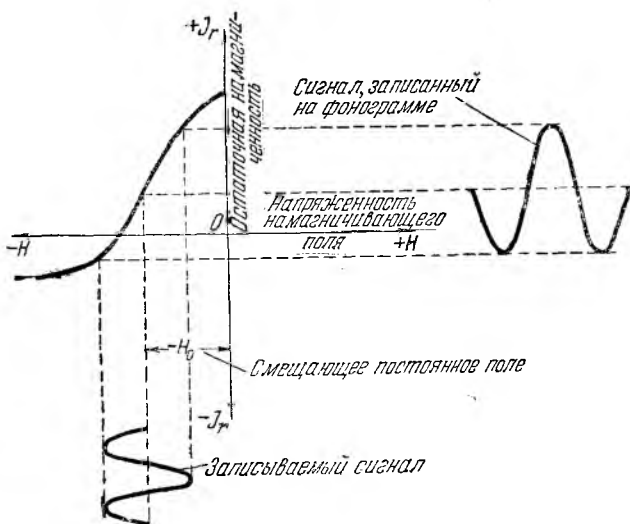


Рис. 18. Неискаженная передача сигнала при записи с размагничивающим постоянным током смещения

фонограммой допустимое значение амплитуды было бы ограничено отрицательной полуволной (рис. 18).

В заключение описания режима записи с постоянным током смещения следует указать на метод стирания или уничтожения ранее произведенной записи, используемый в данном случае. Для того чтобы на звуконосителе было возможно произвести звукозапись, необходимо предварительно привести все его участки в одинаковое магнитное состояние. Указанное требование легче всего удовлетворить двумя способами:

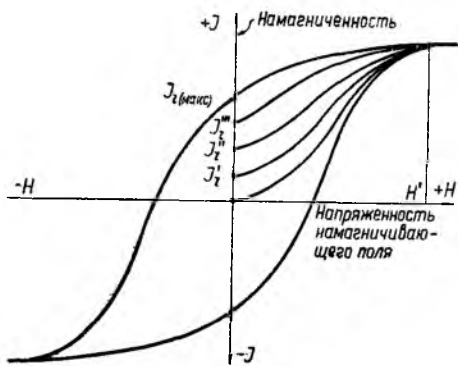
- 1) полностью размагнитить звуконоситель;
- 2) намагнитить все участки звуконосителя до насыщения.

Последний прием обычно используется при записи в режиме постоянного тока.

На рис. 19 точками I_r' , I_r'' и I_r''' показаны остаточные намагниченности трех различных элементов звуконосителя. Для приведения магнитного состояния этих участков перед записью к одному значению на все элементы звуконосителя перед процессом записи воздействуют сильным стирающим полем напряженностью H' , создаваемым специальной стирающей головкой 4 на рис. 2. Под влиянием этого поля все участки звуконосителя, последовательно проходя через магнитное поле стирающей головки, доводятся до магнитного насыщения, а затем, выходя из этого поля, приобретают одинаковую максимальную остаточную намагниченность $I_r(\text{макс})$ (см. рис. 19).

Режим магнитной записи звука с использованием постоянного тока смещения применялся в течение многих лет.

Рис. 19. Намагничивание до остаточной намагниченности $I_r(\text{макс})$ различных элементов звуконосителя, имевших до того остаточные намагниченности I_r' , I_r'' и I_r'''



Магнитная запись, получаемая в режиме постоянного тока смещения, обладала сравнительно невысокими качественными показателями, уступавшими показателям механической и оптической записи звука. Этим обстоятельством главным образом и было обусловлено сравнительно малое распространение магнитной записи звука до 1943—1945 годов.

В 1940—1943 годах был разработан новый метод магнитной записи, получивший название записи с дополнительным ультразвуковым током, или высокочастотного режима записи. Этот метод позволил при относительно незначительных переделках аппаратуры для магнитной записи и при использовании тех же звуконосителей получить магнитные фонограммы с очень высокими качественными показателями, превосходящими показатели оптической и механической фонограммы.

Приведенное выше описание наиболее простого способа магнитной записи с дополнительным постоянным током смещения позволит легче усвоить физические принципы, на которых основан более сложный современный способ магнитной записи с дополнительным ультразвуковым током.

§ 5. Магнитная запись с дополнительным ультразвуковым током

При магнитной записи звука с дополнительным ультразвуковым током звуконоситель перед записью полностью размагничивается. Для размагничивания звуконосителя используется стирающая магнитная головка, через магнитное поле которой проходит каждый элемент звуконосителя, прежде чем попасть в магнитное поле головки записи.

Рассмотрим сначала поле вблизи зазора магнитной головки стирания при питании ее постоянным током. Головка стирания схематически показана на рис. 20. По своей конструкции она подобна рассмотренным выше кольцевым головкам записи и воспроизведения, но имеет больший зазор. Если головку стирания питать постоянным током, то вблизи ее зазора образуется постоянное магнитное поле, действующее на элементы звуконосителя, проходящие через поле головки стирания.

На рис. 20 кривая 1 показывает распределение напряженности постоянного магнитного поля над зазором головки стирания, питаемой постоянным током. Каждый элемент звуконосителя при своем движении мимо головки стирания будет подвергаться действию ее магнитного поля. По мере приближения к зазору магнитной головки напряженность магнитного поля, действующего на элемент звуконосителя, будет возрастать. При удалении элемента звуконосителя от зазора напряженность действующего на него магнитного поля будет спадать.

На рис. 21 в верхней его части показана кривая, выражающая характер изменения магнитного поля, действующего на элемент звуконосителя, проходящий мимо зазора стирающей головки, питаемой переменным током. Амплитуда переменного магнитного поля, действующего на движущийся элемент звуконосителя, по мере приближения его к середине зазора будет возрастать, а затем при удалении элемента из поля головки—уменьшаться.

Рассмотрим теперь, как будет изменяться намагниченность элемента звуконосителя под воздействием переменного магнитного поля головки стирания.

На рис. 22 приведена кривая, показывающая изменение магнитного состояния элемента звуконосителя, имевшего остаточную намагниченность I_r и находящегося под воздействием возрастающего по амплитуде переменного магнитного поля.

Из этой кривой нетрудно понять, что независимо от начальной остаточной намагниченности I_r элемента при достаточной макси-

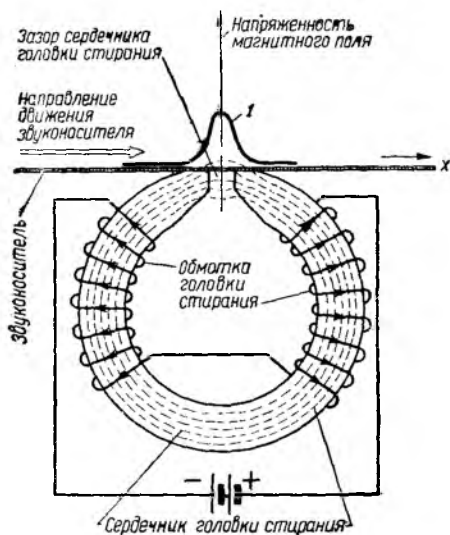


Рис. 20. Зависимость напряженности магнитного поля, действующего вблизи зазора сердечника стирающей головки, от расстояния x от середины зазора (кривая 1) при питании головки постоянным током

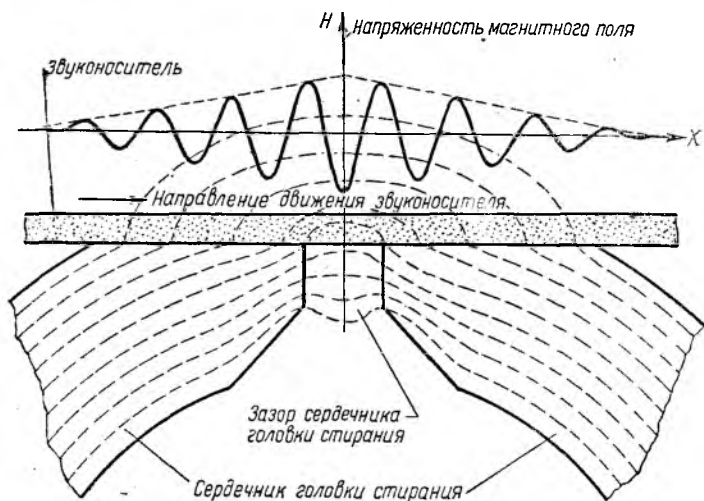


Рис. 21. Изменение напряженности магнитного поля (сплошная кривая), действующего на элемент звуконосителя, движущийся вблизи зазора стирающей головки, питаемой переменным током; пунктирная кривая—огibaющая напряженности магнитного поля

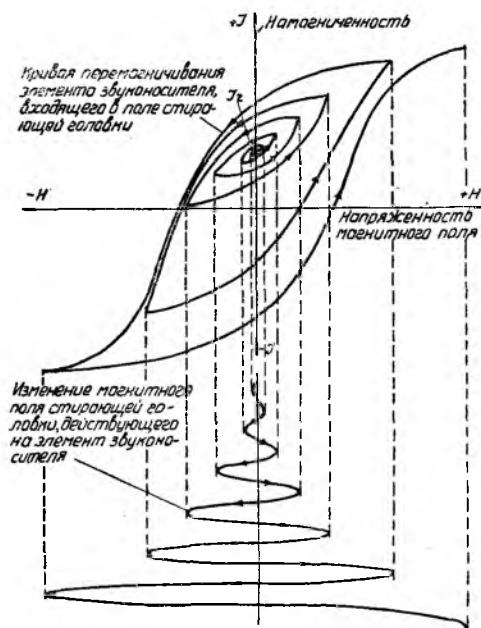


Рис. 22. Изменение намагниченности элемента звуконосителя, имевшего остаточную намагниченность I_r , при приближении его к середине зазора стирающей головки, питаемой переменным током

мальной амплитуде переменного стирающего магнитного поля изменение намагниченности элемента будет следовать по максимальной гистерезисной петле. Это означает, что каждый элемент звуконосителя будет перемагничиваться то в одном, то в другом направлении до полного магнитного насыщения.

Пройдя середину зазора, элемент звуконосителя будет подвергаться действию уменьшающегося по амплитуде переменного магнитного поля. На рис. 23 показана кривая, выражающая зависимость намагниченности элемента от напряженности намагничивающего поля при убывании амплитуды переменного поля. Из последней кривой видно, что элемент звуконосителя будет перемагничиваться убывающими по амплитуде полями то одного, то другого направления, в результате чего его намагниченность постепенно уменьшается и в пределе, при выходе из поля стирающей головки, будет равна нулю. Это означает, что каждый элемент звуконосителя независимо от его первоначального магнитного состояния, проходя через поле стирающей головки, полностью размагничивается.

Здесь следует отметить, что для полного размагничивания элемента звуконосителя необходимо, чтобы он, проходя через переменное магнитное поле стирающей головки, испытал достаточно большое количество перемагничиваний с убывающей амплитудой. Иными словами, каждая последующая амплитуда убывающего по величине магнитного поля, действующего на элемент звуконосителя, должна мало отличаться от предыдущей амплитуды.

Если это условие не соблюдено, то у элемента, прошедшего через поле стирающей головки, из-за слишком быстрого убывания амплитуды поля может наблюдаться некоторое остаточное намагничивание. Практически добиваются необходимого стирания, выбирая нужные значения частоты стирающего поля, протяженности магнитного поля стирающей головки и скорости движения звуконосителя мимо стирающей головки.

Таким образом, в результате процесса стирания все элементы звуконосителя, пройдя магнитное поле стирающей головки, оказываются в полностью размагниченном состоянии и в таком виде входят в магнитное поле головки записи.

При записи в режиме дополнительного ультразвукового тока

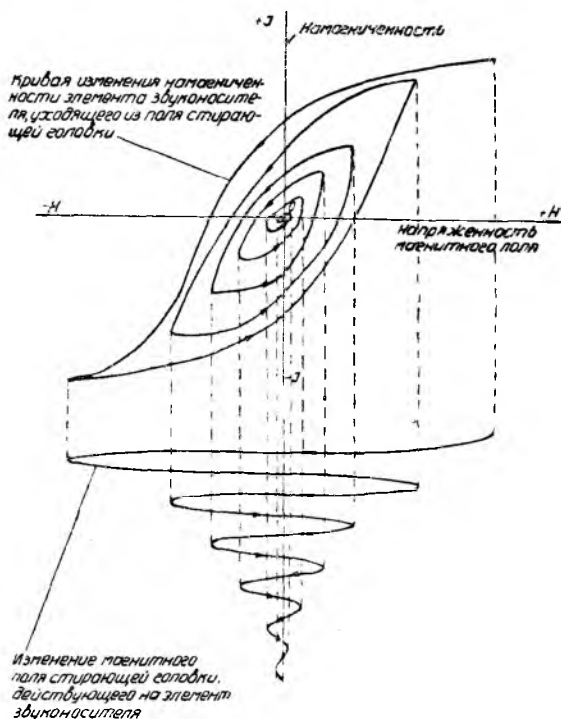


Рис. 23. Размагничивание элемента звуконосителя, уходящего из поля стирающей головки

головка записи питается током записываемого сигнала, и одновременно через нее пропускается ток ультразвуковой частоты. При прохождении каждого элемента звуконосителя через поле зазора головки записи он подвергается суммарному действию двух магнитных полей—поля, создаваемого током записываемого звукового сигнала, и поля, создаваемого дополнительным ультразвуковым током.

При принятых размерах зазора магнитной головки и скорости движения звуконосителя магнитное поле, создаваемое током звукового сигнала, не успевает существенным образом измениться при записи низких и средних частот. Так, например, при записи головкой, имеющей зазор 0,015 мм, со скоростью движения звуконосителя 770 мм/сек, время прохождения каждого элемента звуконосителя через поле головки записи составляет всего $\frac{0,015}{770} = 0,00002$ сек,

т. е. 20 микросекунд (мксек). При записи частоты 1000 герц (гц) продолжительность одного полного колебания составляет 0,001 сек., т. е. 1000 мксек. Следовательно, время прохождения элемента звуконосителя через магнитное поле головки записи составляет всего 2% от продолжительности одного периода частоты 1000 гц. Естественно, что ток звукового сигнала изменяется при этом столь незначительно, что практически можно его считать постоянным. С другой стороны, дополнительный ультразвуковой ток имеет частоту порядка 70 000 гц, т. е. в 70 раз более высокую, чем ток звукового сигнала частоты 1000 гц. Следовательно, за время прохождения элемента звуконосителя через поле головки записи магнитное поле от ультразвукового сигнала изменяется почти на полтора периода. В результате каждый элемент звуконосителя, проходя через поле головки записи, подвергается перемагничиванию током ультразвуковой частоты и одновременно на него действует постоянное поле звукового сигнала.

В результате записи получается магнитная фонограмма, имеющая определенное распределение остаточной намагниченности вдоль длины звуконосителя.

Для понимания процесса магнитной записи с дополнительным ультразвуковым током рассмотрим, как изменяется кривая остаточной намагниченности при одновременном воздействии на звуконоситель постоянного и переменного ультразвукового магнитного поля.

В настоящее время полного и достаточно ясного объяснения явлений, происходящих при записи с дополнительным ультразвуковым магнитным полем, еще не существует. Однако можно сделать достаточно достоверное предположение о том, что дополнительное переменное поле способствует намагничиванию носителя под влиянием магнитного поля записываемого сигнала. В результате этого происходит более эффективное намагничивание ферромагнитного материала под действием медленнее изменяющегося магнитного поля записываемого сигнала.

На рис. 24 приведен ряд кривых остаточной намагниченности магнитной ленты. Кривая „0 эрстед“ выражает зависимость остаточной намагниченности от напряженности постоянного намагничивающего поля, кривая „50 эрстед“—ту же зависимость, когда при намагничивании одновременно с постоянным полем действует переменное магнитное поле с амплитудой 50 эрстед, кривые „100 эрстед“ и „150 эрстед“—зависимость при других значениях амплитуды напряженности дополнительного переменного магнитного поля.

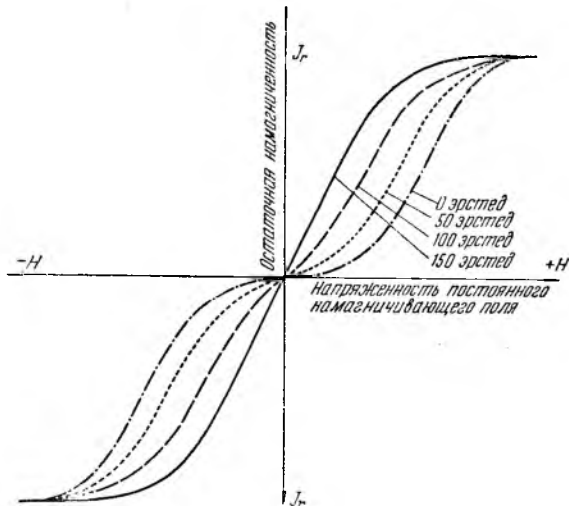


Рис. 24. Зависимость остаточной намагниченности от напряженности постоянного намагничивающего поля при одновременном действии дополнительного переменного поля

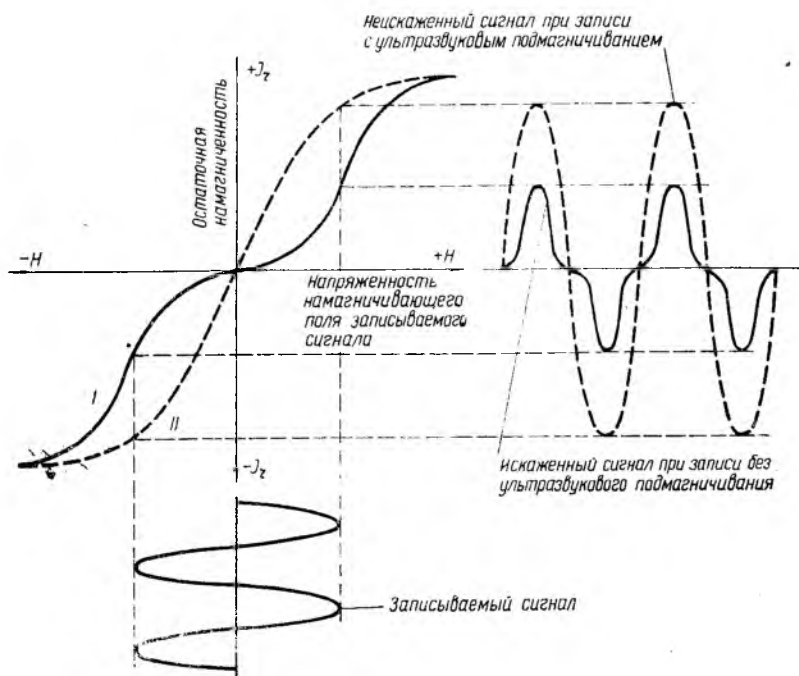


Рис. 25. Форма сигнала на магнитной фонограмме, записанного без ультразвукового подмагничивания и с ультразвуковым подмагничиванием

Из этих данных мы видим, что при наличии дополнительного переменного магнитного поля кривая остаточной намагниченности приближается к прямой и приобретает большую крутизну, чем кривая остаточной намагниченности, получаемой при отсутствии дополнительного переменного поля. Это обстоятельство является весьма благоприятным с точки зрения магнитной записи, ибо кривые, приведенные на рис. 24, являются рабочими характеристиками магнитной записи.

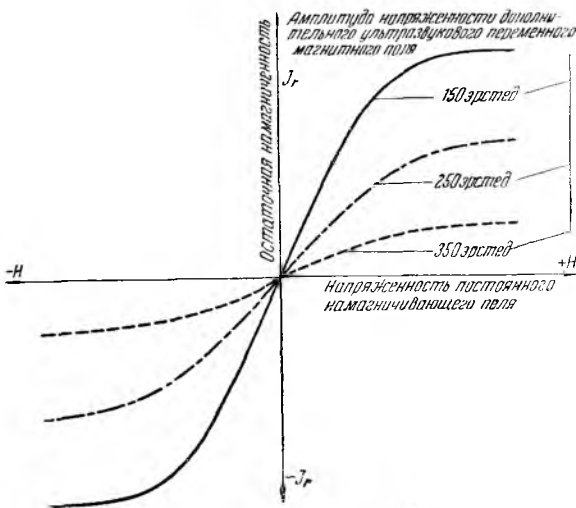


Рис. 26. Зависимость остаточной намагниченности от напряженности постоянного намагничивающего поля при больших амплитудах дополнительного переменного поля

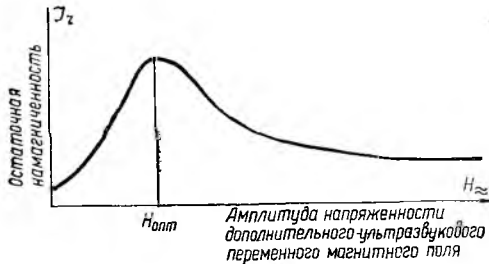


Рис. 27. Зависимость остаточной намагниченности от амплитуды напряженности дополнительного ультразвукового переменного магнитного поля при неизменном значении напряженности постоянного намагничивающего поля

Сравнивая кривые записанных на фонограмме сигналов, мы видим, что при наличии дополнительного переменного поля записанный сигнал имеет большую амплитуду и меньшие искажения. Следует, отметить, что в случае, когда напряженность дополнительного переменного поля становится очень большой, это поле начинает мешать установлению регулярной магнитной структуры под влиянием магнитного поля записываемого сигнала, т. е. остаточная намагниченность начинает уменьшаться. Это может быть проиллюстрировано кривыми, приведенными на рис. 26 (аналогичными кривым на рис. 24), но полученными при больших значениях дополнительного переменного поля. Этот эффект, вероятно, аналогичен слишком сильному механическому сотрясению намагничиваемого тела, ибо хорошо известно, что при значительных механических сотрясениях постоянные магниты теряют свою намагниченность.

Резюмируя все вышеизложенное, путем сравнения кривых на рис. 24 и 26 можно видеть, что для получения наибольшей остаточной намагниченности постоянным полем необходимо, чтобы ультразвуковое дополнительное магнитное поле имело бы вполне определенную оптимальную амплитуду напряженности.

На рис. 27 показана кривая, выражающая зависимость величины остаточной намагниченности от амплитуды напряженности дополнительного ультразвукового переменного магнитного поля при по-

стоянном намагничивающем поле неизменной величины. Как видно, кривая на рис. 27 имеет явно выраженный максимум, соответствующий оптимальному дополнительному переменному полю. Исходя из этих данных, легко понять, что магнитная запись с ультразвуковым током для получения наилучших характеристик фонограммы должна производиться при определенном оптимальном значении величины дополнительного ультразвукового тока.

На рис. 28 приведены кривые, выражающие зависимость отдачи магнитной фонограммы от силы дополнительного ультразвукового тока, проходящего через головку записи. Записи сделаны на одном звукозаписывающем аппарате на нескольких магнитных лентах. Из этих кривых видно, что каждый тип ленты требует своей оптимальной величины дополнительного ультразвукового тока.

В заключение отметим, что при записи высоких частот звукового диапазона с головкой, поле которой уменьшается за пределами зазора очень медленно, ток звукового сигнала успевает значительно измениться за время прохождения элемента звуконосителя через поле головки записи. Это приводит к уменьшению амплитуды остаточной намагниченности фонограммы.

Указанный эффект, получивший название самостирания записи, при больших размерах пишущего зазора или при малой скорости звуконосителя приводит к завалу частотной характеристики магнитной фонограммы в области высоких частот.

§ 6. Воспроизведение звука с магнитных фонограмм

В результате магнитной записи звука получается магнитная фонограмма, представляющая собой магнитный звуконоситель, остаточная намагниченность которого вдоль направления его движения изменяется в соответствии с записанным на нем звуковым сигналом.

Воспроизведение звука с магнитной фонограммы, как уже было указано выше, основано на явлении электромагнитной индукции, заключающемся в том, что при пересечении силовых линий магнитного поля в проводнике возникает определенная электродвижущая сила индукции.

При этом не имеет значения, движется ли проводник в магнитном поле, или само магнитное поле движется относительно неподвижного проводника.

Магнитную фонограмму можно рассматривать как своеобразную цепочку постоянных магнитов, образовавшихся на звуконосителе в результате записи (рис. 29). При воспроизведении звука магнитная фонограмма движется относительно неподвижной магнитной головки

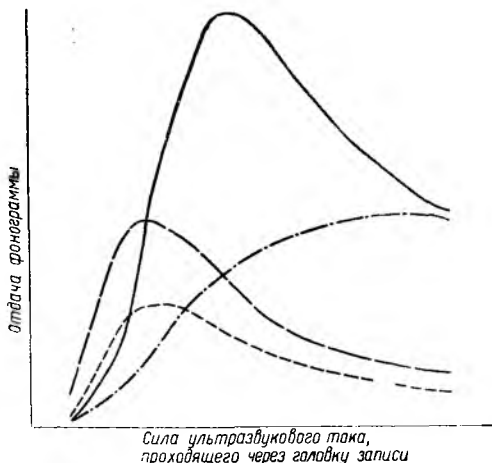


Рис. 28. Зависимость отдачи фонограмм, записанных на разных пленках, от величины ультразвукового тока, проходящего через головку записи

воспроизведения. В результате этого магнитные поля фонограммы, состоящей как бы из ряда постоянных магнитов разной силы, поочередно действуют на обмотку головки воспроизведения, вызывая в ней появление соответствующих электродвижущих сил индукции. Воздействие магнитных полей фонограммы на обмотку головки воспроизведения совершается через магнитопровод, каковым является магнитный сердечник головки воспроизведения.

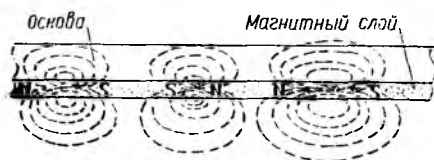


Рис. 29. Схематический вид магнитной фонограммы на магнитной ленте

Из этого рисунка видно, что почти весь магнитный поток этого элементарного магнита проходит по сердечнику головки внутри ее обмотки.

На рис. 31 показано положение, когда такой магнит NS несколько сместился (что произошло вследствие движения фонограммы относительно середины зазора воспроизводящей головки). В этом случае не весь магнитный поток этого элементарного постоянного магнита, а только некоторая его часть проходит через сердечник головки и ее катушку; при этом значительная часть магнитного потока замыкается через полюс сердечника, не проходя через обмотку головки воспроизведения.

На рис. 32 показано следующее положение при движении элементарного магнита NS, когда он вышел за пределы зазора. Магнитный поток этого магнита полностью замыкается через полюс сердечника, не проходя через обмотку головки воспроизведения.

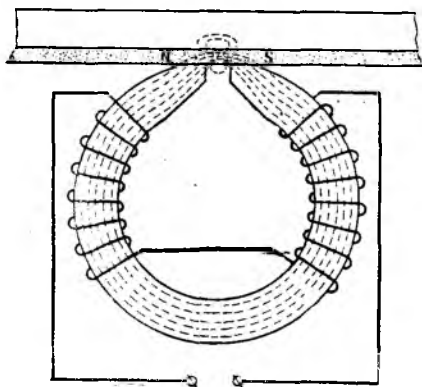


Рис. 30. Воспроизведение магнитной фонограммы; симметричное положение элементарного магнита NS записи относительно зазора головки воспроизведения

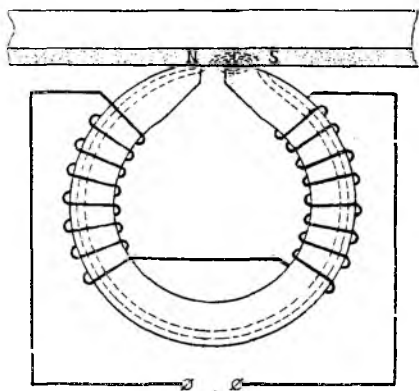


Рис. 31. Воспроизведение магнитной фонограммы; ось элементарного магнита NS записи не совпадает с серединой зазора

Рассматривая рис. 30, 31 и 32 в обратном порядке, легко составить представление и о том случае, когда магнитный поток через обмотку головки при движении фонограммы изменяется от нуля до максимального значения. По рисункам 30, 31 и 32 легко уяснить сущ-

ность процесса воспроизведения звука с магнитной фонограммы с помощью кольцевой воспроизводящей головки.

Рассуждая аналогичным образом, попробуем определить, какое влияние оказывает ширина зазора воспроизводящей головки.

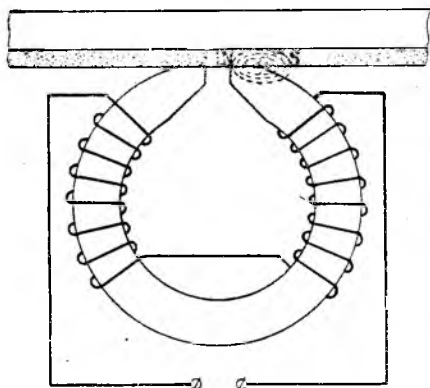


Рис. 32. Воспроизведение магнитной фонограммы; элементарный магнит NS записи вне зазора головки

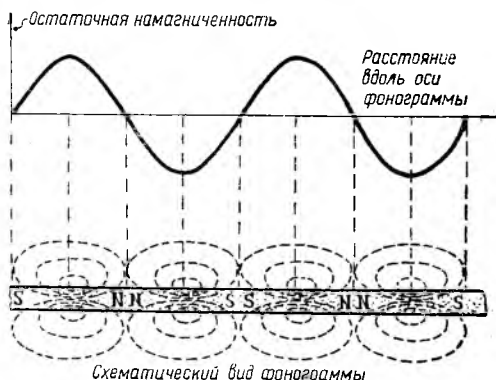


Рис. 33. Распределение остаточной намагниченности и схематический вид магнитной фонограммы с записью одного синусоидального тона

Когда на магнитной фонограмме записан один синусоидальный тон, то представление о характере распределения остаточной намагниченности вдоль фонограммы можно получить, рассматривая рис. 33 и 34. Из этих рисунков видно, что образовавшиеся в результате такой записи области намагничивания представляют собой своеобразные постоянные магниты, направленные друг к другу одноименными полюсами.

На рис. 35 показан случай, когда ширина зазора воспроизводящей головки равна длине волны записи одного синусоидального тона на фонограмме. Рассматривая рис. 35, мы видим, что магнитный поток через сердечник будет равен нулю, так как полюса сердечника соприкасаются с одноименными полюсами постоянных магнитов.

Легко убедиться, что в том случае, когда в пределах зазора воспроизводящей головки будет находиться равное число пар постоянных магнитов (т. е. в пределах зазора будет находиться целое число записанных волн), то в обмотке головки электродвижущая сила при воспроизведении фонограммы не возникнет.

Исходя из указанных положений, нетрудно понять, что для устранения искажений в передаваемом звуке, имеющих характер выпадания составляющих с определенными частотами из общего частотного спектра сигнала, ширина зазора воспроизводящей голов-

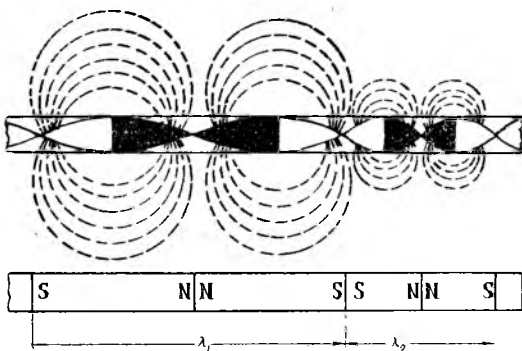


Рис. 34. Схематический вид магнитной фонограммы (с записью двух различных тонов), состоящей из цепочки своеобразных магнитов

жи должна быть меньше, чем длина волны записи самой высокой частоты на фонограмме. Длина волны записи частоты 10 000 гц на звуконосителе, движущемся со скоростью 770 мм/сек, будет $\frac{770}{10000} = 0,077$ мм. Следовательно, ширина зазора воспроизводящей головки должна быть меньше этой величины.

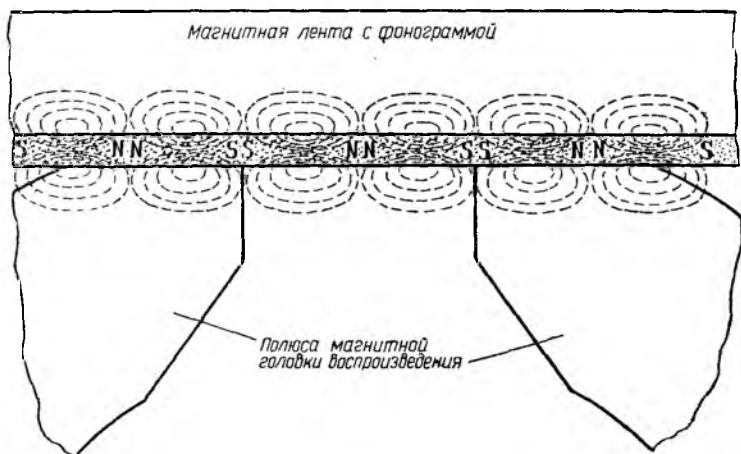


Рис. 35. Воспроизведение магнитной фонограммы; в пределах зазора две полуволны записанного синусоидального колебания

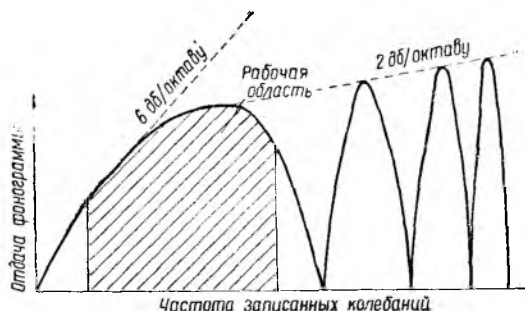


Рис. 36. Частотная характеристика воспроизведения идеализированной магнитной фонограммы

Электродвижущая сила, возникающая в обмотке головки воспроизведения, будет пропорциональна скорости изменения магнитного потока через ее сердечник.

Магнитный поток через сердечник головки при прочих равных условиях пропорционален остаточному магнитному потоку воспроизводимой фонограммы. При воспроизведении магнитной фонограммы звуконоситель движется мимо воспроизводящей головки с постоянной скоростью.

Предположим, что максимальный остаточный поток магнитной фонограммы при записи всех частот передаваемого диапазона одинаков. При записи синусоидального тона на ленте, движущейся

с постоянной скоростью, отрезок фонограммы, на котором записывается одно полное колебание (одна волна записи), будет тем больше, чем меньше частота записываемых колебаний.

При воспроизведении низких частот скорость изменения магнитного потока в сердечнике будет меньше, чем при воспроизведении высоких частот, так как число полных изменений потока в секунду будет больше при воспроизведении высоких частот. Исходя из этого, нетрудно понять, что при воспроизведении записи синусоидальных сигналов разных частот при прочих равных условиях электродвижущая сила, наводимая в обмотке воспроизводящей головки, будет возрастать пропорционально частоте записанного на фонограмме сигнала. По этой причине частотная характеристика, выражающая зависимость электродвижущей силы, развиваемой головкой воспроизведения, от частоты синусоидального сигнала, записанного на магнитной фонограмме, имеет вид, представленный на рис. 36.

В существующих аппаратах магнитной записи и воспроизведения при скорости движения звуконосителя, равной 770 мм/сек , ширина зазора воспроизводящей головки сделана около $0,02 \text{ мм}$. Это обеспечивает передачу диапазона частот до $10\,000 \text{ гц}$ при работе в области, лежащей левее первого минимума частотной характеристики (заштрихованная область на рис. 36). Для выравнивания частотной характеристики воспроизведения магнитной фонограммы в электрические тракты записи и воспроизведения звука вводят специальные корректирующие контуры (электрические фильтры), обеспечивающие нужный подъем характеристики при низких и высоких частотах.

§ 7. Некоторые особенности магнитных фонограмм

Выше мы рассмотрели процессы записи и воспроизведения магнитных фонограмм. Теперь целесообразно рассмотреть некоторые свойства, присущие самой магнитной фонограмме.

В отличие от граммофонной пластинки и оптической фонограммы кинофильма магнитная фонограмма невидима. Это означает, что записанные на магнитной ленте звуковые колебания не изменяют внешнего вида магнитной ленты.

Для того чтобы определить наличие записи на ленте, необходимо пропустить ее через магнитофон. Эта особенность магнитной фонограммы является ее недостатком, затрудняющим монтаж фонограммы и не позволяющим судить о сохранности и состоянии фонограммы без непосредственного воспроизведения с нее звука.

Другим недостатком магнитной фонограммы является возможность случайного уничтожения или частичного стирания записи под влиянием какого-либо внешнего магнитного поля. Впрочем, магнитная фонограмма обычно достаточно устойчива и для ее стирания нужно подействовать на ленту сильным магнитным полем. В нормальных условиях эксплуатации и хранения магнитной ленты возможность случайного стирания магнитной фонограммы практически исключается. С другой стороны, возможность осуществления полного стирания записи с данной магнитной ленты с помощью стирающей головки или специального размагничивающего (стирающего) дросселя позволяет использовать одну и ту же магнитную ленту для многих различных записей. Иными словами, независимо от того, есть на магнитной ленте запись или нет, лента в отличие от граммофонной пластинки и оптической фонограммы не теряет своих свойств как материал, на котором можно осуще-

ствить какую-либо новую запись. Эта особенность магнитной записи обуславливает ее значительные экономические и эксплуатационные преимущества перед оптической и механической записью. Так, например, в случае необходимости многократной повторной записи при применении оптической или механической записи нужно было бы израсходовать большое количество киноплёнки или дисков, в то время как одна и та же магнитная лента позволяет практически неограниченное количество раз последовательно производить на ней различные записи.

Существенно важной особенностью магнитной фонограммы является также возможность многократного воспроизведения с нее записанного сигнала без какого-либо ухудшения качества воспроизводимого звука.

Опыт показывает, что после многих тысяч проигрываний качество звука, воспроизводимого с магнитной фонограммы, практически не ухудшается. В этом отношении предел числа допустимых проигрываний устанавливается только чисто механическим состоянием ленты.

Еще одной важной особенностью магнитной записи является возможность немедленного воспроизведения звука с полученной фонограммы. Практически при магнитной записи имеется возможность не только контролировать тот звук, который записывается на ленту, но и в процессе самой записи контролировать уже записанный на ленте звук благодаря тому, что магнитная головка воспроизведения расположена на магнитофоне рядом с записывающей головкой (см. рис. 2) и работает одновременно с ней.

В существующих магнитофонах расстояние между головками записи и воспроизведения (вдоль длины ленты) составляет 6—8 см.

При скорости движения ленты, равной 77 см/сек, воспроизведение звука, записанного на ленте, осуществляется через 0,1 сек.

Указанная особенность магнитной записи позволяет производить оперативный контроль качества получаемой магнитной фонограммы непосредственно в процессе самой записи, что выгодно отличает магнитную запись, например, от оптической, при которой контроль качества полученной фонограммы может быть произведен только после фотохимической обработки фонограммы, т. е. не менее, чем через несколько часов после записи.

Магнитная фонограмма не теряет своего качества при длительном хранении. Опыт показывает, что при обычных условиях хранения при температуре 10—20°С и нормальной влажности воздуха магнитная фонограмма может сохраняться десятки лет без какого-либо ухудшения качества ее звучания. Здесь опять-таки предел сохраняемости фонограммы определяется механическим состоянием ленты, а не ее магнитными свойствами, которые со временем изменяются незначительно.

Наряду с этими положительными свойствами магнитная фонограмма обладает двумя специфическими недостатками, связанными со свойствами магнитной ленты и получившими название эффекта эхо (копировального эффекта) и модуляционного шума.

Эффект эхо проявляется в возникновении на фонограмме после записи своеобразных повторений записанных сигналов. Рис. 37 может служить для пояснения сущности этого явления. На этом рисунке схематически показана часть рулона магнитной ленты, состоящего из десяти слоев магнитной ленты (1, 2, 3... 10), намотанных на бобину Б.

Допустим, что в результате записи на витке 6 образовался постоянный магнит NS, соответствующий записанному на фонограмме сигналу. Из рис. 37 видно, что магнитное поле этого элементарного магнита воздействует на слои магнитной ленты, прилежащие к витку 6. В результате этого магнитное поле намагниченного участка фонограммы вызывает соответствующее намагничивание соседних витков магнитной ленты.

При разматывании ленты намагниченный участок удаляется от соседних слоев ленты, но участки ленты, подвергавшиеся действию магнитного поля элементарного магнита NS (когда лента была смотана в рулон), сохраняют некоторую остаточную намагниченность, являющуюся как бы слабым магнитным отпечатком сигнала, записанного на слое 6.

Естественно, что на слои 5 и 7, непосредственно прилегающие в смотанном рулоне к намагниченному витку 6, действует со стороны витка 6 более сильное магнитное поле, чем на витки 4 и 8 или витки 3 и 9, и поэтому скопированный на витках 5 и 7 сигнал будет больше, чем на других витках рулона.

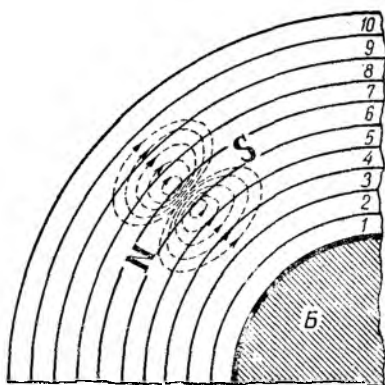


Рис. 37. Схема, поясняющая возникновение эффекта эхо в магнитной фонограмме

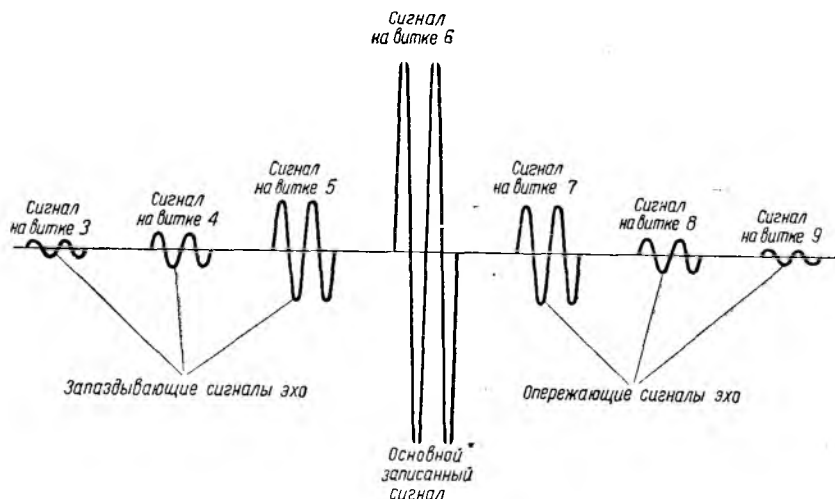


Рис. 38. Кривые воспроизведения основного сигнала и сигналов эхо на магнитной ленте

Допустим, что на витке 6 записан кратковременный импульс чистого тона какой-либо частоты (например, 1000 гц). При воспроизведении магнитной фонограммы в результате магнитного копирования основного записанного сигнала мы получим на соседних витках целую серию одинаковых по своему характеру импульсов, имеющих вид, указанный на рис. 38.

В процессе воспроизведения при разматывании рулона (см. рис. 37) через головку воспроизведения сначала пройдет виток 10, затем 9 и т. д. В результате этого сигналы эхо с витков 10, 9, 8 и 7 будут воспроизведены раньше, чем основной сигнал, записанный на витке 6. Таким образом, при воспроизведении возникнет своеобразное опережающее эхо возрастающей силы. Затем будет воспроизведен основной сигнал, после чего воспроизводится серия сигналов запаздывающего эхо постепенно убывающей силы.

Несмотря на то, что в данном случае наблюдается довольно сложная звуковая картина, физическая причина этого явления, как видно из рис. 37, довольно простая и сводится к способности магнитной ленты сохранять остаточную намагниченность при воздействии на нее даже очень слабого магнитного поля.

Опыт показывает, что величина сигнала эхо зависит от свойств магнитного слоя ленты, причем на некоторых лентах эффект эхо весьма мал, в то время как на других лентах он имеет довольно значительную величину. Особенно заметен эффект эхо при записи речи, которая состоит из отдельных слогов и слов, разделенных более или менее продолжительными паузами. В записях музыки эффект эхо менее заметен, так как маскируется непрерывным звучанием инструментов.

Проведенными исследованиями было установлено, что уровень возникающих сигналов эхо зависит от продолжительности магнитного копирования. Так, в течение первых 10 мин. после записи уровень сигнала эхо резко возрастает, после чего при последующем хранении рулона происходит дальнейшее, но менее сильное возрастание уровня сигнала эхо. Магнитное копирование облегчается при воздействии на ленту внешнего магнитного поля и сотрясений. Это также вполне понятно, если учесть вид характеристики намагничивания в области слабых магнитных полей при наличии дополнительного ультразвукового переменного магнитного поля (см. рис. 24).

Эффект эхо в магнитной звукозаписи стал особенно заметен с введением записи с дополнительным ультразвуковым током. Это объясняется в основном тем, что при использовании такого способа записи при воспроизведении звука во время паузы фонограмма не дает собственного шума и эффект эхо становится особенно ясно различимым.

Собственный шум, порождаемый магнитной фонограммой во время воспроизведения звука, обуславливается в основном неоднородностью структуры ленты. Магнитный слой ленты содержит большое количество мелких ферромагнитных частиц. Если эти частицы достаточно крупные и неоднородные или их концентрация в слое неодинаковая, то при намагничивании ленты одинаковым постоянным магнитным полем остаточная намагниченность разных участков ленты будет различная. Колебания намагниченности ленты, носящие случайный, хаотический характер, при воспроизведении магнитной фонограммы вызывают соответствующие изменения электродвижущей силы, наводимой фонограммой в воспроизводящей головке. Эти изменения величины электродвижущей силы, развиваемой головкой воспроизведения и обусловленные неоднородностью ленты, порождают щелчки и трески, сливающиеся обычно в более или менее равномерный шум, называемый собственным шумом фонограммы.

На рис. 39 приведены характеристики, показывающие зависимость остаточной намагниченности H и уровня собственных шумов

фонограммы I от напряженности постоянного поля, намагничивающего ленту. Из этих кривых мы видим, что собственный шум ленты возрастает вместе с увеличением ее намагниченности. При записи с дополнительным ультразвуковым током, когда нет звукового сигнала, лента должна быть размагничена. Однако собственный шум фонограммы не удастся полностью уничтожить, вследствие того что идеального размагничивания ленты практически получить не удастся.

На величину остаточной намагниченности ленты, прошедшей через магнитофон, но не содержащей записи звукового сигнала, влияют следующие причины:

1) несимметрия кривых стирающего и дополнительного ультразвукового токов, вызывающая появление постоянной составляющей намагниченности;

2) недостаточно медленное спадание амплитуды стирающего поля, что приводит к образованию некоторой остаточной намагниченности ленты;

3) остаточная намагниченность магнитных головок*;

4) дополнительная намагниченность магнитной фонограммы, вызываемая случайно намагниченными роликами и другими частями магнитофона.

Кроме этого, даже полностью размагниченная фонограмма может вызывать шум при воспроизведении, если сердечник головки воспроизведения имеет некоторую остаточную намагниченность; при этом благодаря неоднородности своей магнитной структуры лента, проходящая по зазору сердечника, играет роль переменного магнитного сопротивления, вызывающего случайные изменения магнитного потока через сердечник головки.

Практическое значение всех указанных выше факторов в современной, правильно отрегулированной аппаратуре магнитной записи и воспроизведения звука крайне невелико и уровень собственных шумов фонограммы при отсутствии звукового сигнала при записи с дополнительным ультразвуковым током достаточно низок.

Несколько иное положение имеет место при записи звукового сигнала. Остаточная намагниченность ленты при записи синусоидального сигнала изменяется так, как это показано на рис. 33. Следовательно, на ленте, содержащей запись звуковых сигналов, имеются области достаточно интенсивной остаточной намагниченности. В этих областях в значительной степени и ощущается магнитная неоднородность ленты.

На рис. 40 кривая *a* показывает характер изменения остаточной намагниченности фонограммы при записи синусоидального тона, полученной на идеально однородной ленте, кривая *b* — характер изменения остаточной намагниченности фонограммы, записанной на

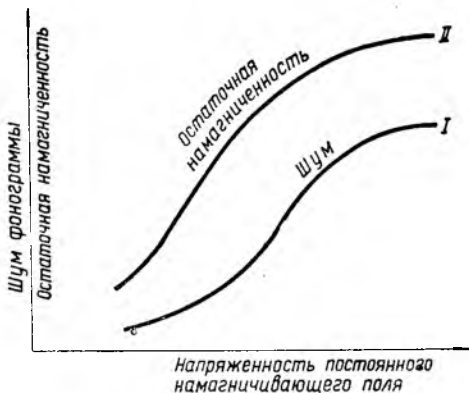


Рис. 39. Зависимость уровня собственных шумов (I) и остаточной намагниченности фонограммы (II) от напряженности постоянного намагничивающего поля

* Для уменьшения возможности постоянной намагниченности головки записи ее сердечник снабжается задним зазором (рис. 4).

неоднородной в магнитном отношении ленте, кривая θ — случайные колебания остаточной намагниченности фонограммы, обусловленные ее магнитной неоднородностью (модуляционный шум).

Кривую θ легко получить, если с помощью фильтра, пропускающего высокие частоты при воспроизведении фонограммы, подавить основной записанный сигнал.

Модуляционный шум при записи звукового сигнала на фонограмме не остается постоянным. Уровень модуляционного шума меняется вместе с изменением уровня записываемого сигнала.

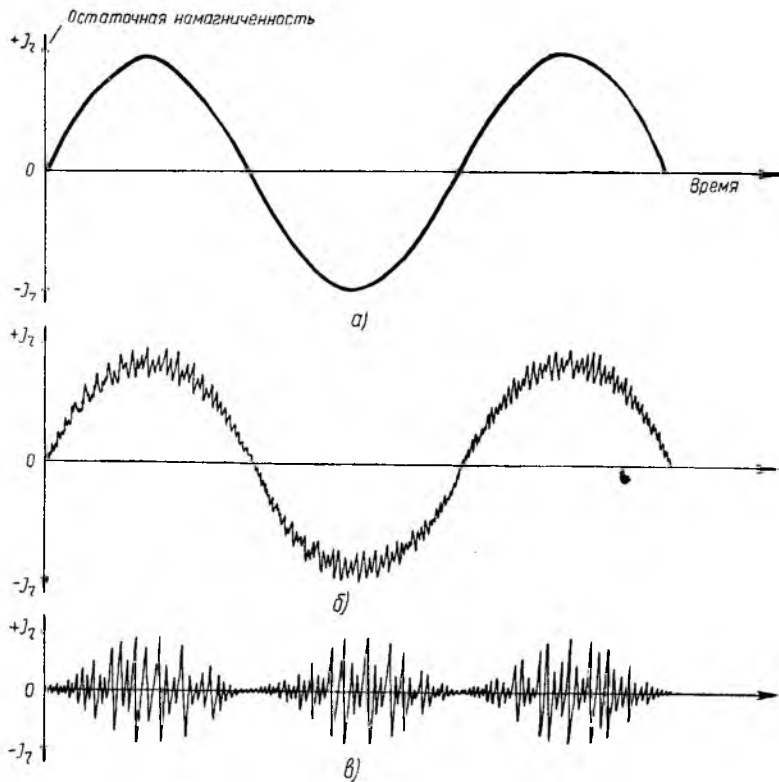


Рис. 40. Схема, поясняющая возникновение модуляционного шума фонограммы

При воспроизведении звука модуляционный шум обычно менее заметен, чем шум паузы, так как модуляционный шум маскируется звуком основного записанного сигнала. Однако при записи некоторых звуков (рояль, сольное женское пение и т. п.) на весьма неоднородных звуконосителях модуляционный шум достаточно отчетливо прослушивается и сильно ухудшает качество передачи звука фонограммой.

На величину модуляционных шумов ленты существенное влияние оказывает механическая неоднородность ленты и в особенности шероховатость и неровность ее поверхности. Дополнительная полировка поверхности новой ленты приводит обычно к значительному уменьшению ее шумов. Однако шумы, порождаемые лентой, зависят в основном от технологии ее изготовления, т. е. свойств ферромагнитного лака, из которого изготовлена лента, равномерности полива

магнитного слоя и т. п. Поэтому снижение шумов в эксплуатации ниже определенного предела, обусловленного свойствами ленты, невозможно.

Среди различных помех и шумов, которые сопровождают воспроизведение сигнала с магнитной фонограммы, некоторое значение может иметь также и уровень неполностью стертых сигналов.

Свойство магнитной ленты, заключающееся в возможности магнитного стирания с нее ранее записанного сигнала, характеризуется стираемостью ленты. Под стираемостью ленты понимают величину ослабления первоначального сигнала после того, как лента прошла через поле стирающей головки. На рис. 41 показаны характеристики стираемости записи на двух разных лентах. Здесь величины A_1 и A_2 характеризуют отдачи фонограмм, записанных на этих лентах. При воздействии на фонограммы переменного стирающего поля и увеличении амплитуды этого поля отдача сигнала уменьшается для одной из лент по кривой 1 и для другой — по кривой 2. Если поле стирающей головки имеет напряженность H_c , то после стирания остаточный уровень сигнала на этих лентах будет характеризоваться величинами A'_1 и A'_2 . При этом разности $A_1 - A'_1$ и $A_2 - A'_2$ являются мерой стираемости лент.

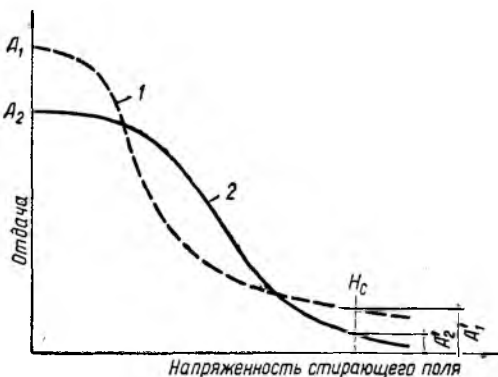


Рис. 41. Характеристики стираемости магнитной ленты

Между величиной стираемости и сохранностью фонограммы на ленте обычно существует определенная связь, т. е. ленты с малой стираемостью лучше сохраняют фонограмму. Однако быстрое падение уровня записанного сигнала при малых полях стирания не может еще являться надежной характеристикой хорошей стираемости ленты (кривая 1 на рис. 41).

§ 8. Основные характеристики магнитной записи и воспроизведения звука

Основными характеристиками систем магнитной записи и воспроизведения звука являются следующие величины:

- 1) динамический диапазон;
- 2) нелинейные искажения;
- 3) частотная характеристика;
- 4) степень неравномерности движения ленты.

Динамический диапазон характеризует способность аппаратуры передавать звуки разной силы. Под динамическим диапазоном обычно понимается разность в уровнях самого сильного и самого слабого звука, которые в состоянии воспроизводить аппаратура. Уровень самого тихого звука связан с уровнем собственных шумов, порождаемых фонограммой и аппаратурой. Уровень самого громкого звука, который создает аппаратура, определяется, исходя из допустимых искажений звука.

Мерой нелинейных искажений обычно является так называемый

коэффициент гармоник. На рис. 42 приведены кривые, показывающие зависимость искажений и отдачи* от силы дополнительного ультразвукового тока при магнитной записи. Из этих кривых мы видим, что для получения минимальных искажений (кривая I) требуется несколько меньший ток i_u , чем ток i_o , необходимый для получения максимальной отдачи магнитной фонограммы (кривая II).

Практически силу дополнительного ультразвукового тока устанавливают по максимуму отдачи, а не по минимуму искажений.

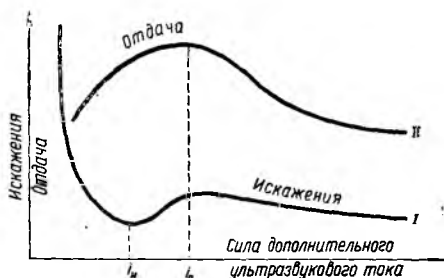


Рис. 42. Зависимость величины искажений звука (кривая I) и отдачи (кривая II) от силы дополнительного ультразвукового тока

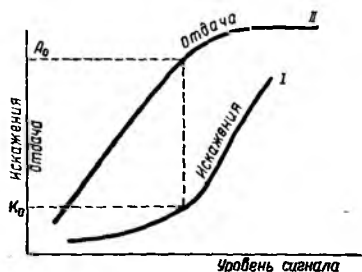


Рис. 43. Зависимость искажений звука (кривая I) и отдачи (кривая II) от уровня сигнала

На рис. 43 приведены кривые, выражающие зависимость искажений звука и отдачи от уровня записываемого сигнала. Из этих данных видно, что при больших уровнях записываемого сигнала искажения звука резко возрастают. Для определения максимального по уровню сигнала, который еще может быть передан аппаратурой, обычно задаются допустимой величиной искажений (коэффициент гармоник K_0), исходя из которой определяют максимальную отдачу A_0 . Отношение между уровнем максимальной отдачи и уровнем собственных шумов аппаратуры, выраженные в логарифмических единицах — децибелах ($дб$) — характеризует при этом динамический диапазон уровней, передаваемых системой.

Другой важной особенностью аппаратуры магнитной записи и воспроизведения звука является ее способность передавать сигналы разных частот.

На рис. 36 была показана отдача магнитной фонограммы, записанной при одинаковой амплитуде остаточной намагниченности для всех частот. На основании этого графика видно, что сигналы с частотами, большими определенной, соответствующей максимуму отдачи, плохо воспроизводятся с магнитной фонограммы.

Существенное влияние на передачу высоких частот оказывает и фактор так называемого саморазмагничивания фонограммы. Саморазмагничивание фонограммы связано с тем, что при неизменной скорости звуконосителя длина записанной на нем звуковой волны уменьшается с увеличением частоты записываемого сигнала. По этой причине, при записи более высоких частот, на фонограмме образуются как бы более короткие постоянные магниты. Известно, что короткий стержень намагнитить труднее, чем длинный. Физическая сущность этого явления заключается в том, что у более

* Отдача магнитной фонограммы с записью синусоидального тона пропорциональна амплитуде остаточной намагниченности ленты.

короткого магнита противоположные полюса ближе друг к другу, чем у более длинного. В результате этого в коротком магните возникает внутреннее размагничивающее поле более сильное, чем в длинном магните. Это внутреннее поле магнита направлено против действия внешнего намагничивающего поля, в результате чего оно ослабляет намагниченность. При удалении внешнего намагничивающего поля внутреннее поле остается и приводит к уменьшению остаточной намагниченности тела.

На рис. 44 дана кривая, которая показывает уменьшение остаточной намагниченности от значения I_r (для бесконечно длинного магнита) до значения I_d (для короткого магнита), связанное с действием внутреннего размагничивающего поля H_1 , появление которого обусловлено конечным расстоянием между полюсами короткого магнита. В результате явления саморазмагничивания магнитной фонограммы передача ею высоких частот ухудшается.

Для обеспечения хорошей передачи сигналов высоких частот магнитной фонограммой необходимо учитывать:

- 1) конечную ширину зазора воспроизводящей головки;
- 2) конечную толщину магнитного слоя ленты;
- 3) расстояние между магнитным слоем и головками;
- 4) потери, возникающие в процессе записи (самоистирание и т. п.);

5) саморазмагничивание фонограммы и ряд других менее существенных факторов.

На рис. 45 показаны частотные характеристики воспроизведения магнитных фонограмм, записанных с постоянной амплитудой тока звуковой частоты. Эти характеристики получены при разных скоростях движения ленты. Из рис. 45 видно, что уменьшение скорости движения ленты приводит к ограничению возможности передачи магнитофоном высоких частот.

Применение аппаратов с малой скоростью движения ленты

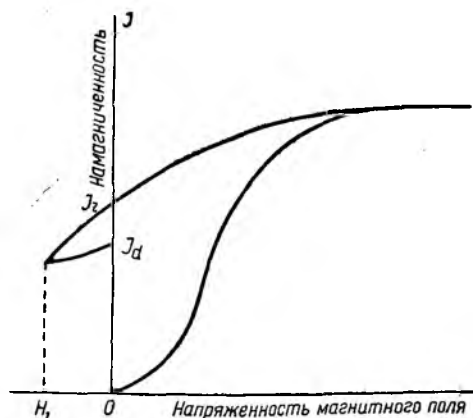


Рис. 44. Явление саморазмагничивания магнитной фонограммы с записью высокой частоты

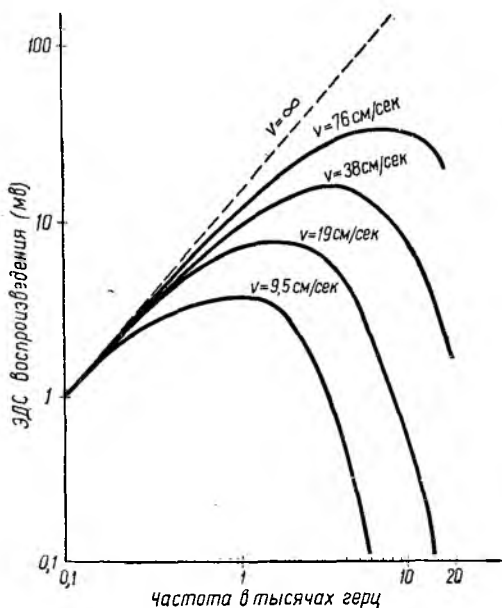


Рис. 45. Частотные характеристики воспроизведения фонограмм, записанных с постоянной амплитудой тока сигнала; кривые получены при разных скоростях движения ленты в магнитофоне

весьма целесообразно для уменьшения расхода ленты; однако, с другой стороны, как видно из рис. 45, с точки зрения частотной характеристики уменьшение скорости движения ленты является неблагоприятным фактором. Поэтому обычно скорость движения ленты в магнитофоне выбирается для каждого типа аппарата, исходя из предъявляемых к нему технических требований с учетом экономических факторов (расход ленты на минуту звучания и т. п.). Из рис. 45 видно также, что для получения одинаковой отдачи в пределах всего передаваемого магнитофоном частотного диапазона (т. е. линейной частотной характеристики сквозного канала, параллельной оси частот) необходимо вводить значительную коррекцию. Распределение этой коррекции на частотную характеристику электрического тракта записи и частотную характеристику электрического тракта воспроизведения может быть осуществлено разными способами.

Все выпускаемые промышленностью магнитофоны (см. гл. II) можно разделить на две группы:

1) магнитофоны, имеющие два отдельных усилителя (усилитель для записи и усилитель для воспроизведения);

2) магнитофоны, имеющие один универсальный усилитель, используемый как для записи, так и для воспроизведения звука.

Практически найдено, что целесообразно в магнитофонах, имеющих два отдельных усилителя, применять характеристику записи (выражающую зависимость силы тока через головку записи от частоты), показанную на рис. 46. Эта характеристика параллельна оси частот до значения порядка 6000 *гц* и имеет плавный подъем, достигающий порядка 7 *дб* на наивысшей частоте передаваемого магнитофоном диапазона. Частотная характеристика усилителя для воспроизведения, используемого в этих магнитофонах, показана на рис. 47. Эта характеристика имеет плавный подъем, достигающий значения 18—20 *дб* на частоте 50 *гц* (по отношению к частоте 1000 *гц*), и плавный подъем на 2—3 *дб* вблизи наивысшей частоты передаваемого частотного диапазона.

У магнитофонов, в которых для записи и воспроизведения используется один универсальный усилитель, характеристики записи и воспроизведения отличаются от соответствующих характеристик магнитофонов с отдельными усилителями. Это обусловливается тем, что требуемый большой подъем на низких частотах при воспроизведении трудно получить в универсальном усилителе. Необходимая характеристика сквозного канала достигается при этом некоторым подъемом низких частот при записи. Такой подъем может вызвать повышение нелинейных искажений при записи; поэтому при работе с такими магнитофонами требуется более тщательный выбор оптимального уровня записи.

Чрезвычайно существенное влияние на характеристики системы магнитной записи и воспроизведения звука оказывают свойства используемой магнитной ленты. Свойства ленты как звуконосителя при магнитной записи определяются характеристиками применяемого для ее изготовления магнитного порошка, концентрацией этого порошка в магнитном слое, степенью измельчения порошка, толщиной магнитного слоя и другими параметрами ленты, обусловленными технологией ее производства.

Можно считать установленным, что с увеличением толщины магнитного слоя и концентрации в нем порошка максимальная отдача ленты возрастает. Однако при увеличении толщины магнитного слоя

частотная характеристика фонограммы будет ухудшаться. Степень размола порошка перед поливом и равномерность его распределения в магнитном слое определяют однородность магнитного слоя, а следовательно, и уровень собственных шумов ленты. С повышением коэрцитивной силы порошка стираемость ленты ухудшается, а передача высоких частот улучшается.

Следует упомянуть еще об одном весьма важном факторе, в значительной степени определяющем качество передачи звука магнитофоном. В большинстве магнитофонов при записи и воспроизведении лента движется по магнитным головкам с вполне определенной

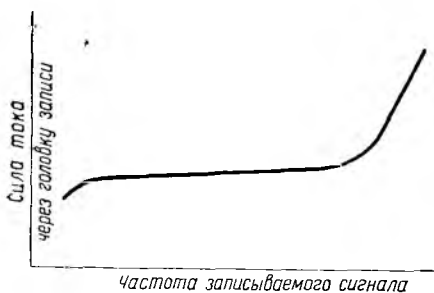


Рис. 46. Частотная характеристика усилителя для записи в магнитофоне, имеющем раздельные усилители для записи и воспроизведения звука

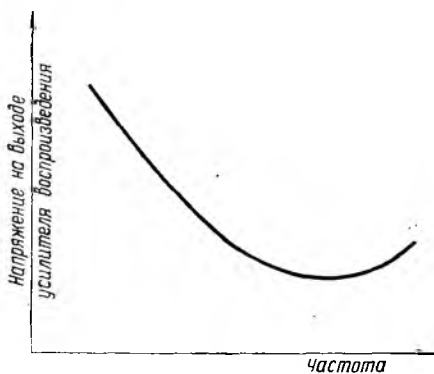


Рис. 47. Частотная характеристика усилителя для воспроизведения в магнитофоне, имеющем раздельные усилители для записи и воспроизведения звука

постоянной скоростью. При этом лента должна плотно прилегать к сердечникам головок в области их зазоров. Опыт показывает, что небольшое удаление ленты от зазора вызывает резкое ухудшение передачи звуков высоких частот. Если лента при своем движении вибрирует, т. е. степень ее прижима к сердечникам головок изменяется, то это вызывает обычно значительные искажения в передаваемом звуке.

Еще более неблагоприятно сказывается колебание скорости ленты в направлении ее движения. В этом случае как при записи, так и при воспроизведении, происходит периодическое изменение частоты звуков, передаваемых аппаратурой. Эти искажения звука отчетливо различаются слухом даже при очень малых колебаниях скорости ленты, составляющих всего 0,2—0,3% от номинальной скорости движения ленты.

Искажения звука, обусловленные колебаниями скорости движения ленты при записи и воспроизведении звука, получили название детонаций. Различают детонации звука первого и второго рода. Детонация первого рода наблюдается при относительно медленных изменениях скорости; они получили название плавания звука. Детонации второго рода возникают при быстрых колебаниях скорости ленты и проявляются как своеобразное дребезжание.

С помощью специальных стабилизаторов скорости в современных магнитофонах искажения звука, обусловленные неравномерной скоростью движения ленты, сведены к технически возможному минимуму.

Однако при записи некоторых продолжительных музыкальных звуков у большинства существующих магнитофонов плавание звука достаточно отчетливо обнаруживается.

При передаче речи детонация имеет меньшее значение, чем при передаче музыки, ибо при небольших колебаниях скорости движения ленты заметного на слух искажения речи не наблюдается.

§ 9. Основные принципы механической записи звука

Механическая запись звука возникла во второй половине XIX века. Магнитная и оптическая запись впервые была осуществлена только на рубеже XX века. Поэтому все старые, дошедшие до нас записи, относящиеся к концу XIX века и первым двум десятилетиям XX века, выполнены механическим способом.

В первоначально осуществленных аппаратах механическая запись звука производилась на восковых валиках, впоследствии замененных восковыми дисками. В настоящее время для механической записи используются специальные звукозаписывающие аппараты. Принципиальная схема устройства такого аппарата приведена на рис. 48.

В этом аппарате на станине укреплен электромотор, вращающий массивную планшайбу. На планшайбе помещается вращающийся вместе с ней восковой диск, на который производится запись звука. Движение планшайбы передается винту, при вращении которого суппорт движется в направлении, указанном стрелкой. На суппорте укреплен рекордер с резцом. При каждом обороте планшайбы суппорт с рекордером перемещается в направлении радиуса диска на одну и ту же величину. В результате этого с помощью резца на восковом диске прорезается спиральная канавка, идущая от внешней окружности диска к его центру. Расстояние между отдельными витками этой спирали (между соседними канавками) называется шагом записи. При установке воскового диска рекордер отводится вверх.

Звуковые колебания, воздействующие на микрофон, преобразуются им в соответствующие электрические токи. Эти токи проходят усилитель для записи и подводятся к рекордеру.

На рис. 49 приведена принципиальная схема устройства электромагнитного рекордера. Здесь M — сильный постоянный магнит, $Я$ — якорь из ферромагнитного материала, на котором укреплен резец P , Π — плоская пружина, поддерживающая якорь, D — демпфирующие подушки и K — катушка, питаемая током звуковой частоты.

Переменный ток, проходящий через катушку рекордера, вызывает перемагничивание якоря рекордера в соответствии с изменениями записываемого сигнала. При перемагничивании якоря рекордера сила притяжения его концов к полюсам N и S постоянного магнита M изменяется, в результате чего якорь $Я$ и укрепленный на нем резец P совершают колебания в направлении, показанном стрелками на рис. 49.

Эти небольшие колебания резца при записи происходят в направлении радиуса воскового диска, показанного на рис. 48. В результате движений резца, вызываемых звуковыми колебаниями, нарезаемая на восковом диске спиральная канавка получает характерные изгибы (рис. 50).

Таким образом, в результате записи на восковом диске образуется канавка сложной формы. Канавка имеет вид спирали, идущей от внешнего края диска к его центру. Записываемые звуки фикси-

руются как небольшие смещения этой канавки в одну и другую сторону от основной осевой линии спирали.

С полученного в результате механической записи диска с вырезанной на нем канавкой (механической фонограммой) гальванопла-

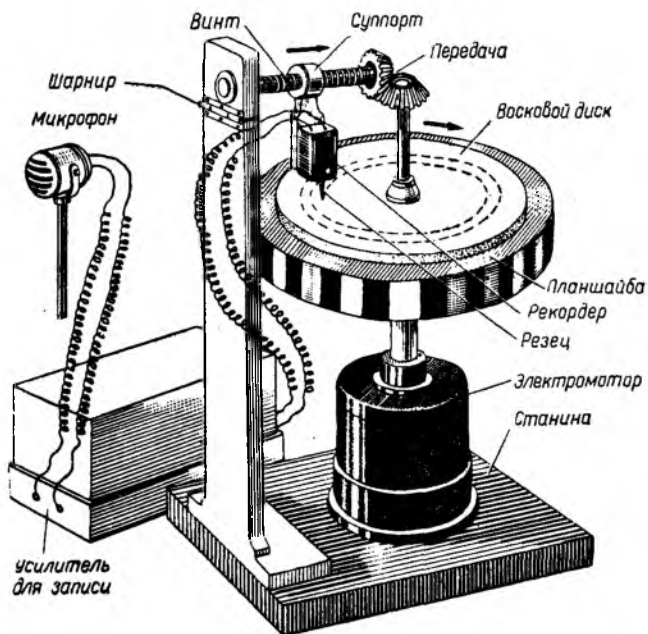


Рис. 48. Принципиальная схема устройства для механической записи звука на восковой диск

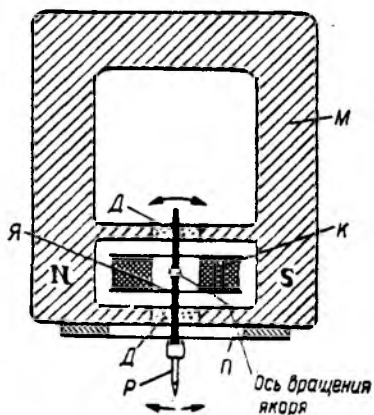


Рис. 49. Принципиальная схема устройства рекордера для механической записи звука;

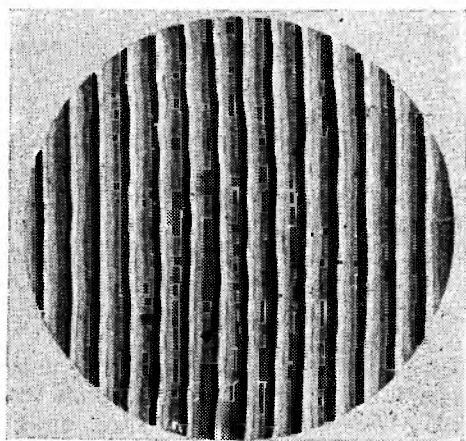


Рис. 50. Вид канавок на граммофонной пластинке при большом увеличении

стическим путем делают металлические матрицы, используемые для прессовки граммофонных пластинок (см. ниже). В результате на обычной граммофонной пластинке имеется такая же самая канавка, как и на записанном восковом диске.

При воспроизведении звука иголка движется по спиральной канавке, имеющейся на граммофонной пластинке. Изгибы канавки заставляют колебаться иглу при ее движении по канавке так же, как колебался резец рекордера при записи, т. е. соответственно записанным звуковым колебаниям. Для воспроизведения звука с граммофонных пластинок используется электрический звукосниматель (адаптер) или же механоакустическая мембрана патефона.

Устройство электромагнитного звукоснимателя в основных чертах подобно устройству электромагнитного рекордера. На рис. 51 приведена принципиальная схема устройства электромагнитного звукоснимателя. Здесь в поле сильного постоянного магнита M расположен ферромагнитный якорь $Я$, несущий иглу $И$. Концы якоря

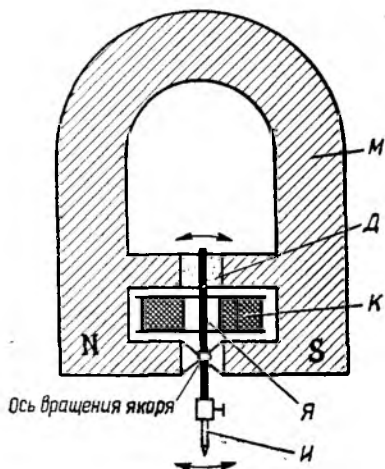


Рис. 51. Принципиальная схема устройства электромагнитного звукоснимателя

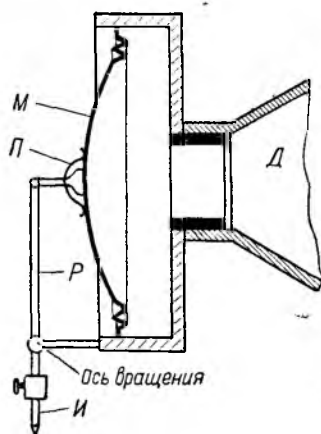


Рис. 52. Схема устройства механоакустического звукоснимателя (мембраны) патефона

зажат в эластичном демпере $Д$ из специальной резины. Якорь охватывает катушка $К$. При движении иглы по канавке граммофонной пластинки благодаря изгибам канавки игла $И$ и связанный с ней якорь $Я$ совершают колебания, соответствующие записанному на пластинке звуку. При смещениях верхнего конца якоря в направлениях, указанных стрелками, изменяется магнитный поток, проходящий через якорь. Изменение магнитного потока через якорь вызывает появление в охватывающей его катушке $К$ электродвижущей силы индукции.

Так как смещение якоря и изменения в нем магнитного потока соответствуют изгибам канавки, то и электродвижущая сила индукции, возникающая в обмотке звукоснимателя, соответствует записанным на пластинке звуковым колебаниям. Электрические сигналы, индуцируемые в катушке звукоснимателя, усиливаются и подводятся к громкоговорителю, превращающему их в звуки.

Воспроизведение звука с граммофонных пластинок может осуществляться также с помощью патефона. В этом случае колебания иглы, связанной тонкой металлической пластинкой (мембраной), непосредственно преобразуются в звуки.

На рис. 52 представлена схема устройства механоакустического звукоснимателя патефона. Рычаг P на одном конце несет иглу $И$, а

на другом снабжен гибкой пружиной (паучком) *П*. Таким способом колебания конца иглы передаются мембране *М*. В результате этого при движении иглы *И* по канавке граммофонной пластинки связанная с иглой мембрана *М* повторяет колебания иглы. Колебания мембраны порождают звуки, которые излучаются через рупор *Д*.

Современный патефон, по существу, является усовершенствованным портативным граммофоном. В обычном граммофоне рупор был установлен снаружи, а в патефоне рупор изогнут и скрыт внутри ящика. Выходное отверстие рупора патефона расположено обычно около основания его откидывающейся верхней крышки.

В отличие от магнитной записи, при которой для записи и для воспроизведения звука используется один и тот же звуконоситель (магнитная лента), при механической записи звука, как правило, используется звуконоситель в виде мягкого, легко поддающегося резанию материала, условно называемого воском, а для воспроизведения звука с механических фонограмм используются копии с воска, выполняемые в виде весьма твердых граммофонных пластинок.

Такое разделение вполне оправдывается предъявляемыми к материалу звуконосителя требованиями. Для записи механических фонограмм целесообразно использовать мягкий, легко поддающийся резанию материал, хорошо сохраняющий форму прорезаемой канавки. Одновременно этот материал не должен быть липким, хрупким, упругим или текучим. Таким материалом оказался „воск“ (обычно сплав ряда восков животного, растительного и минерального происхождения, содержащий еще некоторые специальные химические вещества).

Для изготовления граммофонных пластинок, предназначенных для воспроизведения звука, воск вовсе непригоден. Оказалось целесообразным для этой цели применить достаточно прочное и твердое вещество типа специальной пластмассы. Такое вещество должно обеспечить необходимую прочность канавки и малый износ граммофонной пластинки при ее проигрывании.

Процесс изготовления граммофонной пластинки состоит из следующих основных операций:

- 1) запись звука на воске;
- 2) нанесение на поверхность записанного воска тонкого электропроводящего слоя (нанесение такого слоя осуществляется, например, путем катодного распыления серебра или золота);
- 3) наращивание путем электролиза в электролитической ванне на воск толстого слоя металла (гальванопластическим путем);
- 4) отделение воска от металлической копии с него (матрицы);
- 5) горячая прессовка граммофонных пластинок из специальной пластмассы с помощью металлических матриц.

Опыт показывает, что указанным способом представляется возможным (при хорошем качестве записи на воске и хорошем качестве пластмассы для изготовления пластинок) получить весьма высококачественные граммофонные пластинки, передающие звук без заметных искажений и шумов.

В практических условиях массового изготовления граммофонных пластинок большими тиражами процесс изготовления матриц для прессовки пластинок значительно усложняется.

Воск при снятии с него первой металлической копии (первого оригинала) портится и к дальнейшей работе непригоден. Для сохранения первой металлической копии (первого оригинала) ею не пользуются для прессовки пластинок, а снимают с нее гальвано-

пластическим путем вторые копии (вторые оригиналы). Эти копии для прессовки пластинок непригодны, так как будут образовывать на грамофонной пластинке не канавку, а выпуклый рельеф. Для получения нужных для прессовки пластинок металлических матриц со вторых оригиналов изготавливают гальванопластическим путем третьи оригиналы, пригодные для прессовки пластинок.

С одной металлической матрицы можно отпрессовать (до ее износа) только ограниченное количество пластинок, поэтому при необходимости выпуска большого тиража пластинок с данной записи, произведенной на воске, с третьего оригинала изготавливается несколько четвертых (непригодных для прессовки) и с каждого четвертого делаются пятые оригиналы, используемые для прессовки пластинок.

Грамофонные пластинки изготавливают из специальной пластмассы, содержащей:

- 1) связующее вещество—шеллак (или полихлорвинил);
- 2) наполнитель (тонкий порошок из шифера, мрамора и т. п.), удешевляющий стоимость пластинки и придающий ей прочность;
- 3) армирующее вещество, уменьшающее хрупкость пластинки (таким обычно являются тонкие волокна растительного или животного происхождения);
- 4) красящее вещество (сажа).

При изготовлении массы для прессовки грамофонных пластинок производится тщательное дробление, измельчение, смешивание, просеивание и другие операции, обеспечивающие весьма однородное распределение всех составляющих частей в массе. Грамофонные пластинки изготавливают путем горячей прессовки из заранее подготовленных таблеток массы. Таблетка массы помещается между двумя нагретыми металлическими матрицами.

При сжатии прессом масса размягчается и равномерно распределяется между матрицами, принимая форму грамофонной пластинки. При этом на поверхности грамофонной пластинки отпечатываются канавки, соответствующие по форме и размерам канавкам на записанных восках.

Описанный выше процесс производства обычных грамофонных пластинок весьма сложен и громоздок, но он обеспечивает получение с одной записи десятков и сотен тысяч копий. Большие тиражи обуславливают дешевизну грамофонной пластинки, так как высокая стоимость оригинальной записи распределяется на большое количество грамофонных пластинок, а пластмасса, из которой изготавливают грамофонные пластинки, недорога. Однако сложный процесс изготовления многих металлических оригиналов приводит, как правило, к ухудшению качества звучания пластинок по сравнению с качеством звучания оригинальной записи, ибо при каждом последующем копировании форма канавки неизбежно несколько искажается.

К грамофонной пластинке, предназначенной специально для целей звукового оформления спектакля, предъявляют несколько иные требования, чем к пластинке, предназначенной для массового потребителя. Тиражи таких специализированных пластинок весьма ограничены, стоимость их может быть значительно больше стоимости обычной пластинки, а качество передачи звука должно быть получено предельно высоким. Исходя из этого, признано целесообразным прессовать пластинки для звукового оформления спектакля с первого или третьего оригинала, используя для их изго-

товления винилитовую массу без наполнителя. Винилит (искусственная смола) обеспечивает получение пластинок с низким уровнем собственных шумов и хорошей передачей звука.

В последнее время нашей промышленностью освоены и выпускаются массовые долгоиграющие винилитовые пластинки. Эти пластинки имеют шаг записи в 2,8 раза меньше, чем канавка обычной граммофонной пластинки. На рис. 53 приведен схематический вид сечения канавки граммофонной пластинки при обычной записи и при микрозаписи, используемой для долгоиграющих пластинок.

Микрозапись принципиально ничем не отличается от обычной записи. Разница между обычной записью и микрозаписью заключается только в уменьшении шага записи и размеров канавки. Технологический процесс изготовления граммофонных пластинок с микрозаписью аналогичен процессу производства обычных граммофонных пластинок, описанному выше.

В связи с малыми размерами канавки на долгоиграющей пластинке и ее относительно меньшей прочностью воспроизведение с нее звука может осуществляться только с помощью электрического звукоусилителя облегченного типа. Для увеличения продолжительности звучания долгоиграющие пластинки иногда записывают и соответственно воспроизводят со скоростью $33\frac{1}{3}$ об./мин. (вместо 78 об./мин. при записи и воспроизведении обычных граммофонных пластинок). Это дает при прочих равных условиях увеличение продолжительности звучания пластинки еще в 2,3 раза.

В таблице дается сравнительная характеристика продолжительности звучания обычной и долгоиграющей пластинок.

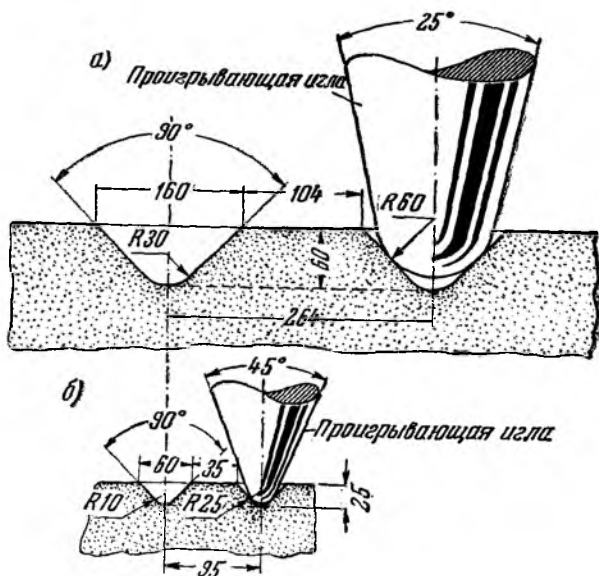


Рис. 53. Схематическое изображение поперечного разреза канавок на обычной а и долгоиграющей б граммофонных пластинках; размеры в микронах

Наружный диаметр пластинки (см)	Об/мин.	Наибольшая продолжительность звучания (в мин.)			
		С одной стороны		С двух сторон	
		Обычная	Долгоиграющая	Обычная	Долгоиграющая
30	78	4,5	—	9	—
30	$33\frac{1}{3}$	—	23	—	46
25	78	3	9	6	18
25	$33\frac{1}{3}$	—	15	—	30
20	78	—	6	—	12

Долгоиграющие пластинки имеют большие перспективы в звуковом оформлении спектакля благодаря тому, что им свойственны низкий уровень собственных шумов, малые искажения звука и большая продолжительность звучания. Применение долгоиграющих пластинок в звуковом оформлении спектакля во многих случаях может быть признано более рентабельным, чем применение обычных граммофонных пластинок.

§ 10. Воспроизведение звука с граммофонных пластинок

В настоящее время промышленностью выпускаются граммофонные пластинки двух основных размеров: диаметром 25 и 30 см при толщине около 2,2 мм.

В зависимости от материала, из которого изготавливаются пластинки, они делятся на три класса: I класс — винилитовые, II — шеллачные и III — полихлорвиниловые.

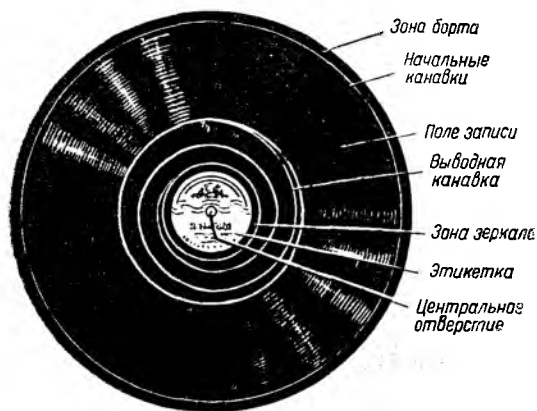


Рис. 54. Схематическое изображение граммофонной пластинки

Обычная граммофонная пластинка имеет три основные зоны (рис. 54): зону борта, содержащую вводную и начальные канавки; зону записи, содержащую канавки с записью, и зону зеркала, содержащую выводную канавку и этикетку.

Длительность звучания граммофонной пластинки зависит от числа витков канавки, нанесенной на пластинке. При неизменных размерах зоны записи число витков канавки определяется плотностью записи, т. е. числом канавок, приходящихся на 1 см радиуса пластинки.

При записи восков имеется возможность изменять шаг записи, т. е. смещение рекордера по радиусу при одном обороте диска, и таким способом в известных пределах изменять плотность записи.

При изготовлении граммофонных пластинок применяют следующие виды записи:

- 1) нормальную запись (38 канавок на см);
- 2) уширенную запись (33 канавки на см)
- 3) уплотненную запись (42 канавки на см).

В таблице указана наибольшая продолжительность звучания обычных граммофонных пластинок.

Диаметр пластинки (в см)	Уширенная запись	Нормальная запись	Уплотненная запись
25	2 мин. 45 сек.	3 мин. 9 сек.	3 мин. 30 сек.
30	3 мин. 49 сек.	4 мин. 22 сек.	4 мин. 50 сек.

Воспроизведение звука с граммофонной пластинки осуществляется с помощью иглы, закругленный кончик которой движется по канавке, имеющейся на граммофонной пластинке.

Рассмотрим процесс воспроизведения более подробно. При записи на воске канавка нарезается плоской режущей гранью резца, которая всегда перпендикулярна к направлению оси немодулированной канавки (т. е. канавки, не содержащей записи). При записи звуковых колебаний резец отходит от этой оси то в одну, то в другую сторону, причем его режущая грань остается перпендикулярной к направлению его поступательного движения (рис. 55). В результате этого изменяется ширина модулированной канавки в направлении, перпендикулярном к ее оси. Так, например, при записи синусоидального тона (рис. 55) ширина канавки будет наибольшая на вершинах синусоиды и наименьшая при переходе через среднюю, нулевую линию.

Кончик иглы, воспроизводящей звук, имеет вид полушара, поэтому процесс воспроизведения можно представить как движение шара по модулированной канавке. Нетрудно видеть, что во время движения по канавке при переходе через нулевую линию (вследствие сужения канавки) кончик иглы при воспроизведении одного колебания должен был бы дважды подняться и соответственно опуститься вглубь канавки в области вершин синусоиды — там, где канавка достаточно широкая. Так как в практически используемых звукоснимателях игла не имеет возможности перемещаться в вертикальном направлении, то при воспроизведении игла движется по канавке вдоль ее стенок по некоторой промежуточной кривой, расположенной несколько выше положения кончика иглы в немодулированной канавке. При этом игла оказывает повышенное давление на стенки канавки в суженных ее участках (эффект защемления иглы). Последнее приводит к повышению износа иглы и неравномерному разрушению стенок канавки. В тех местах, где канавка расширена, игла не всегда находится в контакте с обеими ее стенками, что порождает искажения в воспроизводимом звуке.

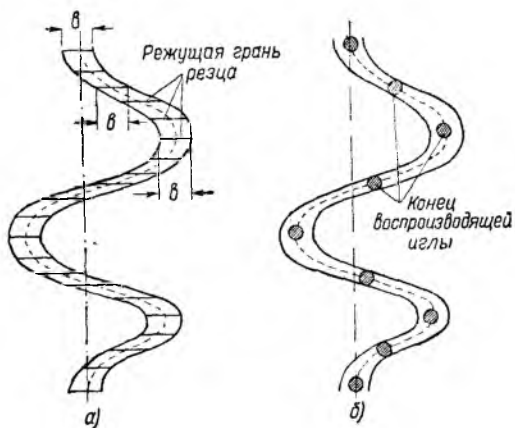


Рис. 55. Схематическое изображение движения резца при записи канавки а и движения конца иглы при воспроизведении звука б

Этот процесс продолжается при проигрывании пластинки до тех пор, пока не происходит расширение суженных участков канавки, влекущее за собой обычно появление искажений и шумов, а также износ иглы и пластинки. После расширения узких мест на канавке кончик иглы двигается на некоторой постоянной высоте над дном канавки, не касаясь одновременно обеих стенок.

Если применять очень острые иглы, у которых кончик будет касаться закругленного дна канавки, то необходимость в вертикальном смещении иглы устраняется, однако в этом случае вследствие отсутствия контакта со стенками канавки игла не сможет правильно следовать по канавке, и воспроизводимый звук будет искажен.

Другое чрезвычайно важное обстоятельство, препятствующее применению игл с очень острым концом, заключается в возрастании удельного давления иглы на пластинку при уменьшении площади острия иглы. Следует отметить, что даже при обычных иглах и пластинках под кончиком иглы из-за малой площади опоры развивается очень большое давление, достигающее до нескольких тысяч атмосфер. Это легко понять, если учесть, что площадь кончика у обычной иглы составляет около $0,001 \text{ мм}^2$, а вес мембраны обычного патефона более 100 г. Развиваемое в этом случае давление составляет несколько тысяч атмосфер; оно равно удельному давлению на рельс, возникающему под колесом паровоза! Отсюда понятны те высокие требования, которые предъявляются к твердости пластинки и устойчивости ее к износу.

Общая длина немодулированной канавки на обычной граммофонной пластинке составляет около 200 м. При наличии записи канавка изгибается, и в результате этого ее длина может достигнуть значительно больших величин, достигающих до километра. При этом в случае записи одного чистого тона 5000 гц и продолжительности звучания 4,5 мин. на одной пластинке записывается свыше миллиона звуковых колебаний.

Все указанные цифры становятся еще более внушительными применительно к долгоиграющей граммофонной пластинке. Отсюда понятны и те требования, которые предъявляются при обращении с граммофонной пластинкой при изготовлении, хранении и воспроизведении звука с нее.

Для увеличения срока службы граммофонной пластинки необходимо прежде всего по возможности уменьшить нагрузку на канавку во время воспроизведения звука. В этом деле важную роль играет тип используемой при воспроизведении звука граммофонной иглы.

Граммофонные иглы, применяемые для воспроизведения звука с пластинок (рис. 56), разделяются на следующие типы:

- 1) громкого тона;
- 2) тихого тона;
- 3) универсальные;
- 4) для электрических звукоснимателей.

Иглы для патефонов изготавливаются из специальной стальной проволоки. Игла имеет на конце закругление с радиусом $0,03-0,06 \text{ мм}$.

Различие между иглами тихого и громкого тона состоит только в толщине иглы. Игла тихого тона изготавливается из проволоки толщиной в $1,0 \text{ мм}$, а игла громкого тона из проволоки толщиной $1,4 \text{ мм}$. По этой причине игла громкого тона более прочная и жесткая, чем игла тихого тона. При воспроизведении звука с граммофонной пластинки канавка направляет движение только кончика иглы. Если игла гибкая, то движение кончика иглы передается на мембрану патефона неточно. Особенно плохо передаются быстрые колебания кончика иглы, соответствующие записи звуков высоких частот. Поэтому более тонкие иглы тихого тона хуже передают звук, чем иглы громкого тона. Игла громкого тона более жесткая; она лучше передает звук, записанный на пластинке, но зато оказывает сильное воздействие на канавку граммофонной пластинки, способствуя ее быстрому разрушению.

Универсальные иглы имеют сплюснутый конец (см. рис. 56), поэтому их жесткость в разных направлениях различна.

Если такая игла устанавливается сплюсненной частью в направлении радиуса пластинки, то ее жесткость велика и она работает как игла громкого тона. В том случае, когда сплюсненная часть иглы устанавливается вдоль оси канавки (перпендикулярно к радиусу пластинки), то жесткость иглы к боковому изгибу (в направлении смещения канавки) малая и она работает как игла тихого тона.

Работы по изысканию подходящего материала для изготовления граммофонных игл продолжаются в течение нескольких десятков лет. Кроме обычных стальных игл для этой цели применяют иглы из дерева (бамбука), а также износостойчивые сапфировые, корундовые и другие иглы. Однако остается непреложным то правило, что чем жестче игла, тем сильнее она разрушает пластинку, и чем больше гибкость иглы, тем хуже она передает звуки высоких частот при использовании обычных патефонов.

Совсем другое положение имеет место при электрическом воспроизведении звука с помощью электрического звукоснимателя.

В этом случае можно применять достаточно гибкие иглы, вводя соответствующую коррекцию в частотную характеристику электрического тракта воспроизведения. Таким образом можно улучшить характер звучания граммофонной пластинки.

Еще более важной особенностью электрического воспроизведения является возможность применения легких звукоснимателей, что позволяет уменьшить силу давления иглы на канавку и тем самым уменьшить износ пластинки во время ее проигрывания.

В настоящее время известно большое количество типов электрических звукоснимателей, работа которых основана на различных физических явлениях.

Выше (см. рис. 51) было показано устройство электромагнитного звукоснимателя, в котором используется явление электромагнитной индукции. Частотная характеристика подобного электромагнитного звукоснимателя приведена на рис. 57 (кривая 1). Из этой кривой видно, что электромагнитный звукосниматель обычно имеет две резонансные частоты. Резонанс на низких частотах обусловлен возникновением собственных колебаний массы всего звукоснимателя в целом на резиновых прокладках крепления якоря. Резонанс в области высоких частот обусловлен собственными колебаниями массы якоря с учетом упругости иглы и упругости крепления якоря.

Наличие пика в частотной характеристике звукоснимателя в области высоких частот является нежелательным, так как он приводит к подчеркиванию звуков высоких частот и собственных шумов пластинки. Для сглаживания этого пика в звукоснимателях обычно применяются демпферы из специальной резины.

Подъем частотной характеристики в области низких частот

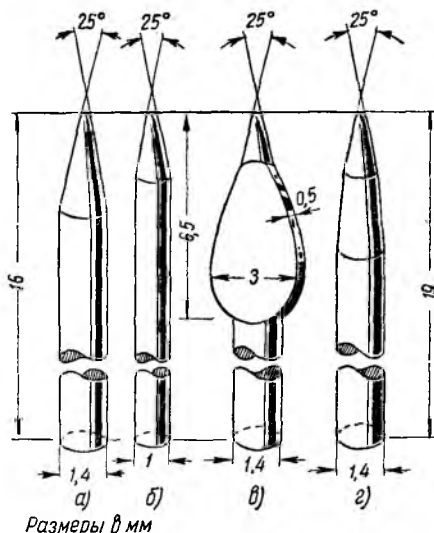


Рис. 56. Стальные граммофонные иглы: а—громкого тона; б—тихого тона; в—универсальная; г— для электрических звукоснимателей

является благоприятным, ибо из-за особых условий записи на граммофонной пластинке уровень отдачи с пластинки понижается с уменьшением записанной частоты.

На величину подъема частотной характеристики звукоснимателя в области низких частот оказывают существенное влияние конструкция и механические свойства тонарма, т. е. свободно поворачивающегося вокруг оси держателя, несущего звукосниматель.

В правильно сконструированном электромагнитном звукоснимателе при учете всех указанных факторов частотная характеристика может быть получена весьма близкой к оптимальной, показанной на рис. 57 (кривая 2). Однако электромагнитный звукосниматель указанного типа не является наилучшим для воспроизведения граммофонных пластинок. Такой звукосниматель имеет сильный постоянный магнит и достаточно тяжелый ферромагнитный якорь; из-за этого его вес не может быть сделан достаточно малым. Кроме того, вследствие возможного несимметричного расположения якоря между полюсами постоянного магнита и ряда других факторов изготовления электромагнитного звукоснимателя, вносящего малые искажения в передаваемый звук, представляет весьма значительные трудности.

В последние годы большое распространение получили звукосниматели, работа которых основана на пьезоэлектрическом эффекте. Этот эффект заключается в том, что при механических деформациях кристаллов на их поверхности возникают электрические заряды.

Заметный пьезоэлектрический эффект наблюдается у кристаллов кварца, турмалина, сахара, цинковой обманки. Сильным пьезоэлектрическим эффектом обладают кристаллы сегнетовой соли, кристаллы фосфата аммония и калия, а также кристаллы титаната бария и некоторых других веществ. Замечательной особенностью пьезоэлектрического эффекта является то, что количество выделяющегося электричества пропорционально силе, сдавливающей кристалл.

На рис. 58 приведена схема устройства пьезоэлектрического звукоснимателя. Здесь P — пьезоэлектрический элемент, работающий на кручение, D — демпфирующие прокладки, A — иглодержатель с зажимным винтом и иглой I , B — выводы обкладок пьезоэлектрического элемента.

На рис. 59 приведена частотная характеристика пьезоэлектрического звукоснимателя (кривая 1). На этом же рисунке приведена наилучшая частотная характеристика при воспроизведении обычной граммофонной пластинки (кривая 2).

Как видно, обе эти характеристики достаточно хорошо совпадают. Подъем частотной характеристики в области высоких частот у этого звукоснимателя обуславливается резонансом его подвижной системы. Для устранения такого подъема, оказывающего неблагоприятное влияние на качество звука, при воспроизведении включается электрический фильтр, срезающий частоты выше 5000 — 6000 *гц*.

Пьезоэлектрический звукосниматель должен работать на большое нагрузочное сопротивление (0,2—0,5 *мегаома*). Его чувствительность в 5—6 раз больше чувствительности электромагнитного звукоснимателя.

Пьезоэлектрический звукосниматель может быть сделан очень легким. Так, например, для воспроизведения звука с долгоиграю-

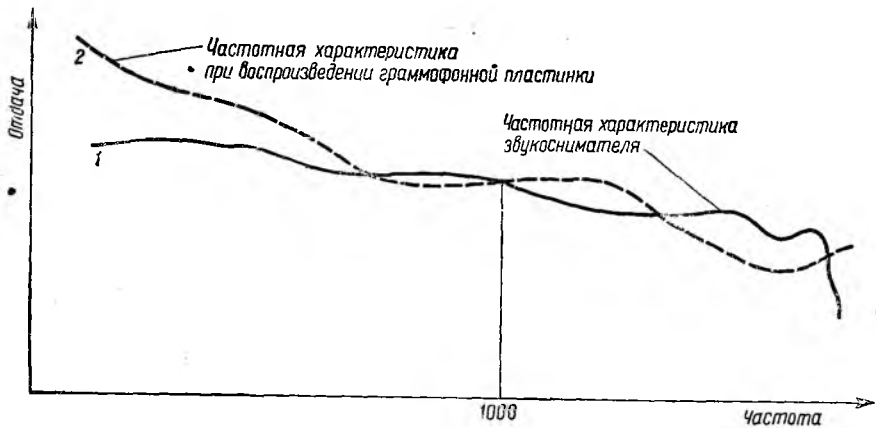


Рис. 57. Частотная характеристика электромагнитного звукоснимателя

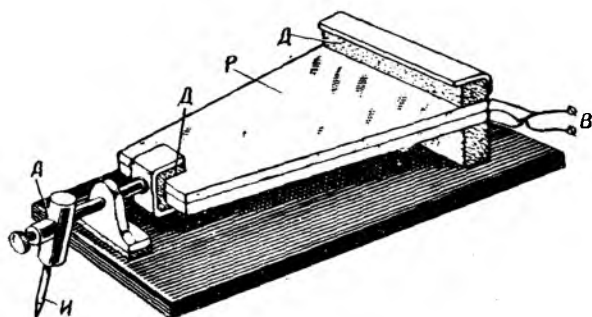


Рис. 58. Схема устройства пьезоэлектрического звукоснимателя

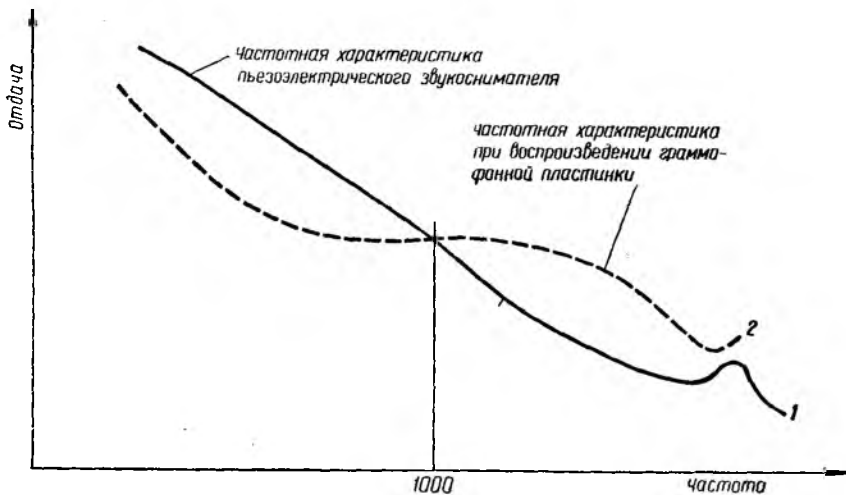


Рис. 59. Частотная характеристика пьезоэлектрического звукоснимателя

щих граммофонных пластинок применяется кристаллический звукосниматель из фосфата аммония с корундовой иглой, имеющий приведенный вес всего 14 г.

Наряду с электромагнитными и пьезоэлектрическими звукоснимателями для электрического воспроизведения звука с граммофонных пластинок используются также магнитоэлектрические, электростатические, реостатные и другие электрические звукосниматели.

В связи с тем, что, кроме электромагнитного и пьезоэлектрического, другие звукосниматели имеют весьма малое распространение, их описание здесь не дается.

В заключение этого раздела целесообразно привести некоторые общие правила и рекомендации, касающиеся сохранения граммофонных пластинок и правил их эксплуатации:

- 1) каждую пластинку следует помещать в отдельный конверт;
- 2) не допускать запыления пластинок;
- 3) при проигрывании применять только доброкачественные иглы, не пользоваться старыми иглами, не поворачивать иглу в зажиме мембраны или звукоснимателя;
- 4) избегать толчков и не заводить патефон во время проигрывания, не ставить проигрыватель на непрочное основание;
- 5) не пускать в ход и не останавливать диск при опущенном на пластинку звукоснимателе;
- 6) опускать звукосниматель на пластинку плавно, без толчков;
- 7) хранить конверты с пластинками только в вертикальном положении;
- 8) содержать пластинки в наиболее прохладном, но не сыром месте, избегая освещения пластинок солнечными лучами.

АППАРАТУРА ДЛЯ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗВУКА

§ 1. Отечественные магнитофоны, их классификация и качественные показатели

В послевоенные годы в СССР было организовано промышленное производство многих видов магнитофонов, использующих в качестве звуконосителя магнитную ленту.

Первыми типами магнитофонов, изготовленных в СССР, были СМ-45 и МАГ-1. В этих магнитофонах запись велась с постоянным током смещения, и, следовательно, они имели весьма плохие качественные показатели.

Промышленное производство магнитофонов в СССР было начато в 1947 г. на базе разработанного Всесоюзным научно-исследовательским институтом звукозаписи (ВНАИЗ) магнитофона МАГ-2, рассчитанного на работу с дополнительным ультразвуковым током. Производство магнитофонов МАГ-2 было освоено заводом Гостеасвет, выпускавшим магнитофоны, предназначенные для звукового оформления спектаклей, обслуживания Дворцов культуры, клубов и т. п.

Одновременно Московским экспериментальным заводом (МЭЗ) было освоено производство магнитофонов МАГ-2А, предназначенных для целей радиовещания.

Завод Гостеасвет, являющийся основной организацией, выпускающей магнитофоны для театров, клубов, музыкальных учебных заведений и т. п., в дальнейшем значительно усовершенствовал конструкцию и электрическую схему магнитофона МАГ-2 и перешел в 1948 г. к выпуску магнитофонов МАГ-800, а в 1949 г. к выпуску магнитофонов МАГ-3, МАГ-3М и МАГ-5.

подавляющее большинство магнитофонов, используемых в настоящее время для звукового оформления спектаклей, является магнитофонами завода Гостеасвет. Наибольшее распространение в театрах получили следующие типы магнитофонов этого завода: МАГ-2, МАГ-800, МАГ-3М, МАГ-5 и выпущенный в 1951 г. магнитофон МАГ-8. Поэтому ниже будут приведены более подробные данные именно этих типов магнитофонов.

Завод МЭЗ, выпускавший в основном магнитофоны для целей радиовещания, освоил производство следующих основных типов магнитофонов: МЭЗ-1, МЭЗ-16, МЭЗ-2, МЭЗ-3, МДС-1, МЭЗ-6, МЭЗ-8 и МЭЗ-13. Из магнитофонов завода МЭЗ для звукового оформления спектаклей представляет практический интерес только магнитофон типа МЭЗ-6, описание которого также приводится в этой книге.

Начиная с 1948 г. в Киеве было организовано производство магнитофонов типа Днепр. Были выпущены магнитофоны Днепр-1,

Днепр-2, Днепр-3 и в последнее время магнитофон Днепр-5. Следует отметить, что магнитофоны типа Днепр, предназначенные для индивидуального и коллективного пользования, имеют по сравнению с магнитофонами заводов МЭЗ и Гостеасвет более простую и облегченную конструкцию; они получили некоторое распространение во Дворцах культуры, клубах и коллективах художественной самодеятельности. Поэтому в данной книге дается описание магнитофонов Днепр-1, Днепр-3 и Днепр-5.

Кроме перечисленных типов магнитофонов другими организациями выпускались аппараты для кинематографии и радиовещания. Эти магнитофоны в силу специфичности их конструкции не получили распространения в практике звукового оформления спектаклей. Здесь не выпускаются также выпускаемые нашей промышленностью всевозможные приставки к радиоприемникам и электрическим патефонам, предназначенные для магнитной записи и воспроизведения. Качественные показатели таких устройств пока еще весьма невысоки, и применение их в театральной практике может привести лишь к дискредитации метода звукового оформления спектакля с помощью магнитной записи.

Следует отметить, что все типы магнитофонов выпускаются в различных модификациях; в данной книге рассмотрены только основные из этих модификаций, что в некоторых случаях может служить причиной несоответствия какого-либо конкретного магнитофона с описанием соответствующего типа в данной книге.

Магнитофоны по их качественным показателям принято разделять на четыре класса. Основными показателями, по которым производится разделение магнитофонов на классы, являются:

- 1) передаваемый диапазон частот и неравномерность частотной характеристики;
- 2) нелинейные искажения;
- 3) величина детонации (плавание звука);
- 4) относительный уровень шумов;
- 5) отклонение средней скорости движения магнитной ленты от номинальной.

Магнитофоны, выпускаемые нашей промышленностью, обычно не могут быть точно отнесены к определенному классу, так как зачастую магнитофон того или другого типа по своим основным показателям удовлетворяет требованиям, например, III класса, а по отдельным характеристикам отвечает требованиям только IV класса. Ниже приведены таблицы классификации магнитофонов по их основным характеристикам. Эти таблицы позволяют установить, насколько пригоден тот или другой магнитофон для высококачественного звукового оформления спектакля.

Показатели по частотным характеристикам и допустимым отклонениям от нее приведены в таблице для магнитофонов всех четырех классов.

Показатель	I класс	II класс	III класс	IV класс
Частотная характеристика сквозного канала записи и воспроизведения ($гц$)	30—12000	50—10000	70—7000	100—5000
Допустимые отклонения ($дб$) частотной характеристики по отношению к частоте 1000 $гц$.	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	± 2	± 3

Измерения частотных характеристик производятся по схеме *a* (рис. 60) путем записи и воспроизведения различных частот с уровнем 10 и 30% по отношению к номинальному уровню контрольного фильма, разработанного ВНАИЗом.

Частотная характеристика снимается путем измерения напряжения на выходе усилителя для воспроизведения, нагруженного на эквивалентное сопротивление, равное импедансу громкоговорителя при частоте 400 гц. При выходе, предназначенном для линии, эквивалентное сопротивление должно иметь величину номинальной линейной нагрузки.

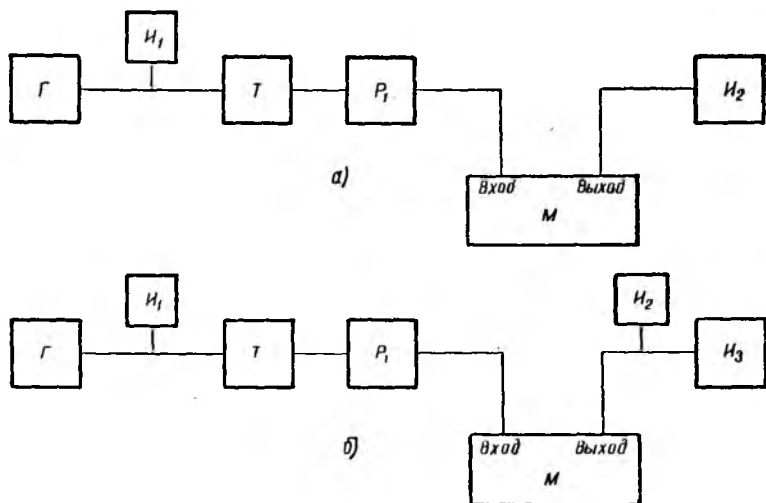


Рис. 60. Типовые структурные схемы испытаний магнитофонов: *a*—схема снятия частотных характеристик магнитофона, *б*—схема измерения нелинейных искажений в магнитофоне

М—испытываемый магнитофон; *Г*—генератор звуковых частот; *И₁*—ламповый вольтметр; *Т*—симметрирующий трансформатор; *Р₁*—регулятор уровня; *И₂*—ламповый вольтметр; *И₃*—измеритель нелинейных искажений

Для аппаратов широкого пользования, так же как и для радиоприемников, должны быть проведены дополнительные акустические измерения. Эти характеристики и отклонения в воспроизводимой полосе определяются в каждом отдельном случае заданными техническими условиями.

Показатели по нелинейным искажениям магнитофонов разных классов приведены в нижеследующей таблице.

Показатель	I класс	II класс	III класс	IV класс
Коэффициент гармоник . . .	0,8%	1,5%	3%	5%

Измерения коэффициента гармоник производятся при подаче на вход магнитофона номинального входного напряжения и установке уровня такого усиления, при котором на выходе усилителя для воспроизведения развивается напряжение, равное номинальному напряжению выхода (схема *б* на рис. 60).

Следует отметить, что при измерениях искажений должны применяться измерители искажений только с фильтрами. Мостиковые схемы измерителей искажений дают неправильные показания, так как вследствие некоторого колебания уровня выходного напряжения, вызываемого неравномерностью отдачи звуконосителя и колебания скорости движения ленты, настройка мостикового измерителя искажений весьма затруднена и точное значение величины искажений не может быть при этом установлено.

По детонации (плаванию) звука магнитофоны должны обеспечивать показатели, приведенные в следующей таблице.

Показатель	I класс	II класс	III класс	IV класс
Детонация (отношение амплитуды колебаний скорости к средней скорости ленты) . .	$\pm 0,05\%$	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,3\%$

Величина детонации, характеризующая быстрые периодические или случайные отклонения скорости движения звуконосителя от средней, измеряется с помощью специальных приборов.

Показатели для магнитофонов разных классов по уровню шумов приведены в нижеследующей таблице.

Показатель	I класс	II класс	III класс	IV класс
Уровень шумов	-60 дб	-50 дб	-40 дб	-35 дб

Измерение уровня электрических шумов у магнитофонов производится на выходе усилителя для воспроизведения. Уровень шумов определяется при этом как отношение номинального напряжения, развиваемого на нагрузке усилителя при воспроизведении записи частоты 1000 гц с нормальным намагничиванием звуконосителя, к напряжению на этой же нагрузке при воспроизведении записи паузы.

Типовая схема измерения уровня электрических шумов принципиально не отличается от уже рассмотренной схемы *a* на рис. 60. При измерении уровня шумов обычно используется ламповый вольтметр, имеющий равномерную частотную характеристику в диапазоне частот от 16 до 20 000 гц.

Показатели для магнитофонов по стабильности движения звуконосителя и допустимым отклонениям средней скорости от номинальной приведены в следующей таблице.

Показатель	I класс	II класс	III класс	IV класс
Допустимое отклонение средней скорости движения звуконосителя от номинальной	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,25\%$	$\pm 1\%$

§ 2. Переносные магнитофоны завода Гостеасвет

Магнитофон МАГ-2

Магнитофон МАГ-2 предназначен для записи и воспроизведения звука на ферромагнитной ленте шириной 6,35 мм.

Запись речи и музыки может производиться с помощью динамических микрофонов ДМК, СДМ, РДМ и др.

Магнитофон МАГ-2 состоит из двух ящиков (рис. 61). В одном из них размещены лентопротяжный механизм, усилитель для записи и воспроизведения. Во втором ящике расположены выпрямитель

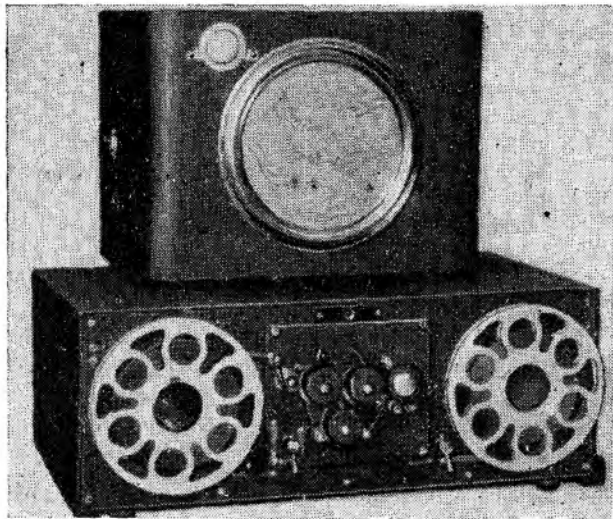


Рис. 61. Общий вид магнитофона МАГ-2

для питания усилителя магнитофона, автотрансформатор, питающий двигатель магнитофона, и динамический громкоговоритель мощностью 3 ватта (*вт*).

Технические показатели магнитофона МАГ-2 следующие:

1) скорость движения ленты при записи и воспроизведении 456 мм/сек;

2) продолжительность непрерывного звучания 12 мин. (длина ленты в кассете около 330 м);

3) полоса записываемых и воспроизводимых частот от 70 до 6000 гц с допустимым отклонением ± 3 дб;

4) коэффициент гармоник при частоте 400 гц не более 5%;

5) относительный уровень шумов -38 дб;

6) номинальная выходная мощность 1,5 вольтампера (*ва*);

7) потребляемая от сети мощность 160 *вт*;

8) продолжительность перемотки около 12 мин.;

9) питание от сети переменного тока напряжением 127 в.

В магнитофонах МАГ-2, выпускавшихся заводом начиная с 1948 г., для перемотки устанавливается дополнительный электромотор. Время перемотки в этих магнитофонах сокращено до 0,5—1 мин.

Магнитофон рассчитан на питание от однофазной сети переменного тока 110, 127, 220 в. Потребляемая от сети мощность 200 вт.

Лентопротяжный механизм магнитофона МАГ-2 приведен на рис. 62. В магнитофоне МАГ-2 для продвижения ленты с постоянной скоростью и ее намотки на принимающую кассету используется один электромотор ДО-50, являющийся асинхронным однофазным двигателем с пусковой обмоткой. Для уменьшения вибраций и акустических шумов шариковые подшипники электромотора заменены подшипниками скольжения. Питание электромотора осуществляется от автотрансформатора. Напряжение, под-

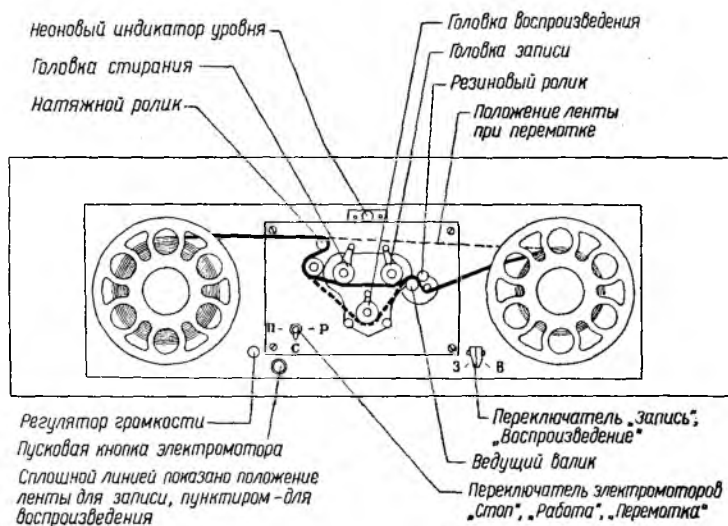


Рис. 62. Схема движения ленты и устройство платы и панели магнитофона МАГ-2

водимое к электромотору, 60—70 в, так как при номинальном напряжении 110 в электромотор создает значительное магнитное поле, действующее на головку воспроизведения и усилитель магнитофона. Электромотор имеет качающуюся подвеску для уменьшения вибраций и для натяжения своим весом бесконечного привода, передающего вращение стабилизатору, на оси которого находится ведущий валик.

Ферромагнитная лента прижимается резиновым роликом к ведущему валику, имеющему диаметр 24 мм. Резиновый ролик свободно вращается на оси, укрепленной на рычаге. Спиральная пружина воздействует на рычаг прижимного ролика, чем осуществляется прижим ферромагнитной ленты к ведущему валику и обеспечивается постоянство скорости движения ленты мимо магнитных головок.

Стабилизатором ведущего валика является чугунный маховик диаметром 120 мм. На этом маховике имеется канавка, образующая шкив для передачи вращения на ось приемной кассеты. Передачей служит спиральная стальная бесконечная пружина, обеспечивающая необходимое проскальзывание при увеличении диаметра рулона ленты, наматываемой на приемную кассету.

Детали лентопротяжного механизма смонтированы на стальной вертикальной плате размером 540 × 240 мм², толщиной 3 мм. В плате сделан вырез, в котором установлена отлитая из силумина

панель. На этой панели укреплены магнитные головки, подшипник оси ведущего валика, рычаг прижимного резинового ролика, натяжной ролик и направляющие ролики.

Подшипники скольжения осей барабанов, на которые надеваются подающая и приемная кассеты, укреплены на основной плате. На этой же плате укреплены пусковая кнопка, переключатель питания электромоторов, неоновый индикатор выходного уровня.

Основная плата с помощью угольников крепится к горизонтальной деревянной панели, на которой расположены электромотор и усилитель магнитофона.

Магнитофон МАГ-2 имеет три магнитные головки — стирания, записи и воспроизведения. Магнитные головки расположены в магнитофоне так, что при записи лента проходит только мимо головки стирания и головки записи, а при воспроизведении — только мимо головки воспроизведения. Зарядка ленты при воспроизведении звука показана на рис. 62 жирной пунктирной линией.

В магнитофоне МАГ-2 используется универсальный усилитель для записи и воспроизведения. Схема усилителя магнитофона МАГ-2 приведена на рис. 63.

Вход усилителя трансформаторный. При записи к входному трансформатору T_1 присоединяется микрофон через колодку, а при воспроизведении — головка воспроизведения G_a , зашунтированная сопротивлением R_1 , осуществляющим подъем низких частот. Трансформатор T_1 собран на пластинках Г-образной формы из пермаллоя толщиной 0,25 мм; толщина пакета пермаллоевых пластин 12 мм. Для уменьшения чувствительности к внешним наводкам трансформатор имеет двойной экран: пермаллоевый и из красной меди. Входное сопротивление трансформатора 200 ом, коэффициент трансформации 1:20. Число витков первичной обмотки 2×210 , провод ПЭ-0,1. Число витков вторичной обмотки 4×2100 , провод ПЭ-0,06.

В усилителе работают при записи три лампы: в первом и втором каскадах пентоды 6Ж7, в оконечном каскаде пентод 6Ф6С.

Оконечный каскад имеет выходной трансформатор T_2 . Одна вторичная обмотка W_a служит для питания звуковой катушки громкоговорителя и рассчитана на нагрузку 3—5 ом, другая вторичная обмотка W_b питает головку записи G_z ; к этой обмотке присоединены неоновый индикатор (лампа МН-3) и гнезда для контроля, осуществляемого при помощи головного телефона. Эта обмотка W_b рассчитана на нагрузку 600 ом.

Для обеспечения линейной характеристики в сквозном тракте в усилителе магнитофона МАГ-2 используется несколько элементов, корректирующих частотную характеристику при записи и воспроизведении.

При записи необходимый подъем частотной характеристики в области 5000—7000 гц достигается с помощью отрицательной обратной связи, осуществляемой с помощью конденсаторов C_1 и C_2 , сопротивлений R_2 , R_3 и R_4 , охватывающей первый каскад усилителя, резонансного контура из дросселя L_1 и конденсатора C_3 в анодной цепи второго каскада и сопротивления R_5 , зашунтированного конденсатором C_4 , в цепи головки записи.

При воспроизведении сопротивление R_1 , шунтирующее головку воспроизведения G_a , ослабляет усиление средних и высоких частот, вследствие чего обеспечивается подъем низких частот. Необходимый подъем на высоких частотах (порядка 5000—7000 гц) обеспечи-

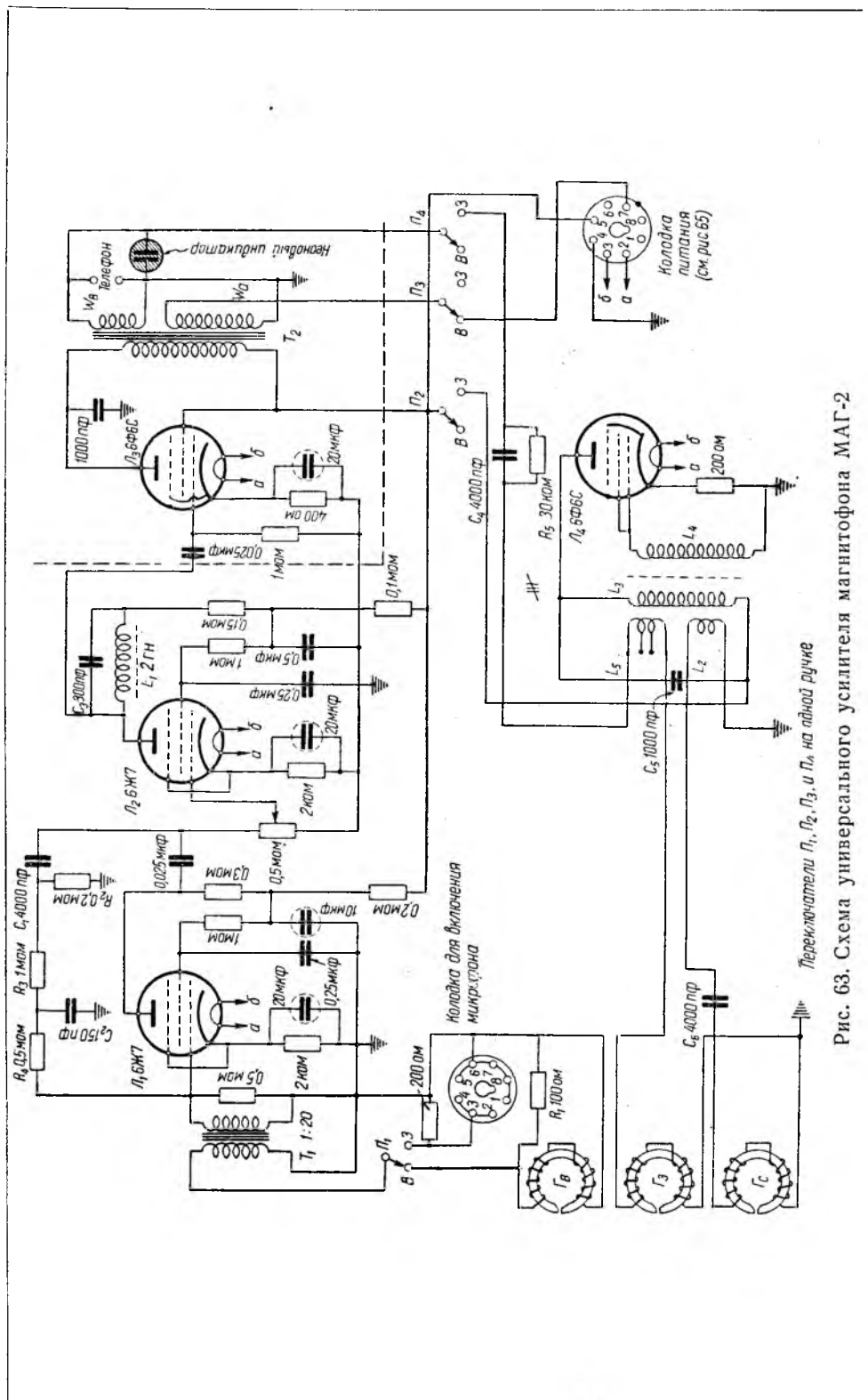


Рис. 63. Схема универсального усилителя магнитофона МАГ-2

вается упомянутой выше цепью отрицательной обратной связи в анодно-сеточной цепи первого каскада и резонансным контуром в анодной цепи второго каскада.

Генератор ультразвуковой частоты собран по схеме с трансформаторной обратной связью. В анодную цепь генераторной лампы L_4 включена обмотка L_3 , имеющая 530 витков провода ПЭ-0,16. Самоиндукция этой обмотки около 4,5 миллигенри (*мгн*). Подстройка частоты осуществляется параллельно включенным конденсатором C_5 .

Частота генерируемых колебаний лежит в пределах 50—60 килогерц (*кГц*).

Сеточный контур генератора состоит из обмотки L_4 , имеющей 200 витков провода ПЭ-0,16 *мм*. Самоиндукция этой обмотки около 0,5 *мгн*.

Для питания головки стирания G_c служит обмотка L_2 с числом витков 400; провод этой обмотки ПЭ-0,2 или ПЭ-0,3. Самоиндукция этой обмотки около 4,2 *мгн*.

Для получения оптимального значения дополнительного ультразвукового тока в цепь головки стирания G_c включен конденсатор C_6 , настраивающий цепь головки стирания в резонанс. При настройке этой цепи в резонанс через обмотку головки стирания G_c течет ток порядка 130 миллиампер (*ма*), обеспечивающий надежное намагничивание ленты от ранее сделанных записей и случайных намагничиваний.

Обмотка L_5 контура генератора служит для питания головки записи G_z дополнительным ультразвуковым током. Эта обмотка состоит из 120 витков. Для подбора оптимальной величины дополнительного ультразвукового тока сделаны отводы от восьмидесятого и сотого витков. Обмотка имеет самоиндукцию около 0,4 *мгн* (провод ПЭ 0,16).

Контур генератора выполнен на каркасе из эбонита или парафинированного дерева. Для улучшения параметров контура и регулирования частоты генератора в контур вводится магнетитовой сердечник.

Записываемые звуковые колебания поступают в головку записи последовательно через обмотку L_5 .

В магнитофоне МАГ-2 используются три магнитные головки: стирания G_c , записи G_z и воспроизведения G_v .

Головка стирания имеет обмотку 2×75 витков, сделанную из провода ПЭ-0,3. Рабочий зазор имеет ширину 0,2 *мм*; фольга в зазоре из бериллиевой бронзы.

Задний зазор отсутствует. Самоиндукция головки 2 *мгн*.

Головка записи имеет обмотку 2×150 витков из провода ПЭ-0,27. Рабочий зазор 20 микрон (*мк*). Задний зазор 0,3 *мм*. Самоиндукция головки 7—8 *мгн*, омическое сопротивление 2—3 *ом*. Дополнительный ультразвуковой ток 7—12 *ма*.

Головка воспроизведения имеет обмотку 2×300 витков из провода ПЭ-0,17 или ПЭ-0,2. Рабочий зазор 20 *мк*, задний зазор отсутствует. Самоиндукция 70—80 *мгн*.

Головки укрепляются на специальных конусных шайбах, имеющих скос и позволяющих путем поворота шайбы изменять наклон зазора. Способ крепления головок указан на рис. 64.

Головка стирания закрыта экраном из красной меди, головка записи—стальным экраном и головка воспроизведения—экраном из пермаллоя.

В магнитофоне МАГ-2 автотрансформатор для питания электромотора переменным током находится во втором корпусе. В этом же корпусе расположен динамический громкоговоритель. Выпрямитель (рис. 65) состоит из силового трансформатора T_c мощностью

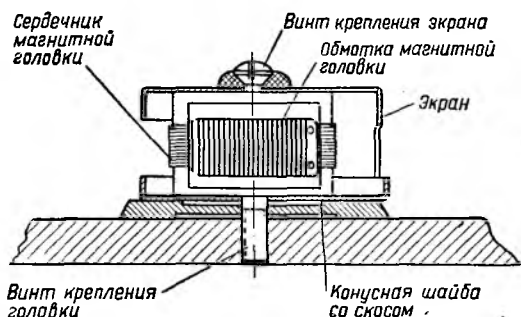


Рис. 64. Схема крепления головки в магнитофоне МАГ-2

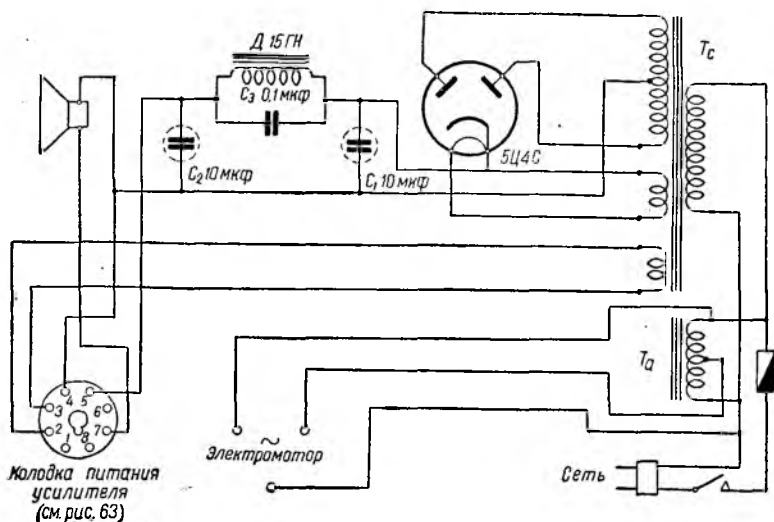


Рис. 65. Схема выпрямителя магнитофона МАГ-2

50—70 *вт.* Выпрямительной лампой является кенотрон 5Ц4С. Сглаживающее устройство выполнено в виде двухзвенного фильтра с конденсаторами C_1 , C_2 и C_3 и дросселем D . Выпрямитель соединяется с магнитофоном многожильным кабелем.

Магнитофон МАГ-800

Значительные эксплуатационные неудобства магнитофона МАГ-2. (главным образом из-за несовершенства системы перемотки ленты и неудобной системы ее зарядки) привели к разработке новой модели, в которой были устранены недостатки магнитофона МАГ-2.

Такой моделью явился разработанный и освоенный в 1948—1949 гг. заводом Гостеасвет магнитофон МАГ-800. Этот магнитофон

предназначен для записи и воспроизведения речи, музыки, звукового оформления театральных постановок, для учебной работы и самоконтроля.

Магнитофон МАГ-800 состоит из двух упаковок: в одной упаковке расположены лентопротяжный механизм и универсальный усилитель для записи и воспроизведения (рис. 66); во второй упаковке — динамический громкоговоритель и выпрямитель, питающий усилитель.

Магнитофон МАГ-800 рассчитан на проведение записей с динамическими микрофонами РДМ, СДМ, ДМК.

Динамический громкоговоритель имеет мощность 3 вт ;* кроме того, имеются гнезда включения телефонных трубок для контроля и включения мощного дополнительного усилителя.

Технические данные магнитофона МАГ-800 следующие:

1) скорость движения ленты при записи и воспроизведении 456 мм/сек ;

2) длительность непрерывного звучания полного рулона ленты, вмещающегося в кассеты (около 330 м), составляет 12 мин. ;

3) полоса записываемых и воспроизводимых частот от 80 до 7000 гц при неравномерности частотной характеристики $\pm 3 \text{ дб}$;

4) коэффициент гармоник при частоте 400 гц не свыше 5% ;

5) относительный уровень шумов -35 дб ;

6) номинальная выходная мощность $1,5 \text{ ва}$;

7) потребляемая от сети мощность около 100 вт ;

8) время перемотки полного рулона ленты $1,5-2 \text{ мин.}$;

9) питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 в ;

10) отклонения средней скорости движения ленты от номинальной в пределах $\pm 1\%$.

Управление магнитофоном осуществляется с помощью ручки-переключателя 8 (рис. 67). Переводом ручки вправо („работа“) от среднего положения („стоп“) производится включение электромоторов ведущего и для намотки, а также одновременное перемещение прижимного резинового ролика 13 в положение, при котором лента прижимается к ведущему валу 17 ведущего электромотора. Перевод ручки в левое положение („перемотка“) включает электромотор для перемотки.

На рис. 68 дана электрическая схема лентопротяжного механизма магнитофона МАГ-800. Следует отметить, что эта схема применяется также в магнитофоне МАГ-3М (см. ниже).

В магнитофоне МАГ-800 используются три однотипных асинхронных электромотора МР-1. В этих электромоторах произведена

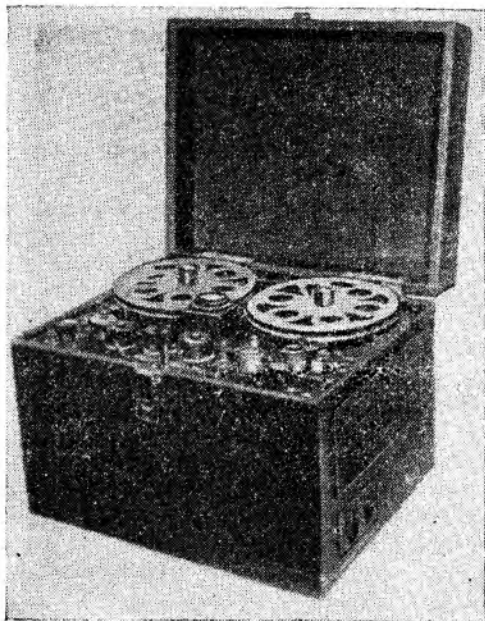


Рис. 66. Общий вид магнитофона МАГ-800

замена одного подшипника скольжения на два. Часть магнитофонов МАГ-800 была также выпущена заводом с ведущим и для намотки электромоторами ДАМ-1, а для перемотки был использован коллекторный электромотор МШ-627 от швейных машин.

Электромоторы, магнитные головки, стабилизатор, ленточные тормоза электромоторов для намотки и перемотки, прижимной ролик, ручка-переключатель рода работы и другие детали смонтированы на литой алюминиевой панели (см. рис. 67).

Панель магнитофона укреплена на двух петлях, что дает возможность подъема панели под углом 45° для доступа к узлам и деталям лентопротяжного механизма, расположенным на внутренней стороне панели. Подъем панели дает возможность производить замену ламп в усилителе.

На валах электромоторов для намотки и перемотки ленты укреплены металлические диски. На этих дисках располагаются кассеты; посредством двух штифтов устраняется проскальзывание кассет, и они прижимаются металлическими сухарями к дискам (рис. 69).

На верхней панели магнитофона МАГ-800 (см. рис. 67) расположены также выключатель 3 цепи питания переменным током („включено“ и „выключено“), переключатель 14 усилителя („запись“ и „воспроизведение“). На верхнюю панель выведена ручка 15 регулятора уровня записи и воспроизведения („рег. громкости“). Индикатор уровня 1 в магнитофоне МАГ-800 оптический (лампа 6Е5С) или стрелочный с купроксным выпрямителем.

В магнитофоне МАГ-800 магнитная лента и при записи и при воспроизведении расположена на подающей (левой) кассете. После прохождения по стабилизатору 4 лента проходит мимо трех головок (стирания 5, записи 6 и воспроизведения 9), прижимается резиновым роликом 13 к ведущему валу электромотора и наматывается на приемную (правую) кассету.

Направление ленты по головкам осуществляют два направляющих столбика 7 и 10. Ведущий вал электромотора имеет диаметр 6 мм и при скорости вращения 1480 об./мин. обеспечивает, учитывая проскальзывание ленты, ее продвижение со скоростью 456 мм/сек. Для обеспечения большего угла охвата стабилизатора и сглаживания толчков при намотке и перемотке лента проходит по двум пружинящим лениксам.

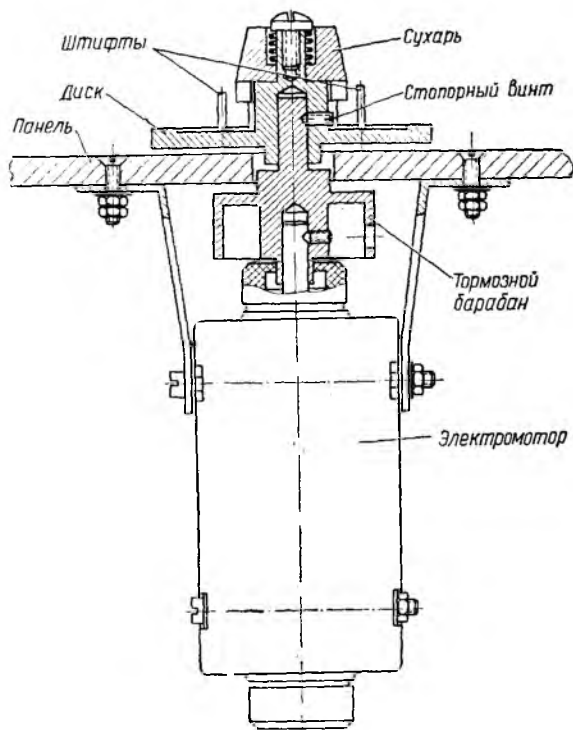


Рис. 69. Устройство механизма подающей и приемной кассет магнитофона МАГ-800

Для питания магнитофона МАГ-800 во втором ящике находится выпрямитель, схема которого такая же, как и приведенная на рис. 65, с той разницей, что в ней отсутствует автотрансформатор T_a , предназначенный для питания электромотора ДО-50.

В одном ящике с выпрямителем расположен динамический громкоговоритель 3-ГД-3 мощностью 3 *вт*.

Магнитофон МАГ-3М

В 1950 г. заводом Гостеасвет был выпущен магнитофон МАГ-3М. Он рассчитан на работу от динамического микрофона. Кроме того, предусмотрена возможность записи с трансляционной линии, радиоприемника и т. п., для чего имеются вторые входные гнезда.

Магнитофон МАГ-3М смонтирован в одном металлическом ящике (рис. 71), в котором размещены лентопротяжный механизм, универсальный усилитель для записи и воспроизведения, выпрямитель, а также динамический громкоговоритель 3-ГД-3 с постоянным магнитом.

На одной кассете размещается около 330 м магнитной ленты.

Технические характеристики основной модификации магнитофона МАГ-3М следующие:

- 1) скорость движения ленты 456 *мм/сек*;
- 2) длительность непрерывной записи или воспроизведения одного полного рулона ленты 12 мин., длина ленты в кассете около 330 м;
- 3) частотная характеристика сквозного канала обеспечивает запись и воспроизведение полосы частот от 70 до 7000 *гц* с отклонениями около ± 3 *дб*;
- 4) коэффициент гармоник при частоте 400 *гц* около 4%;
- 5) относительный уровень шумов —38 *дб*;
- 6) номинальная выходная мощность 1,5 *ва*;
- 7) потребляемая мощность от сети переменного тока 180 *вт*;
- 8) время перемотки полного рулона ленты 1,5—2 мин.;
- 9) питание от сети переменного тока 127 или 220 *в*;
- 10) отклонение средней скорости движения ленты от номинальной 0,5%;
- 11) детонация в пределах от 0,2 до 0,3%.

Общий вид верхней панели магнитофона МАГ-3М почти такой же, как и у магнитофона МАГ-800 (см. рис. 67).

Лентопротяжный механизм магнитофонов МАГ-3М смонтирован на литой силуминовой панели. Механизм имеет три электромотора: ведущий электромотор ДАМ-110/3-4, такой же электро-

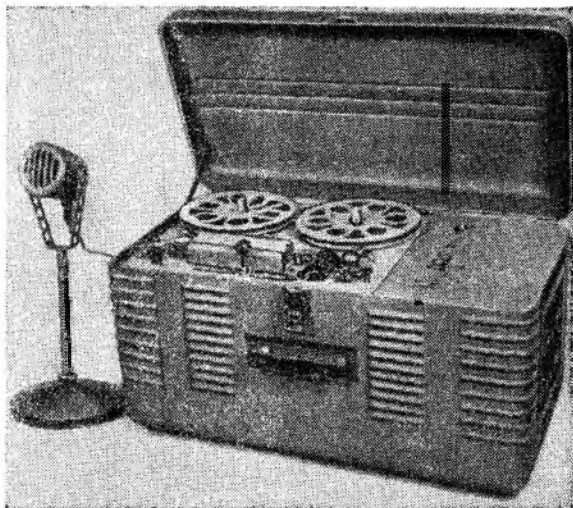


Рис. 71. Общий вид магнитофона МАГ-3М

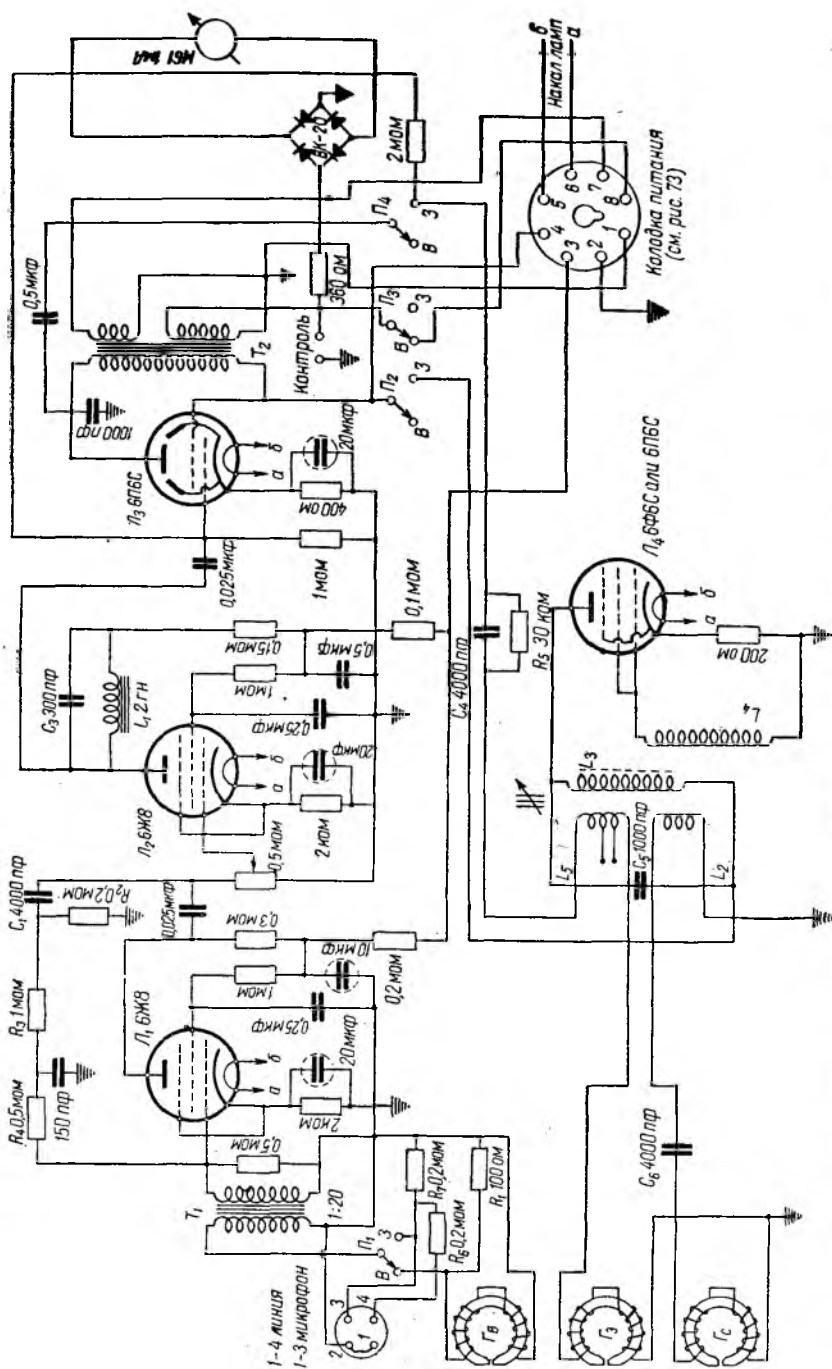


Рис. 72. Схема усилителя магнитофона МАГ-3М (переключатели П₁, П₂, П₃ и П₄ на одной ручке)

мотор для намотки ленты на приемную кассету и электромотор МШ-627, служащий для ускоренной обратной перемотки ленты.

Кассеты магнитофона снабжены тормозными барабанами. Ленточные тормозы, приводимые в движение переключателем рода работы, освобождают при записи, воспроизведении и перемотке тормозные барабаны. При остановке механизма одновременно с выключением напряжения, подводимого к электромоторам, тормозные ленты останавливают вращение кассет, не допуская образования петли ленты.

На верхней горизонтальной панели укреплены ролик со стабилизатором, столбики, направляющие ленту по магнитным головкам,

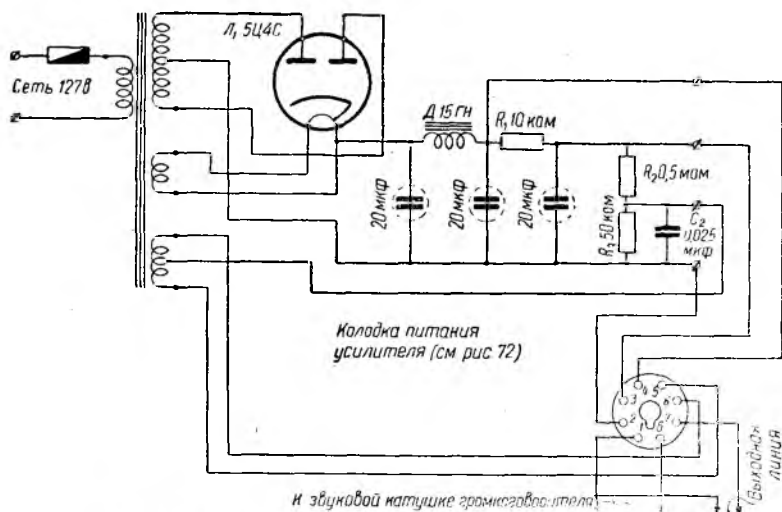


Рис. 73. Схема выпрямителя магнитофона МАГ-3М

магнитные головки, прижимной резиновый ролик, обводной ролик, переключатель рода работы, выключатель питающего напряжения, ручки регулятора усиления и переключателя „запись“ и „воспроизведение“. На этой же панели находится индикатор уровня записи и воспроизведения—стрелочный вольтметр М-61 с купроксным выпрямителем.

По своей конструкции лентопротяжный механизм магнитофона МАГ-3М почти ничем не отличается от лентопротяжного механизма магнитофона МАГ-800, за исключением электромоторов.

В магнитофоне МАГ-3М используется универсальный усилитель для записи и воспроизведения. На рис. 72 приведена схема этого усилителя. Из схемы видно, что усилитель имеет три каскада. В первых двух каскадах работают лампы 6Ж8, в окончном — 6П6С.

Вход усилителя трансформаторный при работе с микрофона. При работе с линейного входа записываемые колебания звуковой частоты поступают через делитель, состоящий из двух сопротивлений R_6 и R_7 ; с последнего напряжение подается через трансформатор T_1 на сетку лампы первого каскада.

Схема усилителя для записи и воспроизведения, используемого в магнитофоне МАГ-3М, в основном аналогична схеме усилителя магнитофона МАГ-800. Генератор ультразвуковых частот аналогичен описанному выше. (На схеме рис. 72: $L_2 = 4$ мГн, $L_4 = 0,4 - 0,5$ мГн, $L_5 = 0,3$ мГн.)

Выпрямитель (рис. 73) магнитофона МАГ-3М отличается от уже описанных выпрямителей тем, что фильтр имеет еще одно дополнительное звено, состоящее из сопротивления R_1 и дополнительного конденсатора емкости 20 $\mu\text{кф}$. Кроме того, для уменьшения уровня фона усилителя, обусловленного питанием накала ламп переменным током, на подогреватели ламп подводится постоянное напряжение порядка от +6 до +12 в. Это напряжение снимается с делителя, состоящего из сопротивлений R_2 и R_3 . Сопротивление R_3 зашунтировано конденсатором C_2 .

Магнитофон МАГ-8

В 1951 г. заводом Гостеасвет был разработан и освоен новый тип магнитофона—МАГ-8.

В магнитофоне МАГ-8 в отличие от ранее выпускавшихся можно пользоваться тремя скоростями движения ленты: 192,5, 385 и 770 мм/сек . Для увеличения продолжительности непрерывного звучания магнитофон рассчитан на применение рулона ленты длиной 500 м. Для улучшения эксплуатационных данных магнитофон МАГ-8 имеет отдельные усилители для записи и воспроизведения; кроме того, он снабжен устройством для отодвигания ленты от магнитных головок во время перемотки.

Магнитофон МАГ-8 предназначен для записи речи, музыки, шумов, применения в театрах, клубах и учебных организациях и рассчитан на работу от динамического микрофона, трансляционной линии и радиоприемника.

Усилитель для записи с помощью переключателя может быть присоединен к одному из трех указанных источников записываемых сигналов. Линейные входы усилителя для записи рассчитаны на работу от источников, развивающих на сопротивлении 600 ом напряжение 0,8 и 1,5 в.

Общий вид магнитофона МАГ-8 изображен на рис. 74. Магнитофон состоит из одного ящика, в котором расположены лентопротяжный механизм, усилители для записи и воспроизведения, выпрямитель и динамический громкоговоритель.

Изменение скорости ленты осуществляется сменой ведущих насадок. Часть магнитофонов МАГ-8 была выпущена заводом с двухскоростными ведущими электромоторами. В этих магнитофонах переход с одной скорости на другую производится путем переключения схемы электромотора, что дает возможность получать разные скорости вращения.

Магнитофоны МАГ-8, рассчитанные на работу со скоростями движения ленты 770 и 385 мм/сек , имеют следующие технические показатели:

- 1) продолжительность прохождения одного рулона пленки (500 м) при скорости 770 мм/сек 11 мин.;
- 2) время перемотки 1—2 мин.;
- 3) полоса записываемых и воспроизводимых частот от 70 до 7000 гц с отклонениями +2 дб ;
- 4) относительный уровень шумов —40 дб ;
- 5) коэффициент гармоник при частоте 400 гц при номинальной мощности 1,6 ва на выходе усилителя для воспроизведения не более 3%;
- 6) отклонение средней скорости ленты от номинальной $\pm 0,25\%$;
- 7) детонация не более $\pm 0,2\%$;

8) питание от сети переменного тока напряжением 127 или 220 в;

9) потребляемая от сети мощность около 250 вт.

Магнитофоны МАГ-8, рассчитанные на скорости движения ленты 385 и 192,5 мм/сек, имеют следующие данные:

1) время непрерывной записи или воспроизведения полного рулона (500 м) 22 мин. при скорости 385 мм/сек и 44 мин. при скорости 192,5 мм/сек;

2) время перемотки полного рулона 1—2 мин.;

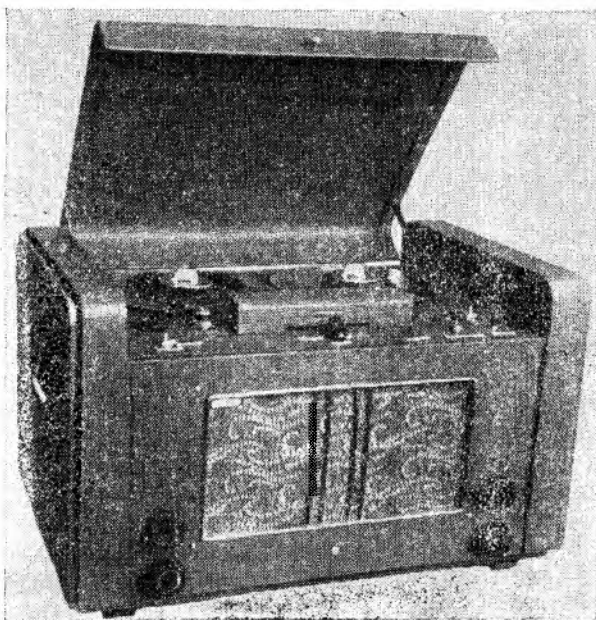


Рис. 74. Общий вид магнитофона МАГ-8

3) полоса записываемых и воспроизводимых частот от 100 до 5000 гц с отклонениями ± 3 дб;

4) относительный уровень шумов —35 дб;

5) коэффициент гармоник при частоте 400 гц и при номинальной мощности на выходе усилителя для воспроизведения 1,6 ва не более 5%;

6) отклонение средней скорости ленты от номинальной ± 1 %;

7) детонация не более $\pm 0,3$ %;

8) питание от сети переменного тока 127 или 220 в;

9) потребляемая от сети мощность около 250 вт.

Заводом Гостеасвет выпущено несколько серий магнитофонов типа МАГ-8, причем существенное отличие между ними заключается в типах электромоторов. Так, в первой серии, выпущенной в 1951 г., для перемотки использован коллекторный электромотор МШ-627. В этой серии магнитофонов в качестве ведущего использован разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом звукозаписи двухскоростной электромотор КЭД2Б, изготавливаемый заводом Гостеасвет под маркой М-6. Этот конденсаторный реактивный асинхронный электромотор в режиме конденсаторного

включения вращается со скоростью 1480 об./мин.; при последовательном включении рабочей и конденсаторной обмотки получается восьмиполюсный асинхронный электромотор с числом 700—720 об./мин. Электромотор ДПАУ-2 обеспечивает равномерную намотку ленты.

В следующей серии магнитофонов типа МАГ-8 коллекторный электромотор МШ-627 был заменен упомянутым электромотором ДПАУ-2, что сделало перемотку более плавной и резко уменьшило акустические шумы при перемотке.

В магнитофонах, рассчитанных на работу со скоростью движения ленты 770 и 385 мм/сек, асинхронный электромотор М-6 был заменен электромотором ДВСУ-1; это синхронизированный реактивный двигатель с постоянным числом оборотов 1500 в мин., обеспечивающий более стабильное продвижение ленты, не зависящее ни от напряжения питающей сети, ни от степени нагревания электромотора.

В магнитофонах МАГ-8 со скоростью движения ленты 385 и 192,5 мм/сек применен ведущий асинхронный реактивный электромотор ДВАУ-4, вращающийся со скоростью 720 об./мин.; две скорости получаются путем изменения диаметра ведущих насадок.

Лентопротяжный механизм магнитофона МАГ-8 смонтирован на стальной плате толщиной 4 мм, на которой укреплены также три магнитные головки, три электромотора, ленточные тормозы, ролик со стабилизатором, прижимной резиновый ролик, направляющие ленту столбики, лениксы (уменьшающие петлю при пуске и остановке аппарата), индикатор уровня воспроизведения (электроизмерительный прибор М-61 с купроксным выпрямителем), выключатель сети переменного тока, переключатель усилителя для воспроизведения с динамического громкоговорителя на его эквивалентное сопротивление, кнопка „запись“, включающая усилитель для записи, кнопка коррекции при переходе с одной скорости на другую (рис. 75).

В магнитофоне МАГ-8 лента наматывается на металлические бобышки диаметром 70 или 100 мм, укрепляемые с помощью сухарей на металлических дисках, расположенных на осях правого и левого электромоторов.

Еще одной особенностью лентопротяжного механизма магнитофона МАГ-8 является система ленточных тормозов, допускающая индивидуальную регулировку каждого тормоза. В этих же магнитофонах имеется автоматическая блокировка кнопки записи, исключающая возможность случайного включения усилителя для записи при воспроизведении и этим самым ошибочного стирания нужной фонограммы.

Для увеличения срока работы магнитных головок в магнитофонах МАГ-8 введен автоматический отвод ленты от головок при перемотке.

В отличие от всех вышеописанных магнитофонов завода Гостеасвет в магнитофоне МАГ-8 работают два отдельных усилителя: усилитель для записи и усилитель для воспроизведения. Наличие двух усилителей позволяет производить контроль в процессе записи, дает возможность обеспечить лучшую работу каждого усилителя, так как для записи требуется совершенно иной вид частотной характеристики усилителя, чем при воспроизведении, позволяет упростить систему коммутации в аппарате.

Некоторое удорожание стоимости из-за введения специального усилителя для записи полностью оправдывается рядом эксплуатационных удобств, вытекающих из наличия отдельных усилителей.

В усилителе для записи магнитофона МАГ-8 (рис. 76) в первом и втором каскадах микрофонного усилителя работает сдвоенный

триод 6Н9С. В третьем и четвертом каскадах работает двояный триод 6Н8С. При работе с линии записываемые колебания звуковой частоты через переключатель Π_1 попадают на делитель, состоящий из сопротивления R_1 и сопротивления R_2 , являющегося также регулятором уровня в цепи сетки третьего каскада. При работе с микрофона этот третий каскад присоединяется переключателем Π_1 к лампе 6Н9С, предварительно усиливающей напряжение, развиваемое микрофоном.

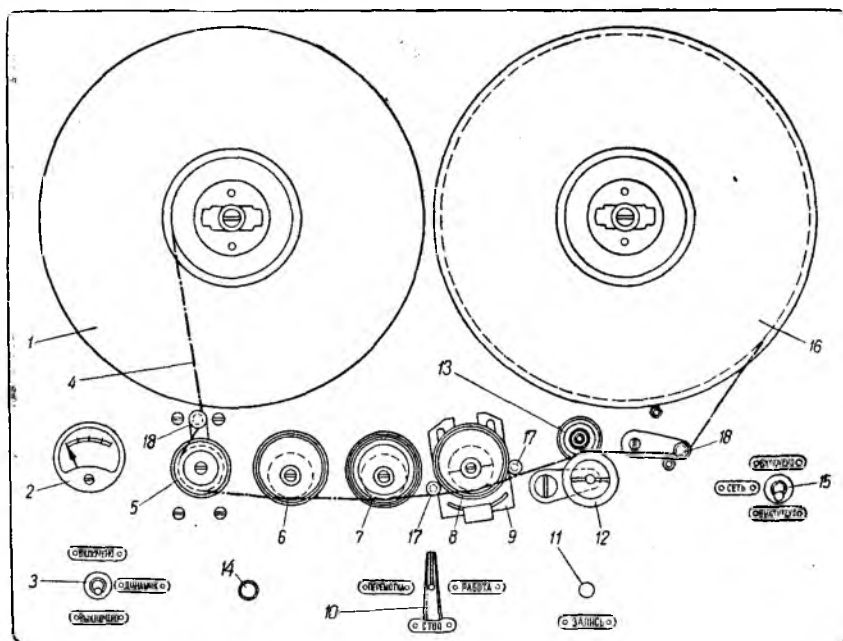


Рис. 75. Схема устройства верхней панели магнитофона МАГ-8:

1—левый диск (подающий); 2—вольтметр уровня воспроизведения; 3—выключатель громкоговорителя; 4—ферромагнитная лента; 5—ролик стабилизатора; 6—головка стирания; 7—головка записи; 8—головка воспроизведения; 9—механизм для отвода ленты от магнитных головок во время перемотки; 10—переключатель рода работы; 11—кнопка записи; 12—прижимное устройство для ленты; 13—ведущий валок со сменной насадкой; 14—кнопка коррекции усилителя для записи при переходе с одной скорости движения звукописателя на другую; 15—выключатель питания аппарата от сети переменного тока; 16—правый диск (приемный); 17—направляющие ролики; 18—лениксы

Необходимый подъем частотной характеристики в области высоких частот при записи достигается применением частотно-избирательной отрицательной обратной связи, подаваемой из анодной цепи четвертого каскада в катодную цепь третьего каскада. Наличие контура L, C , настроенного на частоту подъема характеристики, величина которого регулируется с помощью одного из сопротивлений R_3 и R_4 , шунтирующих контур, позволяет получить требуемую форму частотной характеристики усилителя для записи. В анодную цепь последнего каскада усилителя для записи включен понижающий трансформатор T_1 , через который записываемые колебания питают низкоомную записывающую головку G_3 .

В усилителе для записи смонтирован генератор ультразвуковой частоты, работающий по трехточечной схеме. Генераторной лампой является лучевой тетрод типа 6П6С, обеспечивающий при хорошей форме колебаний достаточный ток в цепи головки стирания G_2 и

необходимую величину дополнительного ультразвукового тока в головке записи; ее питание осуществляется через переменное сопротивление R_5 , дающее возможность точного подбора оптимальной величины ультразвукового тока для разных сортов ленты.

Для устранения возможности замыкания цепи ультразвукового тока через вторичную обмотку трансформатора T_1 , в цепь головки записи включен фильтр-пробка L_2C_4 , настраиваемый на частоту генератора ($L_2=4$ мкн).

Головка стирания G_c включена в генератор через обмотку L_3 и настраивается в резонанс с помощью конденсатора C_3 . Для сигнализации о включении усилителя для записи в цепи головки стирания находится лампочка L (2,5 в, 0,16 а), накаливаемая ультразвуковым током, проходящим через головку стирания.

Усилитель для записи включается кнопкой K , разрывающей питание анодных цепей усилителя и генератора в нерабочем положении усилителя.

Усилитель для воспроизведения магнитофона МАГ-8 (рис. 77) имеет четыре каскада. В первом каскаде работает пентод 6Ж8, во втором и третьем каскадах—сдвоенный триод 6Н9С и в оконечном каскаде—лучевой тетрод 6П6С.

Усилитель рассчитан на работу от высокоомной магнитной головки воспроизведения G_a , развивающей достаточное напряжение для нормального воспроизведения фонограммы без входного трансформатора. Применение головки с большим числом витков и тем самым устранение из усилителя для воспроизведения входного трансформатора вызвано тем, что при размещении в одном ящике выпрямителя с его силовым трансформатором и электромоторов со значительными полями рассеивания неизбежно вызвало бы большие наводки переменного тока на входной трансформатор; опыт показал, что экранирование входного трансформатора не дает достаточной защиты от этих полей.

В усилителе для воспроизведения применена сложная схема коррекции, распределенная по каскадам усилителя. Для подъема усиления на низких и высоких частотах первый каскад охвачен отрицательной обратной связью между анодом и сеткой, осуществляемой с помощью сопротивлений R_1 и R_2 и конденсаторов C_1 и C_2 . Между первым и вторым каскадом находится звено, состоящее из конденсатора C_3 и сопротивления R_3 , корректирующее усиление по высоким и низким частотам за счет реостатно-емкостного делителя, образованного переменным сопротивлением R_4 и конденсатором C_4 .

Предоконечный (третий) и оконечный (четвертый) каскады охвачены глубокой обратной связью, допускающей коррекцию как по низким, так и по высоким частотам. Эти цепи обратной связи состоят из конденсатора C_5 и сопротивления R_5 , а также из сопротивления R_6 и конденсаторов C_6 и C_7 (последний можно включить переключателем Π). Применение сложной системы коррекции и стабилизации работы усилителя отрицательной обратной связью привело к устойчивой работе четырехкаскадного усилителя для воспроизведения и к низкой величине коэффициента гармоник.

Усилитель для воспроизведения в магнитофоне МАГ-8 имеет регулирование тембра (плавное и скачкообразное), используемое при переходе с одной скорости на другую. Регуляторами тембра являются переменное сопротивление R_4 и переключатель Π_1 .

В магнитофоне МАГ-8 используются три магнитные головки. Головки стирания и записи обычного типа. Они аналогичны головкам

в вышеописанных магнитофонах. Головка воспроизведения имеет обмотку из 2×1500 витков; самоиндукция головки $1,2 - 1,5$ гн; напряжение, развиваемое головкой на частоте 1000 гц при воспроизведении фонограммы с модуляцией 100% , около 2 мв.

Магнитные головки в магнитофоне МАГ-8 укреплены на регулируемых с помощью винтов площадках. Это дает возможность производить регулирование наклона зазора головки в рабочем положении и значительно облегчает настройку аппарата при смене головок.

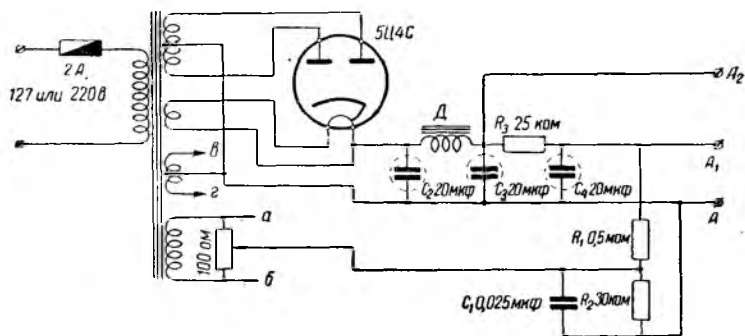


Рис. 78. Схема выпрямителя магнитофона МАГ-8

К колодке питания усилителя для записи (см. рис. 76): a, z —к контактам 2 и 3; A —к контакту 4; A_2 —к контакту 5. К колодке питания усилителя для воспроизведения (см. рис. 77): $a, б$ —к контактам 7 и 8; $в, z$ —к контактам 2 и 3; A —к контакту 4; A_1 —к контакту 5; A_2 —к контакту 6

Головка стирания имеет экран из красной меди, головки записи и воспроизведения—экран из пермаллоя. Для уменьшения наводок от ведущего электромотора рабочая часть головки воспроизведения имеет дополнительный экран в виде щитка из пермаллоя, устанавливаемого по минимуму наводок.

Выпрямитель магнитофона МАГ-8 (рис. 78) работает на кенотроне 5Ц4С.

Накал подогревателя лампы первого каскада усилителя для воспроизведения питается от отдельной обмотки, дающей напряжение 5 в; на подогреватель этой лампы подается выпрямленное напряжение порядка $+8$ в, снимаемое с делителя, состоящего из сопротивлений R_1 и R_2 и конденсатора C_1 .

Фильтр выпрямителя двухзвенный: в первом звене—дрессель D с конденсаторами C_2 и C_3 , во втором звене—омическое сопротивление R_3 с конденсатором C_4 .

Для воспроизведения звука в магнитофоне МАГ-8 используется динамический громкоговоритель мощностью 3 вт типа З-ГД-3.

Для включения мощного усилителя или добавочного громкоговорителя на панели, смонтированной на задней стенке ящика (на которой расположены гнезда включения микрофона, линии и сети переменного тока), находятся гнезда для дополнительного громкоговорителя.

Переключателем $П_2$ (см. рис. 77), установленным на плате магнитофона, выходная обмотка трансформатора T нагружается на эквивалентное сопротивление R_7 , равное сопротивлению громкоговорителя при частоте 400 гц.

Магнитофон МАГ-8М

В 1955 г. на заводе Гостеасвет организовано производство магнитофонов МАГ-8М.

В магнитофон МАГ-8М введены изменения, улучшающие его эксплуатационные качества и повышающие надежность работы устройства.

Общий вид магнитофона показан на рис. 79. Для удобства переноски ящик магнитофона снабжен ручками.

Лентопротяжный механизм допускает ускоренное движение ленты вперед. Нажимом кнопки „ход вперед“ лента с левой подающей бобышки может быть в течение одной минуты перемотана на правую приемную бобышку. Возможность ускоренного движения ленты вперед позволяет быстро находить нужные части фонограммы, расположенные в любом месте рулона.

Для устранения возможности образования петель ленты при многократном, часто повторяющемся пуске магнитофона ведущий электромотор снабжен ленточным тормозом, действующим на его маховик.

В магнитофоне МАГ-8М исключен леникс у правого приемного диска; вместо него установлен ролик, направляющий ленту. Вид сверху панели магнитофона МАГ-8М изображен на рис. 80.

Для уменьшения детонации увеличен маховик ведущего электромотора.

По качественным показателям магнитофоны МАГ-8М отвечают требованиям, предъявляемым к маг-

нитофонам III класса при скоростях движения ленты 770 и 385 *мм/сек*. Магнитофоны МАГ-8М, имеющие скорости ленты 385 и 192,5 *мм/сек*, удовлетворяют требования IV класса.

Магнитофоны МАГ-8М имеют следующие технические показатели:

- 1) продолжительность прохождения полного рулона ленты (500 м) при скорости 770 *мм/сек* 11 мин., при 385 *мм/сек*—22 мин. и при 192,5 *мм/сек*—44 мин.;
- 2) время перемотки рулона ленты 2,5 мин.;
- 3) полоса записываемых и воспроизводимых частот:
 - а) для аппаратов, работающих при скоростях ленты 770 или 385 *мм/сек*, от 70 до 7000 *гц*;
 - б) для аппаратов, работающих при скоростях ленты 385 или 192,5 *мм/сек*, от 100 до 5000 *гц*;
- 4) неравномерность частотной характеристики по сквозному тракту:
 - а) для аппаратов, работающих при скоростях движения ленты 770 или 385 *мм/сек* в диапазоне от 70 до 7000 *гц*, ± 2 *дб*;
 - б) для аппаратов, работающих при скоростях движения ленты 385 или 192,5 *мм/сек* в диапазоне от 100 до 5000 *гц*, ± 3 *дб*;

- 5) уровень шумов:
- а) для первого типа магнитофонов МАГ-8М (скорость движения ленты 770 или 385 мм/сек) — 40 дб,
- б) для второго типа магнитофонов МАГ-8М (скорость движения ленты 385 или 192,5 мм/сек) — 35 дб;
- 6) коэффициент гармоник при частоте 400 гц:
- а) для магнитофонов первого типа не более 3%,
- б) для магнитофонов второго типа не более 5%;

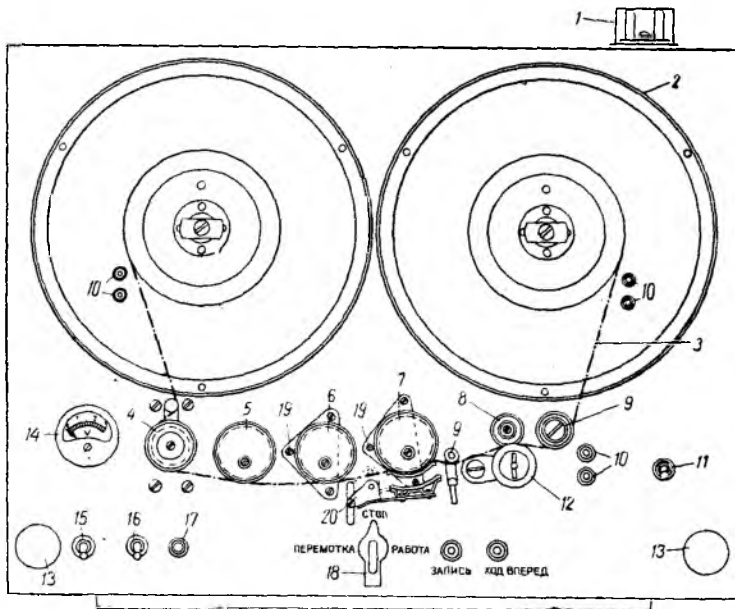


Рис. 80. Схема верхней панели магнитофона МАГ-8М:

1—вилка для включения питания аппарата от сети переменного тока; 2—защитное кольцо, устраняющее возможность попадания ленты под диск; 3—ферромагнитная лента; 4—ролик стабилизатора; 5—головка стирания (в экране); 6—головка записи (в экране); 7—головка воспроизведения (в экранах); 8—ведущий валик со сменной насадкой; 9—направляющий ролик; 10—отверстия маслопроводов для смазки электромоторов; 11—выключатель питания от сети; 12—резиновый ролик; 13—ручки для подъема панели; 14—вольтметр для измерения уровня воспроизведения; 15—переключатель громкоговорителя; 16—переключатель усилителя для воспроизведения при прослушивании с усилителя для записи; 17—кнопка коррекции при переходе с одной скорости ленты на другую; 18—переключатель рода работы; 19—винты для регулировки наклона рабочих зазоров головок; 20—устройство для отвода ферромагнитной ленты от головок во время перемотки

- 7) отклонение средней скорости движения ленты от номинальной для магнитофонов первого типа $\pm 0,25\%$ и второго $\pm 1\%$;
- 8) детонация у магнитофонов первого типа 0,25%, второго 0,3%;
- 9) питание от сети переменного тока напряжением 220 в (-10% , $+5\%$); при необходимости работать от сети с напряжением 120 в используется автотрансформатор;
- 10) потребляемая от сети мощность около 260 вт.

В усилители для записи и воспроизведения внесены некоторые изменения. Усилитель для записи (рис. 81) четырехкаскадный, на двух двойных триодах 6Н9С и 6Н8С.

Первые два каскада являются микрофонным усилителем. В третьем и четвертом каскадах используется лампа 6Н8С. При записи с линии записываемые колебания поступают на делитель, состоящий

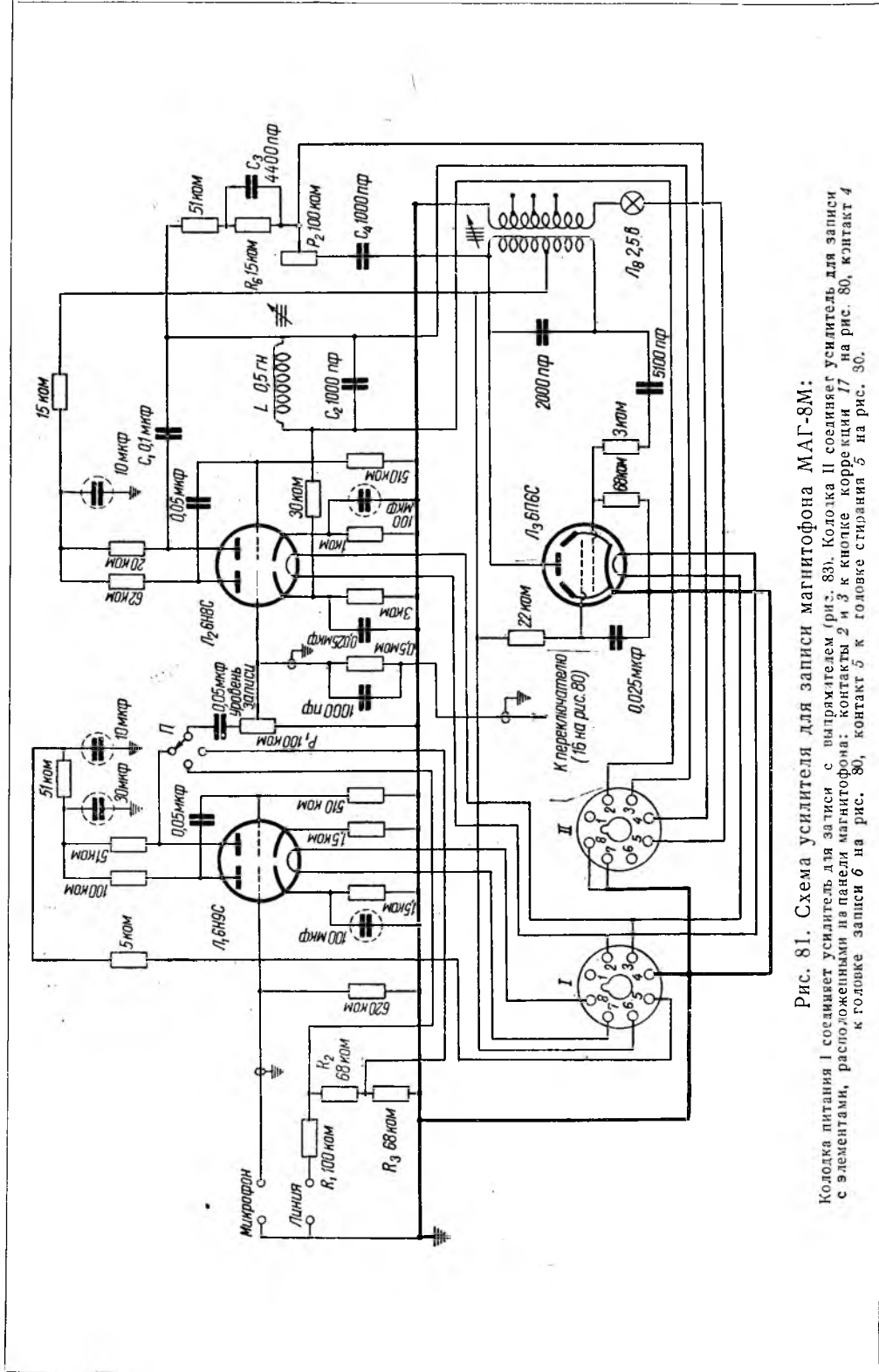
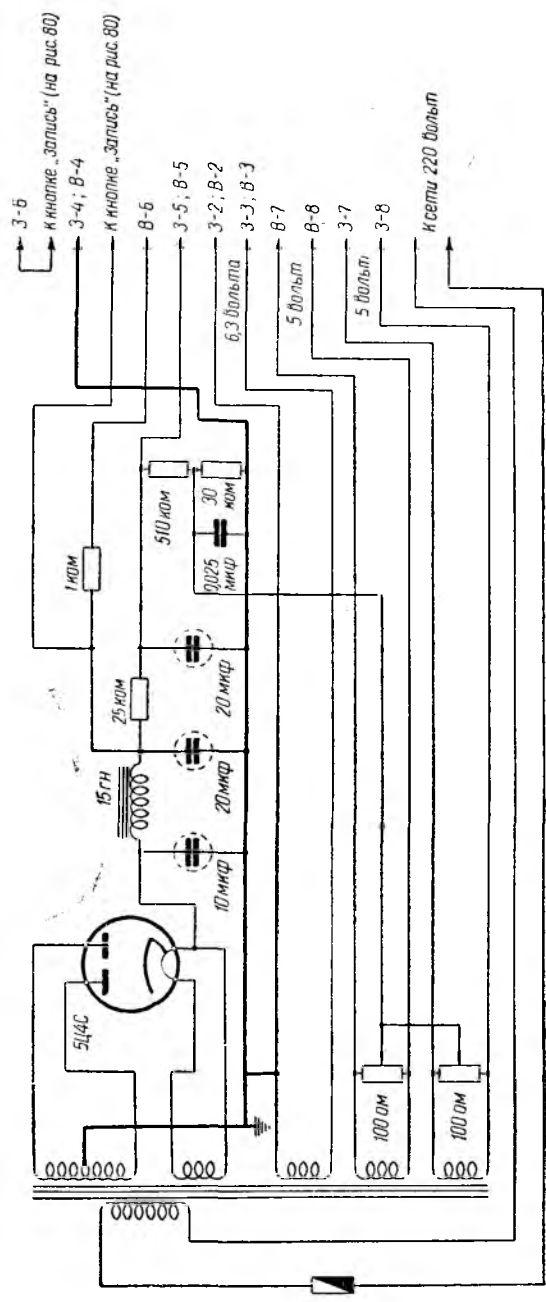


Рис. 81. Схема усилителя для записи магнитофона МАГ-8М:

Колodka питания I соединяет усилитель для записи с выключателем (рис. 83). Колodka II соединяет усилитель для записи с элементами на панели магнитофона: контакты 2 и 3 к кнопке коррекции 17 на рис. 80, контакт 4 к головке записи 6 на рис. 80, контакт 5 к головке стирания 5 на рис. 80.



Обозначения
 3 - к колодке питания усилителя для записи (рис. 81)
 В - " " " " воспроизведения (рис. 82)
 Цифра после буквы - номер контакта на колодке питания

Рис. 83. Схема выпрямителя магнитофона МАГ-8М

из сопротивлений R_1 , R_2 и R_3 , и затем на регулятор уровня P_1 . Переключение на работу от микрофона или линии производится переключателем Π .

В отличие от усилителя для записи магнитофона МАГ-8 в анодной цепи оконечного каскада нет выходного трансформатора. Этот каскад питает записываемыми колебаниями магнитную головку записи через разделительный конденсатор C_1 .

Необходимый для записи подъем усиления высоких частот достигается отрицательной обратной связью, подаваемой из анодной цепи оконечного каскада в катодную цепь предоконечного каскада. В цепи отрицательной обратной связи находится резонансный контур из самоиндукции L и конденсатора C_2 .

Питание головки записи и головки стирания дополнительным ультразвуковым током производится от генератора высокой частоты на лампе 6П6С.

Головка записи отличается от головок записи ранее описанных магнитофонов числом витков. В магнитофоне МАГ-8М используется головка записи, имеющая 2×1000 витков. Применение головки с большим числом витков позволило снизить ток записи до 0,1—0,2 ма и исключить из схемы усилителя для записи выходной трансформатор.

Для компенсации индуктивного характера сопротивления головки записи на высоких частотах в цепь головки записи включено сопротивление R_6 , зашунтированное конденсатором C_3 . Питание головки записи дополнительным ультразвуковым током в отличие от способа, используемого в магнитофоне МАГ-8, осуществляется непосредственно от анода генераторной лампы 6П6С через разделительный конденсатор C_4 и переменное сопротивление P_2 . Изменяя величину сопротивления, можно подобрать оптимальный для данной ленты дополнительный ультразвуковой ток.

Глубокая отрицательная обратная связь, которой охвачен усилитель для записи, позволила снизить коэффициент гармоник усилителя для записи до 0,8—0,9%.

В усилителе для воспроизведения в магнитофоне МАГ-8М (рис. 82) работают в первом каскаде лампа 6Ж8, во втором и третьем каскадах — двойной триод 6Н9 и в оконечном каскаде — лампа 6П6С.

Коррекция частотной характеристики усилителя для воспроизведения осуществляется комбинированной отрицательной обратной связью, которой охвачены два последних каскада.

С анода оконечного каскада отрицательная обратная связь подается на катод третьего каскада (сопротивление R_2 и конденсаторы C_2 и C_3). Оконечный каскад охвачен отрицательной обратной связью с анода на сетку, состоящей из конденсатора C_1 и сопротивлений R_1 и R_3 для стабилизации работы каскада и уменьшения искажений.

Применение магнитных головок с уменьшенным (до 12 мк) рабочим зазором позволило получить необходимую сквозную частотную характеристику при меньшей величине коррекции по высоким частотам.

В выпрямителе магнитофона МАГ-8М (рис. 83), работающем на кенотроне 5Ц4С, для уменьшения фона, создаваемого питанием накала ламп усилителей переменным током, применены подача постоянного напряжения на подогреватели катодов ламп и регулируемая балансировка по средней точке обмотки накала.

§ 3. Стационарные магнитофоны

В СССР наибольшее распространение получили стационарные магнитофоны МАГ-5 завода Гостеасвет, МЭЗ-2 и МЭЗ-6 завода МЭЗ. Ниже дается описание двух наиболее пригодных для целей звукового оформления спектаклей магнитофонов МАГ-5 и МЭЗ-6.

Магнитофон МАГ-5

В конце 1949 г. заводом Гостеасвет был организован выпуск стационарных магнитофонов МАГ-5. Они рассчитаны на запись от динамических микрофонов РДМ, СДМ, МД-30 и других, а также на запись с трансляционной линии, с другого магнитофона и радиоприемника.

Переключение усилителя для записи на работу от микрофона или с линии осуществляется переключателем типа тумблера, установленным справа от панели лентопротяжного механизма.

Конструктивно магнитофон МАГ-5 (рис. 84) представляет собой металлическую консоль, на которой расположены все части аппарата. Консоль закрывается сверху крышкой, укрепленной на шарнирах.

Магнитофоны МАГ-5, выпускавшиеся до 1954 г., были рассчитаны на скорость движения ленты 770 мм/сек . В магнитофоне предусмотрена возможность использования скорости ленты 456 мм/сек при работе без насадки на ведущем валике. Начиная с 1954 г. завод выпускает магнитофоны для работы со скоростью ленты 770 и 385 мм/сек . При скорости 385 мм/сек диаметр ведущего валика (без насадки) равен $4,9 \text{ мм}$. При скорости ленты 770 мм/сек используется насадка диаметром $9,8 \text{ мм}$.

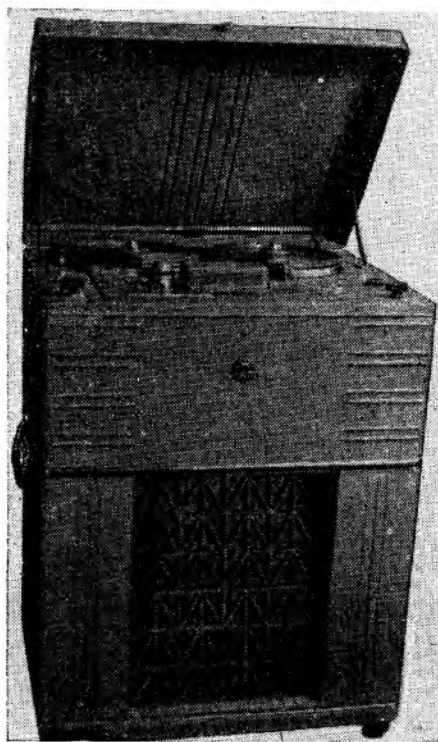


Рис. 84. Общий вид магнитофона МАГ-5

Технические данные магнитофона МАГ-5 следующие:

- 1) магнитофон МАГ-5 допускает работу с рулонами ленты длиной до 1000 м ;
- 2) длительность звучания полного рулона при скорости ленты 770 мм/сек — 22 мин., при скорости 385 мм/сек — 44 мин.;
- 3) время перемотки полного рулона ленты вперед или назад $1,5 - 2$ мин.;
- 4) полоса записываемых и воспроизводимых частот от 70 до 7000 гц с допустимым отклонением $\pm 2 \text{ дб}$;
- 5) относительный уровень шумов — 40 дб ;
- 6) коэффициент гармоник при номинальной мощности на выходе усилителя для воспроизведения не выше 3% ;

- 7) выходная мощность 5 вa;
- 8) отклонение средней скорости движения ленты от номинальной $\pm 0,25\%$;
- 9) детонация не более 0,2%;
- 10) магнитофон рассчитан на работу от сети переменного тока напряжением 127 в; при необходимости работы от сети 220 в используется автотрансформатор, входящий в комплект магнитофона МАГ-5;
- 11) потребляемая мощность от сети составляет около 400 вт.

Магнитофоны МАГ-5 выпускались с различными электромоторами. Начиная с середины 1953 г., в магнитофоне МАГ-5 используются электромоторы ДВСУ-1 и ДПАУ-2, разработанные Всесоюзным научно-исследовательским институтом звукозаписи.

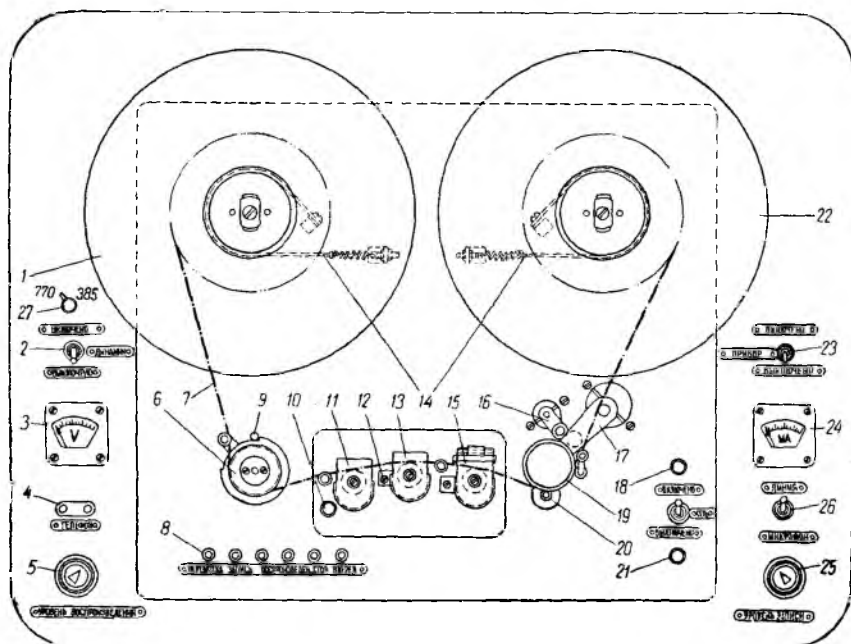


Рис. 85. Схема верхней панели магнитофона МАГ-5:

- 1—левый диск; 2—выключатель громкоговорителя; 3—вольтметр для измерения уровня воспроизведения; 4—гнезда для контрольного телефона; 5—регулятор усилителя для воспроизведения; 6—ролик стабилизатора; 7—ферромагнитная лента; 8—шесть кнопок рода работы; 9—контакт автоматической остановки лентопротяжного механизма при обрыве ленты; 10—лампочка сигнала включения усилителя для записи; 11—головка стирания; 12—винт регулирования наклона головки записи; 13—головка записи; 14—ленточные тормозы; 15—головка воспроизведения; 16—рычаг, приводимый в действие пружинным электромагнитом; 17—рычаг и эксцентрик пружинного ролика; 18—лампочка сигнала „готов к работе“; 19—резиновый ролик; 20—ведущий валик со сменной насадкой; 21—лампочка сигнала „стоп“; 22—правый диск; 23—выключатель прибора усилителя для записи; 24—прибор для измерения тока записываемого сигнала; 25—регулятор усилителя для записи; 26—переключатель входа усилителя для записи; 27—коррекция при воспроизведении

На горизонтальной панели магнитофона укреплены три электромотора, электромагниты ленточных тормозов, три магнитные головки, ролик с маховиком стабилизатора, рычаг резинового пружинного ролика, электромагнит, с помощью которого лента прижимается к ведущему валу резинового роликом.

Управление работой магнитофона осуществляется при помощи шести кнопок, расположенных на этой же панели (рис. 85).

В лентопротяжном механизме магнитофона МАГ-5 предусмотрена возможность автоматической остановки аппарата при обрыве ленты или при окончании ее прохождения по тракту лентопротяжного устройства. Остановка осуществляется выключением питания электромоторов и электромагнитов тормозных лент с помощью контакта 9.

Для уменьшения наводок на головку воспроизведения электромагниты тормозов и электромагниты прижимного ролика питаются постоянным током от специального выпрямителя, работающего на кенотроне или селеновом столбике. От этого же выпрямителя питается реле автоматической остановки лентопротяжного устройства при обрыве ленты; схема автомата приведена на рис. 86.

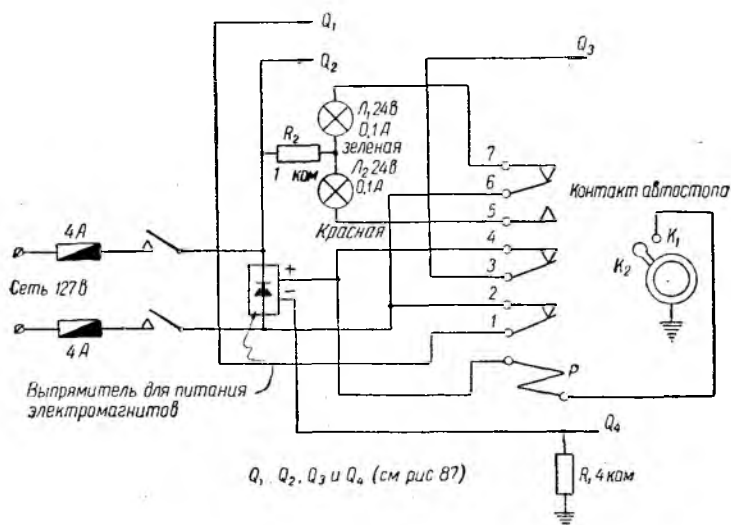


Рис. 86. Электрическая схема автоматической остановки магнитофона МАГ-5 при обрыве ленты или окончании рулона (контакт автостопа 9 на рис. 85).

Для уменьшения наводок на головку воспроизведения от ведущего электромотора, а также для стабилизации скорости вращения ротора и уменьшения магнитного поля рассеяния, действующего на магнитную ленту через вал ротора и ведущую насадку, в магнитофоне МАГ-5 ведущий электромотор вращает ведущий валик через мягкую резиновую муфту. Ведущий валик, вращающийся в специальном подшипнике скольжения, несет маховик, стабилизирующий работу ведущего валика и сглаживающий неравномерность вращения ротора электромотора.

При нажатии кнопок „запись“ или „воспроизведение“ включает ведущий электромотор, к валику которого резиновым роликом прижимается лента.

Одновременно правый электромотор для намотки ленты включается через гасящий дроссель и обеспечивает равномерную намотку ленты на правую бобышку. Электромотор левой, подающей бобышки получает также питание от сети через гасящий дроссель. Стремясь вращаться в направлении, противоположном движению ленты, он тем самым обеспечивает натяжение ленты и ее плотное прилегание к магнитным головкам.

При нажатии кнопок „перемотка“ или „перемотка вперед“ электромоторы для перемотки (левый) или намотки (правый) ленты соответственно получают полное напряжение сети, чем и достигается быстрая перемотка назад или вперед. Одновременно этими же кнопками включается питание постоянным током электромагнитов, освобождающих тормозные барабаны.

При нажатии кнопки „стоп“ или при выключении* питания автостопом тормозные ленты силой спиральных пружин останавливают роторы боковых электромоторов, чем устраняется набегание петли ленты. Схема коммутации лентопротяжного механизма приведена на рис. 87.

При остановке магнитофона, чтобы избежать вращения по инерции ведущего электромотора при нажатии кнопки „стоп“, в его обмотку включается постоянный ток от выпрямителя для электромагнитов. Поле, созданное постоянным током, сразу затормаживает ротор ведущего электромотора.

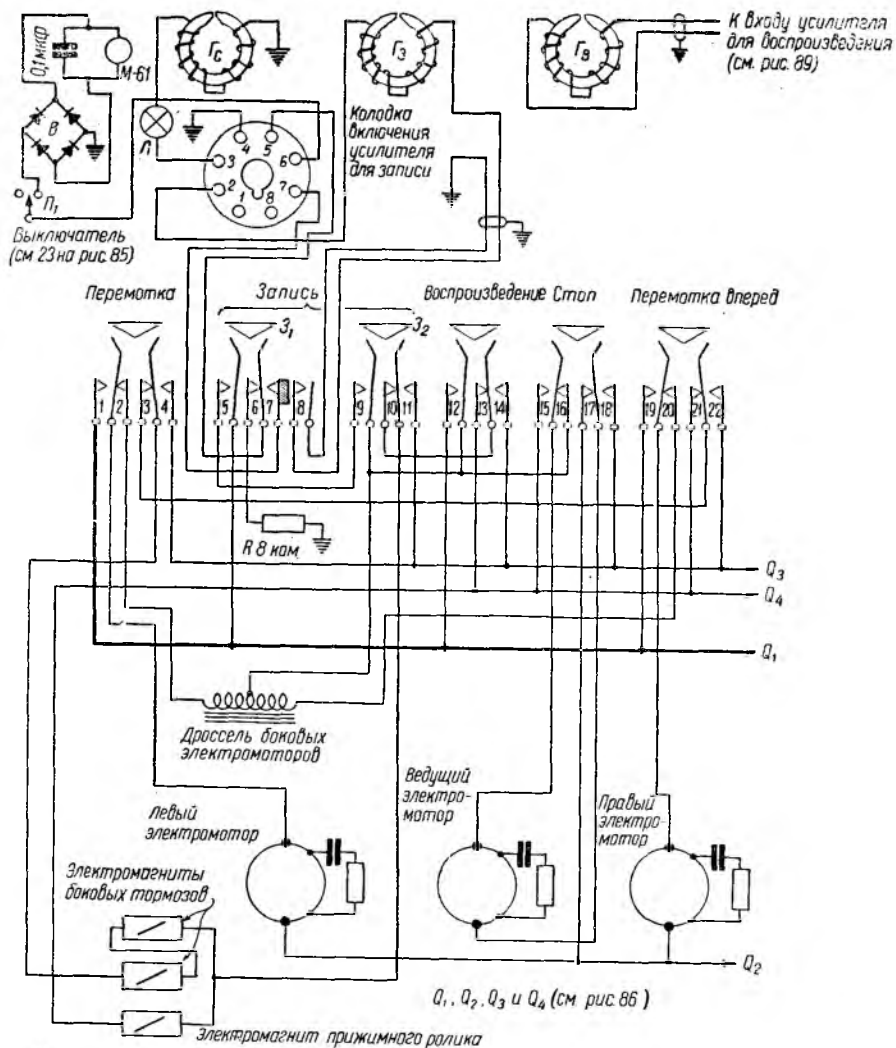
Для устранения ошибочного включения магнитофона на запись при установленной на аппарате ленты с нужной фонограммой включение магнитофона на запись проводится путем одновременного нажатия двух кнопок „запись“ Z_1 и Z_2 . Раздельное включение каждой кнопки (как видно из схемы на рис. 87) позволяет отдельно произвести проверку работы усилителя при нажатии первой кнопки записи Z_1 и проверку работы тормозных устройств и прижимного ролика при нажатии второй кнопки записи Z_2 . При проверке работы усилителя для записи лентопротяжный механизм в действие не приводится, так как электромоторы при этом не включаются.

Как уже указывалось выше, магнитофон МАГ-5 позволяет работать с двумя скоростями движения ленты. Переход со скорости 770 мм/сек на скорость 385 мм/сек проводится путем снятия ведущей насадки диаметром 9,8 мм. Обычно при этом никакого дополнительного регулирования не нужно делать. Дело в том, что для получения нужного прижима ленты рычаг резинового ролика и рычаг электромагнита расположены на эксцентриках, зафиксированных каждый двумя винтами. Эти эксцентрики допускают предварительное регулирование нужной степени давления резинового ролика.

Ленточные тормозы боковых электромоторов в магнитофоне МАГ-5 вынесены на верхнюю часть панели. Это позволяет производить их осмотр, регулирование, чистку и смену фетровых лент без вскрытия всего лентопротяжного механизма.

В магнитофоне МАГ-5 используется автоматическая остановка лентопротяжного механизма при обрыве ленты и окончании воспроизведения или перемотки. Переменный ток при нажатии одной из кнопок (например „воспроизведение“) проходит через нормально замкнутые ламели 1 и 2 реле P (см. рис. 86) и по проводам Q_1 и Q_2 поступает в электромоторы. Электромагниты тормозов и прижимного ролика при этом получают питание постоянным током от выпрямителя через нормально замкнутые ламели 3 и 4 реле P и провода Q_3 и Q_4 . В результате этого тормозные ленты якорями электромагнитов оттягиваются от тормозных барабанов правого и левого дисков, вследствие чего диски могут свободно вращаться.

Через ламели 6 и 7 зеленая сигнальная лампочка L_1 получает питание от сети переменного тока, проходящего через сопротивление R_2 , на котором гасится около 100 в. Обмотка возбуждения реле P одним концом соединена с положительным электродом вы-



контакты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Операции																							
Не нажата ни одна кнопка		•	•			•						•			•	•	•				•	•	
Запись. Нажаты кнопки $З_1$ и $З_2$		•	•		•		•	•	•	•					•	•	•				•	•	
Воспроизведение		•	•			•									•						•	•	
Перемотка	•				•										•	•	•				•	•	
Перемотка вперед		•	•			•									•	•	•				•	•	
Стоп		•	•		•							•	•	•							•	•	•

При нажатии кнопки „Стоп“ для остановки лентопротяжного механизма через контакты 15 и 18 в обмотку ведущего электромотора поступает постоянный ток от выпрямителя для питания электромагнитов, чем осуществляется торможение этого электромотора

Рис. 87. Схема коммутации в магнитофоне МАГ-5
Колodka включения усилителя для записи соединяется с колodkaй головок записи и стирания (рис. 88)

прямителя для питания электромагнитов; второй конец обмотки соединен с изолированным от панели лентопротяжного механизма контактом K_1 , к которому при отсутствии ленты в лентопротяжном тракте магнитофона прижимается спиральной пружиной вращающийся рычажок K_2 , установленный на подшипнике стабилизатора.

При наличии в магнитофоне ленты рычажок K_2 отжимается от контакта K_1 , и обмотка реле P не получает питания. Через нормально замкнутые контакты осуществляется питание электромоторов и электромагнитов тормозов, прижимного рычага с резиновым роликом. Через нормально замкнутые ламели 6 и 7 реле P переменный ток поступает в зеленую сигнальную лампочку L_1 , сигнализирующую о готовности аппарата к работе и о нормальной зарядке ленты.

При обрыве ленты рычажок K_2 прижимается к контакту K_1 , обмотка реле через сопротивление R_1 , гасящее излишек напряжения выпрямителя, получает питание и якорь реле притягивается; ламели 1 и 2 разрывают цепь питания электромоторов переменным током, ламели 3 и 4 разрывают цепь питания обмоток электромагнитов тормозов и прижимного ролика, в результате чего под действием пружин ленточные тормозы охватывают тормозные барабаны и прекращают вращение левой и правой кассет, прижимной ролик отжимается возвратной пружиной от ведущего валика, ламель 6, через которую происходит питание сигнальной зеленой лампочки L_1 , перебрасывается на ламель 5, в результате чего получает питание красная сигнальная лампочка L_2 .

На рис. 88 дана схема усилителя для записи магнитофона МАГ-5. Этот усилитель имеет три лампы 6Ж8. В первом каскаде, являющемся усилителем напряжения, развиваемого микрофоном, работает лампа 6Ж8, включенная пентодом. Каскад для улучшения частотной характеристики охвачен отрицательной обратной связью с анода на сетку лампы (сопротивления R_1 и R_2 и конденсаторы C_1 и C_2). Входом микрофонного каскада является трансформатор T_1 с коэффициентом трансформации 1:20. Входной импеданс трансформатора 200 *ом*.

При работе с линии второй каскад присоединяется переключателем // к делителю (состоящему из сопротивлений R_3 и R_4), на который замкнута вторичная обмотка линейного трансформатора T_2 . Этот трансформатор имеет коэффициент трансформации 1:2 и рассчитан на работу с линии с сопротивлением 600 *ом*. Напряжение, подводимое к линейному входу для обеспечения нормального уровня записи, должно лежать в пределах 0,8—1,5 *в*.

Второй каскад усилителя для записи собран на пентоде 6Ж8. Оконечный каскад работает на лампе 6Ж8, включенной триодом. В анодную цепь этой лампы включен выходной трансформатор T_3 с коэффициентом трансформации 7:1. В цепь выходной обмотки трансформатора включена низкоомная головка записи, имеющая самоиндукцию обмотки 7 *мгн*.

Подъем частотной характеристики на частоте 7—8 *кГц* порядка 7—8 *дБ* достигается отрицательной обратной связью, которая подается из анодной цепи выходной лампы на катод второго каскада. Для указанной цели в цепи отрицательной обратной связи находится резонансный контур, состоящий из самоиндукции L_1 (0,7 *мн*) и конденсатора C_3 .

В цепи головки записи для устранения замыкания дополнительного ультразвукового тока имеется настраиваемый на частоту гене-

чина подъема на высоких частотах определяется конденсатором C_2 , шунтирующим цепь обратной связи.

Для изменения величины подъема усиления на высоких частотах при работе со скоростью ленты 770 мм/сек второй каскад охвачен регулируемой обратной связью, состоящей из переменного сопротивления P_1 и конденсатора C_3 . В крайних положениях переменного сопротивления P_1 обеспечивается линейная характеристика при скоростях ленты 770 и 385 мм/сек. Промежуточные положения

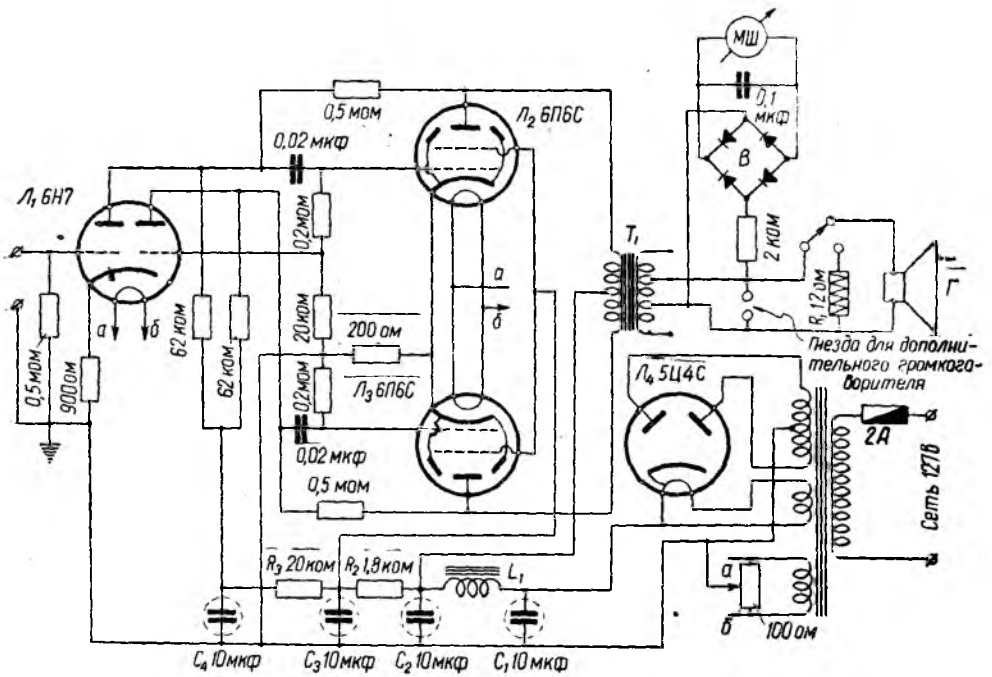


Рис. 90. Принципиальная схема оконечного усилителя для воспроизведения магнитофона МАГ-5

переменного сопротивления могут использоваться для изменения тембра звучания при воспроизведении.

Предварительный усилитель развивает на выходе около 350 мв. Этот усилитель через регулятор уровня воспроизведения (б на рис. 85), установленный на верхней панели магнитофона слева от лентопротяжного механизма, связан с оконечным усилителем, схема которого приведена на рис. 90.

В этом усилителе работают лампа 6Н7, являющаяся фазоинвертором, и две лампы 6П6С в оконечном двухтактном каскаде. В анодные цепи включен выходной трансформатор T_1 , нагрузкой которого является либо динамический громкоговоритель Γ типа 4А-1 мощностью 6 вт, либо эквивалентное сопротивление R_1 , на которое, при необходимости выключить громкоговоритель, установленный в магнитофоне, переключается выходная обмотка трансформатора. Это переключение приходится делать, например, при записи в одном помещении с микрофоном. К выходной обмотке трансформатора присоединены индикатор уровня выхода (стрелочный вольтметр до 15 в типа МШ с купроксным выпрямителем B) и гнезда для включения дополнительного громкоговорителя. При

необходимости работать с мощным усилителем целесообразно также включать его непосредственно к выходу предварительного усилителя. Выход предварительного усилителя выведен на верхнюю панель („телефон“ 4 на рис. 85) слева от лентопрогижного механизма.

Питание оконечного усилителя производится от самостоятельного выпрямителя, смонтированного на одном шасси с усилителем. Выпрямитель работает на кенотроне 5Ц4С и имеет трехзвенный фильтр: в первом звене включен дроссель L_1 с конденсаторами C_1 и C_2 , питающий аноды оконечных ламп, во втором звене находится сопротивление R_2 с конденсатором C_3 (от этого звена питаются экранные сетки ламп 6П6С), в третьем звене включено сопротивление R_3 с конденсатором C_4 , через которое питаются анодные цепи инверторного каскада.

В магнитофоне МАГ-5 применяются три магнитные кольцевые головки. Головка записи имеет самоиндукцию 7 ± 1 мГн, число витков обмотки 2×150 , провод ПЭ-0,2, рабочий зазор 15—20 мк и задний зазор 1,5 мм, толщина пакета 7 мм. Головка экранирована пермаллоевым чехлом.

Головка воспроизведения имеет самоиндукцию 70 ± 10 мГн, число витков 2×300 , провод ПЭ-0,15, рабочий зазор 15—20 мк, заднего зазора нет. Толщина пакета 7 мм. Пермаллоевый чехол и дополнительный экран рабочей части (в крышке) охватывают головку воспроизведения.

Головки записи и воспроизведения укреплены на подставках, позволяющих регулировать наклон рабочего зазора относительно ленты, что облегчает настройку магнитофона при смене головок. Это регулирование может производиться во время записи или воспроизведения и позволяет по контрольному фильму легко установить правильное положение головки воспроизведения, а затем, при записи тона 7000 гц, произвести правильную установку головки записи по максимальной отдаче.

Головка стирания имеет обмотку 2×75 витков из провода ПЭ-0,28 мм, ее самоиндукция $2 \pm 0,5$ мГн, рабочий зазор 0,15 мм, заднего зазора нет. Головка стирания экранирована чехлом из красной меди.

Усилитель для записи и предварительный усилитель для воспроизведения магнитофона МАГ-5 питаются от выпрямителя (рис. 91), работающего на кенотроне 5Ц4С.

Силовой трансформатор, питаемый от сети переменного тока 127 в, имеет повышающую обмотку и пять обмоток накала, из которых одна служит обмоткой накала выпрямительной лампы, а остальные—накала ламп усилителей для записи и воспроизведения. Первые каскады обоих усилителей питаются от отдельных обмоток накала для уменьшения связи между усилителями по цепям накала. Раздельно питаются и накалы остальных каскадов усилителей для записи и воспроизведения. Заземление обмоток накала производится через низкоомные переменные сопротивления, которыми зашунтированы подогреватели катодов ламп (см. рис. 88 и 89).

Выпрямленный кенотроном ток сглаживается фильтрами из самоиндукций, сопротивления и конденсаторов. В выпрямителе применено пять ячеек фильтрации, из которых четыре имеют дроссели и одна, питающая анодным напряжением лампы предварительного усилителя для воспроизведения, имеет ячейку с омическим сопротивлением.

При воспроизведении выпрямитель нагружается на сопротивление, эквивалентное усилителю для записи и генератору. При включении усилителя для записи контактами на кнопке записи Z_1 (см. рис. 87) эквивалентное сопротивление R отключается и к выпря-

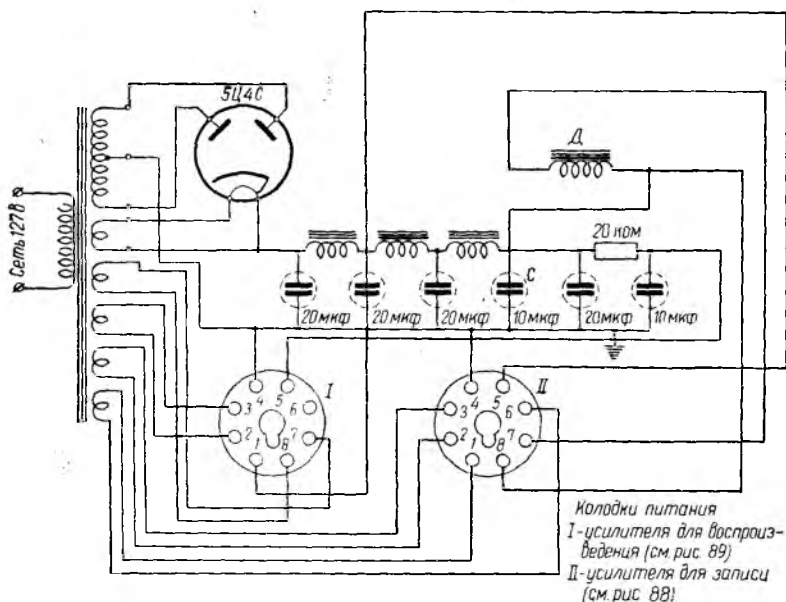


Рис. 91. Принципиальная схема выпрямителя магнитофона МАГ-5

мителю через дополнительный фильтр (состоящий из дросселя D и конденсатора C на рис. 91) присоединяются усилитель для записи и генератор.

Магнитофон МЭЗ-6

Магнитофон МЭЗ-6 (рис. 92) выполнен в виде консоли с откидной застекленной верхней крышкой. Консоль имеет съемную переднюю стенку. В консоли (рис. 93) расположены лентопротяжный механизм, усилители для записи и воспроизведения с выпрямителями и т. д. В отличие от других типов магнитофонов, МЭЗ-6 не имеет громкоговорителя, расположенного в самом аппарате.

На верхней панели находится индикатор уровня стрелочного типа; этот индикатор служит для измерения выходного уровня. Справа от лентопротяжного механизма на верхней панели консоли находится панель коммутации и ручка дистанционного управления каналом воспроизведения. Слева находится панель, на которой расположены выключатели питания каналов записи и воспроизведения с соответствующими сигнальными лампами. Там же находится ручка управления усилением канала записи.

Магнитофон МЭЗ-6 может использоваться для записи с линии или усилителя, а также для перезаписи.

Магнитофон МЭЗ-6 имеет лентопротяжный механизм и один полный комплект усилителей и выпрямителей. Он допускает параллельное включение двух, трех или любого числа таких же магнитофонов без каких-либо дополнительных переходных устройств.

Для прослушивания фонограмм применяется отдельный агрегат, называемый контрольным, состоящий из мощного усилителя, включаемого к выходу усилителя для воспроизведения магнитофона МЭЗ-6.

В агрегате используется громкоговоритель 4А-1 завода Ленкинап. Технические данные магнитофона МЭЗ-6 следующие:

- 1) магнитофон рассчитан на скорость движения ленты 770 мм/сек ;
- 2) время непрерывного движения полного рулона ленты длиной 1000 м 22 мин.;
- 3) время обратной перемотки полного рулона 2,5 мин.;
- 4) время ускоренной перемотки вперед 2,5 мин.;
- 5) вход аппарата симметричный;
- 6) входное сопротивление аппарата не ниже 5000 ом ;
- 7) входной уровень не ниже 0 дб ($0,775 \text{ в}$), номинальный входной уровень $+12 \text{ дб}$ (3 в);
- 8) выход аппарата симметричный, сопротивление нагрузки 600 ом ;
- 9) номинальный выходной уровень $+12 \text{ дб}$ (3 в);
- 10) частотная характеристика сквозного канала записи и воспроизведения $30-12000 \text{ гц}$ при неравномерности не более $\pm 1,5 \text{ дб}$;
- 11) коэффициент гармоник при частоте 400 гц при номинальном выходном уровне (3 в) не более $1,2\%$;
- 12) уровень шумов сквозного канала не более -54 дб ;
- 13) допустимое отклонение средней скорости ленты от номинальной $\pm 0,15\%$;

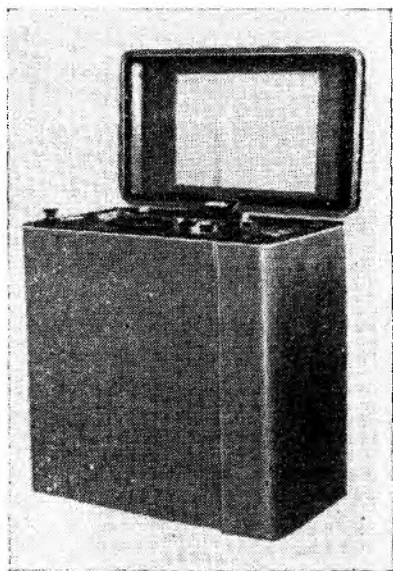


Рис. 92. Общий вид магнитофона МЭЗ-6

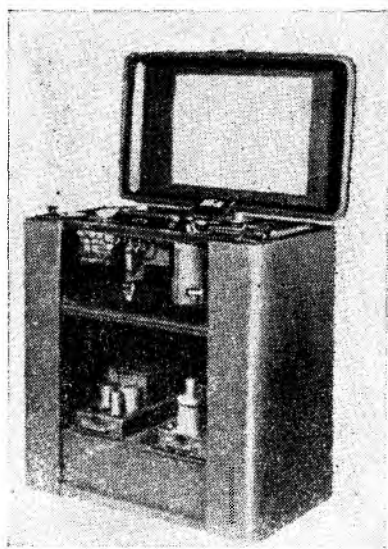


Рис. 93. Магнитофон МЭЗ-6 с открытой передней стенкой

- 14) магнитофон рассчитан на питание от сети переменного тока напряжением $220 \text{ в} + 5\%$, $- 10\%$;
- 15) мощность, потребляемая магнитофоном от сети, 250 вт ;
- 16) вес магнитофона 120 кг .

Лентопротяжный механизм магнитофона (рис. 94) смонтирован на силуминовой плате размером 520×370 мм², толщиной 18 мм. В механизме работают три электромотора.

Ведущий электромотор (ДВС-010/5-4) синхронный, реактивный, конденсаторный с числом оборотов 1500 в мин. На валу электромотора находится сменная насадка диаметром 9,8 мм \pm 5 мк. Сменная насадка надевается на верхнюю часть вала, для того чтобы при износе (из-за абразивного действия звуконосителя) ее можно было бы сменить.

Для перемотки и торможения ленты, а также для ее намотки на принимающую бобышку в магнитофоне используются конденсатор-

ные асинхронные электромоторы ДПА-010/5-4.

В магнитофоне МЭЗ-6 при перемотке для уплотнения рулона правый электромотор слегка тормозится. То же самое производится при ускоренном ходе вперед с той разницей, что тормозится левый электромотор. При перемотке вперед и назад соленоид прижимного резинового ролика и ведущий электромотор выключаются. Электромоторы магнитофона МЭЗ-6 снабжены ленточными тормозами, затормаживающими их при выключении питания.

Управление лентопротяжным механизмом производится четырьмя кнопками. Кнопка „запись“ имеет боковой предохранительный запор для предотвращения случайного стирания фонограммы.

На верхней части платы установлены направляющий ролик, блок магнитных головок (сменный), штифт, через который производится обратная перемотка для устранения износа головок при ускоренной перемотке.

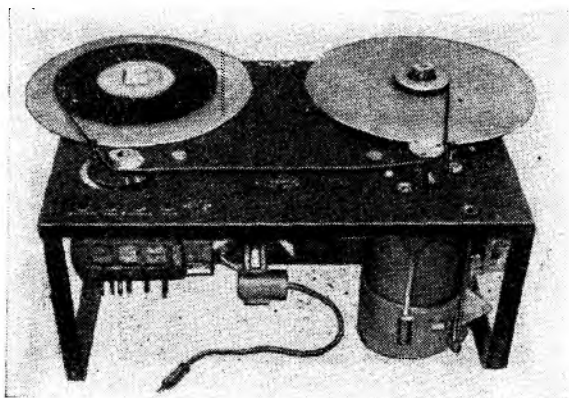


Рис. 94. Лентопротяжный механизм магнитофона МЭЗ-6

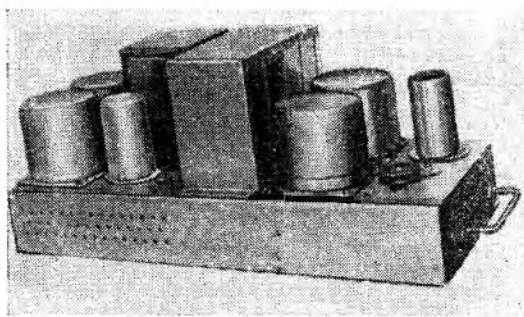


Рис. 95. Общий вид усилителя для записи магнитофона МЭЗ-6

На нижней части платы укреплены электромагнит прижимного ролика и контакты кнопочного устройства, управляющего работой лентопротяжного механизма, и т. д.

Все электромоторы снабжены соленоидами, питаемыми переменным током, приводящими в действие ленточные тормозы. Соленоиды и ленточные тормозы конструктивно составляют одно целое с электромоторами и смонтированы на их корпусе.

Усилитель для записи (рис. 95) магнитофона МЭЗ-6 состоит из двухкаскадного усилителя на двойном триоде 6Н9С, генератора

ультразвуковой частоты на двойном триоде 6Н8С и селенового выпрямителя, питающего усилитель и генератор выпрямленным током.

Вход усилителя трансформаторный (рис. 96). Коэффициент трансформации 1:1,3. В цепь вторичной обмотки входного трансформатора T_1 включен корректирующий контур, состоящий из переменного сопротивления P_1 , дросселя L_1 , соединенного последовательно с конденсатором C_1 . Дроссель и конденсатор зашунтированы сопротивлением R_1 .

На входе первого каскада находится регулятор уровня P_2 , каковым служит переменное сопротивление.

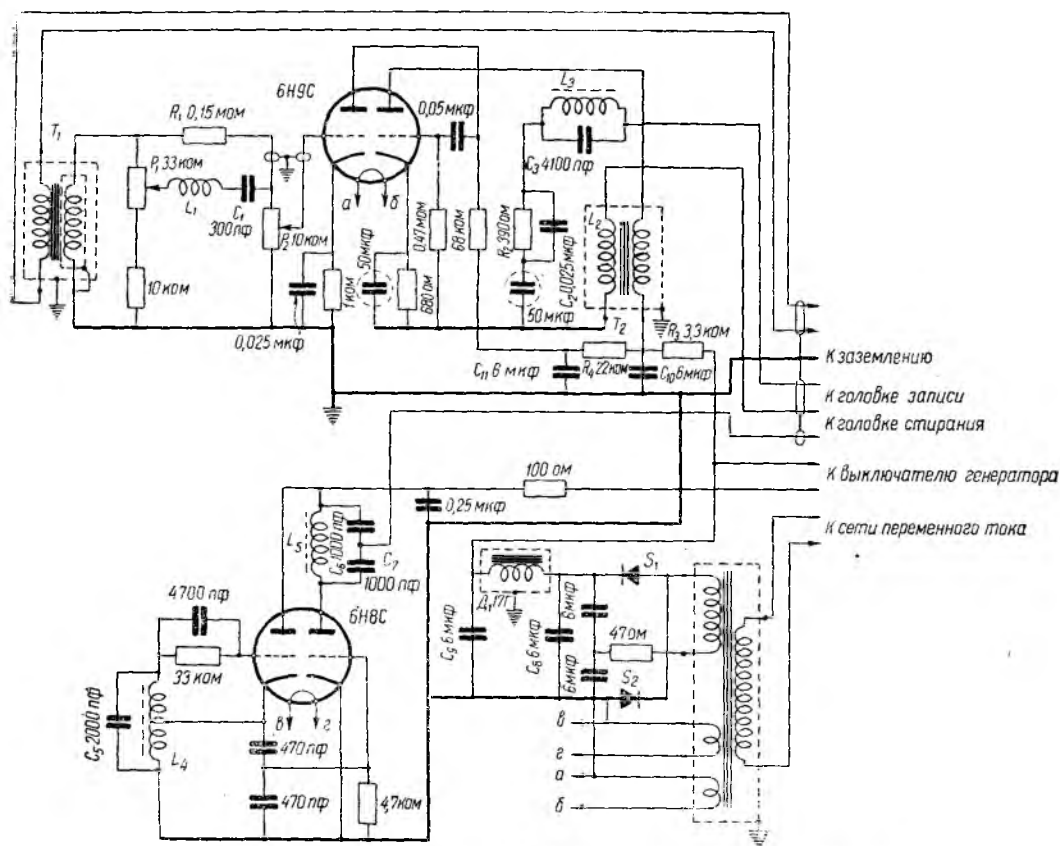


Рис. 96. Схема усилителя для записи магнитофона МЭЗ-6

Корректирующий контур позволяет получить подъем на резонансной частоте 12 кГц до +14 дБ по току в головке записи.

Выходной каскад охвачен глубокой комбинированной по току и напряжению отрицательной обратной связью, которая осуществляется включением вторичной обмотки L_2 выходного трансформатора T_2 в катодную цепь выходного каскада.

В цепь выходной нагрузки включена корректирующая ячейка, состоящая из конденсатора C_2 , зашунтированного сопротивлением R_2 для компенсации ослабления тока записи вследствие индуктивного характера сопротивления головки, и фильтр-пробка, состоя-

ший из самоиндукции L_3 и конденсатора C_3 , препятствующий замыканию дополнительного ультразвукового тока через обмотку выходного трансформатора. Подача дополнительного ультразвукового тока в обмотки головки записи производится через конденсатор, находящийся на плате лентопротяжного механизма магнитофона. Разделительный конденсатор C_4 предохраняет цепь головки записи от попадания постоянного напряжения из катодной цепи второй половины лампы 6Н9С. Питание накала лампы 6Н9С производится переменным током.

Генератор ультразвуковой частоты, в котором работает двойной триод 6Н8С, состоит из задающего контура (самоиндукция L_4 и конденсатор C_5) с индуктивной связью (левая половина лампы 6Н8С) и усилительного каскада с колебательным контуром в анодной цепи, состоящим из самоиндукции L_5 и конденсаторов C_6 и C_7 (правая половина лампы 6Н8С). Анодный контур настроен на частоту задающего контура (60 кГц).

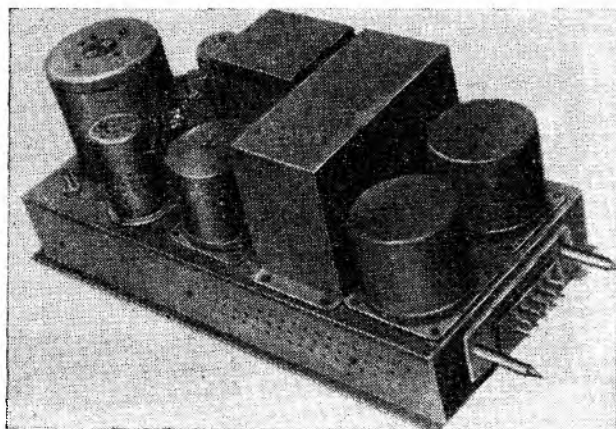


Рис. 97. Общий вид усилителя для воспроизведения магнитофона МЭЗ-6

В выпрямителе усилителя для записи собран по двухполупериодной схеме с удвоением напряжения. В выпрямителе работают 2×16 селеновых шайб S_1 и S_2 диаметром 25 мм. Фильтр выпрямителя состоит из трех ячеек. В первой работает дроссель L_1 с конденсаторами C_8 и C_9 ; остальные ячейки фильтра используют омические сопротивления R_3 и R_4 и конденсаторы C_{10} и C_{11} .

В магнитофоне МЭЗ-6 используется четырехкаскадный усилитель для воспроизведения, смонтированный на одном шасси с выпрямителем. Общий вид усилителя изображен на рис. 97. На входе усилителя работает двухполосный входной трансформатор с очень большими коэффициентами трансформации: 1:220 и 1:50. Этот трансформатор состоит из двух частей. Одна часть передает низкие частоты, вторая часть — высокие частоты. Схема усилителя для воспроизведения приведена на рис. 98.

В усилителе используются два двоянных триода: первый и второй каскады собраны на лампе 6Н9С, третий и четвертый — на лампе 6Н8С.

Коррекция по низким частотам осуществляется конденсатором C_1 и сопротивлением R_1 в цепи сетки второго каскада, коррекция по высоким частотам — сопротивлением R_2 , зашунтированным конденсатором C_2 , находящимся также в цепи сетки второго каскада. Для подъема высоких частот в анодной цепи лампы второго каскада имеется резонансный контур L_1C_3 , настроенный на частоту 12 000 гц. Уровень коррекции по высоким частотам регулируется переменным сопротивлением P_1 , включенным последовательно с кон-

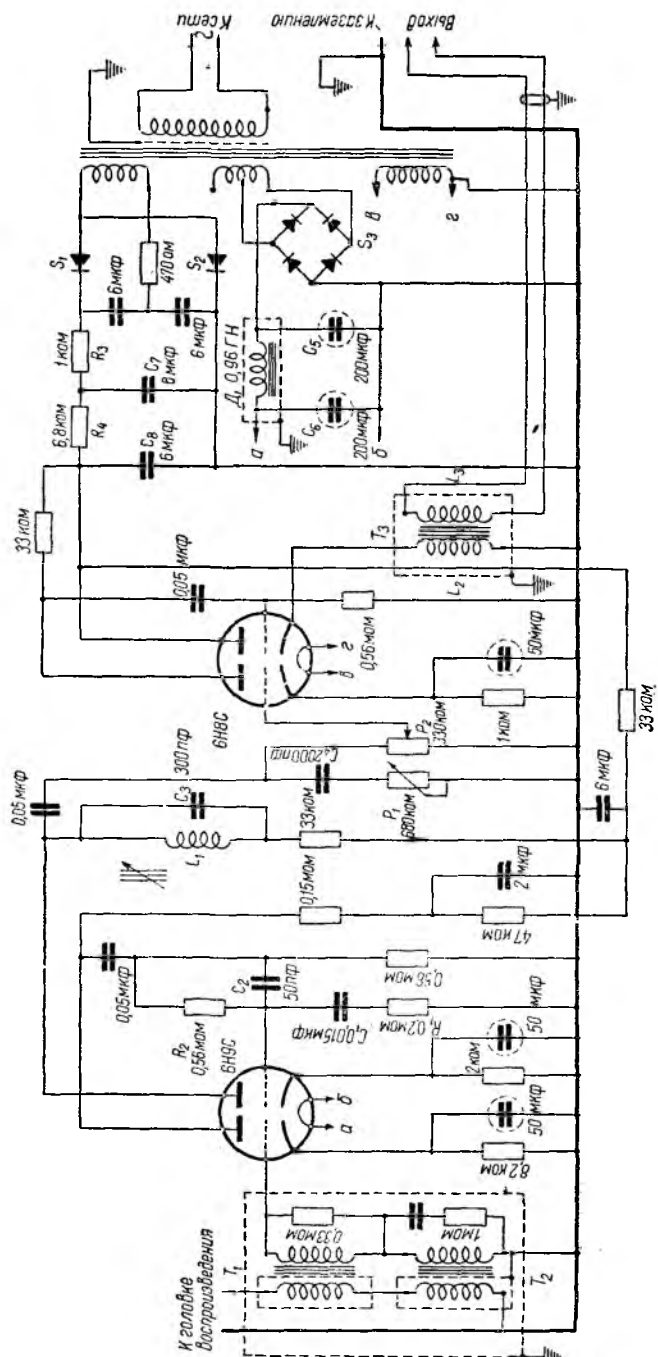


Рис. 93. Схема усилителя для воспроизведения магнитофона МЭЗ-6

денсатором C_4 в цепи сетки третьего каскада. В этой же цепи находится потенциометр P_2 , являющийся регулятором уровня воспроизведения.

Выходной каскад собран по схеме катодного повторителя с выходным трансформатором T_3 . Этот трансформатор имеет коэффициент трансформации 4:1 и рассчитан на нагрузку 600 *ом*. В первичной обмотке L_2 число витков 4000, провод ПЭЛ-0,11, во вторичной L_3 —1000 витков, провод ПЭЛ-0,21 или ПЭЛ-0,23.

Усилитель для воспроизведения получает питание от селенового выпрямителя S_1S_2 , работающего по двухполупериодной схеме с удвоением напряжения. Питание накала лампы первого и второго каскадов производится постоянным током от специального селенового выпрямителя S_3 . Выпрямитель для питания накала собран по мостиковой схеме. Фильтр имеет дроссель D_1 ; конденсаторы фильтра C_5 и C_6 электролитические на рабочее напряжение 20 *в*. В выпрямителе используются селеновые шайбы диаметром 45 *мм*.

В выпрямителе, питающем анодные цепи, в сглаживающем фильтре имеется два звена с сопротивлениями R_3 и R_4 и конденсаторами C_7 и C_8 . Селеновые шайбы имеют диаметр 25 *мм*.

Накал лампы 6Н8С осуществляется переменным током.

В магнитофоне МЭЗ-6 магнитные головки стирания, записи и воспроизведения расположены в одном съемном блоке. Блок магнитных головок изготовлен в виде литого силуминового корпуса. Стирающая головка специального типа имеет рабочий зазор 0,15 *мм* и обеспечивает необходимое стирание старых записей при токе порядка 60 *ма*. Головка стирания помещена в экран из красной меди.

Головка записи расположена в экране из пермаллоя, общем с головкой стирания. Головка установлена на площадке, дающей возможность производить установку положения рабочего зазора при работающем механизме.

Головка воспроизведения установлена так же, как и головка записи, и помещена в трехслойный экран из пермаллоя.

В блоке головок последовательно с головкой стирания включена индикаторная лампочка, указывающая наличие ультразвукового тока стирания при включении усилителя для записи.

§ 4. Магнитофоны типа Днепр

Магнитофон Днепр-1

Магнитофон Днепр-1—один из первых типов советских магнитофонов, предназначенных для широкого использования в клубах, школах, домах отдыха и других учреждениях.

Запись на магнитофоне Днепр-1 может осуществляться с динамического микрофона, трансляционной линии, радиоприемника и звукоснимателя.

Прослушивание записи производится через динамический громкоговоритель. В магнитофоне имеются гнезда для включения телефона или для передачи сигналов с воспроизводимой фонограммы на линию, на другой магнитофон или на вход мощного усилителя.

Магнитофон выполнен в виде одного ящика, содержащего лентопротяжное устройство, громкоговоритель, усилитель для записи и воспроизведения и выпрямитель (рис. 99). Наружный размер ящика 510 × 390 × 245 *мм*³, вес около 30 *кг*.

Технические показатели магнитофона Днепр-1 следующие:

- 1) кассеты, используемые в магнитофоне, вмещают 500 м ленты;
- 2) скорость движения ленты 456 или 180 мм/сек (изменение скорости движения ленты достигается изменением диаметра ведущего валика: для уменьшения скорости с 456 до 180 мм/сек снижается ведущая насадка диаметром 30,5 мм и движение ленты осуществляется ведущим валиком диаметром 12 мм);

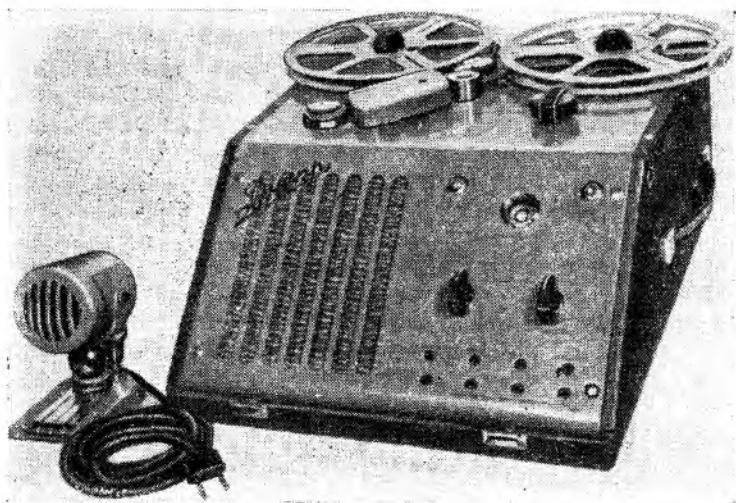


Рис. 99. Внешний вид магнитофона Днепр-1

3) время непрерывного звучания полного рулона при работе на скорости ленты 456 мм/сек 18 мин. и при работе на скорости ленты 180 мм/сек 46 мин.;

4) время перемотки полного рулона 4—5 мин.;

5) полоса записываемых и воспроизводимых частот при скорости 456 мм/сек 100—5000 гц с отклонениями до ± 6 дб, а при скорости 180 мм/сек 100—3000 гц с отклонениями до ± 8 дб;

6) коэффициент гармоник при частоте 400 гц и при номинальном напряжении на гнездах „контроль“ 20 в не более 8%;

7) относительный уровень шумов —30 дб;

8) номинальное напряжение на входе магнитофона на гнездах „микрофон“ 2 мв, на гнездах „адаптер“ 300 мв и на гнездах „линия“ 3 в (магнитофон может работать от динамического микрофона СДМ с повышенным числом витков вторичной обмотки микрофонного трансформатора);

9) магнитофон рассчитан на работу от сети переменного тока напряжением 110, 127 и 220 в;

10) потребляемая от сети мощность 150 вт.

В лентопротяжном механизме магнитофона Днепр-1 использован один электромотор ДАМ-110/3-4.

Этот электромотор разработан Всесоюзным научно-исследовательским институтом звукозаписи для магнитофонов широкого пользования; он обеспечивает выполнение всех рабочих функций лентопротяжного механизма магнитофона. Прямой ход ленты осуществляется фрикционной передачей на ведущий валик, а при перемотке

используется фрикционное сцепление с валом подающей кассеты. Особенностью лентопротяжного механизма (рис. 100) магнитофона Днепр-1 является плавающая подвеска электромотора, перемещаемого в зависимости от рода работы переключателем, установленным на верхней панели.

В положении „стоп“ электромотор магнитофона находится в нейтральном положении, при котором его вал с надетым на него фрикционным резиновым роликом не имеет сцепления ни с диском ведущего валика, ни с диском подающей кассеты.

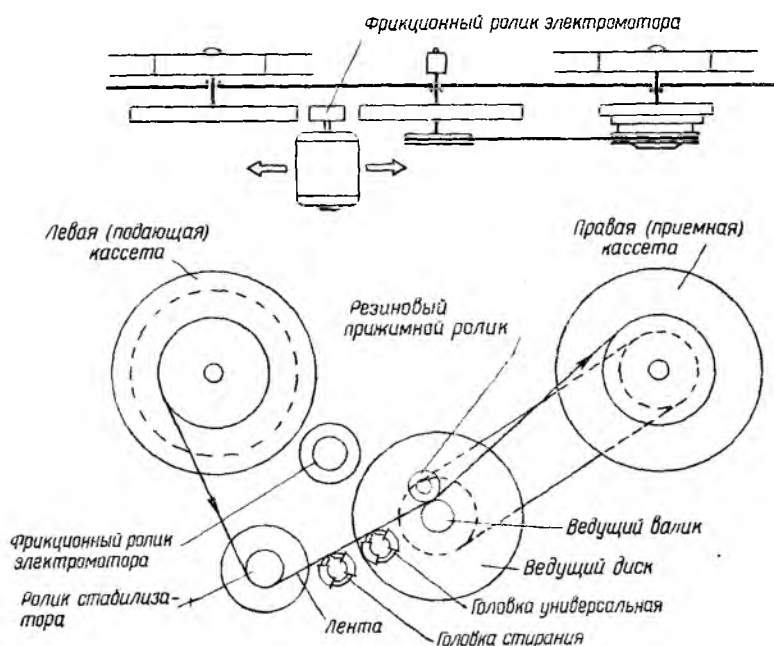


Рис. 10. Схема механизма магнитофона Днепр-1

При установке переключателя в положение „рабочий ход“ фрикционный ролик электромотора прижимается к диску ведущего валика и сообщает ему вращательное движение, чем осуществляется передвижение ленты по магнитным головкам. На валу этого же диска имеется шкивок, от которого бесконечным резиновым шнурком приводится во вращение фрикционное устройство на валу приемной кассеты. На эту кассету при работе магнитофона наматывается лента. Сцепление шкива приемной кассеты с валом, на котором находится эта кассета, осуществляется фрикционным устройством. Вследствие этого легко изменяется число оборотов приемной кассеты в зависимости от диаметра рулона ленты, наматываемой при записи и воспроизведении на приемную кассету; лента имеет примерно одинаковое натяжение.

При установке переключателя в положение „перемотка“ электромотор сдвигается так, что его фрикционный ролик прижимается к ведущему диску на валу подающей кассеты и лента перематывается с правой кассеты на левую.

Для стабилизации движения ленты в магнитофоне Днепр-1 ис-

пользуется стабилизатор скорости, состоящий из ведомого лентой ролика и маховика на одном валу с ним. При скорости ленты 456 мм/сек детонация в магнитофоне Днепр-1 имеет величину порядка 0,4—0,5%.

Усилитель магнитофона Днепр-1 служит для записи и воспроизведения. Усилитель трехкаскадный. В первом и втором каскадах работают лампы 6Ж7 и в оконечном каскаде — лампа 6ПЗС (рис. 101).

При воспроизведении универсальная головка Γ_y записи и воспроизведения присоединяется к сетке лампы первого каскада. Применяемая универсальная головка, имеющая обмотку из 1000 витков, обеспечивает достаточное напряжение для работы без входного трансформатора.

В анодную цепь выходной лампы включен трансформатор T , имеющий две вторичные обмотки: одна обмотка W_1 питает динамический громкоговоритель, другая обмотка W_2 подает в головку Γ_y записываемые сигналы.

Индикатором уровня записи и воспроизведения является лампа 6Е5С, на которую подается напряжение от второй обмотки W_2 выходного трансформатора. К этой же обмотке присоединены гнезда для включения контрольного телефона, оконечного усилителя или второго магнитофона при необходимости произвести перезапись на другом аппарате.

Для генерирования токов ультразвуковой частоты используется генератор на лампе 6ФБС. Схема генератора трехточечная с катодной связью. Колебательный контур состоит из самоиндукции L_1 и конденсатора C_1 .

Необходимые переключения цепей усилителя при переходе из режима воспроизведения на запись осуществляются переключателями $П_1$, $П_2$, $П_3$, $П_4$, $П_5$ и $П_6$. Эти переключатели находятся на одной оси с рычажным переключателем, который одновременно смещает электромотор, рычаг прижимного резинового ролика и воздействует на механические тормозы правого и левого дисков кассет.

Коррекция частотной характеристики производится комбинированной отрицательной обратной связью по току и по напряжению. За счет сопротивлений и конденсаторов частотно-избирательный коэффициент отрицательной обратной связи на низких и высоких частотах уменьшается, вследствие чего усиление тракта на этих частотах возрастает по сравнению со средними частотами. Напряжение обратной связи снимается с вторичной обмотки W_2 выходного трансформатора T и через фильтры R_1C_2 и $R_3R_3C_3$ поступает на катод второго каскада. При скорости ленты 180 мм/сек цепь отрицательной обратной связи дополнительно шунтируется конденсатором C_4 и сопротивлением R_4 , в результате чего усиление на частотах 3000—4000 гц увеличивается.

Усилитель магнитофона Днепр-1 собран на металлическом шасси вместе с выпрямителем. Для устранения паразитных связей между каскадами и уменьшения наводок от силового трансформатора шасси усилителя имеет разделенные металлическими перегородками отсеки, в которых расположены детали каскадов.

Для уменьшения фона переменного тока на среднюю точку N обмотки накала подается от выпрямителя через делитель, состоящий из сопротивлений R_5 и R_6 , постоянное напряжение порядка 10—12 в.

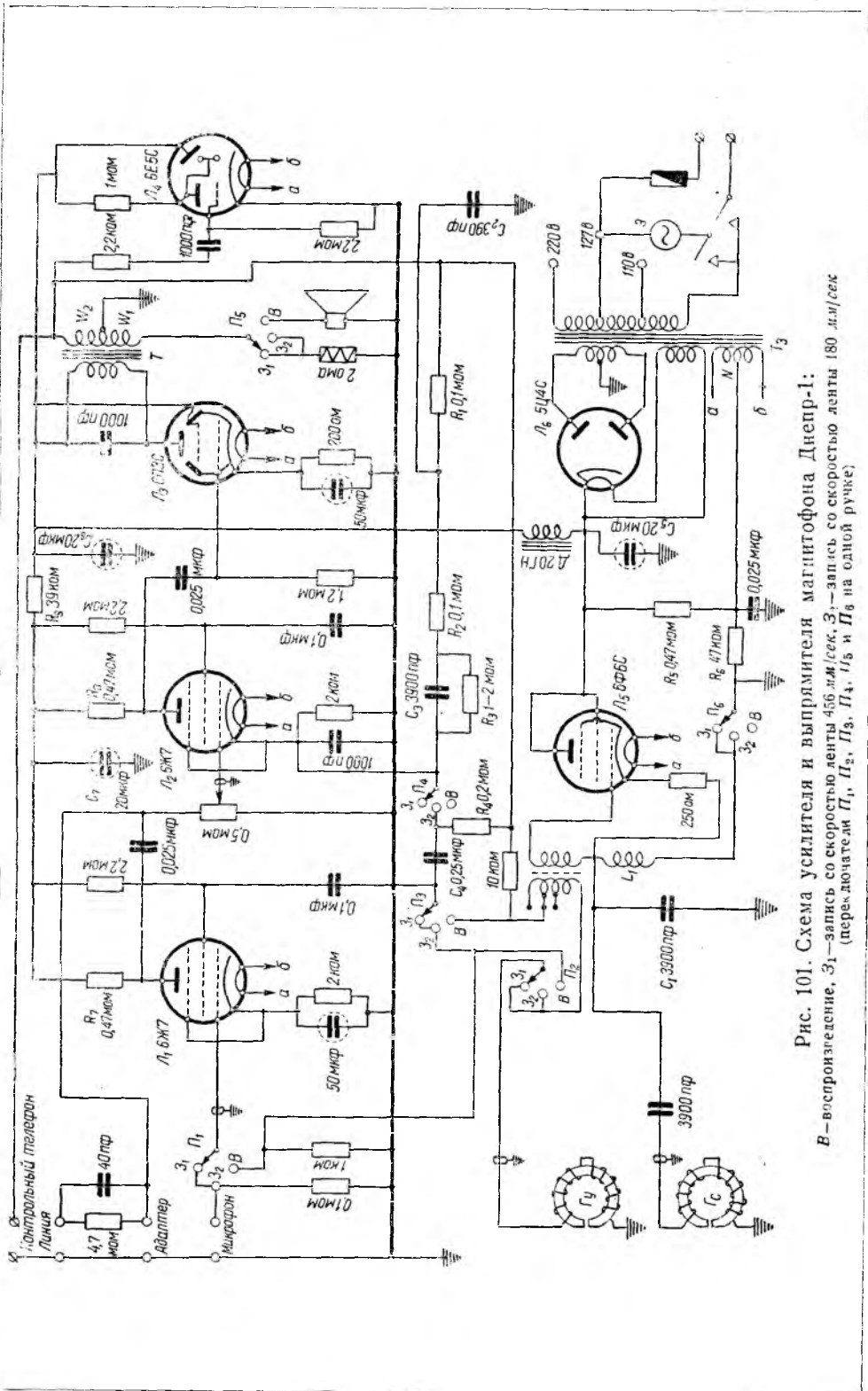


Рис. 101. Схема усилителя и выпрямителя магнитофона Днепр-1:
 В — воспроизведение, 3₁ — запись со скоростью ленты 456 мм/сек, 3₂ — запись со скоростью ленты 180 мм/сек
 (переключатель П₁, П₂, П₃, П₄, П₅ и П₆ на одной ручке)

Силовой трансформатор T_3 имеет отводы для включения в сеть с напряжением 110, 127 и 220 в. Электромотор Э магнитофона питается от отвода на 127 в. Этим достигается упрощение процесса переключения магнитофона на работу от сети переменного тока с разными напряжениями. Переключение осуществляется перестановкой предохранителей в гнезда, соответствующие отводам трансформатора.

Особенностью схемы усилителя магнитофона Днепр-1 является большой коэффициент усиления первых двух каскадов, получаемый за счет большой величины анодных нагрузок R_7 и R_8 ламп. Это обстоятельство требует тщательной экранировки деталей схемы и делает работу усилителя неустойчивой.

Выпрямитель собран по обычной двухполупериодной схеме на лампе 5Ц4С. Выпрямленное напряжение после фильтра, состоящего из дросселя D и конденсатора C_5 , имеет величину 320 в. Напряжение порядка 350 в, питающее генератор ультразвуковой частоты, снимается до фильтра, что является недостатком схемы, так как ток стирания и дополнительного ультразвукового подмагничивания головки записи оказывается модулированным вследствие плохой фильтрации выпрямленного напряжения.

По указанным причинам динамический диапазон магнитофона Днепр-1 весьма мал.

Первые два каскада усилителя получают питание через дополнительный фильтр с двумя конденсаторами C_6 и C_7 и сопротивлением R_9 .

Магнитофон Днепр-3

Вследствие ряда недостатков магнитофона Днепр-1 киевский Музкомбинат в 1952 г. приступил к производству новых магнитофонов Днепр-3.

Магнитофон Днепр-3 выполнен в виде деревянного фанерованного настольного ящика, закрываемого верхней крышкой.

Лентопротяжной механизм собран на литой плате. На передней панели укреплены динамический громкоговоритель и круглая застекленная шкала с оптическим индикатором в центре. На шкале при переводе ручки переключателя усилителя освещаются соответствующие надписи: „запись от микрофона“, „запись от звукоснимателя и радиоприем“, „воспроизведение“. На переднюю панель выведена ручка регулятора уровня записи и громкости при воспроизведении.

Технические показатели магнитофона Днепр-3 следующие:

- 1) кассеты вмещают 500 м магнитной ленты;
- 2) время непрерывной записи одного полного рулона ленты 43 мин.;
- 3) время перемотки 3—4 мин.;
- 4) скорость движения ленты 192,5 мм/сек;
- 5) частотная характеристика сквозного тракта записи и воспроизведения 100—5000 гц;
- 6) неравномерность частотной характеристики ± 3 дб;
- 7) уровень шумов —35 дб;
- 8) коэффициент гармоник при частоте 400 гц при номинальной мощности 3 вт не более 5%;
- 9) номинальное напряжение на входе „микрофон“ 2 мв, „звукосниматель“ 200 мв, „линия“ 3 в;

10) магнитофон рассчитан на работу от микрофона СДМ (число витков вторичной обмотки микрофонного трансформатора увеличено для повышения напряжения);

11) магнитофон рассчитан на работу от сети переменного тока напряжением 110, 127 и 220 в;

12) потребляемая от сети мощность 160 *вт*.

В магнитофоне Днепр-3 используется один электромотор ДВА-УЗ, асинхронный, конденсаторный, с числом оборотов 1430 в мин.

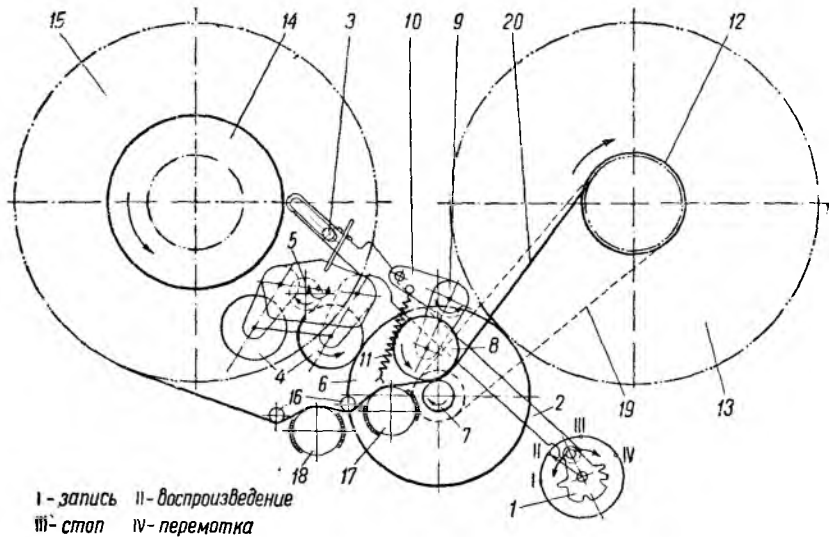


Рис. 102. Схема механизма магнитофона Днепр-3:

1—звездочка механического переключателя; 2—тяга; 3—стойка тяги; 4—перекидные ролики; 5—фрикционный ролик электромотора; 6—диск ведущего валика; 7—ведущий валик; 8—прижимной ролик; 9—верхний рычаг прижимного ролика; 10—нижний рычаг прижимного ролика; 11—пружина прижимного ролика; 12—шкив фрикционного устройства; 13—приемная кассета; 14—диск подающей кассеты; 15—подающая кассета; 16—направляющие столбчики; 17—универсальная головка; 18—головка стирания; 19—шнурок; 20—ферромагнитная лента

Как видно из рис. №102, на котором приведена схема механизма магнитофона, вращение вала электромотора, на котором находится фрикционный резиновый ролик 5, через промежуточные перекидные ролики 4 передается—при установке переключателя рода работы в положение „воспроизведение“ (II) или „запись“ (I)—на диск 6 ведущего валика 7. Лента 20 прижимается к ведущему валику 7 резиновым прижимным роликом 8 за счет натяжения спиральной пружины 11 рычагов 9 и 10 этого ролика. При этом лента 20 сматывается с кассеты 15, проходя мимо магнитных головок 18 и 17. Резиновый шнурок 19 передает вращение на шкив 12 фрикционного устройства приемной кассеты 13, чем осуществляется намотка ленты на правую кассету с необходимым проскальзыванием во фрикционном устройстве при увеличении диаметра наматываемого рулона.

При перематке ленты поворотом переключателя рода работы (в положение IV) тяга 2 перебрасывает перекидные ролики 4 в положение, при котором вал электромотора приводит во вращение диск 14 на валу левой подающей кассеты. В результате этого лента перематывается с правой кассеты на левую. Прижимной ре-

зиновый ролик δ выступом на тяге 2 отводится от ведущего валика 7 , чем обеспечивается свободное движение ленты.

Для обеспечения необходимого натяжения ленты при записи и воспроизведении в магнитофоне Днепр-3 применены тормозные колодки, прижимающиеся к диску 14 левой кассеты.

Стабилизатор скорости в магнитофоне не применяется.

Направляющие неподвижные столбики 16 обеспечивают дополнительное натяжение ленты.

Для записи и воспроизведения в магнитофоне Днепр-3 используется универсальный усилитель, схема которого дана на рис. 103. В усилителе работают три лампы: в первом и втором каскадах пентоды $6Ж7$, в оконечном каскаде — лучевой тетрод $6П6С$. Генератор ультразвуковой частоты собран на лампе $6Н7$ — двойном триоде.

При воспроизведении универсальная головка Γ_y присоединяется в усилителе непосредственно к сетке лампы первого каскада. В анодную цепь оконечного каскада включен выходной трансформатор T_1 , во вторичную обмотку которого включается при записи та же универсальная магнитная головка Γ_y . Вторичная обмотка выходного трансформатора имеет отвод для питания динамического громкоговорителя. От вторичной обмотки питается оптический индикатор (лампа $6Е5С$), в сеточную цепь которого включен выпрямитель B .

Коррекция при записи и воспроизведении осуществлена с помощью комбинированной отрицательной обратной связи по току и напряжению, подаваемой из анодной цепи оконечной лампы в катодную цепь второго каскада усилителя.

Ячейки корректирующих контуров K , состоящие из сопротивлений и емкостей, обеспечивают необходимый подъем низких и высоких частот при записи и воспроизведении. Дополнительный подъем на частотах 4 — 5 $кГц$ для компенсации ослабления высоких частот обеспечивается дополнительной обратной связью, подаваемой из анодной цепи выходного каскада через конденсаторы C_1 и C_2 непосредственно в цепь универсальной головки Γ_y . В этой цепи используется самоиндукция универсальной магнитной головки.

Генератор ультразвуковой частоты, работающий на лампе $6Н7$ по схеме с катодной связью, дает ультразвуковой ток с частотой 35 $кГц$.

В головку стирания Γ_c ультразвуковой ток поступает из цепи сетки через конденсатор C_3 , настраивающий цепь головки стирания в резонанс. Дополнительный ультразвуковой ток через универсальную головку проходит при записи через конденсатор C_4 из обмотки генератора, имеющей несколько отводов для подбора оптимальной величины этого тока.

В магнитофоне Днепр-3 используются две магнитные головки. Головка стирания Γ_c аналогична обычной головке стирания (число витков 2×75 , провод ПЭ-0,3, самоиндукция 2 $мгн$); она обеспечивает полное размагничивание магнитной ленты при токе 110 — 120 $ма$. Универсальная головка записи и воспроизведения Γ_y имеет обмотку из 2×1500 витков из провода ПЭ-0,09, самоиндукция $1,5$ $гн$.

Выпрямитель для питания усилителя магнитофона смонтирован на одном шасси с усилителем и состоит из силового трансформатора T_2 , кенотрона $5Ц4С$ и фильтра, в котором работают дроссель D и два конденсатора C_5 и C_6 .

Магнитофон Днепр-5

В 1954 г. магнитофон Днепр-3 был подвергнут модернизации, в результате чего киевский завод приступил к выпуску новой модели Днепр-5 (рис. 104).

Магнитофон Днепр-5 выполнен в виде настольного ящика и по своим габаритам меньше магнитофона Днепр-3.

Существенным отличием магнитофона Днепр-5 от ранее выпускавшихся магнитофонов типа Днепр является кнопочное управление, примененное вместо переключателя рода работы. Магнитофон имеет пять кнопок: „запись“, „воспроизведение“, „перемотка“, „ход вперед“ и „стоп“. Переход от одного рода работы на другой производится предварительным нажатием кнопки „стоп“ и последующим нажатием на соответствующую кнопку.

Магнитофон Днепр-5 рассчитан на работу от динамического микрофона СДМ, трансляционной сети и звукоусилителя.

Технические данные магнитофона Днепр-5 следующие:

1) длина ленты в полной кассете 500 м;

2) скорость движения ленты 192,5 мм/сек;

3) время перемотки полной кассеты 3 мин.;

4) время ускоренной перемотки вперед 3 мин.;

5) диапазон записываемых и воспроизводимых частот 100—5000 гц с отклонениями ± 3 дб;

6) уровень шумов —35 дб;

7) коэффициент гармоник при номинальной мощности 3 вт не более 5%;

8) номинальный уровень на гнездах „микрофон“ 2 мв, „звукоусилитель“ 200 мв, „линия“ 10 в;

9) магнитофон рассчитан на питание от сети переменного тока напряжением 110, 127 и 220 в;

10) потребляемая от сети мощность около 100 вт.

В лентопротяжном механизме магнитофона работает один электромотор ДВА-У4, питаемый от сетевой обмотки 220 в силового трансформатора. Этим обеспечивается простое переключение магнитофона на работу от сети переменного тока напряжением 110, 127 и 220 в.

Кнопки управления при нажатии действуют на пружинные контактные пластины, осуществляющие электрические соединения с электромотором и переключение универсальной головки и усилителя на запись или воспроизведение. Одновременно при нажатии той или иной кнопки с помощью стального тросика производится прижатие резинового ролика к ведущему валу при записи и воспроизведении, а также сцепление шкива на валу электромотора с роликом, передающим вращение шкива электромотора на шкив левой кассеты при перемотке; при этом колодочный тормоз левой



Рис. 104. Внешний вид магнитофона Днепр-5

кассеты отжимается от шкива и обеспечивает свободное вращение левой кассеты.

При нажатии кнопки „ход вперед“ осуществляется ускоренная перемотка ленты вперед. Одновременно с включением электромотора правая кассета освобождается от проскальзывания в фрикционном сцеплении, чем обеспечивается быстрая перемотка ленты вперед.

Рассмотрим работу механизма магнитофона Днепр-5 при записи или воспроизведении. При нажатии кнопки „запись“ или „воспроиз-

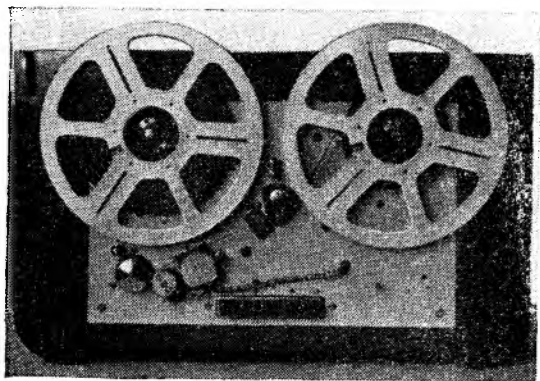


Рис. 105. Вид верхней панели магнитофона Днепр-5

ведение“ электромотор, на оси которого укреплены шкив и ведущий валик, получает питание переменным током и начинает вращаться. Прижимной резиновый ролик прижимает ферромагнитную ленту к ведущему валику диаметром 5,15 мм, чем обеспечивается продвижение ленты с постоянной скоростью. При помощи бесконечного резинового ремешка, соединяющего шкив электромотора с фрикционным устройством на оси приемной правой кассеты, обеспечивается намотка ленты на приемную кассету. Изменение числа оборотов этой

кассеты, вызванное увеличением диаметра рулона намотанной на ней ленты, обеспечивается проскальзыванием в фрикционном устройстве.

Для остановки механизма и при необходимости перехода от одного вида работы к другому (например, от записи к перемотке, от перемотки к воспроизведению) должна быть нажата кнопка „стоп“. При этом электромотор выключается, стальной тросик этой кнопки натягивается и затормаживает правую кассету. Одновременно ранее нажатая кнопка освобождается из фиксатора и приходит в исходное положение, приводя в готовность все остальные кнопки.

В лентопротяжном механизме для уменьшения детонации используется стабилизатор скорости. Для уменьшения влияния эксцентриситета ведущего валика универсальная головка записи и воспроизведения размещена в непосредственной близости от стабилизатора скорости (рис. 105).

В магнитофоне используется универсальный усилитель для записи и воспроизведения. Схема усилителя (рис. 106) отличается от ранее выпускавшихся усилителей для магнитофонов типа Днепр.

В усилителе работают три лампы. Первый и второй каскады собраны на двойном триоде 6Н9С. Третий каскад собран на одной половине лампы 6Н8С; вторая половина этой лампы является генератором тока ультразвуковой частоты. В оконечном каскаде работает лучевой тетрод 6П6С.

Уровень записи и воспроизведения указывается оптическим индикатором (лампа 6Е5С).

Коррекция частотной характеристики производится отрицательной обратной связью, подаваемой (через настраиваемый на частоту

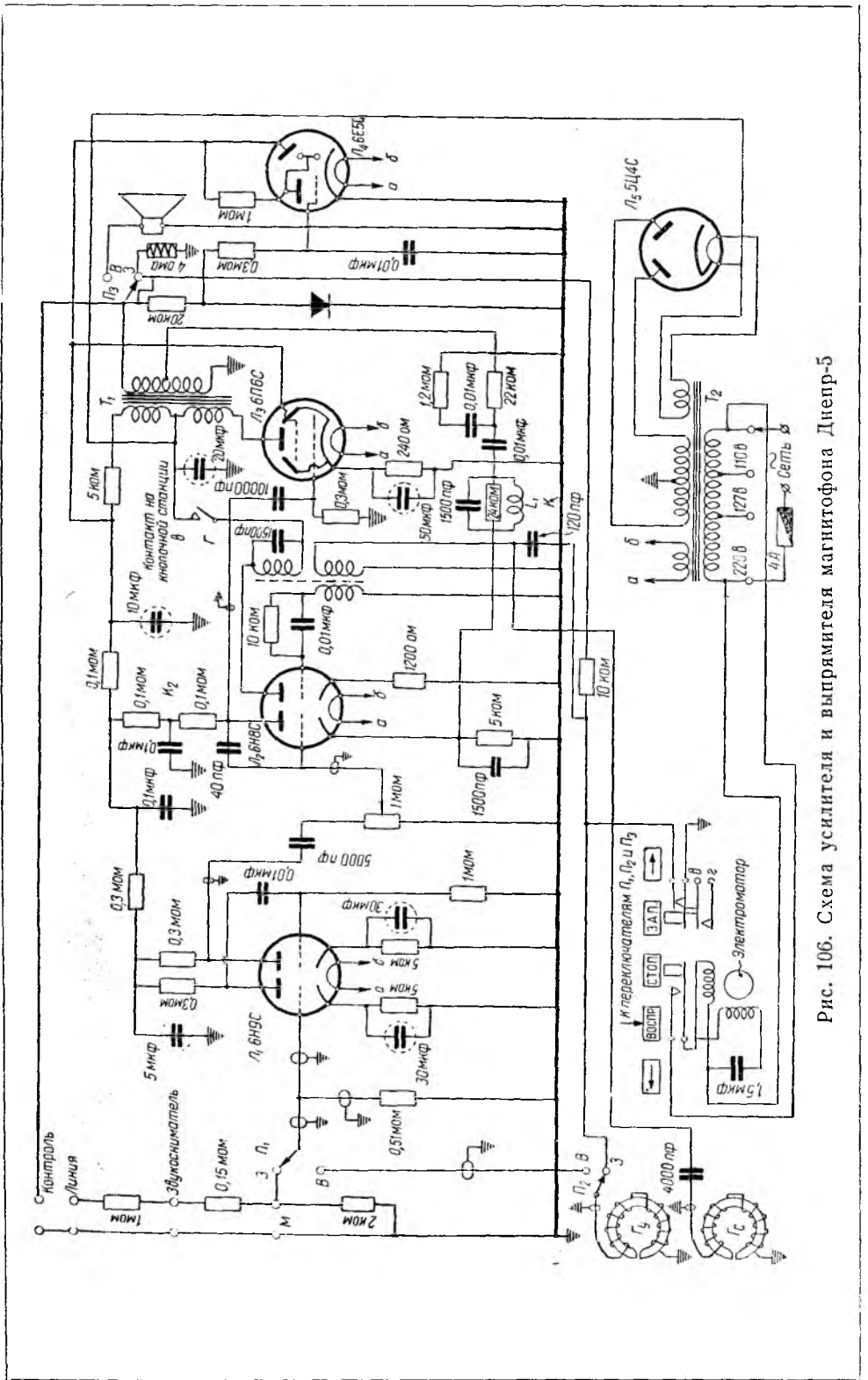


Рис. 106. Схема усилителя и выпрямителя магнитофона Днепр-5

подъема контур K_1) из цепи вторичной обмотки выходного трансформатора в цепь катода третьего каскада. Низкие частоты поднимаются контуром K_2 в анодной цепи третьего каскада.

Выходной трансформатор T_1 имеет первичную обмотку, состоящую из двух частей; часть обмотки этого трансформатора используется как дроссель фильтра выпрямителя.

Выпрямитель в отличие от ранее выпускавшихся для магнитофона типа Днепр собран на отдельном шасси и состоит из силового трансформатора T_2 и кенотрона 5Ц4С.

Магнитные головки аналогичны ранее описанным и применяемым в магнитофоне Днепр-3.

§ 5. Аппаратура для звуковоспроизведения в театрах

Существует большое разнообразие типов мощных усилителей и громкоговорителей, которые используются для воспроизведения всех видов звукозаписи, в том числе и магнитной звукозаписи. Ознакомление со всеми типами аппаратуры звуковоспроизведения, применяющейся в театрах, выходит за рамки данной книги. Поэтому здесь приводится только краткое описание типов высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуры, наиболее пригодной для звукового оформления спектаклей.

Звуковоспроизводящая аппаратура КЗВТ-3

Аппаратура КЗВТ-3 выпускается специально для высококачественного звуковоспроизведения в больших кинотеатрах, театрах и концертных залах. Эта аппаратура отличается тем, что она построена по сквозному двухполосному принципу. Усилители и громкоговорители комплекта рассчитаны на раздельное воспроизведение низкочастотной и высокочастотной полос звукового диапазона.

Благодаря двухполосному принципу в аппаратуре КЗВТ-3 по сравнению с обычной широкополосной аппаратурой достигнуты следующие основные преимущества:

- 1) значительно расширен диапазон воспроизводимых частот;
- 2) снижены нелинейные искажения во всем рабочем диапазоне частот, включая самые низкие и самые высокие звуковые частоты;
- 3) получена возможность широкого изменения тембра звучания путем раздельного регулирования усиления низкочастотного и высокочастотного усилителей.

Аппаратура КЗВТ-3 обладает кроме перечисленных многими другими преимуществами, значительно улучшающими качество звуковоспроизведения.

На рис. 107 приведена упрощенная структурная схема аппаратуры КЗВТ-3. Сигнал от фотокаскада поступает на общий регулятор усиления. С этого регулятора усиливаемое напряжение подводится к управляющей сетке не показанной на чертеже электронной лампы, работающей в схеме с катодным выходом. Далее сигнал проходит через добавочный регулятор усиления, который установлен в зале и служит для дистанционного регулирования громкости звуковоспроизведения. После этого сигнал подводится к двум специальным каскадам, разделяющим диапазон звуковых частот на две полосы — низкочастотную и высокочастотную. На входе разделительного каскада высокочастотной полосы имеется регулятор, с помощью которого

можно изменять соотношение между низкими и высокими частотами для регулирования тембра звучания. Разделительные каскады не дают усиления сигнала, а только делят диапазон на частоте 550 гц. Особенностью разделительных каскадов являются мосты, составленные из сопротивлений и конденсаторов.

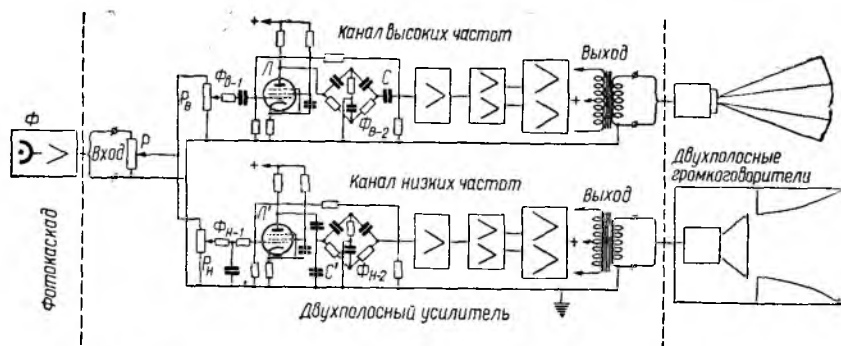


Рис. 107. Упрощенная структурная схема аппаратуры КЗВТ-3

Эти мосты охвачены цепями отрицательной обратной связи в разделительных каскадах. Кроме мостов имеются дополнительные корректирующие элементы. Подробное рассмотрение работы разделительных каскадов выходит за рамки данной книги. Следует только отметить, что в результате действия мостов в цепях обратной связи и влияния дополнительных корректирующих элементов

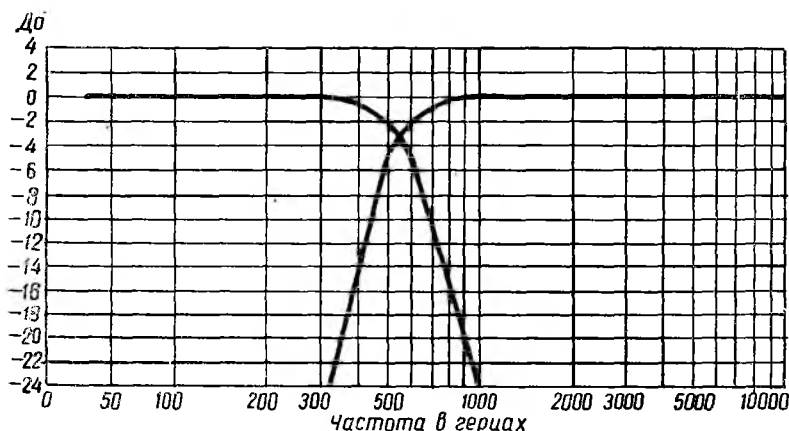


Рис. 108. Частотные характеристики каналов аппаратуры КЗВТ-3

каждый из каскадов пропускает ту полосу частот, на которую он рассчитан, как это показано на рис. 108.

Дальнейшее усиление осуществляется двумя полосными усилителями, один из которых рассчитан на усиление низких (40—550 гц), а другой высоких частот (550—10 000 гц) звукового диапазона.

Усилители в аппаратуре КЗВТ-3 обладают следующими основными характеристиками:

1) номинальная выходная мощность 40 вт при коэффициенте гармоник не более 2% во всем рабочем диапазоне частот;

2) пиковая выходная мощность 100 *вт* при коэффициенте гармоник не более 4% во всем рабочем диапазоне частот;

3) рабочий диапазон частот 40—10 000 *гц* при неравномерности характеристики не более 6 *дб*;

4) уровень собственных помех лежит на 60 *дб* ниже номинальной выходной мощности;

5) входная чувствительность со входа микрофонного усилителя 500 *мв*;

6) входная чувствительность со входа фотокаскада около 200 *мв*;

7) номинальное сопротивление (при мощности 20 *вт*) нагрузки выхода низкочастотного усилителя 12 *ом* на частоте 200 *гц*;

8) номинальное сопротивление (при мощности 20 *вт*) нагрузки выхода высокочастотного усилителя 20 *ом* на частоте 2000 *гц*.

Усилители аппаратуры КЗВТ-3 смонтированы на стойке. Верхний блок имеет две панели. На верхней панели блока смонтированы каскады предварительного усиления, вольтметр, контролирующий напряжение питания, и входной регулятор усиления. На этой же панели размещены регулятор высокочастотного усилителя, выключатель коррекции высоких частот и переключатель входа, допускающий либо работу от фотокаскадов, устанавливаемых на кинопроекторах, либо от линии, идущей от микрофонного усилителя или от магнитофона. На нижней панели этого же блока размещены предоконечные и оконечные каскады низкочастотного и высокочастотного усилителей, прибор с переключателем для контроля режимов ламп и указатель пиковой нагрузки усилителей (пикиндикатор).

На панели второго сверху блока расположен контрольный усилитель, специально рассчитанный для работы на контрольный громкоговоритель комплекта. Этот усилитель имеет собственный выпрямитель и регулятор усиления, с помощью которого устанавливается нужная громкость звучания контрольного громкоговорителя. На панели контрольного усилителя размещены переключатели выходной коммутации, позволяющие переключать выходы усилителей с основных громкоговорителей (зал) на добавочные (фойе).

На следующей, средней, панели смонтированы выпрямители, питающие основной усилитель, и электронный стабилизатор напряжения.

Вторая снизу панель содержит автотрансформатор с переключателем и два низковольтных газотронных выпрямителя. Один выпрямитель питает катушки возбуждения (подмагничивания) громкоговорителей, другой используется для питания ламп просвечивания кинопроекторов. Оба выпрямителя имеют отдельные выключатели.

Имеющиеся в аппаратуре автотрансформаторы позволяют получить номинальное напряжение питания усилителей (110 *в*) при колебаниях напряжения в питающей сети в пределах 85—130 или 170—230 *в*.

На нижней панели стойки смонтированы расшивочные планки с контактами для подключения линий внешнего монтажа.

В один полный комплект аппаратуры КЗВТ-3 входят две одинаковые стойки, одна из которых является резервной. Резервную стойку можно использовать самостоятельно в качестве второго канала для озвучивания, так как имеющиеся на этой стойке усилители весьма надежны в работе, а эксплуатационная нагрузка в театральной практике сравнительно невелика.

В комплекте аппаратуры КЗВТ-3 предусмотрены три отдельных фотокаскада, устанавливаемых на кинопроекторах для воспроизведения фотографических фонограмм. Кроме того, по отдельному заказу завод-изготовитель поставляет микрофонный усилитель с радиоприемником и проигрывателем граммофонных пластинок (типа 7-ШП).

Специальных предварительных усилителей для воспроизведения магнитной звукозаписи комплекты аппаратуры КЗВТ-3 не имеют. Поэтому при работе с магнитофонами необходимо использовать имеющиеся в них предварительные усилители для воспроизведения.

Выходы магнитофонов соединяются с контактами на расшивочной панели стойки аппаратуры КЗВТ-3. Если магнитофоны имеют симметричные выходы своих усилителей, то полярность включения

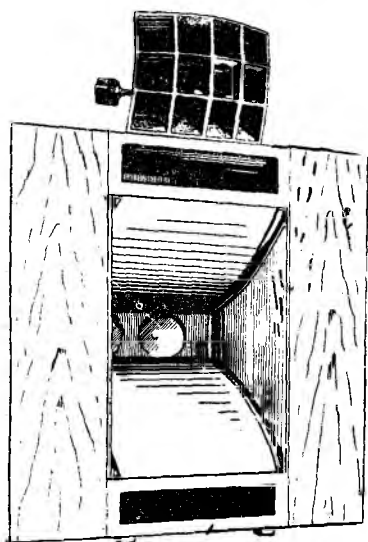


Рис. 109. Внешний вид двухполосного громкоговорителя 30А-9

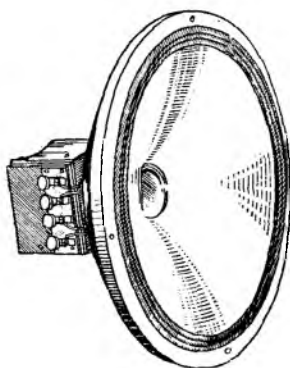


Рис. 110. Низкочастотный громкоговоритель (головка) 2А-9

проводов значения не имеет. Для нормальной нагрузки магнитофонных усилителей следует к линии подключить сопротивление величиной 600 ом . При использовании магнитофонов других типов необходимо соблюдать полярность включения соединительной линии. В случае работы с магнитофоном МАГ-5 вход аппаратуры КЗВТ-3 соединяется с выходом предварительного усилителя для воспроизведения (гнезда „телефон“ на панели лентопротяжного механизма, рис. 85 и 89) посредством короткого отрезка малоемкостного кабеля (например, телевизионного).

В комплект аппаратуры КЗВТ-3 входят высококачественные двухполосные громкоговорители 30А-9, внешний вид которых приведен на рис. 109. Низкочастотную часть звукового диапазона (от 40 до 550 гц) воспроизводит специальная головка 2А-9, отдельно показанная на рис. 110. Особенности данных головок являются большие размеры диффузора (350 мм) и эластичный подвес подвижной системы. В системе возбуждения применен постоянный магнит. Сопротивление звуковой катушки постоянному току равно 12 ом . Номинальная мощность головки 2А-9 составляет 10 ва .

Низкочастотные головки монтируются в специальных деревянных рупорах. Передние стороны диффузоров двух головок 2А 9 непосредственно излучают звук через рупор экспоненциальной формы, встроенный в прямоугольный ящик (см. рис. 109). Внутренние объемы ящика образуют задние камеры, имеющие два симметрично расположенных отверстия. Такая конструкция рупора позволяет использовать излучение обратных сторон подвижных систем головок. С целью улучшения воспроизведения самых низких частот к рупору прикрепляются боковые деревянные щиты. Конструкция рупора допускает легкий доступ к головкам через откидную крышку и в случае необходимости быструю их смену.

В комплект аппаратуры КЗВТ-3 входят два низкочастотных рупора, в каждом из которых монтируется по две головки 2А-9. Общее количество одновременно работающих низкочастотных головок равно четырем.

Высокочастотная часть звукового диапазона (от 550 до 10 000 гц) воспроизводится высокочастотными головками 1А-13.

Магнитная система головки 1А-13 имеет низковольтное (25 в) возбуждение. Мощность тока возбуждения около 30 *вт*. Сопротивление звуковой катушки постоянному току 14,5 *ом*; полное сопротивление переменному току на средних частотах 22 *ом*. Номинальная мощность звуковой частоты 10 *ва*.

Головка 1А-13 своим флянцем ввинчивается в специальный высокочастотный металлический рупор, составленный из двенадцати отдельных экспоненциальных рупоров. Такое секционирование рупоров увеличивает угол излучения звуков высоких частот и способствует равномерному их распределению по площади зрительного зала. Однако, несмотря на большой угол излучения, высокочастотные рупоры обладают некоторой направленностью, позволяющей ориентировать зону наибольшей громкости на нужную часть зала. С этой целью в конструкции предусмотрены устройства, допускающие изменения углов наклона высокочастотных рупоров.

Громкоговорители аппаратуры КЗВТ-3 обладают высокой чувствительностью, что в сочетании с большой мощностью усилителей позволяет получать значительную акустическую мощность. Достаточно сказать, что пиковая акустическая мощность аппаратуры КЗВТ-3 превосходит акустическую мощность большого органа. Такое свойство аппаратуры КЗВТ-3 весьма полезно во многих случаях звукового сопровождения спектаклей, когда шумы должны воспроизводиться с большой мощностью (например, при имитации батальных сцен и т. п.).

Звуковоспроизводящая аппаратура КУСУ-52

Эта аппаратура значительно отличается от аппаратуры КЗВТ-3. В аппаратуре КУСУ-52, как и в аппаратуре КЗВТ-3, применяются двухполосные громкоговорители, однако разделение частотного диапазона на две полосы осуществляется не на входе усилителя, а на выходе при помощи специального разделительного фильтра.

Усилитель аппаратуры КУСУ-52 в основном предназначен для воспроизведения фотографических фонограмм и граммофонной записи, однако он способен достаточно хорошо воспроизводить и магнитную запись. Конструктивно усилитель оформлен в виде небольшого настенного ящика, внешний вид которого приведен на рис. 111.

В аппаратуре КУСУ-52 применены двухполосные громкоговорители 30А-3, рассчитанные на частоту разделения 850 *гц*. Повышение частоты разделения с 550 *гц* (в аппаратуре КЗВТ-3) до 850 *гц* позволило резко сократить размеры высокочастотного рупора, который в громкоговорителе 30А-3 имеет небольшие

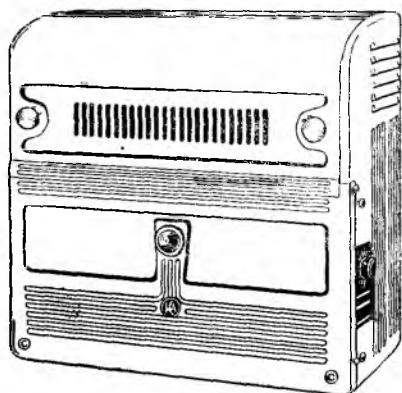


Рис. 111. Усилитель аппаратуры КУСУ-52

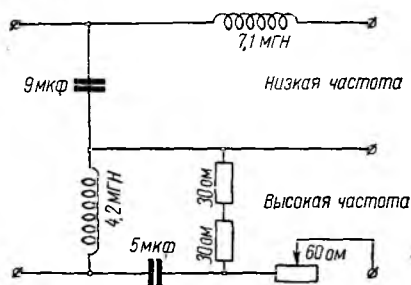


Рис. 112. Схема разделительного фильтра в аппаратуре КУСУ-52

габариты. Правда, уменьшение габарита при одновременном повышении частоты разделения снизило качество аппаратуры КУСУ-52. В этом громкоговорителе использованы низкочастотная головка 2А-9 и высокочастотная головка 1А-13. Низкочастотная головка

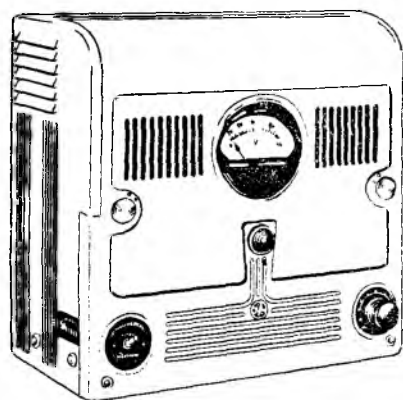


Рис. 113. Блок питания аппаратуры КУСУ-52

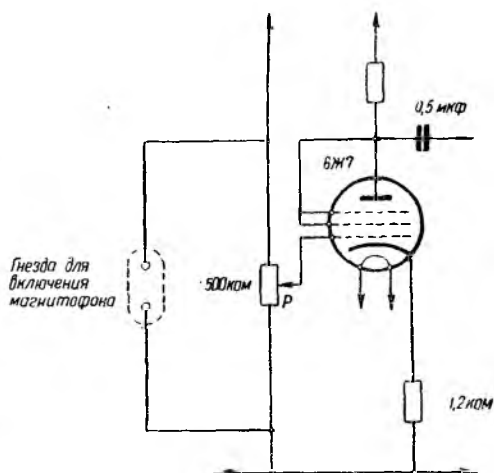


Рис. 114. Схема включения магнитофона в усилитель аппаратуры КУСУ-52

работает с акустическим инвертором фазы, улучшающим воспроизведение низких частот при небольшом габарите ящика. Высокочастотная головка сопрягается с малогабаритным рупором, собранным из шести отдельных экспоненциальных рупоров.

Разделение частот звукового диапазона на две полосы осуществляется специальным фильтром, схема которого приведена на рис. 112. Этот фильтр включается между выходом усилителя и двумя

громкоговорителями 30А-3. Последовательно с высокочастотными головками включено переменное сопротивление, которое используется для взаимного балансирования отдачи низкочастотных и высокочастотных громкоговорителей. Балансирование необходимо потому, что чувствительность высокочастотных головок превышает чувствительность низкочастотных.

Для питания возбуждения головок 1А-13 в комплекте аппаратуры КУСУ-52 имеется специальный селеновый выпрямитель. Кроме того, в комплект входит газотронный выпрямитель для питания ламп просвечивания звуковых блоков кинопроекторов, конструктивно (рис. 113) объединенный с автотрансформатором сетевого питания и контрольным прибором. Благодаря наличию автотрансформатора нормальная работа комплекта аппаратуры КУСУ-52 обеспечивается при изменении напряжения питающей сети в пределах от 85 до 130 в и от 170 до 230 в.

При использовании комплекта аппаратуры КУСУ-52 для воспроизведения магнитной записи звука выходы магнитофонов не следует включать на гнезда граммофонного звукоснимателя, так как при этом возможны перегрузка первого каскада усилителя и возникновение значительных нелинейных искажений. Магнитофон следует включать параллельно установочному регулятору усиления P ; с этой целью на корпусе усилителя нужно установить добавочные гнезда, соединенные со схемой согласно рис. 114.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ
**ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОЗАПИСИ
В ЗВУКОВОМ ОФОРМЛЕНИИ СПЕКТАКЛЯ**

§ 1. Оборудование аппаратных в театрах

Успех применения звукозаписи в театрах зависит от соблюдения двух основных условий:

1) качество звука, передаваемого системой записи и воспроизведения, должно быть достаточно высоким;

2) необходима полная безотказность аппаратуры в работе.

Звуковое оформление сопровождается звучанием основного действия спектакля (речь актеров, пение, музыку и т. п.). При непосредственном сравнении звучания, воспроизводимого аппаратурой, с естественными звуками спектакля легко обнаруживаются частотные, нелинейные и другие виды искажений, имеющие место при звукозаписи и звуковоспроизведении. Если эти искажения велики, то даже малоискушенный зритель легко замечает „подделку“. Поэтому качество, которое является достаточным для радиовещания и кинематографии, часто оказывается недостаточным для театральной практики, предъявляющей значительно более высокие требования к аппаратуре записи и воспроизведения звука. Этим высоким требованиям отвечает современная техника магнитной звукозаписи, расширившая возможности звукового оформления спектакля.

Второе из приведенных условий относится к эксплуатационным требованиям, предъявляемым к аппаратуре. Однако оно имеет большое принципиальное значение. Если звуковое оформление спектаклей будет прерываться из-за каких-либо неполадок в аппаратуре, то это чрезвычайно резко отразится на восприятии зрителями спектакля. Опыт показывает, что перерывы в звучании при просмотре киносеанса или при прослушивании радиопередачи не так опасны, как неполадки в звуковом оформлении спектакля. Поэтому полная надежность аппаратуры записи и воспроизведения звука в условиях театральной практики совершенно необходима.

Следует отметить еще одну особенность эксплуатации аппаратуры в театре. Переход на резервную аппаратуру в случае, если в основной наблюдаются те или иные неполадки, возможен только перед началом спектакля или во время перерывов между действиями. Всякие переключения во время действия недопустимы, так как это не может остаться незамеченным и повредит спектаклю в целом.

Таковы главнейшие условия применения записи и воспроизведения звука в театральной практике, которые определяют выбор необходимой аппаратуры и оборудования.

На рис. 115 приведена одна из возможных структурных схем использования аппаратуры записи и воспроизведения звука в театре.

Здесь 1 — магнитофон, 2 — усилитель для воспроизведения, 3 — громкоговорители, 4 — регулятор громкости звуковоспроизведения, 5 — микрофон для записи шумов, музыки и других звуковых эффектов, 6 — микрофонный усилитель. 7 — регулятор усиления микрофонного усилителя, 8 — проигрыватель граммофонных пластинок, 9 — переключатель. Магнитофон, усилитель для воспроизведения и микрофонный усилитель с его регулятором располагаются в специальном помещении — аппаратной, которая может быть одновременно и помещением для трансляционного узла. Громкоговорители размещаются на сцене. Регулятор громкости звуковоспроизведения, как правило, следует монтировать в зрительном зале или

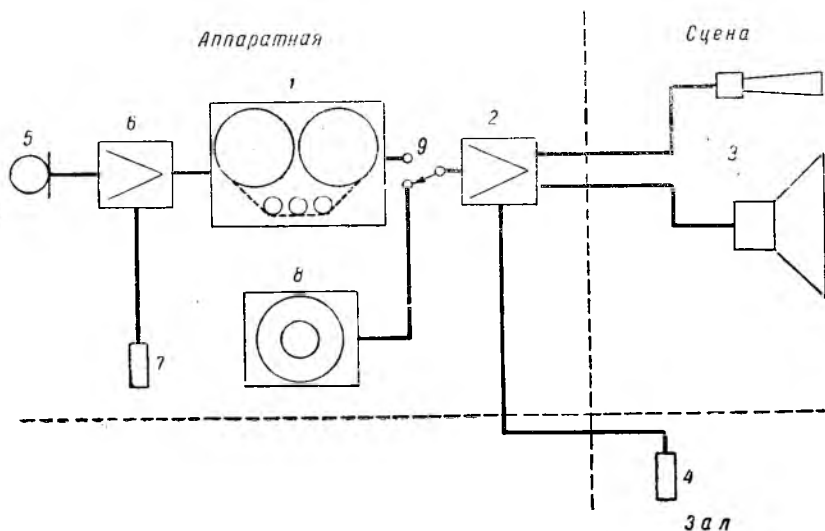


Рис. 115. Структурная схема оборудования аппаратной в театре

на пульте помощника режиссера на сцене. Микрофон обычно не имеет постоянного местоположения; по мере надобности его можно ставить в специальном ателье, на сцене, в зрительном зале или в другом помещении, из которого производится запись. В соответствии с этим в проекте монтажа аппаратной предусматривается необходимое количество микрофонных линий и их коммутация.

На структурной схеме на рис. 115 показан один канал записи и воспроизведения. Как правило, в театре должно быть не менее двух полных каналов, один из которых является рабочим, а другой резервным. В крупных театрах следует иметь три или четыре канала для одновременного воспроизведения нескольких звуковых эффектов в спектаклях со сложным оформлением.

Выбирать аппаратуру надо в соответствии с вышеприведенными основными условиями. Однако во многих случаях приходится учитывать также и экономические вопросы.

В крупных театрах в качестве аппаратуры звуковоспроизведения следует применять комплекты I класса типа КЗВТ-3, специально предназначенные для высококачественного звуковоспроизведения в зрительных залах с большой вместимостью. Достоинством данной аппаратуры является большая мощность при малых нелинейных искажениях во всем диапазоне воспроизводимых частот.

В театрах со средней вместимостью также желательно применять магнитофоны и аппаратуру воспроизведения I класса. Наряду с этим здесь можно использовать и более дешевую аппаратуру II класса, которая при правильной эксплуатации обеспечит вполне удовлетворительное качество звукового оформления. К такой аппаратуре относятся комплекты аппаратуры КУСУ-52 для средних по вместимости залов. В небольших театрах можно также использовать магнитофоны совместно с облегченными, воспроизводящими звук комплектами аппаратуры КУСУ-50 или КУСУ-48. Аппаратура звуковоспроизведения КУСУ-48, КУСУ-50 и КУСУ-52 значительно проще и дешевле аппаратуры I класса, а потому более доступна большинству небольших и средних театров.

В настоящее время широкое распространение получили магнитофоны III и IV классов; они весьма полезны в репетиционной работе актеров. С их помощью можно озвучивать отдельные сцены в спектаклях, где не требуется высокой точности воспроизведения шумов, со всеми нюансами; особенно большое значение имеют эти аппараты для коллективов художественной самодеятельности, клубов и т. п. Кроме того, такие магнитофоны полезны при звуковом оформлении выездных спектаклей, когда необходима легко транспортируемая аппаратура.

Аппаратура II и III классов может применяться и в крупных театрах. В оборудовании многоканальной аппаратной записи и воспроизведения звука нет необходимости иметь все каналы одинаковыми, I класса. Достаточно иметь один-два канала I класса. Другие могут быть составлены из аппаратуры II и даже III классов, так как они предназначаются для воспроизведения второстепенных звуковых эффектов, не требующих высокого качества звучания и сопровождающих работу основного канала. Разумеется, подбор аппаратуры, а также выбор количества каналов следует делать в соответствии с основными задачами театра.

В театральной практике широкое распространение получила аппаратура, используемая для трансляции спектакля по артистическим уборным и другим вспомогательным помещениям. Кроме того, театральные трансляционные узлы обеспечивают связь помощника режиссера и машиниста сцены с артистическим и техническим персоналом. Обычно аппаратура трансляционных узлов одновременно используется и для целей звукового оформления спектаклей. Бесспорно, что такая практика двойного использования имеющейся в театрах аппаратуры выгодна экономически и эксплуатационно. Однако качество звукового оформления при этом получается низким, что во многих случаях вынуждает режиссеров и звукооформителей отказываться от звукозаписи и применять обычные методы звукового оформления спектаклей. Выпускаемая для трансляции обычная усилительная аппаратура не обладает необходимыми высокими качественными характеристиками. Кроме того, усилительная аппаратура для трансляционных узлов не комплектуется громкоговорителями, предназначенными для высококачественного звуковоспроизведения в больших помещениях. Широко практикуемый подбор громкоговорителей из случайных образцов не может дать желаемого результата, что является также одной из причин ограниченного до сих пор использования звукозаписи для звукового оформления спектаклей.

Наряду с воспроизведением звука в театральной практике часто возникает необходимость проведения записей непосредственно

со сцены или из других помещений театра. В таких случаях качество получающихся записей во многом зависит от правильного выбора типа микрофона и от качества предварительных микрофонных усилителей. Лучшие результаты можно получить при работе с конденсаторными и комбинированными микрофонами. Динамические (ленточные и катушечные) микрофоны всех типов обладают несколько худшими характеристиками.

Некоторые типы магнитофонов не имеют предварительных усилителей и не рассчитаны для работы непосредственно с микрофонами. Поэтому для проведения записей с микрофонов приходится в этих случаях использовать микрофонные усилители от другой аппаратуры. Качество предварительных микрофонных усилителей существенно отражается на качестве записи, что следует учитывать при выборе типа микрофонного усилителя. Наилучшими качественными показателями обладают предварительные усилители, выпускаемые для радиовещательных студий. Хорошие результаты дает использование так называемых микшерских усилителей от звукозаписывающей аппаратуры, используемой на киностудиях. Предварительные микрофонные усилители от трансляционной аппаратуры можно использовать только в крайних случаях, когда нет более доброкачественной аппаратуры.

Аппаратуру звукозаписи и звуковоспроизведения следует монтировать стационарно, в специальных аппаратных. Как показывает опыт, применение всевозможных передвижных аппаратов, не имеющих постоянно закрепленного монтажа внешних цепей (входных и выходных линий), приводит к неполадкам. Стационарный монтаж значительно повышает надежность работы аппаратуры.

Располагать аппаратуру следует в помещении, имеющем удобное сообщение со сценой. Во многих случаях техники вынуждены производить перемещение громкоговорителей в коротких перерывах между действиями спектакля. Отдаленность аппаратной от сцены создает неудобство для обслуживающего персонала, что может быть существенной помехой в работе. В то же время при выборе помещения для аппаратной необходимо учитывать чувствительность аппаратуры воспроизведения, и в особенности аппаратуры магнитной записи звука, к внешним электромагнитным полям. Театры имеют мощную и разветвленную сеть электропроводок, питающую осветительную систему сцены. Кроме того, почти всегда имеется подстанция со значительным количеством трансформаторов. Близость аппаратной записи и воспроизведения к подстанции или к кабелям питания осветительной арматуры сцены может создать значительные помехи в работе аппаратуры.

Располагать аппаратуру записи и воспроизведения в выбранном помещении следует с учетом удобства работы с ней и ее контроля. В остальном требования к монтажу аппаратной в театре не отличаются от существующих норм оборудования трансляционных узлов и норм оборудования кинотеатров.

Расположение громкоговорителей является одним из наиболее сложных вопросов технической подготовки в организации звукового оформления спектаклей. Известно, что расположение громкоговорителей приходится подбирать в зависимости от акустических свойств зрительных залов. В то же время наличие большого количества декораций, меняющихся на протяжении спектакля, не позволяет найти постоянное расположение громкоговорителей, которые почти всегда оказываются закрытыми большим количеством

вом драпировок и других частей декораций сцены. Кроме того, часто возникает необходимость перемещения громкоговорителей в ту часть сцены, откуда должны исходить звуки (например, шум города, доносящийся через открытое окно, имитация работы радиоприемника, стоящего у стены в комнате, и т. п.).

Как показывает опыт, следует монтировать громкоговорители на специальных тележках-подставках, допускающих легкое перемещение громкоговорителей по всей площади сцены. Конструкция тележек должна быть рассчитана на длительную эксплуатацию с учетом ежедневного и многократного перемещения по сцене. Соединение громкоговорителей с аппаратной должно выполняться гибким и прочным кабелем, способным выдерживать всевозможные механические воздействия. Разделка концов соединительных кабелей должна обеспечивать быстрое и надежное его включение с полной защитой от возможных перепутываний схемы соединений. В отдельных случаях возникает необходимость подъема громкоговорителей вверх до уровня первой рабочей галереи. Поднимать громкоговорители можно с помощью имеющихся в оборудовании сцены подъемных устройств, для чего в конструкции оформления громкоговорителей следует предусмотреть крепления для подъемных тросов.

Кроме основных громкоговорителей на сцене рекомендуется размещать некоторое количество небольших (трансляционного типа) громкоговорителей в зрительном зале, например в осветительских ложах, по периметру ярусов зала или же в оркестре. Количество таких добавочных громкоговорителей зависит от размеров и конструкции зрительного зала (от 10 до 50 штук). Разумеется, громкоговорители следует тщательно замаскировать, чтобы они не были видны зрителям.

Если добавочные громкоговорители включить одновременно с основными, то можно получить эффект „наполнения“ зала звуками (например, пением птиц, шумом сказочного леса, шумом морского прибоя и т. п.). Рассредоточенные по залу небольшие громкоговорители позволяют повысить художественный эффект звукового оформления спектаклей, если подобрать нужное соотношение уровней громкости основных и добавочных громкоговорителей и правильно скорректировать частотные характеристики усилителей для воспроизведения.

Для регулирования громкости следует использовать пульт дистанционного управления воспроизведением. Расположить пульт управления лучше всего в зрительном зале в одной из свободных лож. Регулирование можно осуществлять из ложи осветителей. Если смонтировать пульт в зале не представляется возможным, то его следует поместить на сцене в непосредственной близости от пульта помощника режиссера, ведущего спектакль. Важно, чтобы с места расположения пульта хорошо прослушивалось звуковое сопровождение, иначе регулирование громкости будет ошибочным.

Система дистанционного управления регуляторами громкости зависит от конструктивных особенностей звуковоспроизводящей аппаратуры. Усилители для кинотеатров комплектуются дистанционными регуляторами, однако протяженность соединительной линии у них обычно не более 25 м. Такая длина часто оказывается недостаточной для театральных условий. Поскольку увеличивать длину линий к дистанционным регуляторам усиления нельзя из-за опасности появления частотных искажений, то рекомендуется использо-

вать для управления регуляторами электропривод селсинного типа. При этом длина соединительной линии допускается сколь угодно большой. Кроме того, применение селсинов освобождает от необходимости тщательного экранирования соединительной линии от воздействия на нее электромагнитных и электростатических помех, что имеет место при непосредственном выносе линии звуковой частоты. В случае использования селсинного привода дистанционные регуляторы, придаваемые к аппаратуре, монтируются в аппаратной в непосредственной близости от усилителей.

С целью удобства в работе следует предусмотреть телефонную связь пульта дистанционного регулирования с аппаратной и с пультом помощника режиссера. Кроме телефонной связи полезно иметь дублирующую световую и звуковую сигнализацию.

§ 2. Технология применения звукозаписи в театре

Студия звукозаписи Всероссийского театрального общества представляет для театральных фонотек записи многих шумов, что значительно упрощает технологию звукового оформления спектаклей. Однако трудно заранее предусмотреть и заготовить все варианты записей. Поэтому во многих случаях театры вынуждены самостоятельно проводить записи шумов и отдельных музыкальных фрагментов, необходимых для спектаклей.

Запись представляет собой наиболее сложную технологическую операцию, требующую тщательной подготовки аппаратуры, репетиций и пробных записей, а также известного навыка.

Характер звукового сопровождения подбирается режиссером-постановщиком и его помощником по звуковому оформлению. В зависимости от содержания звукового сопровождения производится подготовка к записи непосредственно в театре или к выездной записи (например, для записи шума города, цеха, водопада и т. п.). В последнем случае техническим персоналом готовятся магнитофоны, микрофоны, микрофонные усилители и контрольное устройство для прослушивания, которые перевозятся на место записи.

Перед началом записи тщательно проверяется исправность аппаратуры и регулируются показания индикаторов по записям частоты 1000 *гц* с модуляцией 100%. Когда аппаратура подготовлена, следует провести несколько пробных записей для нахождения наилучшего положения микрофона (или микрофонов, если их несколько). Качество получающейся записи в значительной мере зависит от выбора положения микрофона относительно источника звука. Ввиду чрезвычайно большого разнообразия акустических условий, задачу нахождения оптимального расположения микрофона приходится решать практически каждый раз заново. С целью упрощения процесса подготовки к записи можно руководствоваться следующими основными положениями. Микрофон должен устанавливаться так, чтобы источник звука находился на оси его максимальной чувствительности (для случая работы с однонаправленными микрофонами). Расстояние от источника звука до микрофона следует подбирать опытным путем. Приближение микрофона к источнику уменьшает влияние акустических условий в помещении, в котором производится запись, однако при очень близком расположении микрофона к источнику звука возможны появление характерных тембральных искажений и перегрузка микрофона и пер-

вых каскадов микрофонных усилителей. С удалением микрофона начинают сильнее влиять акустические условия в помещении, что также приводит к искажению звука. Кроме того, при удалении микрофона сильнее проявляются мешающие шумы помещения и собственные помехи аппаратуры. Следует отметить, что высокие частоты с увеличением расстояния ослабляются больше, чем низкие, поэтому ориентировать микрофон следует на источник звука высоких частот, если имеется явно выраженная зона их излучения.

Микрофон необходимо устанавливать на специальные подставки с обязательной амортизацией для защиты от низкочастотных вибраций, которые всегда имеются в помещении, если только запись проводится не в специально оборудованной студии.

После выбора положения микрофона и репетиций производится запись нужного звукового оформления. Качество получающейся записи в большой мере зависит от микширования (регулирования) уровня по индикатору модуляции.

Звуковые колебания имеют разнообразные и чрезвычайно сложные формы. Применяемые на практике индикаторы модуляции показывают средние значения и не отмечают пиков колебаний. Если при записи допустить большую модуляцию по индикатору (80—100%), то магнитная лента будет перегружена пиками и в записи появятся искажения, прослушиваемые как дребезжание, хрипение и т. п. Кроме того, при очень большом уровне модуляции на магнитной ленте может возникнуть эффект эхо, который испортит запись. Указать заранее допустимые пределы изменения уровней по индикатору модуляции невозможно, а потому от опыта звукооператора при микшировании уровней зависит качество получающихся записей. Необходимый опыт и сноровка приобретаются в процессе многократных репетиционных записей, которые следует внимательно прослушивать и отмечать возникающие дефекты. Отметим, что в некоторых случаях хорошие записи получаются при модуляции не 100%, а меньше. С целью достижения наилучшего результата рекомендуется делать несколько записей при разных значениях модуляции. Тогда из полученных фонограмм можно отобрать наилучшие. Кроме того, наличие нескольких фонограмм позволит иметь варианты при случайной порче наилучшей фонограммы.

После того как все записи сделаны, их нужно смонтировать в соответствии с режиссерским планом звукового сопровождения спектакля. К началу каждого ролика приклеивается ракорд из немагнитной ленты, имеющий длину, достаточную для зарядки и разгона лентопротяжного механизма магнитофона. Длина фонограммы выбирается точно по необходимому времени звучания и в конце фонограммы также приклеивается ракорд. На обоих ракордах делают от руки надписи, поясняющие содержание записи, время звучания, название спектакля и т. п. Иногда нужно в один ролик склеить несколько отдельных записей, следующих одна за другой с известным интервалом времени. Тогда после подбора всех записей их склеивают вместе согласно режиссерскому плану, причем в местах пауз вклеивают немагнитную (ракордную) ленту, длина которой выбирается по необходимой продолжительности паузы. Для снижения посторонних шумов следует обрезать ленту с записью возможно ближе к началу и концу звучания. Это потребует предварительной разметки записи, которую нетрудно сделать при помощи магнитофона.

При разметке лента с записью медленно (от руки) протягивается перед головкой воспроизведения. Когда начало звучания окажется перед зазором магнитной головки, то в контрольном громкоговорителе появится характерный звук. Это место отмечается на обратной стороне ленты восковым или цветным карандашом (точно против зазора головки воспроизведения) и по полученной отметке отрезается лишняя лента. Так же удаляется лишняя лента в конце записи. При некотором навыке подобным методом „слепой“ расшифровки можно выполнять достаточно сложные монтажи, например удаление или перестановка отдельных слов, фраз и т. п.

Все записанные или подобранные и смонтированные фонограммы прослушиваются в театре вместе с режиссером и его помощником по звуковому оформлению. После одобрения записей следует репетиционный период в театре.

Репетиции звукового оформления обычно начинаются одновременно с планировочными репетициями и преследуют цель подбора наивыгоднейшего расположения громкоговорителей, правильного согласования громкости звучания, моментов начала и конца воспроизведения записей, а также подбора оптимальных частотных характеристик аппаратуры воспроизведения. Кроме того, при репетиционной работе сотрудники аппаратной изучают новый спектакль, что облегчает последующую работу и делает ее четкой.

В первый период репетиций редко удается сразу подобрать правильное положение громкоговорителей, так как при неполном комплекте декораций изменяются акустические условия. Окончательный выбор мест обычно производится при последних репетициях, когда монтируются все декорации. По ходу спектакля при смене декораций приходится изменять и расположение громкоговорителей.

В зависимости от положения источников звука среди декораций и от акустических свойств зрительного зала приходится изменять частотные характеристики усилителей звуковоспроизведения так, чтобы можно было получить нужный тембр звука при воспроизведении каждой фонограммы. Большинство конструкций усилителей для воспроизведения имеет специальные коррекции, допускающие изменения частотных характеристик на низких и высоких частотах. Однако имеющиеся в готовой аппаратуре коррекции могут оказаться недостаточными, и подбор нужного тембра звучания будет затруднен. В подобных случаях рекомендуется изготовить специальный вариатор частотных характеристик, схема которого приведена на рис. 116. Этот прибор позволяет изменять частотные характеристики раздельно на низких, средних и высоких частотах и тем самым значительно изменять тембр звучания. Действие вариатора основано на том, что с помощью трех переключателей P_2 , P_3 и P_4 можно вводить шунтирующие цепи, состоящие из конденсаторов и сопротивлений. В схеме предусмотрен двухкаскадный усилитель (на двояном триоде 6Н9С), который компенсирует потери напряжения токов звуковых частот; результирующее усиление вариатора равно единице. Выходной каскад собран по схеме с катодной нагрузкой и рассчитан для работы на соединительную линию с большой собственной емкостью, что допускает его монтаж отдельно от усилителей для воспроизведения (например, на пульте регулирования громкости). Включать вариатор нужно в разрыв линии, соединяющей выход предварительного усилителя для воспроизведения магнитофона со входом оконечного усилителя для звуко-

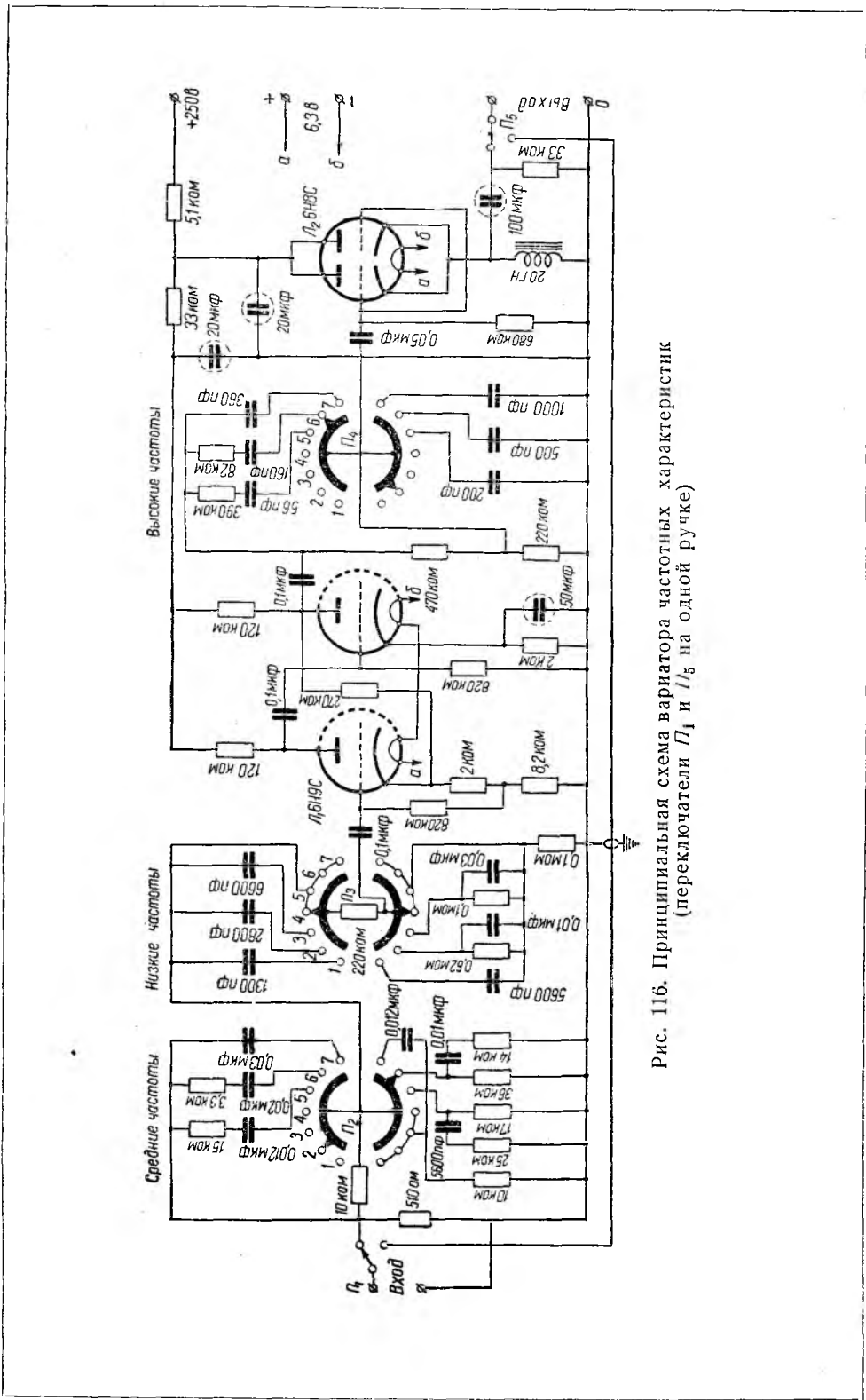


Рис. 116. Принципиальная схема варитора частотных характеристик (переключатели П₁ и П₂ на одной ручке)

воспроизведения. Максимальное входное напряжение схемы должно быть не более 0,775 в, а коэффициент гармоник, вносимых схемой, не более 0,3% во всем диапазоне частот. Следует учесть, что при перегрузке нелинейные искажения значительно увеличиваются.

При использовании некоторых магнитофонов вариатор присоединяется к выходным контактам усилителя для воспроизведения. При работе вариатора после магнитофона МАГ-5 между ними следует включить понижающий трансформатор, так как иначе малое входное сопротивление вариатора перегрузит выход предварительного усилителя для воспроизведения. Трансформатор должен быть достаточно доброкачественным и иметь коэффициент трансформации не менее чем 6:1. Можно использовать входной трансформатор от микрофонного усилителя с коэффициентом трансформации 10:1. При работе с магнитофонами МАГ-8 и другими вход вариатора присоединяется к выходным трансформаторам оконечных каскадов усилителей для воспроизведения с соблюдением условия защиты вариатора от перегрузки. Для этого на магнитофоне регулятор усилителя для воспроизведения устанавливается так, чтобы при воспроизведении ленты с записью нормального уровня напряжение на входе вариатора было бы не больше, чем 0,775 в.

На рис. 117, 118 и 119 приведены частотные характеристики вариатора, снятые отдельно при коррекции средних, низких и высоких частот. Благодаря отдельному регулированию можно получать около трехсот комбинаций частотных характеристик, что вполне достаточно для всех случаев, какие могут встретиться в практике звукового оформления спектаклей.

Для питания анодов ламп вариатора требуется напряжение 250 в при токе порядка 10—15 ма. Пульсации анодного напряжения должны быть незначительными, иначе уровень фона может превзойти допустимую норму. Накал ламп следует питать постоянным током от аккумулятора или от низковольтного выпрямителя.

По окончании всех репетиций составляется технологическая карта, в которой отмечаются номера записей, продолжительность их звучания, моменты включения, положения регуляторов громкости и регуляторов коррекций, расположения громкоговорителей на сцене и другие сведения, необходимые для нормальной эксплуатационной работы. Наличие такой карты, составленной по каждому спектаклю в отдельности, повышает четкость работы аппаратной и устраняет возможные ошибки.

Выше было отмечено, что одним из обязательных условий работы аппаратуры записи и воспроизведения звука в театре является ее надежность, так как неполадки с аппаратурой во время спектакля недопустимы. Это обстоятельство налагает на обслуживающий персонал особую ответственность за соблюдение правил технической эксплуатации аппаратуры. Прежде всего необходимо помнить, что магнитная фонограмма чувствительна к внешним магнитным полям, которые всегда имеются около электротехнической аппаратуры. Ежедневно перед началом работы лентопротяжные механизмы магнитофонов необходимо тщательно размагничивать при помощи специальных дросселей. Разумеется, что при размагничивании аппаратов от них должны быть удалены все ленты с записями. Если магнитофоны не размагничивать, то в короткий срок они намагнитятся и будут портить записи. При воспроизведении записей аппаратами, имеющими намагнитенные части (головки, ролики и т. п.), резко возрастает собственный шум фонограммы.

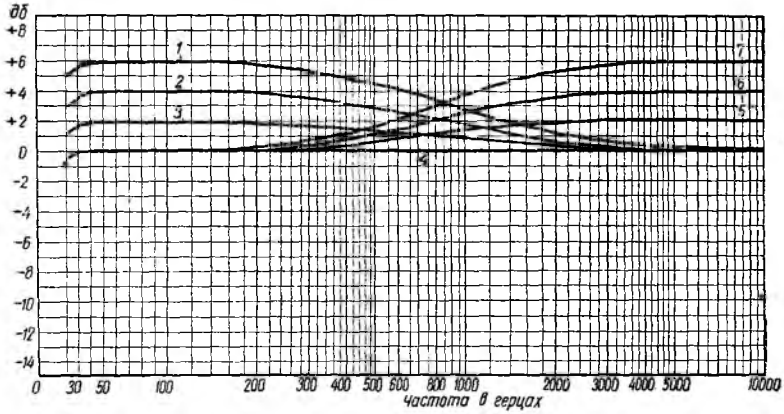


Рис. 117. Частотные характеристики вариатора при различных положениях переключателя Π_2 (рис. 116)

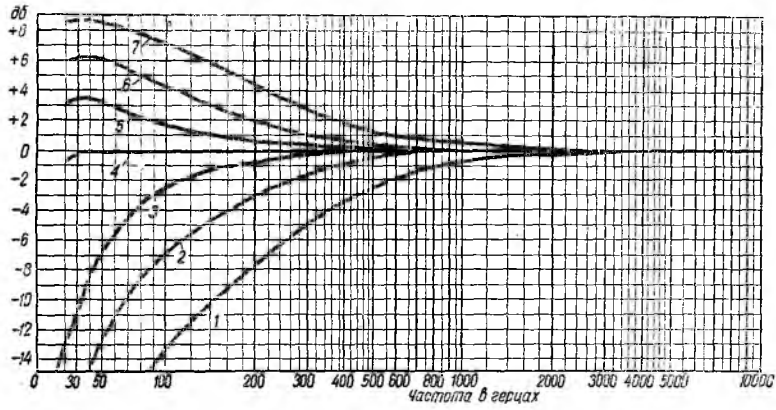


Рис. 118. Частотные характеристики вариатора при различных положениях переключателя Π_3 (рис. 116)

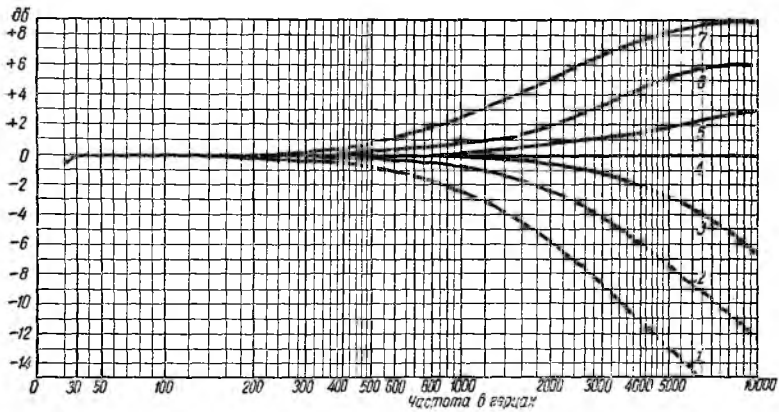


Рис. 119. Частотные характеристики вариатора при различных положениях переключателя Π_4 (рис. 116)

Исправность лентопротяжных механизмов магнитофонов периодически проверяется прослушиванием записи рояля. При появлении слышимой детонации следует тщательно проверить аппарат и в случае необходимости пригласить опытного механика, знакомого с регулировкой лентопротяжных механизмов магнитофонов.

Чтобы проверить качество работы магнитофона, правильно установить рабочие зазоры магнитных головок, отрегулировать и подобрать оптимальные величины коррекций в усилителях для записи и воспроизведения, используют специальные контрольные фонограммы, выпускаемые Государственным Домом звукозаписи в Москве.

Коэффициент усиления электрического тракта для воспроизведения проверяется фонограммой с записью синусоидального тона частоты 1000 *гц* с номинальным намагничиванием ленты.

Для проверки правильности установки рабочего зазора головки воспроизведения по отношению к ленте используется контрольная фонограмма с записью тона частоты 8000 *гц* с продолжительностью записи 40 *сек*. При воспроизведении этой фонограммы регулируют положение головки воспроизведения. При правильном положении зазора показания прибора, включенного в выход усилителя для воспроизведения, должны быть максимальными.

При снятии частотной характеристики усилителя для воспроизведения используется фонограмма с записью синусоидальных колебаний с частотами 50, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 6000, 7000 и 8000 *гц*. К выходу усилителя для воспроизведения присоединяют прибор, который служит для измерения напряжений или токов звуковых частот (например, типа лампового вольтметра), и пропускают эту фонограмму через испытуемый магнитофон. По показаниям прибора и получают частотную характеристику магнитофона. Далее путем подбора нужной коррекции в усилителе для воспроизведения получают характеристику, соответствующую нормализованной. Следует отметить, что продолжительность записи тона каждой из частот на этой контрольной фонограмме составляет 10 *сек*. Кроме того, данная контрольная фонограмма содержит запись тона частоты 1000 *гц* с модуляцией 10% и с продолжительностью звучания 20 *сек*, используемую в качестве установочной.

После проверки воспроизводящей части магнитофона приступают к регулированию его записывающей части. Для правильной установки рабочего зазора записывающей головки со звукового генератора записывается частота 7—8 *кгц*, причем, регулируя при записи положение рабочего зазора головки записи, добиваются максимального показания прибора, включенного на выходе усилителя для воспроизведения. Затем, записывая с генератора частоты, лежащие в пределах воспроизводимого магнитофоном диапазона, и изменяя коррекцию усилителя для записи, добиваются одинаковой отдачи всех частот в сквозном канале записи и воспроизведения.

Проверка и регулирование магнитофонов с помощью контрольных фонограмм должны осуществляться регулярно через каждые 50—80 часов работы. При этом проверяется исправность головок записи и воспроизведения путем снятия частотной характеристики с помощью контрольной фонограммы или же снятием сквозной частотной характеристики магнитофона при помощи генератора звуковых частот. Если обнаружится спад высоких частот, то необходимо отрегулировать коррекцию в усилителе для воспроизведения по контрольной фонограмме. Коррекция в усилителе для записи регу-

лируется при снятии сквозной частотной характеристики после регулирования коррекции в усилителе для воспроизведения.

В тех случаях, когда коррекции в усилителях магнитофона использованы до предела, необходимо заменить головки. После установки новых головок следует проверить прилегание к ним ленты. Для этого рабочие части головок намазываются чернилами и через механизм пропускается магнитная лента. В местах соприкосновения ленты с головками слой чернил будет стерт. Если границы стертых участков симметрично расположены относительно рабочего зазора, то головки установлены правильно. В противном случае поворотом головок необходимо добиться симметричности границ стираемой области. Далее необходимо произвести регулирование наклона головок. Первой регулируется головка воспроизведения по записи высокой частоты (6000—8000 *гц*) на контрольной фонограмме. После установки головки воспроизведения регулируется головка записи путем подачи на вход усилителя для записи высокой частоты от генератора. Заключительной операцией регулирования магнитофона после смены головок является установка регуляторов коррекций в усилителях для записи и воспроизведения.

Неисправность усилителей в основном происходит из-за изменения величин сопротивлений и от появления токов утечки в конденсаторах. Кроме того, причинами неполадок часто являются электронные лампы.

Если регулярно (через 1—1,5 месяца) проверять величины сопротивлений при помощи омметров и правильность электрических режимов усилителей при помощи миллиамперметров и вольтметров, то можно выявить дефектные детали, начавшие разрушаться. При своевременной замене деталей и ламп аварии аппаратуры будут полностью исключены. Для проверки аппаратуры необходимо в аппаратной иметь набор контрольно-измерительных приборов (омметры, вольтметры, миллиамперметры, испытатели электронных ламп). На каждый из имеющихся усилителей следует завести специальный формуляр, в который заносятся результаты проверки деталей и режимов. Если при последующей проверке результаты измерений не совпадут с записями в формуляре, то расхождение укажет на образовавшийся очаг неисправности, который необходимо тщательно проверить и заменить дефектные детали. Отметим, что измерения электрических режимов аппаратуры следует производить только при номинальных значениях питающих (сетевых) напряжений.

Параметры элементов схемы и данные электрических режимов в серийной усилительной аппаратуре всегда несколько отличаются от приведенных в технических характеристиках и спецификациях. Поэтому важно произвести все необходимые замеры в устанавливаемой новой аппаратуре и в дальнейшем результаты измерений следует сверять не с паспортными данными, а с первоначальными измерениями. С целью повышения точности нужно измерения производить одними и теми же измерительными приборами. Разумеется, что используемые приборы должны быть вполне исправны и иметь достаточную точность показаний.

Кроме проверки исправности деталей и электрических режимов усилителей весьма желательно периодически проверять их основные электроакустические характеристики (частотные характеристики, нелинейные искажения, уровни помех и усиление). Регулярная проверка электроакустических характеристик позволит не только полностью устранить неполадки в аппаратуре, но будет способство-

вать сохранению неизменно высокого качества звуковоспроизведения. Для проверки электроакустических характеристик в оборудовании аппаратной должны входить генератор звуковых частот, ламповый вольтметр, измеритель нелинейных искажений и катодный осциллограф (например, соответственно типов ЗГ-10, ЛВ-9, ИНИ-10, ЭО-7).

В театральной практике часто возникает необходимость звукового оформления выездных (гастрольных) спектаклей. Перевозить громоздкую и сложную стационарную аппаратуру записи и воспроизведения звука весьма трудно. Поэтому для подобных случаев в театре необходимо иметь комплект передвижной звуковоспроизводящей аппаратуры и передвижной магнитофон. Качество звучания передвижной аппаратуры обычно уступает качеству звучания стационарной аппаратуры. Однако при правильном подборе всех элементов комплекта можно получить удовлетворительное звуковое оформление, пригодное для выездных спектаклей.

Для этих целей весьма удобен компактный магнитофон МАГ-8, получивший широкое распространение в театрах. Лентопротяжные механизмы стационарных магнитофонов также можно приспособить для транспортировки, смонтировав их в удобном для переноски ящике. Предварительные усилители для воспроизведения монтируются в другом переносном ящике. Соединение механизмов с усилителями осуществляется при помощи гибких экранированных кабелей, снабженных разъемными колодками или соответствующими многоконтактными штепселями. Так как при оформлении выездных спектаклей нет необходимости в проведении новых записей, то монтировать усилитель для записи на магнитофоне обычно не нужно.

Для выездной работы с успехом можно использовать комплект звуковоспроизводящей аппаратуры типа КУСУ-52. Этот комплект имеет сравнительно малые размеры и вес и обеспечивает хорошее качество звучания. Кроме того, он обладает достаточно большой выходной мощностью. При звуковом оформлении спектаклей в небольших помещениях клубов и т. п. выходная мощность комплекта КУСУ-52 может оказаться излишней. В таких случаях следует использовать менее мощную аппаратуру, например КУСУ-46 или КУСУ-48. В некоторых случаях целесообразно использовать передвижную звуковоспроизводящую аппаратуру КПУ-50 при условии ее комплектации малогабаритными двухполосными громкоговорителями (типа 30А-10).

Достаточно часто выездные спектакли проводятся в помещениях Домов культуры, имеющих собственные киноустановки и радиоузлы. Если качество работы местной аппаратуры достаточно удовлетворительное, то ее можно использовать для оформления спектакля. Это упростит транспортировку аппаратуры, так как нужно доставить только магнитофон и ленты с записями.

Доставлять на место проведения выездного спектакля театральный магнитофон нужно во всех случаях, даже если местный радиоузел тоже оборудован магнитофонами. Расхождение частотных характеристик усилителей разных магнитофонов и различие в положении головок могут быть причиной резкого снижения качества звуковоспроизведения. Поэтому не рекомендуется пользоваться случайными магнитофонами.

Технология звукового оформления выездных спектаклей не отличается от оформления спектаклей на основной сцене. Обычно

в гастрольные поездки выпускают хорошо подготовленные спектакли, и задача звукооператоров заключается в своевременном воспроизведении готовых записей. Однако следует провести одну-две репетиции звукового оформления для подбора наилучшего расположения громкоговорителей в новых акустических условиях. Возможно, что кроме подбора положения громкоговорителей придется несколько изменить коррекцию частотных характеристик воспроизведения.

§ 3. Виды звукового оформления спектакля

Использование фонограмм для целей звукового оформления спектакля практикуется уже довольно продолжительное время. Хорошее звуковое оформление значительно обогащает спектакль.

В жизни нас окружает много звуков. Все известные звуки принято разделять на три основные группы: речь, музыку и шумы. В звуковом оформлении спектакля обычно различают его музыкальное и шумовое оформление. С развитием техники записи и воспроизведения звука появилась возможность искусственным, техническим путем создать в требуемое время любые звуки шумов, воспроизводя их с ранее записанных фонограмм.

Воспроизведение записи речи в спектакле встречается относительно редко. Чаще применяется воспроизведение музыки с фонограмм. Все же остается непреложным тот факт, что воспроизведение звуков оркестра далеко не всегда может заменить оркестр в театральных постановках. Последнее в некоторой степени относится также и к замене шумового оформления, создаваемого с помощью специальных шумовых приборов, воспроизведением звука с фонограмм.

Ниже мы опишем более подробно на основе рассмотрения конкретных примеров различные виды звукового оформления спектакля с использованием фонограмм.

Спектакль без звукового оформления выглядит менее „жизненным“. Многолетняя практика звукового оформления спектакля показала необходимость специальных шумовых приборов, применяемых для создания типичных встречающихся в жизни звуков.

Старейший работник в этой области В. А. Попов в книге „Звуковое оформление спектакля“ („Искусство“, 1953) дает следующую классификацию звуков, создаваемых с помощью специальных приборов в спектакле:

- I. Шумы и звуки природы и стихийных явлений.
- II. Шумы транспорта.
- III. Производственные шумы.
- IV. Батальные шумы.
- V. Бытовые шумы.

Каждый из этих основных видов шумов может иметь тысячи разнообразных оттенков. Среди шумов, встречающихся в природе, характерными являются шумы ветра, дождя, грозы, моря, леса и т. п.

Весьма разнообразные звуки издают различные животные, птицы, насекомые, лягушки и др. Часто в театральных постановках приходится имитировать техническим путем шумы, производимые различными транспортными средствами (конного транспорта, железнодорожного транспорта, автомобилей, тракторов, мотоциклов, водного транспорта и др.).

Немаловажную роль в отдельных постановках имеют производственные шумы фабрики, завода, мельницы, строительные шумы и др.

В спектаклях значительное внимание уделяется получению необходимых батальных шумов: выстрелов и взрывов, шумов самолетов и танков, шума боя холодным оружием, шума войсковых частей и т. п. Наконец, существенное значение имеют всевозможные бытовые шумы: бой часов, стуки и скрипы, кухонные и столовые шумы, бой стекла, а также шумы толпы и т. д.

Многие из перечисленных выше типовых звуков могут иметь десятки и сотни различных оттенков. Приведем для примера встречающиеся в театральной практике и указанные в книге В. А. Попова, оттенки звука конского топота: бег рысью по мощеной дороге, галоп, топот большого количества лошадей, переступание лошади с ноги на ногу во время стоянки, звук пары или тройки лошадей, топот рысака, кавалерийской лошади, лошади легкового извозчика по деревянному мосту, по мягкому грунту, по снегу, по торцовой мостовой и т. д. Кроме того, следует учесть, что звуки конского топота обычно сопровождаются дополнительными звуками, такими, как шум телеги или пролетки, позвякивание уздечки, сбруи и бубенцов или звуками, возникающими при жевании лошадьми корма, и т. п.

Советская техника звукового оформления спектаклей достигла значительных успехов. В каждом конкретном случае получение нужных звуковых эффектов спектакля связано с использованием простых или более сложных специальных звуковых приборов и участием в шумовом оформлении некоторого числа лиц (до 20—25 человек), создающих необходимые звуковые эффекты под руководством опытного звукооформителя.

Указанное обстоятельство давно уже вызывает желание максимально упростить звуковое оформление, используя методы звукозаписи. Звукозапись позволяет сравнительно простым путем получить в небольших театрах и коллективах художественной самостоятельности любые шумы и сложные „шумовые симфонии“, если их предварительно записать в исполнении наиболее квалифицированных звукооформителей. Запись такого рода фонограмм проводится в ряде организаций для целей радиовещания, кинематографии и звукового оформления спектаклей.

Для характеристики возможностей звукозаписи в звуковом оформлении спектакля рассмотрим перечень записей типовых звуков, предназначенных специально для звукового оформления спектаклей и выпущенных студией звукозаписи Всероссийского театрального общества.

Записи звуков природы

1) Птицы (щебетание одиночных птиц, нескольких птиц, соловей, птицеферма, стрижи, грачи, жаворонок, ворона, кукушка, ночная хищная птица); 2) животные (стадо коров и овец, ржанье, цокот копыт лошади, лай собаки); 3) стихийные явления (ветер и буря, ветер и дождь, гроза с ливнем и громом, морской прибой, шторм на море, ручей, ветер и шум проводов, водопад).

Записи транспортных шумов

1) Станция метро (приход и отправление поезда, команда „готов!“ , голоса, гудок); 2) трамвай (звонки, шум идущего трамвая); 3) автомобили (грузовые и легковые); 4) в автомобиле по городу; 5) гру-

зовик, трактор; 6) вокзал с приходящим и отходящим поездами; 7) поезд (приближение поезда, стук колес на стыках рельс, замедленный ход, шум паровоза на стоянке, отдаленные гудки, проходящие поезда с гудками паровозов, в вагоне во время хода поезда, встреча с проходящим курьерским); 8) гудки пароходные (первый, второй, третий, отвалный, предупредительный, под мостом, прощальный); 9) моторная лодка; 10) в морском порту; 11) мотоцикл; 12) самолет (посадка на землю); 13) самолет транспортный (в кабине самолета, в полете, на земле); 14) самолет учебный.

Записи производственных шумов

1) Цех завода (сборочный цех, ровный шум и голоса, шум станков и др.); 2) столярная мастерская; 3) гудки фабричные.

Записи батальных шумов

1) Сирена (воздушная тревога); 2) самолеты (пролет бомбардировщиков, ровный гул, пролет скоростных самолетов, бомбардировщиков в сопровождении истребителей); 3) воздушный бой (пикирование самолетов, стрельба из пушек); 4) бой и воздушный налет (шум самолетов, огонь артиллерии и пулеметов); 5) бой (самолеты, артиллерия, гудки пароходов, огонь артиллерии, пулеметы, бой затихает, крики „ура“, бой возобновляется); 6) атака (крики атакующих, „ура“ без выстрелов); 7) танки (движение танков); 8) пехота; 9) кавалерия; 10) проход войск по улице (духовой оркестр играет марш, проход танков, снова марши на фоне городского шума); 11) фанфары.

Записи бытовых звуков и шумов

1) Салют (гимн СССР на фоне салюта); 2) шум улицы; 3) шум города (гудки автомобилей, свистки милиции, голоса толпы, шум автомобиля, стук копыт); 4) шум толпы на открытом воздухе (ровный гул, крики возмущения, стадион); 5) набат; 6) пожарная тревога старого времени; 7) спортивный марш; 8) туш с аплодисментами; 9) спортивная радиопередача (начало, позывные, марш); 10) шум толпы в закрытом помещении (вечер молодежи); 11) зрительный зал театра (настройка инструментов, шум публики); 12) колокольный звон (праздничный, торжественный, церковный); 13) настройка радиоприемника (шум в эфире); 14) часы-куранты; 15) аплодисменты; 16) бой часов на Спасской башне Кремля и Красная площадь; 17) плач ребенка; 18) часы-„кукушка“; 19) музыкальная шкатулка; 20) бильярдная (стук шаров) и др.

Из приведенного выше перечня типовых записей легко видеть возможности использования звукозаписи в спектакле.

Практика показала, что для улучшения звучания тех или иных шумов, получаемых с фонограммы, весьма эффективным способом является сочетание звуков, создаваемых фонограммой, с дополнительными „естественными“ звуками.

Например, для создания в спектакле шума толпы целесообразно совместить воспроизведение шума толпы, записанного на фонограмме, с дополнительным шумом и возгласами, создаваемыми несколькими людьми. Точно так же можно использовать некоторые звуки, получаемые с фонограмм, одновременно со звуками музыкальных инструментов и шумовых приборов.

Таким образом, с помощью фонограмм представляется возмож-

ным в некоторых случаях полностью заменить, а в других случаях дополнить звуковую часть спектакля звуками, которые в данном театре не могут быть получены из-за отсутствия соответствующего шумового оборудования.

Из приведенного выше списка типичных шумов следует также, что с помощью звукозаписи можно обогатить спектакль рядом сложных звуковых эффектов, весьма трудно осуществимых методами обычной шумовой техники. К такого рода звукам следует отнести сложные шумы — шум вокзала, шум города, шум стадиона, шум стада или шум животных в зоопарке, шум боя с участием артиллерии, танков и самолетов и т. д. Кроме того, звукозапись позволяет получить и комбинированные звучания (звуки, наполняющие зрительный зал театра при настройке инструментов, звуки настройки радиоприемника, трансляция речи, передаваемой по радио, салют и звуки курантов и т. п.).

С появлением высококачественных магнитофонов и аппаратуры для воспроизведения звука возможности использования звукозаписи в спектакле намного расширились.

Магнитофон имеет кроме преимуществ, указанных в первой главе, еще и некоторые другие.

Во-первых, магнитные фонограммы можно склеивать, что позволяет получить набор нужных звуковых эффектов и требуемое по ходу действия их чередование. Так, например, имея магнитную фонограмму с записью гудков, разрезая и склеивая магнитную ленту, можно получить сокращение или удлинение паузы между отдельными гудками или другими звуками. В этом случае для сокращения паузы следует уменьшить расстояние между записями, удалив часть ленты с паузой, а для удлинения паузы следует приклеить между записями гудков куски ленты, не содержащие записи. Такой монтаж магнитной фонограммы позволяет получить требуемые звуковые эффекты в нужное время по ходу спектакля.

Во-вторых, магнитные фонограммы, склеенные в кольца, могут использоваться для непрерывного, сколь угодно длительного воспроизведения некоторых однообразных шумов, например, таких, как шум прибора, шум внутри вагона поезда и т. п., или же для получения однообразных, повторяющихся звуков (воздушная тревога, цех завода и т. п.).

В заключение этого раздела рассмотрим вопрос о возможности использования фонограммы для воспроизведения музыки и речи в театре. Здесь в первую очередь нужно отметить, что хорошее звучание музыки, воспроизводимой с фонограммы, возможно только при использовании высококачественных магнитофонов, усилителей и громкоговорителей.

Особенно резко чувствуется разница между звучанием оркестра и звучанием с фонограммы при одновременной игре оркестра и воспроизведении музыки с фонограммы. Такие случаи встречаются в театральной практике. При этом важно не только устранить различие в качестве звука, но и создать одинаковую тональность обоих звуков. Тональность звучания фонограммы зависит от скорости ее движения.

При воспроизведении граммофонных пластинок, а также при работе с обычными магнитофонами скорость движения фонограммы может несколько изменяться в процессе ее воспроизведения, отклоняясь от номинальной. Это приводит к трудно исправимому расхождению в тональности оркестра и фонограммы.

Существенным преимуществом воспроизведения музыки с фонограмм в спектакле являются малые размеры источника звука (громкоговорителя) по отношению к размерам помещения, требуемого для оркестра.

Указанное обстоятельство облегчает постановку спектакля; так, например, размещение оркестра за сценой или где-либо сбоку не всегда возможно, а установка громкоговорителя почти всегда легко осуществима. При воспроизведении звука с фонограмм можно разместить громкоговорители не только в пределах сцены, но и в зрительном зале. Это позволяет создать ряд специальных звуковых эффектов, как, например, „пролет“ самолета над головами зрителей и т. п. (см. § 4 этой главы). В некоторых случаях при звуковом оформлении спектакля целесообразно использовать движение громкоговорителей, воспроизводящих звук с фонограммы. Так, для создания звуковой иллюзии прохода оркестра за сценой громкоговоритель, воспроизводящий звук оркестра, проносят за сценой.

§ 4. Специальные звуковые эффекты

Техника записи и воспроизведения звука обладает многими специальными приемами, позволяющими значительно обогатить звуковую часть спектакля введением новых звуковых эффектов.

Количество звуковых эффектов, которые могут быть осуществлены с помощью методов записи и воспроизведения звука, чрезвычайно велико. Ниже мы рассмотрим только наиболее характерные способы получения такого рода записей, к числу которых следует отнести:

- 1) получение эффекта эхо;
- 2) получение эффекта реверберирующего помещения;
- 3) изменение темпа и тембра звуков;
- 4) получение стереофонического эффекта.

Создание искусственного эхо легко осуществимо с помощью обычного магнитофона. Наиболее простой способ получения эхо заключается в том, что производится предварительная запись голоса актера, участвующего в спектакле и имитирующего эхо собственного голоса. При записи этого эхо актер должен удаляться от микрофона, и уровень усиления при записи от одного отголоска к другому следует уменьшать.

В нужный момент спектакля приводится в действие магнитофон, создавший необходимые звуки эхо, возникающие как бы от основной реплики, произнесенной актером. Для придания еще большей естественности звуку эхо целесообразно при записи или при воспроизведении, сообразуясь с местными акустическими условиями в театре, несколько изменить частотную характеристику электрического тракта по отношению к его нормальной характеристике, используемой при записи речи.

Этот способ получения эхо хорош в том отношении, что он не требует какого-либо существенного изменения в магнитофоне. Эхо является частным случаем многократного повторения одного звука, которое легко осуществимо с помощью звукозаписи, особенно в тех случаях, когда в магнитофон заряжается лента в виде кольца. С помощью магнитофона, работающего с лентой, склеенной кольцом, можно получить многие интересные звуковые эффекты.

Выше была показана целесообразность воспроизведения шумов и звуков с кольца ленты. Такое устройство позволяет получить

также многократное и однообразное повторение одной и той же фразы, слова или части слова. Произведя запись требуемого звука на кольцо или склеивая ленту с записью в кольцо, получают звук испорченного граммофона, который может быть использован как комический элемент в соответствующих местах спектакля.

Если в магнитофоне, работающем с кольцом ленты, установить несколько магнитных головок для воспроизведения звука, то при воспроизведении фонограммы можно получить довольно сложную звуковую картину.

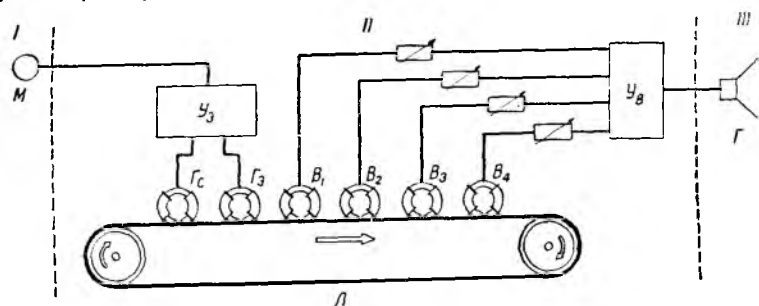


Рис. 120. Схема магнитофона для получения синтетической реверберации

Когда магнитные головки воспроизведения установлены близко друг от друга, то звуки, полученные с разных головок, почти сливаются друг с другом, что при известных условиях создает впечатление звука в большом помещении.

В большом незаглушенном помещении с хорошо отражающими звук стенами (например, в соборе) кратковременный звук, возникнув, долго не прекращается вследствие многократного его отражения от стен, резонансных явлений и т. п. Поэтому многократное и частое повторение одного звука создает эффект своеобразного гула или акустической перспективы большого помещения.

На рис. 120 приведена принципиальная схема магнитофона с несколькими головками воспроизведения, позволяющими получить эффект реверберирующего помещения; подобные приборы используются в радиовещании и звуковом кино и получили название синтетических ревербераторов. Здесь M — микрофон для записи звука в помещении I , U_z — усилитель для записи, G_c — головка стирания, G_z — головка записи, B_1, B_2, B_3 и B_4 — головки воспроизведения, воспроизводящие в разное время один и тот же сигнал, записываемый на ленте L , U_v — усилитель для воспроизведения, в котором сигналы, воспроизводимые с ленты L отдельными головками, смешиваются, усиливаются и подаются на громкоговоритель G , излучающий звук в помещении III .

Такой аппарат позволяет резко изменять характер звука. Меняя расстояние между головками воспроизведения, получают то или иное отставание второго, третьего и других звуков по отношению к первому, воспроизводимому головкой B_1 .

Регулируя отдачу отдельных головок, можно изменить характер спада звука во времени. Возможно также в цепи отдельных головок поставить электрические фильтры, изменяющие характер звучания отголосков по отношению к основному звуку. Это сильно изменяет общий характер звучания.

Следует отметить, что в театре применять синтетический ревербератор сложнее, чем в радиовещании и звуковом кино. При использовании ревербератора в театре может возникнуть нежелательная акустическая связь между микрофоном и громкоговорителем, если они находятся в одном помещении, что приводит к возникновению собственной генерации установки и появлению специфического гула громкоговорителей. Однако можно использовать синтетическую реверберацию, воспроизводя в театре предварительно записанную фонограмму.

В. А. Попов в книге „Звуковое оформление спектакля“ описывает, как в спектакле МХАТ им. Горького „Трудные годы“ в картине „Успенский собор“ осуществлялось воспроизведение магнитной фонограммы с записью пения дьячка, сопровождаемое эхом, созданным наложенным в том же тоне слабо звучащим голосом второго исполнителя. Благодаря этому, как пишет В. А. Попов, „декорация оживала и верилось в монументальность огромных колонн, стен, в высоту купола“.

В указанном выше случае всего один дополнительный звук создал иллюзию звучания в большом помещении. Понятно, что при записи с синтетическим ревербератором этот эффект может быть значительно усилен за счет использования многих запаздывающих друг относительно друга однотипных звуков разной силы.

Варьируя условия получения синтетической реверберации, можно добиться сказочного звучания, производящего чрезвычайно сильное впечатление на зрителей.

Весьма широкие возможности для получения необычных звучаний открывает запись и воспроизведение звука с применением разных скоростей движения ленты в магнитофоне.

Допустим, что продолжительность записываемой речи равна 3 минутам. Если ленту с такой записью пропустить при воспроизведении со скоростью в три раза большей, чем при записи, то вся речь будет произнесена в 1 минуту. При этом тембр речи также резко изменится или же его можно сохранить неизменным. Так, можно создать новый голос, произносящий слова в темпе, недоступном человеку. Известно, что предел скорости темпа исполнения того или иного музыкального произведения зависит от виртуозности и техники исполнителя. Записав требуемое произведение на ленту, можно при воспроизведении фонограммы за счет увеличения скорости ленты создать вовсе недоступный человеку темп исполнения музыкального произведения. Правда, в данном случае необходимо учитывать и то обстоятельство, что, например, при воспроизведении со скоростью движения ленты в два раза больше нормальной тональность повысится на целую октаву, но можно, используя соответствующие технические приемы, сохранить и неизменную тональность.

Можно также ленту при воспроизведении пропустить со скоростью меньшей, чем при записи. Если на фонограмме записана речь, то голос, получаемый с ленты, будет низким, бубнящим, речь медленной, как будто человек с невероятным трудом произносит каждое слово.

Указанные эффекты желательно получать не при воспроизведении, а при записи. Записывая звук при малой или большой скорости движения ленты и воспроизводя его при нормальной скорости, получим требуемое повышение или понижение темпа и тембра звука.

Таким образом, возможно произвести заранее на специально приспособленном для этого магнитофоне запись необходимых зву-

ковых трюков, а для их воспроизведения в театре использовать обычный магнитофон.

Для получения указанных записей требуется весьма незначительная переделка магнитофона, сводящаяся к соответствующему изменению диаметра ведущего валика. Следует отметить также, что при записи и воспроизведении фонограммы с резко отличающимися скоростями движения ленты необходимо учитывать изменение частотных характеристик записи и воспроизведения, вид которых зависит от скорости движения ленты.

Указанные звуковые эффекты целесообразно использовать в первую очередь в спектаклях-сказках и некоторых специальных случаях (танец с нарастающим темпом исполнения музыки и т. п.).

Опишем еще несколько приемов получения необычных звуков с помощью техники записи и воспроизведения.

Возьмем фонограмму с записью звуков рояля. При ударе по клавишу возникает звук, который постепенно замирает. Что произойдет, если при воспроизведении звука фонограмму с такой записью пустить в обратную сторону? Получаемые в этом случае звуки рояля будут плавно нарастать и затем сразу обрываться. Так создается новый необычный звук, напоминающий звук органа. Интересно отметить, что темп исполнения при этом полностью сохраняется, а ритм и характер звука изменяются, в результате чего звук становится совершенно непохожим на первоначальный, мелодия и гармония при этом обычно разрушаются.

Фонограмма с записью речи, пропущенная при воспроизведении в обратном направлении, создает специфический „тарабарский“ язык неизвестного наречия. Понятно, что такого рода звуки представляют интерес лишь в некоторых случаях как своеобразные звуковые трюки, которые могут быть применены подобно специфическим световым эффектам в театре.

Большие возможности в смысле изменения характера звуков, получаемых с фонограммы, имеет использование электрических фильтров при записи и воспроизведении. Техника записи и воспроизведения располагает электрическими фильтрами, позволяющими удалять низкочастотные или высокочастотные составляющие звуков, а также подавлять или выделять в пределах узкой полосы частот те или иные составляющие сложного звука. Эти приемы дают возможность изменять тембр и характер звучания.

В заключении рассмотрим стереофонический эффект. Обычно человек достаточно точно определяет направление, по которому приходит звук. Слушая оркестр в театре, можно, даже с закрытыми глазами, определить расположение тех или иных музыкальных инструментов в оркестре (рояль, флейта и т. п.).

При воспроизведении звука с фонограммы с помощью громкоговорителя такая возможность исключается, так как все звуки исходят из громкоговорителя. Если в зале расположено несколько громкоговорителей, работающих от одного общего микрофона или фонограммы, то все они излучают одинаковые звуки и, следовательно, стереофонического эффекта, т. е. иллюзии размещения в пространстве отдельных источников звука, также не получается.

При использовании нескольких громкоговорителей, каждый из которых включен в свой канал с усилителем и микрофоном, имеется возможность локализовать звук, т. е. добиться такого положения, чтобы определенные звуки исходили из разных участков зрительного зала.

Однако для создания некоторых стереофонических эффектов в театре с помощью записи и воспроизведения звука могут быть использованы и другие приемы. Так, например, размещая много громкоговорителей по периферии зала и плавно переводя звук, воспроизводимый с фонограммы, с одного громкоговорителя на другой, можно добиться иллюзии перемещения кажущегося источника звука по залу. Источник звука как бы облетает зал по периферии. Размещая громкоговорители друг над другом, можно имитировать взлеты и падения кажущегося источника звука.

Указанные эффекты позволяют создать иллюзию перемещения источника звука по залу. Так, например, может быть создано впечатление движущегося человека-невидимки. Без дальнейших слов понятны те новые творческие возможности, которые имеет этот эффект для обогащения звукового оформления спектакля и новых специальных приемов использования звукового сопровождения в спектакле.

Однако практическое осуществление указанных эффектов требует достаточно сложного оборудования и большой работы. Здесь можно идти двумя путями. В первом случае передача звука от микрофонов к громкоговорителям осуществляется непосредственно через соответствующие усилители. Микрофоны располагаются в специальной заглушенной комнате, в которой находится также и источник звука. Каждый микрофон через свой усилитель связывается с соответствующим громкоговорителем, установленным в театре. Перемещение источника звука по комнате, в которой установлены микрофоны, вызывает при этом иллюзию перемещения невидимого источника звука по залу театра.

Другой способ получения указанного эффекта заключается в предварительной записи звуков и последующем их воспроизведении в театре с заранее изготовленных фонограмм.

Для создания стереофонического эффекта требуется производить одновременную запись с нескольких микрофонов ряда фонограмм, для чего нужен специальный, довольно сложный аппарат и усилительный тракт.

Возможно использовать несколько записей (например, отдельных инструментов или групп инструментов) на отдельные фонограммы и, воспроизводя их одновременно через громкоговорители, размещенные в разных участках зала, получить весьма сложные и необычные звуковые эффекты объемного, стереофонического звучания.

Стереофоническая запись и воспроизведение звука пока еще не получили практического использования в театре. Возможности этого способа звукового оформления спектакля чрезвычайно значительны. Нет сомнения в том, что в ближайшее время это замечательное достижение современной техники, так же как и многие другие новые методы звукового оформления спектакля, лишь частично описанные в этой книге, найдут широкое использование в постановочной технике советского театра.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
Глава I. ОСНОВЫ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗВУКА	7
§ 1. Основные принципы магнитной записи и воспроизведения звука	7
§ 2. Различные способы магнитной звукозаписи	10
§ 3. Краткие сведения о магнитных явлениях	14
§ 4. Магнитная запись с постоянным током смещения	16
§ 5. Магнитная запись с дополнительным ультразвуковым током	21
§ 6. Воспроизведение звука с магнитных фонограмм	27
§ 7. Некоторые особенности магнитных фонограмм	31
§ 8. Основные характеристики магнитной записи и воспроизведения звука	37
§ 9. Основные принципы механической записи звука	42
§ 10. Воспроизведение звука с граммофонных пластинок	48
Глава II. АППАРАТУРА ДЛЯ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗВУКА	55
§ 1. Отечественные магнитофоны, их классификация и качественные показатели	55
§ 2. Переносные магнитофоны завода Гостеасвет	59
Магнитофон МАГ-2	59
Магнитофон МАГ-800	64
Магнитофон МАГ-3М	69
Магнитофон МАГ-8	72
Магнитофон МАГ-8М	80
§ 3. Стационарные магнитофоны	86
Магнитофон МАГ-5	86
Магнитофон МЭЗ-6	96
§ 4. Магнитофоны типа Днепр	102
Магнитофон Днепр-1	102
Магнитофон Днепр-3	107
Магнитофон Днепр-5	111
§ 5. Аппаратура для звуковоспроизведения в театрах	114
Звуковоспроизводящая аппаратура КЗВТ-3	114
Звуковоспроизводящая аппаратура КУСУ-52	118
Глава III. ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОЗАПИСИ В ЗВУКОВОМ ОФОРМЛЕНИИ СПЕКТАКЛЯ	121
§ 1. Оборудование аппаратных в театрах	121
§ 2. Технология применения звукозаписи в театре	126
§ 3. Виды звукового оформления спектакля	135
§ 4. Специальные звуковые эффекты	139

А. И. Парфентьев, Л. А. Демиховский, А. С. Матвеевко
ЗВУКО ЗАПИСЬ В ОФОРМЛЕНИИ СПЕКТАКЛЯ

Редактор С. С. Советов.

Художник Е. Б. Адамов.

Художественный редактор И. Д. Сталидзан

Технический редактор Э. М. Матиссен.

Корректор Л. Б. Гусятинская

Слано в набор 22/VI 1955 г. Подп. к печати 5/III 1956 г. Форм. бум. 70×108¹/₁₆ Печ. л. 9
(условных 12,33). Уч.-изд. л. 11,3 Тираж 4.000 экз. Ш103:17 „Искусство“, Москва, Цветной бульвар, 25
Изд. № 4121 Заказ тип. № 3745.

Серпуховская типография
Цена 8 р. 90 к.