

Б.Г. Колленгер

Испытания студийных магнитофонов



Б.Г. Колленгер

**Испытания
студийных
магнитофонов**



Москва Связь 1979

32.849.8
К60
УДК 681.846.7(001.4)

Коллендер Б. Г.

К60 Испытания студийных магнитофонов. — М.: Связь, 1979. — 112 с., ил.
40 коп.

Описаны особенности и характеристики студийного магнитофона. Основное внимание уделено методам измерения этих характеристик, проверке и настройке магнитофона. Рассматриваемые характеристики и методы применимы к бытовым магнитофонам при соответствующем учете особенностей их конструкций.

Книга предназначена для инженеров и техников, занятых производством, ремонтом и эксплуатацией студийных магнитофонов и может быть полезна всем тем, кто интересуется магнитной звукозаписью.

К $\frac{30404-009}{045(01)-79}$ 42-79 2402030000 ББК 32.849.8
6Ф2.7

ИБ № 115

Борис Георгиевич Коллендер

ИСПЫТАНИЯ СТУДИЙНЫХ МАГНИТОФОНОВ

Отв. редактор **Б. Я. Меерзон**

Редактор **Л. И. Венгренюк**

Обл. художника **Ю. Г. Штелле**

Техн. редакторы **Е. Р. Черепова, Г. И. Колосова**

Корректор **Н. С. Корнеева**

Сдано в набор 7/III 1978 г.
Подп. в печ. 21/XI 1978 г.
Т-21804 Формат 60×90/16 Бумага тип. № 2
Гарнитура литерат., печать высокая
7,0 усл. печ. л. 8,11 уч.-изд. л.
Тираж 14 000 экз. Изд. № 17462 Зак. № 88
Цена 40 коп.
Издательство «Связь».
Москва 101000, Чистопрудный бульвар, д. 2

Типография издательства «Связь»
Госкомиздата СССР
Москва 101000, ул. Кирова, д. 40

© Издательство «Связь», 1979 г.

Предисловие

В настоящее время студийные магнитофоны являются основным средством профессиональной записи и воспроизведения музыкальных и речевых программ в радиовещании, телевидении, кинематографии. Они используются при создании грампластинок, в концертных залах, в театрах и радиоузлах. Высокие показатели, большая надежность, ряд эксплуатационных удобств способствовали применению этих магнитофонов и в других областях техники.

Вместе с тем студийный магнитофон представляет собой достаточно сложное устройство, сочетающее в себе механические, электрические и электронные узлы. Его исправная работа определяется разнообразными испытаниями как при разработке и производстве, так и при эксплуатации. Поэтому вопросы испытаний студийного магнитофона важны и интересны для широкого круга специалистов, работающих с техникой звукозаписи.

В данной книге рассмотрены испытания, связанные с измерениями, настройкой и наладкой студийного магнитофона и отдельных его блоков.

Основные параметры и методы испытаний студийных магнитофонов нормированы в нашей стране ГОСТ 12107—74 «Магнитофоны студийные и репортерские. Основные параметры. Технические требования» и 12416—74 «Магнитофоны студийные и репортерские. Методы испытаний». Стандарты распространяются на магнитофоны, в которых применяется неперфорированная магнитная лента шириной 6,25 мм. Однако отметим, что большая часть норм и требований этих стандартов применима к другим видам магнитофонов, в частности к студийным многоканальным, работающим с более широкими магнитными лентами по сравнению с указанными в стандарте. На упомянутые стандарты приходится очень часто ссылаться в тексте книги, но их полное название при этом не приводится: другие стандарты называются по мере необходимости.

Книга рассчитана на инженеров и техников, знакомых с основными понятиями звукотехники, однако подчеркнем, что успешное освоение методов испытаний возможно только при непосредственном их применении на практике.

Замечания по книге следует направлять в издательство «Связь» по адресу: 101 000 Москва, Чистопрудный бульвар, дом 2.

Глава I

Основные сведения о студийных магнитофонах

1. Назначение, условия работы, структура

Студийные магнитофоны предназначены для высококачественной профессиональной записи и воспроизведения звука в условиях специализированных аппаратных звукозаписи (рис. 1). В таких аппаратных запись производят с помощью микшерного пульта, на который от микрофонов из студии поступают звуковые сигналы, подлежащие усилению, корректировке, суммированию и другой обработке в соответствии с творческими замыслами автора записываемого произведения, звукорежиссера и исполнителей. С микшерного пульта сигнал подается на вход магнитофона.



Рис. 1. Студийный магнитофон в аппаратной звукозаписи

При воспроизведении сигнал с выхода магнитофона поступает на контрольные приборы, звуковоспроизводящую акустическую установку и в линию, по которой передается на другие устройства.

В рассматриваемых условиях студийный магнитофон должен являться таким звеном звукопередачи, которое не вносит какие-либо изменения в сигнал. Степень выполнения этого требования служит главным критерием качества работы студийного магнитофона — чем меньше различие между входным и выходным сигналами, тем выше его качество. В связи с этим искажения и помехи, неизбежно сопровождающие физические процессы записи и воспроизведения, стремятся свести к минимуму и сделать их ниже порога слухового восприятия. Такое стремление становится еще более обоснованным, если учесть, что создаваемые на

студийных магнитофонах первичные записи (оригиналы) используются затем для получения других фонограмм путем перезаписи, которая, в свою очередь, еще более увеличивает искажения и помехи. Однако уровень последних будет тем ниже, чем он ниже в оригинале и чем меньше искажений и помех вносит магнитофон, на котором производят перезапись. Таким образом, качественные показатели студийных магнитофонов должны удовлетворять самым высоким требованиям современной техники звукопередачи.

Структурная схема студийного магнитофона приведена на рис. 2. Сигнал, подаваемый на вход магнитофона, проходит в усилитель записи УЗ, пре-

дыскажается¹ в соответствии с требованиями магнитной записи и поступает в записывающую головку², осуществляющую запись сигнала на магнитную ленту, движимую лентопротяжным механизмом ЛПМ. Вход усилителя записи должен быть высокоомным (не менее 5 кОм) для обеспечения режима работы микшерного пульта, близким к холостому ходу и симметричным для лучшей помехозащитности подключаемой линии от внешних помех. Входной уровень сигнала обычно высок и составляет 0—12 дБм (0,775—3,1 В). Усилитель записи с магнитной головкой записи образует канал записи.

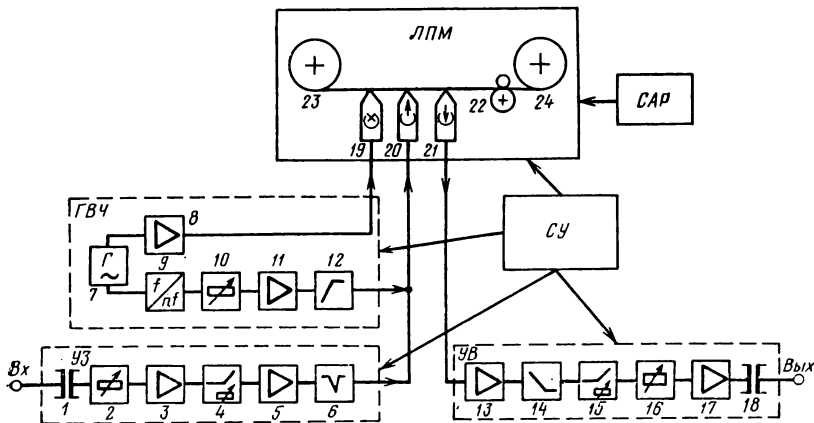


Рис. 2. Структурная схема студийного магнитофона:

УЗ — усилитель записи; 1 — симметрирующий трансформатор; 2 — регулятор уровня; 3 — усилитель; 4 — регулятор предсказания; 5 — усилитель тока записи; 6 — фильтр подавления подмагничивания, ГВЧ — генератор высокой частоты; 7 — задающий генератор; 8 — усилитель тока стирания; 9 — умножитель частоты; 10 — регулятор подмагничивания; 11 — усилитель подмагничивания; 12 — заграждающий фильтр звуковых частот, УВ — усилитель воспроизведения; 13 — усилитель; 14 — стандартизованная коррекция; 15 — регулятор коррекции; 16 — регулятор уровня; 17 — усилитель; 18 — симметрирующий трансформатор, ЛПМ — лентопротяжный механизм; 19 — стирающая головка; 20 — записывающая головка; 21 — воспроизводящая головка; 22 — ведущий узел; 23 — подающий узел; 24 — приемный узел; СУ — система управления магнитофоном; САР — система автоматического регулирования работы ЛПМ

При воспроизведении сигнал от магнитной головки поступает в усилитель воспроизведения УВ, где он усиливается, корректируется в соответствии с особенностями процесса воспроизведения и подается на выход магнитофона. Выход усилителя воспроизведения симметричный. Выходное сопротивление рассчитывается на подключение нагрузки сопротивления не менее 200—600 Ом. Уровень выходного сигнала для удобства сравнения устанавливают равным входному. Усилитель воспроизведения с магнитной головкой воспроизведения образует канал воспроизведения.

В усилителях записи и воспроизведения находятся регуляторы, с помощью которых устанавливают уровень сигнала, поступающего на запись, и уровень воспроизводимого сигнала, а также регуляторы предсказания и коррекции для изменения частотных характеристик каналов. Как первыми, так и вторыми регуляторами постоянно пользуются при настройке магнитофона.

Из структурной схемы видно, что каналы записи и воспроизведения представлены отдельными частями магнитофона, поэтому они могут работать одновременно, образуя так называемый сквозной канал. Это дает возможность вести

¹ Предсказания — преднамеренные изменения формы сигнала (в данном случае частотные), вводимые с целью уменьшения результирующих искажений на выходе магнитофона.

² О работе магнитных головок и частотной коррекции см. § 6 и 7.

контроль качества записи в процессе ее создания, воспроизводя сигнал с ленты при незначительном запаздывании, равном времени движения ленты от головки записи до головки воспроизведения (десятые доли секунды). Такой контроль позволяет своевременно предотвратить недостатки в записи корректировкой поступающего сигнала или повторением записи.

Помимо усилителей, в электронную часть магнитофона входит генератор высокой частоты ГВЧ, электрические колебания которого при включении магнитофона в режим записи поступают в головку стирания и уничтожают ненужные записи на ленте. Колебания генератора после преобразования по частоте используются также для создания подмагничивания¹ в процессе записи. Обычно подмагничивание осуществляется на частоте второй или третьей гармоники колебаний стирания. Такой выбор частоты подмагничивания исключает интерференционные помехи, возникающие в отсутствие синхронизации между колебаниями стирания и подмагничивания или если частота подмагничивания недостаточно удалена от высшей частоты полезного сигнала. Величина подмагничивания устанавливается в процессе настройки магнитофона в соответствии с применяемым типом магнитной ленты (см. § 19).

Усилитель записи и генератор подмагничивания подсоединены к общей цепи записывающей головки, поэтому в их схемы включены заграждающие фильтры, которые предохраняют эти устройства от излишней взаимной нагрузки и нарушения нормальных режимов работы.

Одной из основных частей магнитофона является лентопротяжный механизм. Он обеспечивает движение магнитной ленты с постоянной скоростью при записи и воспроизведении (рабочий ход) и ускоренную перемотку ленты вперед и обратно. Студийные магнитофоны имеют две или три номинальных скорости ленты: 38,1; 19,05 и 9,53 см/с. Лентопротяжные механизмы обычно рассчитаны на работу с рулоном ленты, максимальный диаметр которого приблизительно равен 290 мм, при длине ленты 1000 м и толщине примерно 50 мкм.

Конструктивно лентопротяжный механизм студийного магнитофона строится на трех двигателях: ведущем и двух боковых. Ведущий двигатель посредством ведущего вала, к которому лента прижата специальным роликом, обеспечивает на рабочем ходу постоянную скорость ее движения. Один боковой двигатель осуществляет намотку ленты на сердечник или в катушку, устанавливаемые на приемный узел; другой боковой двигатель создает подтормаживающую силу подающего узла. Натяжение, вызываемое подтормаживанием, обеспечивает прилегание ленты к магнитным головкам и ее плотную намотку в рулон. В состав лентопротяжного механизма входят также тормозные устройства боковых узлов, система электромагнитов, блок магнитных головок, обводные ролики и направляющие стойки. Система электромагнитов служит для включения в зависимости от режима прижимного ролика и тормозных устройств. Обводные ролики и направляющие стойки обеспечивают ленте необходимое направление движения. В тракт ленты вводятся также амортизированные поводки (ролики), способствующие затуханию случайных возникающих колебаний движущейся ленты.

Работой механизма в студийных магнитофонах управляет система автоматического регулирования САР, которая нередко представляет собой наиболее сложную их часть. Как правило, она обеспечивает постоянство натяжения ленты в условиях изменяющихся моментов вращения рулонов ленты и других влияющих на натяжение факторов, а также стабильность вращения ведущего вала.

Одна из возможных структурных схем системы автоматического регулирования натяжения показана на рис. 3. Регулирование натяжения осуществляется изменением силы подтормаживания двигателя подающего узла. При нормальном натяжении поводок-датчик находится в некотором номинальном положении, определяемом равновесием сил калибровочной пружины C_{Π} и натяжения ленты C_{Δ} . Если натяжение ленты изменяется, то поводок поворачивается, воздействуя на регулируемый элемент системы. Сигнал поворота усиливается и преобразуется в управляющее напряжение двигателя, который изменяет силу подтормаживания противоположно изменению натяжения и восстанавливает его номинальную величину. Двигатель приемного узла может управляться по аналогичной схеме.

Стабилизация частоты вращения ведущего вала может быть выполнена, как показано на рис. 4. Ведущий вал непосредственно связан с генератором, выра-

¹ О действии подмагничивания см. § 6 и 7.

батывающим электрические колебания с частотой, пропорциональной вращению вала. Эта частота сравнивается с частотой опорного кварцевого генератора. Сигнал ошибки усиливается, выпрямляется и подается на постоянноточный ведущий двигатель, изменяя его обороты так, чтобы восстановить номинальную частоту вращения ведущего вала.

В студийных магнитофонах различные режимы работы включаются при помощи системы управления СУ. В недалеком прошлом такая система выглядела довольно просто: органы управления — кнопки, механически соединяли контакты цепи тех или иных исполнительных устройств. В настоящее время системы управления строятся на электронных переключающих устройствах, не-

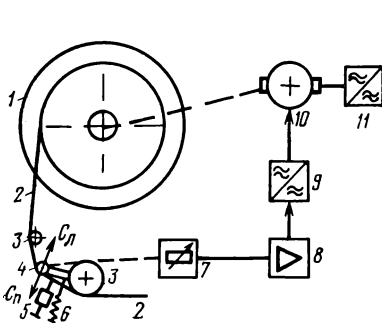


Рис. 3. Структурная схема регулирования работой двигателя подающего узла:

1 — подающий узел; 2 — магнитная лента; 3 — обводные ролики; 4 — амортизированный поводок-датчик натяжения ленты; 5 — амортизатор; 6 — пружина; 7 — регулируемый элемент; 8 — усилитель; 9 — преобразователь сигнала натяжения в напряжение, управляющее двигателем; 10 — двигатель; 11 — блок питания двигателя

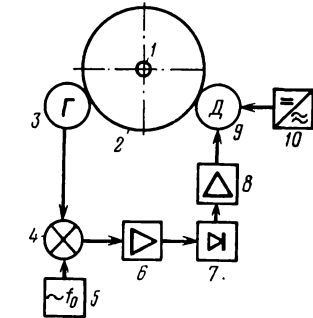


Рис. 4. Структурная схема управления ведущим валом:

1 — ведущий вал; 2 — маховик; 3 — генератор; 4 — сравнитель; 5 — опорный кварцевый генератор; 6, 8 — усилители; 7 — выпрямитель; 9 — ведущий постоянноточный двигатель; 10 — блок питания двигателя

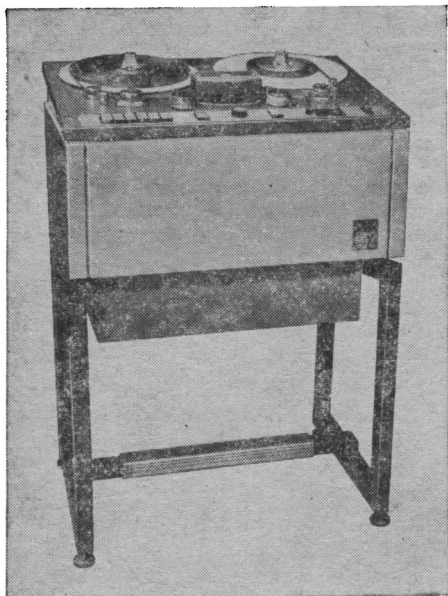
редко с использованием элементов логики. Такие системы не только свободны от многих недостатков старых систем, но и обладают рядом дополнительных преимуществ. В частности, они позволяют переходить с одного режима работы магнитофона на любой другой без риска испортить фонограмму. В некоторых типах магнитофонов можно даже задавать короткую программу последовательности включения режимов. Органы управления, обычно клавишного типа, снабжаются световой сигнализацией.

Студийные магнитофоны, как правило, выполняются в виде напольных конструкций, но иногда предусматривается и такая конструкция, которая позволяет встраивать их в другое оборудование. Внешний вид некоторых типов студийных магнитофонов показан на рис. 5.

Важнейшее требование, предъявляемое к студийным магнитофонам, заключается в сохранении ими достаточно продолжительное время высоких качественных показателей при интенсивной ежедневной многочасовой работе. В этом одна из причин относительной сложности их конструкции. В отличие от студийных, бытовые магнитофоны не рассчитываются на столь интенсивную работу, поэтому они проще и экономичнее. Бытовые магнитофоны, как правило, работают с небольшим рулоном ленты, их лентопротяжные механизмы строятся на одном двигателе, у них нет сквозного канала. Несмотря на все это, основные параметры бытовых магнитофонов определяются точно так же, как у студийного, поэтому к ним применимы рассматриваемые ниже характеристики и методы испытаний.

2. Разновидности студийных магнитофонов

Помимо записи и воспроизведения оригиналов, о которых говорилось выше, студийные магнитофоны применяются для перезаписи и монтажа фонограмм, вещания в эфир, производства грампластинок, озвучения кинофильмов, театраль-



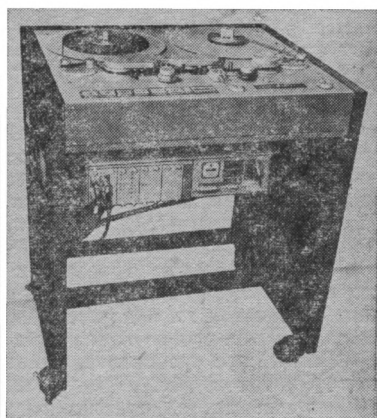
а)



б)



в)



г)

Рис. 5. Студийные магнитофоны:

а) МЭЗ-102 (СССР);

б) STM—200 В (ВНР);

в) M15A (ФРГ);

г) A-80 (Studer, Швейцария)

ных спектаклей и концертов. Их стремятся использовать во всех тех случаях, когда необходимо получить запись и воспроизведение высокого профессионального качества, хотя условия работы могут отличаться от студийных. Таким образом, студийный магнитофон является аппаратом многоцелевого назначения, а его название «студийный» в известной степени условно.

Студийный магнитофон, как правило, оснащается устройством для отметки мест фонограммы, подлежащей монтажу, ножницами, счетчиком метража ленты. Кроме того, разнообразие задач, выполняемых с помощью магнитофонов, порождает различные их модификации.

Для монтажа фонограмм, осуществляемого разрезанием и склеиванием ленты, сконструирован специальный магнитофон с дополнительным боковым узлом для смотки остатков монтируемой фонограммы (рис. 6). Имеющиеся в магнитофоне ножницы особой конструкции разрезают ленту точно против рабочего зазора воспроизводящей головки, обеспечивая этим возможность быстрого монтажа фонограмм.

При создании грампластинок используется магнитофон, у которого специфический тракт движения магнитной ленты с дополнительным каналом воспроизведения позволяет производить коррекцию сигнала при его перезаписи на лаковый диск (рис. 7).

Магнитофон, применяемый в кинематографе и телевидении, выпускается с дополнительным каналом записи—воспроизведения¹ пилот-сигнала, который обеспечивает синхронизацию изображения со звуком.

В магнитофоне, работающем на вещании, исключен канал записи, но есть приспособления, повышающие оперативность работы с ним. Такие магнитофоны обычно работают попарно, обеспечивая непрерывное длительное воспроизведение фонограмм переходом с одного магнитофона на другой. Для этого в них предусматриваются коммутационные устройства быстрого переключения внешней линии с выхода одного магнитофона на другой. В последнее время процессы ком-

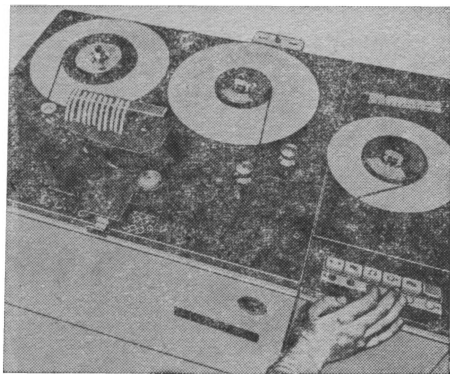


Рис. 6. Общий вид монтажного магнитофона STM-230

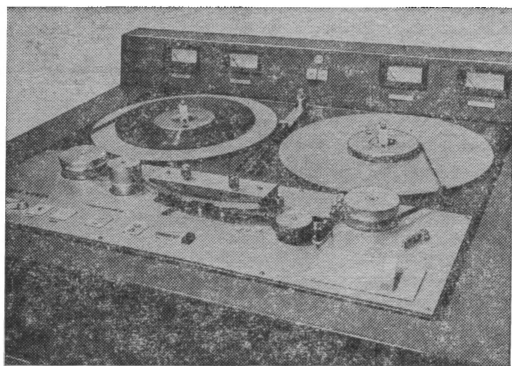


Рис. 7. Тракт движения ленты студийного магнитофона для перезаписи на лаковый диск

¹ В отличие от сквозного, в таком канале процессы записи и воспроизведения протекают не одновременно: вначале осуществляется запись, затем ее воспроизводят, предварительно перемотав ленту обратно.

мутации автоматизируют так, что окончание воспроизведения фонограммы на одном магнитофоне автоматически включает второй магнитофон и подсоединяет к нему внешнюю линию; при этом первый магнитофон включается на перемотку и останавливается после смотки всей фонограммы. Разрабатываются также программирующие устройства, которые в процессе вещания определяют последовательность включения нескольких магнитофонов и других источников программы вещания (студий, междугородных каналов и т. п.).

Для записи фонограммы во внестудийных условиях создаются специальные перевозимые магнитофоны. От магнитофонов стационарного типа их зачастую отличает только более компактный вид (рис. 8).

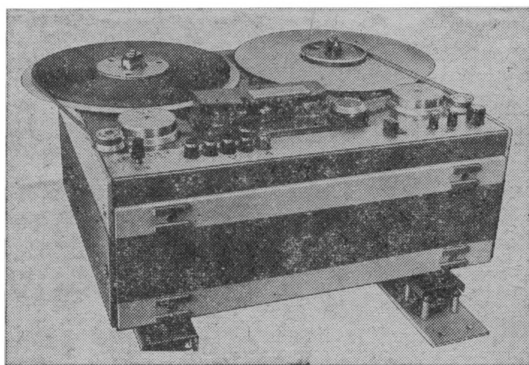


Рис. 8. Перевозимый магнитофон STM-310

Особую группу студийных магнитофонов составляют многоканальные магнитофоны. В них на магнитную ленту записывают не одну, а несколько параллельных дорожек. Подобные магнитофоны позволяют, например, вести последовательную запись музыкального произведения. Для этого коллектив музыкантов разделяют на отдельные группы и создают для каждой из них наиболее оптимальные акустические условия исполнения исходя из вида музыкальных инструментов и характера исполняемого фрагмента. Исполнение каждой группы записывают на отдельную дорожку. Затем многодорожечная запись переписывается в обычную монофоническую или стереофоническую фонограмму с введением в сигнал каждой дорожки тех или иных коррекций. Получаемая таким образом фонограмма при воспроизведении создает звучание, которое нельзя получить при обычном способе записи.

Многоканальные студийные магнитофоны позволяют записывать фонограммы с числом дорожек записи 4, 8, 12, 16, 24 (рис. 9). Для получения достаточно высоких показателей записи и воспроизведения в многоканальных магнитофонах применяют ленту более широкую, чем в обычных магнитофонах, — 12,7; 25,4 и 50,8 мм.

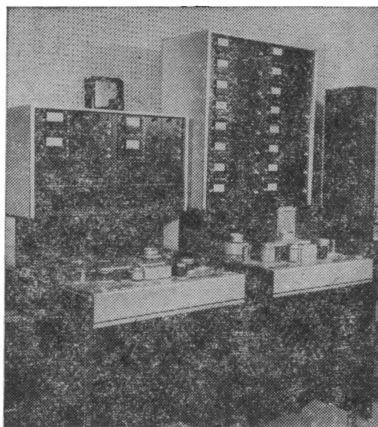


Рис. 9. Многоканальные магнитофоны Studer A80/VU

3. Виды испытаний. Приборы

Студийный магнитофон подвергается весьма разнообразным испытаниям как в период разработки макетов, так и при создании опытных образцов. Основная цель этих испытаний заключается в определении параметров и их стабильности в условиях, оговоренных в техническом задании и возможных на практике. Программа испытаний, обычно очень обширная, включает и опытную эксплуатацию, проводимую по месту назначения магнитофона. Во время опытной эксплуатации выясняются удобство работы с магнитофоном, простота его наладки и настройки, доступность отдельных узлов и возможность относительно быстрого ремонта. Проверяется также работа в условиях, которые по каким-либо причинам не удалось воссоздать на предприятии-изготовителе.

После устранения замеченных недостатков и повторных испытаний опытный образец магнитофона передают в организацию, осуществляющую контроль выполнения технического задания и разрешающую серийный выпуск таких магнитофонов. При этом образец магнитофона подвергается приемным испытаниям, которые обычно выполняются в полном объеме, установленном стандартом. Кроме того, проводится анализ на современность конструкторских и технологических решений, эстетики внешнего вида, эргономических и экономических показателей магнитофона. После получения положительной оценки полная техническая документация на магнитофон передается для его заводского производства.

При серийном выпуске магнитофон и отдельные его узлы подвергаются типовым, заводским, выборочным и приемо-сдаточным испытаниям. Виды испытаний могут быть и другими (ГОСТ 16504—74 «Контроль и испытания качества продукции. Основные термины и определения»), но указанные выше выполняются, как правило, всегда.

Типовые испытания проводят с первыми серийными образцами магнитофонов, а в дальнейшем — только при введении существенных изменений в конструкцию или технологию изготовления магнитофонов. Основная задача типовых испытаний заключается в определении выполнения требований к магнитофону, изготовленному в условиях принятой технологии производства. Эти испытания проводят по всем показателям, нормируемым стандартом. В выборочных испытаниях, осуществляемых в период производства магнитофона, контролируется точность выполнения ранее установленного технологического цикла. Контролируемые показатели и объем испытаний устанавливаются перед их проведением.

В программу заводских испытаний входят измерения и контроль отдельных узлов и блоков магнитофона. Эти испытания преследуют цель — предупреждение брака, не допуская того, чтобы он выявился позже при окончательных испытаниях магнитофона или, что гораздо хуже, при его эксплуатации. Производство магнитофона завершается приемо-сдаточными испытаниями, при которых проверяется хотя и ограниченное число параметров, но таких, по которым можно судить о правильном функционировании всех частей магнитофона. Приемо-сдаточные испытания включают в себя настройку и измерение каналов воспроизведения и записи магнитофона.

В эксплуатации студийные магнитофоны подвергаются профилактическому осмотру, контрольной проверке основных параметров и, в случае необходимости, послеремонтной настройке. При профилактическом осмотре проверяется



Рис. 10. Общий вид измерительной передвижной установки ИПЗТ-1

функционирование всех узлов и блоков магнитофона, иногда осуществляются чистка и смазка соответствующих деталей. На практике такой осмотр проводится довольно часто перед началом работы с магнитофоном, который не использовался некоторое время.

Контрольная проверка осуществляется периодически, а время между проверками зависит от надежности магнитофона и интенсивности его работы. Необходимость контрольных проверок вызывается возможным изменением параметров магнитофона от износа магнитных головок и механически трущихся деталей лентопротяжного механизма, от нестабильности работы отдельных блоков магнитофона. При смене типа используемой магнитной ленты, как правило, проводят настройку магнитофона: подбирают подмагничивание, устанавливают уровень записи, изменяют частотную коррекцию. Такая настройка сопровождается измерением основных показателей магнитофона и по сути совпадает с его контрольной проверкой.

Послеремонтные испытания магнитофона сводятся к контрольной проверке его показателей, но могут также включать более подробные измерения параметров, определяемых отремонтированным блоком.

При настройке и измерениях студийного магнитофона используются различные приборы, сведения о которых будут приведены ниже при описании

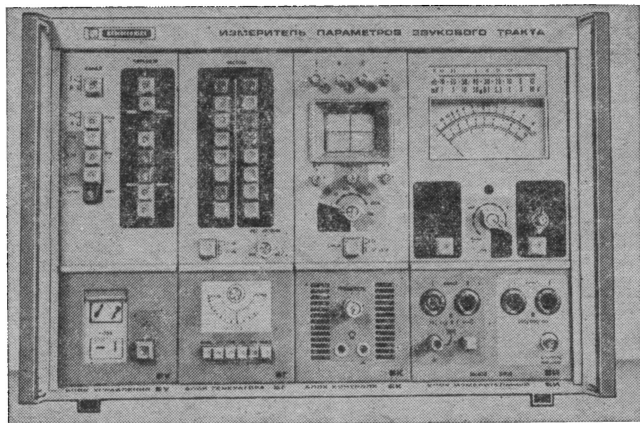


Рис. 11. Лицевая панель прибора ИПЗТ

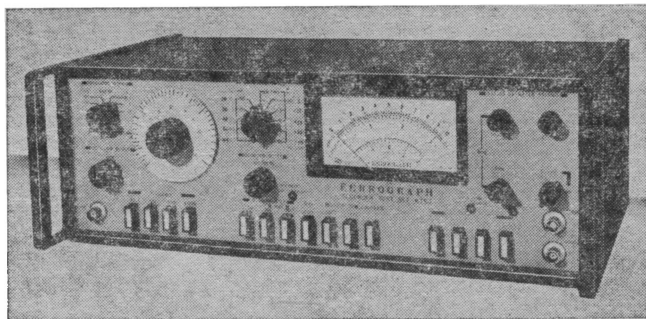


Рис. 12. Универсальный измерительный прибор RTS2

методов измерений. Здесь же остановимся на двух универсальных измерительных приборах, предназначенных для измерения и настройки магнитофонов.

Измеритель параметров звукового тракта ИПЗТ. Так называется измерительная передвижная установка, разработанная нашей промышленностью. На рис. 10 показан ее внешний вид, на рис. 11 — лицевая панель прибора. ИПЗТ позволяет измерять: амплитудно-частотную характеристику; коэффициент гармоник на частотах 31, 400, 1000, 4000 Гц; относительный уровень помех, определяемый «невзвешенным» и психометрическим способами; рассогласование частотных и фазовых характеристик между стереоканалами; относительный уровень проникания; коэффициент детонации.

Измерение амплитудно-частотных характеристик можно производить как при плавном изменении частоты, так и на фиксированных частотах, которые выбираются простым нажатием кнопки. В процессе измерений установка может автоматически менять свою чувствительность так, что измеряемая величина всегда находится в пределах шкалы измерительного прибора, сигнал хорошо виден на экране осциллографа и отчетливо прослушивается при помощи встроенного контрольного громкоговорителя. Для проведения измерений установка переводится в нужный режим нажатием соответствующей кнопки. При этом подключаются необходимые генераторы частот и фильтры, а измерительный прибор принимает определенные временные характеристики и вид выпрямления измеряемого сигнала.

Универсальный измерительный прибор RTS2. Прибор (рис. 12) выпускается фирмой Ferragoraph (Великобритания). С его помощью измеряют: амплитудно-частотную характеристику; коэффициенты гармоник на частотах в диапазоне 400—1100 Гц; относительный уровень невзвешенных помех; величину дрейфа и коэффициент детонации.

В отличие от ИПЗТ, этот прибор не имеет автоматики, а измерительный прибор обладает неизменной линейной характеристикой выпрямления. Однако установка RTS2 достаточно универсальна, компактна и мало весит.

Глава II

Характеристики студийного магнитофона

4. Основные показатели. Стандартизация

Магнитофон, как и другие устройства, служащие для передачи сигналов, характеризуется рядом известных показателей: диапазоном и равномерностью передачи частот, максимально допустимым уровнем сигнала, показателем перегрузки, уровнем собственных помех. Однако этих показателей недостаточно для полного описания качества работы магнитофона. Его специфические особенности требуют дополнительных оценок и видоизменения уже названных показателей в соответствии со свойствами магнитной записи и передаваемой звуковой информации. Так, например, наличие в магнитофоне движущегося носителя записи — магнитной ленты — вызывает необходимость введения характеристик ее движения; существование в магнитофоне двух каналов — канала записи и канала воспроизведения — приводит к разделению ряда показателей на показатели для каждого из каналов; способность магнитофона к многократному использованию для записи одного

Таблица 1

Наименование параметров	Норма		
1. Скорость ленты, см/с: номинальное значение	38,1	19,05	9,53
предельное отклонение, %, не более	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$
2. Коэффициент детонации, %, не более	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	$\pm 0,1$
3. Длительность пуска, с, не более	1	1	по ТУ ¹
4. Рабочий диапазон частот, Гц	31,5—16 000	31,5—16 000	40—12 500
5. Амплитудно-частотная характеристика канала воспроизведения по измерительной ленте должна находиться в пределах поля допусков	Рис. 13	Рис. 13	Рис. 14
6. Амплитудно-частотная характеристика канала записи относительно амплитудно-частотной характеристики канала воспроизведения по измерительной ленте должна находиться в пределах поля допусков	Рис. 13	Рис. 13	Рис. 14
7. Рассогласование амплитудно-частотных характеристик стереоканалов воспроизведения и стереоканалов записи должно находиться в пределах поля допусков	Рис. 13	Рис. 13	Рис. 14
8. Фазовый сдвиг между сигналами стереоканалов воспроизведения или записи, не более указанного	Рис. 15	Рис. 15	По ТУ ¹
9. Номинальный удельный магнитный поток, нВб/м, при частоте записи, Гц, для магнитофонов:	1000	1000	315
монофонических	320	320	250
стереофонических	510	510	510
10. Коэффициент гармоник в канале записи-воспроизведения, %, не более, для магнитофонов:			
монофонических	1	1	2
стереофонических	2	2	По ТУ ¹
11. Коэффициент разностного тона второго порядка в канале записи-воспроизведения, %, не более	1	1	По ТУ ¹
12. Относительный уровень помех в канале воспроизведения, дБ, не более, для магнитофонов:			
монофонических	-65	-62	-58
стереофонических	-66	-64	По ТУ ¹
13. Относительный уровень помех в канале записи-воспроизведения, дБ, не более, для магнитофонов:			
монофонических	-61	-58	-54
стереофонических	-62	-60	По ТУ ¹
14. Относительный уровень проникания из одного стереоканала в другой при записи-воспроизведении, дБ, не более указанного	Рис. 16	Рис. 16	По ТУ ¹
15. Относительный уровень стирания, дБ, не более	-75	-75	-75
16. Акустический шум, дБ		По ТУ ¹	

¹ Означает, что данный параметр устанавливается техническими условиями на разработку конкретного типа магнитофона.

и того же участка магнитной ленты характеризуется особым показателем — относительным уровнем стирания.

В табл. 1 приведены основные показатели студийных магнитофонов, нормированные ГОСТ 12107—74 «Магнитофоны студийные и репортерские. Основные параметры. Технические требования».

Из таблицы видно, что большинство показателей характеризует магнитофон как звукотехническое устройство. Ниже будет показано, что эти показатели определяются с учетом свойств слухового восприятия соответствующих искажений и помех. Однако ос-

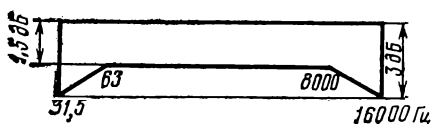


Рис. 13. Поле допусков амплитудно-частотной характеристики для скоростей 38 и 19 см/с

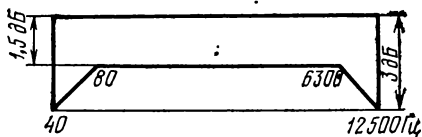


Рис. 14. Поле допусков амплитудно-частотной характеристики для скорости 9 см/с

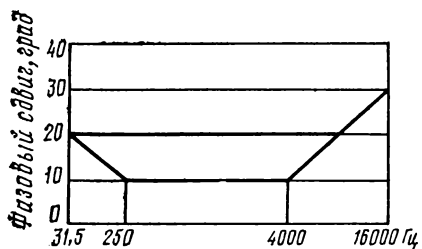


Рис. 15. Поле допусков фазового сдвига

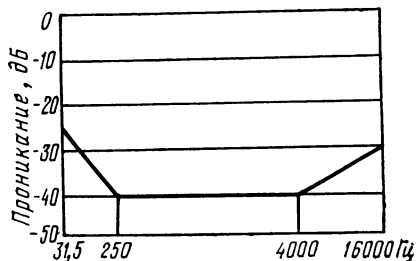


Рис. 16. Поле допусков уровня проникновения

новным параметром магнитофона, по которому прежде всего судят о качестве записи, является скорость ленты, так как именно от нее зависят остальные показатели магнитофона.

Помимо требований к качеству магнитофона, стандартом предусматривается ряд параметров, обеспечивающих возможность обмена фонограммами. Благодаря стандартизации запись, произведенная на одном магнитофоне, может быть воспроизведена на другом магнитофоне при сохранении в определенных пределах ее качества. Стандартизация устанавливает рабочие скорости магнитной ленты, номинальные намагниченности фонограмм, частотные характеристики потока короткого замыкания (§ 6). Обеспечивая примерно одинаковое воспроизведение фонограмм, стандартизация диктует и определенные условия записи. В связи с этим ее качество становится зависимым от того, насколько параметры магнитной ленты соответствуют требованиям стандарта и насколько оптимальна настройка магнитофона. Стандартизация касается положения дорожек записи на магнитной ленте и ее размеров, а также сердечников и катушек для намотки ленты.

В монофонических магнитофонах ширина дорожки записи равна ширине ленты — 6,25 мм. В стереофонических магнитофонах дорожки записи на ленте должны иметь направление, расположение и обозначение, показанные на рис. 17. Дорожки располагаются симметрично относительно средней линии ленты; внешние края дорожек совпадают с краями ленты; ширина дорожек записи равна $2,7-0,1$ мм. Следует, однако, учесть, что у магнитофонов, выпущенных до начала действия упоминаемых стандартов, и у магнитофонов, выпускаемых за рубежом, ширина дорожек записи может быть равна 2; 2,5 или 2,75 мм.

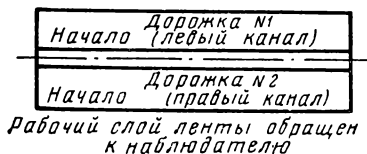


Рис. 17. Дорожки записи стереофонограммы

В студийных магнитофонах применяют сердечники типов I и II по ГОСТ 12796—67, также могут использоваться катушки типов I (№ 18) и II по ГОСТ 13275—67. Лента наматывается в рулон рабочим слоем внутрь. Стандартным считается вращение рулона ленты на подающем узле против часовой стрелки. Намотка ленты на сердечники

должна осуществляться так, чтобы расстояние от нижнего ее края до посадочной поверхности сердечника составляло $1,2 \pm 0,2$ мм, при намотке на катушки — $3,0 \pm 0,2$ мм.

Рассмотренные параметры студийных магнитофонов нормированы стандартом, утвержденным в 1974 г. Естественно, что ранее выпущенные магнитофоны могут по отдельным показателям не удовлетворять указанному стандарту. В связи с этим в эксплуатации следует придерживаться показателей, приводимых в техническом паспорте конкретного типа магнитофона. Это необходимо делать еще и потому, что число показателей магнитофона обычно превышает число показателей стандарта, а некоторые параметры магнитофона могут иметь значения выше нормированных. При этом вполне резонно сохранять их в процессе эксплуатации на достигнутом уровне. Использование более совершенной магнитной ленты по сравнению с лентой, рекомендуемой в описании к магнитофону, приводит к улучшению его показателей, что также следует учитывать.

Следующие параграфы данной главы посвящены основным характеристикам магнитофона, в том числе и тем, которые не входят в государственный стандарт, но используются тем не менее для описания качества магнитофона в технических условиях или других документах. Точное определение характеристик и показателей магнитофона, а также правильная их трактовка позволяют наилучшим образом налаживать и настраивать магнитофон. Характеристики, не требующие особых пояснений, рассмотрены по мере непосредственного изложения методов испытаний.

5. Характеристики движения магнитной ленты

Сигнал, передаваемый через каналы записи и воспроизведения

магнитофона, подвергается двойному преобразованию. В процессе записи временные изменения мгновенных значений сигнала, существующего в форме электрического тока, переходят в пространственные изменения намагниченности магнитной ленты (рис. 18). При этом между частотой сигнала f_3 и образуемой в результате записи сигналограммы длиной волны λ для данной скорости ленты v_3 возникает простая связь: $\lambda = v_3/f_3$.

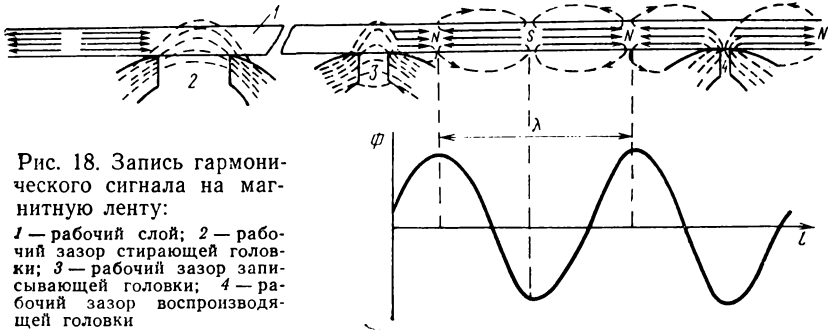


Рис. 18. Запись гармонического сигнала на магнитную ленту:
 1 — рабочий слой; 2 — рабочий зазор стирающей головки; 3 — рабочий зазор записывающей головки; 4 — рабочий зазор воспроизводящей головки

В процессе воспроизведения записи происходит обратное преобразование — пространственные изменения намагниченности ленты переходят во временные изменения электрического напряжения, а длине волны λ при данной скорости ленты v_B соответствует частота f_B , т. е. $f_B = v_B/\lambda$.

Таким образом, частоты записи и воспроизведения соотносятся между собой так же, как скорости записи и воспроизведения:

$$f_B/f_3 = v_B/v_3.$$

Для неискаженной передачи сигнала необходимо, чтобы $f_B = f_3$, следовательно, $v_B = v_3$. В действительности указанные скорости по разным причинам могут отличаться друг от друга, вызывая этим изменение частоты воспроизводимого сигнала. Из осциллограммы скорости ленты, представленной на рис. 19, видно, что дви-

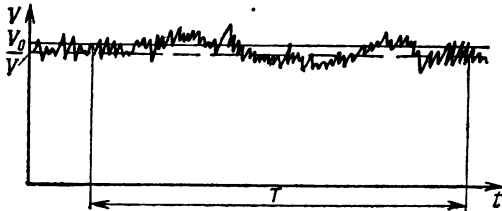


Рис. 19. Осциллограмма скорости ленты

жение ленты сопровождается как относительно медленными, так и быстрыми изменениями скорости. Эти изменения неодинаково влияют на качество звучания воспроизводимого сигнала и поэтому оцениваются по-разному.

Для характеристики движения ленты по тракту лентопротяжного механизма в процессе записи и воспроизведения используются следующие показатели: *номинальная скорость* V_0 , *средняя скорость* \bar{V} , *величина дрейфа* $\Delta\bar{V}$, *коэффициент колебаний скорости* K_c , *коэффициент детонации* K_d , *коэффициент амплитудной модуляции* K_{AM} . Значения номинальных скоростей для студийных магнитофонов приведены в табл. 1, п. 1.

Для того чтобы найти отклонение скорости от номинального значения, измеряется средняя скорость ленты в тракте лентопротяжного механизма магнитофона. Средняя скорость за некоторый промежуток времени T определяется выражением

$$\bar{V} = \frac{1}{T} \int_t v dt$$

или, что то же самое,

$$\bar{V} = l/T.$$

Здесь v — мгновенное значение скорости; t — время; l — длина ленты, прошедшей за время T . По сути, средняя скорость — это постоянная составляющая скорости ленты.

Значения средней скорости могут измеряться как за длительные, так и за короткие промежутки времени (время усреднения). При большом времени усреднения, равного, например, времени прохождения полного рулона ленты длиной 1000 м, полученное значение общей средней скорости будет в основном определяться такими параметрами лентопротяжного механизма, как средняя частота вращения ведущего двигателя, коэффициент передачи от двигателя к ведущему валу, диаметр ведущего вала. При усреднении за относительно короткие промежутки времени, 10—100 с, значения средней скорости определяются не только названными параметрами, но и соотношением диаметров рулонов лент на боковых узлах, натяжением ленты и т. д. Если время усреднения еще меньше ($T < 10$ с), то выявляются колебания скорости ленты, которые характеризуются не величиной средней скорости, а другими показателями, разбираемыми несколько ниже.

Значения средней скорости, измеренные в разных условиях, вообще говоря, могут различаться между собой. При достаточном числе замеров средней скорости за короткие промежутки времени \bar{V}_k для разных диаметров рулонов лент на подающем и приемном узлах лентопротяжного механизма среднеарифметическое значение этих скоростей приближается к значению общей средней скорости

$$\bar{V} \approx \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \bar{V}_k,$$

где \bar{V}_k — значение средней скорости k -го измерения; n — число измерений.

Разница между значениями номинальной и средней скоростей свидетельствует об отклонении скорости ленты от нормы. Эти от-

клонения приводят к изменению высоты звучания сигнала при воспроизведении записи. Слух человека замечает такие изменения, если они превышают 1—2%, а в некоторых случаях, например при склейке фонограмм, записанных на несколько разных скоростях, граница слышимости может быть еще ниже. В связи с этим в современных студийных магнитофонах отклонения скорости от номинала даже за относительно короткие промежутки времени не должны превышать предельных значений, нормированных стандартом (см. табл. 1, п. 1).

Из приведенных выше определений и формулы следует, что значение общей средней скорости не может превысить максимального значения средней скорости, измеренного за короткий промежуток времени, или быть меньше ее минимального значения. Поэтому на практике обычно ограничиваются только измерением \bar{V}_k в начале, середине и в конце полного рулона ленты, протягиваемой лентопротяжным механизмом. Если \bar{V}_k не выходит за пределы установленного допуска, то и значение общей средней скорости его не превышает.

Сравнение значений средних скоростей \bar{V}_k при разных диаметрах рулонов ленты позволяет судить об изменении средней скорости, называемой дрейфом. Величина дрейфа не должна выходить за полные пределы отклонений скорости от номинала 0,6%.

Дрейф скорости характеризует довольно медленные колебания скорости ленты и, как уже отмечалось, вызывает изменение высоты звучания сигнала при его воспроизведении. Более быстрые колебания скорости приводят к таким искажениям звучания, как «вибрация», «дребезжание», «хриплость» и т. п. В связи с этим быстрые колебания скорости оцениваются иначе, чем медленные ее изменения. Существуют два способа их оценки. При первом — находят коэффициент колебаний скорости, который непосредственно характеризует равномерность движения ленты и определяется соотношением

$$K_c = \frac{\Delta v}{\bar{V}_k} \cdot 100,$$

где Δv — амплитуда колебаний мгновенных значений скорости относительно средней скорости \bar{V}_k . При втором способе оцениваются искажения звучания сигнала, называемые колебаниями скорости ленты. Такие искажения называются *детонацией*, а оценка, производимая вторым способом, осуществляется при помощи *коэффициента детонации*. Более подробно эти искажения и их оценка будут определены в § 9. Там же будут рассмотрены колебания ленты, приводящие к амплитудной модуляции сигнала.

6. Частотные и волновые зависимости

Амплитудно-частотная характеристика какого-либо устройства показывает, как изменяются амплитуды спектральных составля-

ющих сигнала, передаваемого через данное устройство. Обычно ее находят по зависимости уровня сигнала на выходе устройства от частоты при подаче на его вход гармонического сигнала постоянной величины. В магнитофоне амплитудно-частотные характеристики (называемые в дальнейшем, когда это не будет вызывать недоразумений, просто частотными) каналов воспроизведения и записи определяются, однако, несколько иным образом. Чтобы объяснить это и одновременно раскрыть принципы стандартизации частотных характеристик, остановимся на основных частотных зависимостях процессов воспроизведения и записи.

Частотные и волновые зависимости воспроизведения. Частотная характеристика процесса воспроизведения определяется по зависимости электродвижущей силы воспроизводящей головки от частоты сигналов, записанных с постоянным уровнем на магнитной ленте.

Индукционный принцип воспроизведения, используемый в магнитофонах, $-e = -n d\Phi/dt$ (e — электродвижущая сила; Φ — магнитный поток в сердечнике воспроизводящей головки; n — число витков обмотки) приводит к росту электродвижущей силы пропорционально частоте сигнала, так как при $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ $e = -\omega \Phi_m \cos \omega t$ (рис. 20, прямая 1). Отклонения от указанной закономерности обуславливаются частотными волновыми потерями (рис. 20, кривые 2 и 3). Частотные потери вызываются расходом

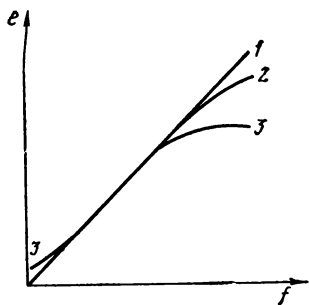


Рис. 20. Частотные характеристики воспроизведения:

1 — без потерь; 2 — с учетом частотных потерь; 3 — с учетом волновых потерь

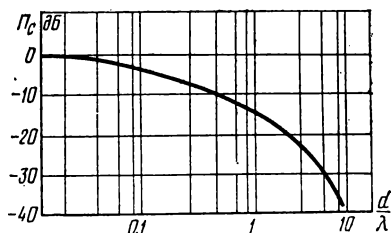


Рис. 21. Волновая зависимость слоев потерь

энергии в сердечнике и катушке головки и пропорциональны частоте сигнала. Волновые потери определяются зависимостью величины магнитного потока в сердечнике воспроизводящей головки от длины волны записи. Эти потери удобно характеризовать коэффициентом Π , равным отношению магнитного потока Φ в сердечнике воспроизводящей головки к потоку Φ_0 , который был бы при отсутствии потерь равен

$$\Pi = \Phi/\Phi_0.$$

К потерям воспроизведения относятся: контактные, слойные, щелевые потери, потери из-за перекоса рабочего зазора головки воспроизведения и потери, обусловленные ее размерами.

Отметим, что при магнитной записи рассматривать зависимости потерь от длины волны вообще целесообразнее, чем от частоты, так как, с одной стороны, волновые потери гораздо существенней частотных, а с другой — изменение частоты сигнала и скорости ленты в одинаковое число раз не изменяет длину волны записи и связанные с ней основные особенности процессов воспроизведения и записи. С этих позиций, например, безразлично, записывается ли сигнал 1000 Гц при скорости ленты 38 см/с, 500 Гц при скорости 19 см/с или 250 Гц при скорости 9 см/с — главные зависимости процессов одинаковы. Напротив, изменение только частоты сигнала или только скорости ленты приводит к изменению длины волны и определяемых ею потерь. Волновые зависимости при необходимости легко пересчитываются в частотные.

Контактные потери возникают вследствие того, что между лентой и сердечником магнитной головки всегда существует, хотя и небольшой, промежуток a . Он образуется из-за шероховатой поверхности рабочего слоя ленты и магнитной головки, деформации ленты и соринки, попадающих на ленту. Магнитный поток в сердечнике воспроизводящей головки ослабляется в первом приближении пропорционально относительному удалению ленты от головки — a/λ :

$$\frac{\Delta\Phi}{\Phi} = 2\pi \frac{a}{\lambda}.$$

Тогда волновые потери из-за зазора между лентой и головкой выражаются экспоненциальной функцией

$$P_K = \Phi/\Phi_0 = e^{-2\pi \frac{a}{\lambda}}.$$

Чем короче длина волны, тем при том же промежутке a больше контактные потери. Для их уменьшения следует лучше обрабатывать рабочую поверхность головок, увеличивать давление ленты на головку и применять ленты с более гладкой поверхностью рабочего слоя.

Слойные потери образуются вследствие того, что толщина рабочего слоя ленты d — конечна. Эти потери, как и контактные, зависят от относительной удаленности от сердечника воспроизводящей головки элементарных слоев ленты (элементарный слой образуется при условном делении реально существующего рабочего слоя на n частей; такое деление необходимо для анализа потерь). Выражение для слойных потерь получается суммированием потерь элементарных слоев по всему рабочему слою ленты:

$$P = \int_0^d e^{-2\pi \frac{x}{\lambda}} dx = \frac{1 - e^{-2\pi \frac{d}{\lambda}}}{2\pi \frac{d}{\lambda}}.$$

Графически такая зависимость представлена на рис. 21. Видно, что с увеличением толщины ленты d при данной λ или с уменьшением длины волны записи λ при данном d слойные потери возрастают. Слойные потери, в принципе, неустранимы из-за того, что рабочий слой ленты всегда имеет какую-то толщину, хотя у тонкой ленты они меньше, чем у толстой.

Из последнего факта, однако, не следует, что тонкая лента всегда предпочтительней толстой, потому что, как уже было отмечено, слойные потери не единственный вид потерь, влияющих на качество записи. Кроме того, следует подчеркнуть, что в области длинных волн, где волновые потери отсутствуют, магнитный поток пропорционален толщине рабочего слоя, а лента с толстым рабочим слоем обеспечивает больший уровень выходного сигнала, улучшая этим показатель качества записи — сигнал/помеха. При записи коротких волн излишняя толщина рабочего слоя вследствие слойных потерь бесполезна, а в некото-

рых случаях даже вредна. Поэтому для записи звуковых сигналов, широкий частотный диапазон которых приводит к столь же широкому диапазону длин волн, существует на каждой скорости некоторая оптимальная толщина ленты, компромиссно обеспечивающая оптимальные параметры записи. При снижении скорости ленты длины волн записываемых сигналов становятся короче, в связи с этим на низких скоростях тонкие ленты в общем случае предпочтительнее.

Щелевые потери появляются из-за соизмеримости длины волны записи с шириной рабочего зазора воспроизводящей головки. Ослабление потока в головке происходит вследствие усреднения его величины в пределах рабочего зазора. Уменьшение потока особенно наглядно при равенстве длины волны и ширины рабочего зазора (рис. 22). В этом случае равные потоки полуволновых

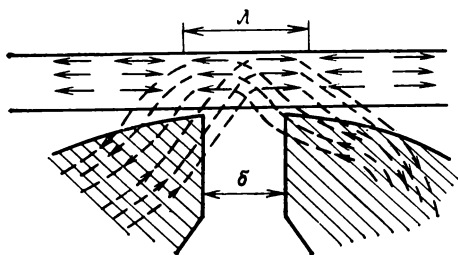


Рис. 22. Распределение потока при равенстве длины волны записи и ширины рабочего зазора магнитной головки

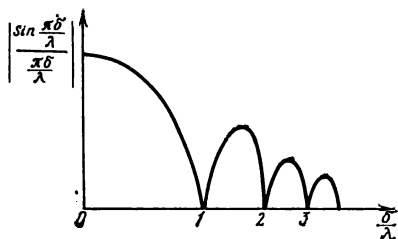


Рис. 23. График зависимости $\frac{|\sin(\pi\delta/\lambda)|}{\pi\delta/\lambda}$

областей противоположны друг другу и, следовательно, взаимно компенсируются. Полная компенсация происходит, когда ширина рабочего зазора δ равна целому числу волн $n\lambda$ ($n=1, 2, 3, \dots$). При $\delta \neq n\lambda$ компенсация будет не полной. Функция, показывающая зависимость уменьшения потока от соотношения ширины рабочего зазора и длины волны записи δ/λ , представляется выражением

$$P_{\text{щ}} = \frac{\left| \sin \frac{\pi\delta}{\lambda} \right|}{\pi\delta/\lambda}.$$

а графически — рис. 23.

Для уменьшения щелевых потерь ширину рабочего зазора воспроизводящей головки выбирают из условия $\delta \approx \lambda_{\text{в}}/2$, где $\lambda_{\text{в}}$ — наиболее короткая длина волны записываемого диапазона. Дальнейшее сужение зазора, хотя и уменьшает щелевые потери, ведет к росту потерь шунтирования, о которых будет сказано ниже.

Практически геометрическая ширина рабочего зазора не совпадает с ее эффективным значением из-за того, что на распределение поля головки влияет глубина рабочего зазора, а также из-за того, что ребра зазора не могут быть выполнены идеально. Обычно эффективная ширина зазора на 10—15% больше геометрической.

Потери из-за перекоса возникают вследствие непараллельности рабочего зазора головки воспроизведения магнитному штриху на ленте. Перекос по своему действию подобен расширению рабочего зазора воспроизводящей головки (рис. 24), поэтому потери от перекоса определяются таким же выражением, только вместо ширины зазора δ следует подставлять величину $b \operatorname{tg} \alpha$, где b — ширина дорожки записи, а α — угол перекоса. Некоторые величины перекоса и связанные с ним потери на частоте 10 кГц приведены в табл. 2. Отметим, что чем шире дорожка записи, тем больше могут быть потери из-за перекоса.

Потери из-за перекоса вызываются несовершенством установки магнитных головок и устраняются при настройке магнитофона. Для этого головки крепятся на качающихся площадках, положение которых в пространстве регулирует-

ся. Перекос может быть также следствием непараллельности направляющих тракта движения магнитной ленты или нарушения необходимых допусков при их изготовлении и установке. К потерям из-за перекоса приводят деформация самой ленты и неровности ее краев. Указанные недостатки приводят часто к пе-

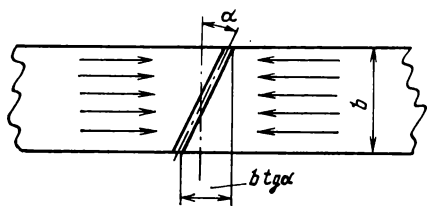


Рис. 24. Перекос рабочего зазора магнитной головки

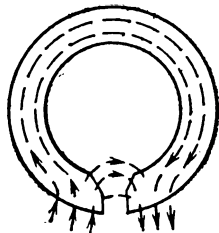


Рис. 25. Распределение потока в магнитной головке

риодическому возникновению потерь перекоса и вызывают паразитную амплитудную модуляцию сигнала.

Таблица 2

b, мм	α, мин, в зависимости от скорости, см/с			Π _п	20 lg Π _п , дБ
	38,1	19,05	9,53		
6,25 2,5	5,2 12,9	2,6 6,5	1,3 3,2	0,9	-1
6,25 2,5	7,5 18,9	3,8 9,45	1,9 4,7	0,8	-2
6,25 2,5	12,6 31,6	6,3 15,8	3,2 7,9	0,5	-6
6,25 2,5	20,8 52,4	10,4 26,2	5,2 13,1	0	-∞

Потери шунтирования связаны с тем, что часть потока фонограммы замыкается не в сердечнике магнитной головки, а через пространство между полюсными наконечниками, в том числе через рабочий зазор (рис. 25). Эти потери определяются соотношением сопротивлений магнитному потоку указанного пространства и сердечника головки воспроизведения. В отличие от предыдущих, данные потери зависят не от длины записи, а от частоты сигнала. С ее повышением магнитная проницаемость материала сердечника падает, а сопротивление возрастает, что ведет к перераспределению потока и увеличению потерь.

Все рассмотренные до сих пор потери были связаны с короткой длиной волны или высокой частотой сигнала. Но и на длинных волнах наблюдается явление, влияющее на ход частотной характеристики системы магнитной записи. Вызываемая им волнистость частотной характеристики, или «змейка», образуется из-за соизмеримости длины волны записи и размеров рабочей поверхности воспроизводящей головки. На рис. 26 представлены два случая распределения магнитного потока в сердечнике головки. В первом из них при $L = \lambda$ магнитный поток увеличивается, во втором при $L = 2\lambda$ — уменьшается. В зависимости от конструкции сердечника воспроизводящей головки увеличение потока может также на-

блюдаться при $L=3\lambda$, 5λ и т. д., а уменьшение — при $L=4\lambda$, 6λ и т. д. При больших длинах волны, намного превышающих размеры головки, часть магнитного потока распределяется вне сердечника магнитной головки, уменьшая тем самым полезную часть основного потока (рис. 27). На пути распространения

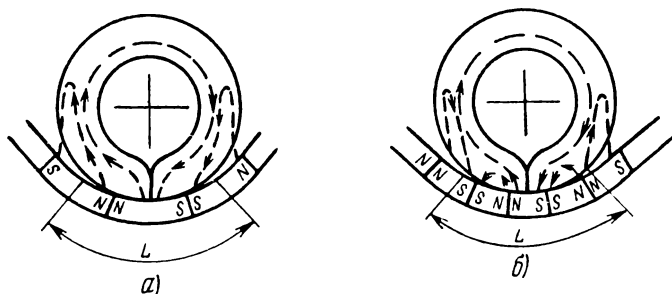


Рис. 26. Распределение потока при соизмеримости размеров магнитной головки и длины волны записи:
а) $L=\lambda$; б) $L=2\lambda$

магнитной индукции могут оказывать влияние окружающие головку магнитопроводящие тела, например экраны головки (рис. 28). Они способствуют неравномерности частотной характеристики в области длинных волн.

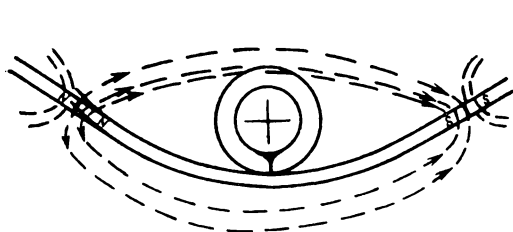


Рис. 27. Распределение потока при очень длинных волнах

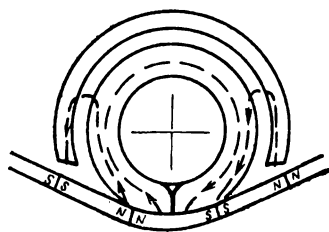


Рис. 28. Распределение потока при наличии экранов магнитной головки

Для устранения эффекта змейки магнитные головки стремятся выполнить с $L > \lambda_n$, где λ_n — наиболее длинная волна записываемого диапазона. Поверхность головки должна плавно отходить от магнитной ленты, а экраны должны быть удалены от нее на достаточное расстояние.

Частотные и волновые зависимости записи. Частотная характеристика процесса записи определяется по зависимости уровня намагниченности ленты от частоты тока записи при постоянной его величине. Магнитная лента намагничивается под действием поля тока записи, а также высокочастотного поля подмагничивания. Последнее создает определенную зону в пространстве у выходной грани рабочего зазора головки (рис. 29), в пределах которой формируется остаточная намагниченность, т. е. осуществляется запись. Указанная зона, получившая по характеру происходящих в ней физических процессов название *критической*, определяет ос-

новые волновые зависимости записи. Объяснение процесса записи и связанных с ним явлений не входит в нашу задачу (см. [1]), поэтому ниже будут рассмотрены только те свойства записи, которые непосредственно отражаются на ее характеристиках.

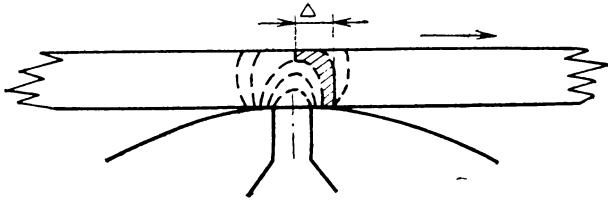


Рис. 29. Критическая зона

Из-за того что рассеяние магнитного поля рабочего зазора головки записи неравномерно, критическая зона имеет криволинейный вид, а ее положение и размеры зависят как от величины подмагничивания (рис. 30), так и от однородности магнитных частиц,

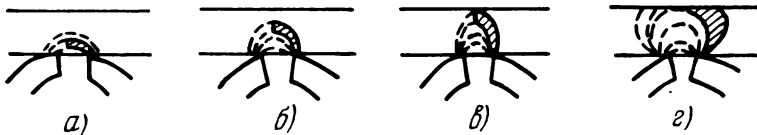


Рис. 30. Критические зоны при разной величине подмагничивания

из которых состоит рабочий слой ленты. Чем они однороднее по своим параметрам (восприимчивости к внешним магнитным полям, коэрцитивной силе), тем критическая зона уже.

Высокочастотное подмагничивание, кроме того, линеаризует процесс магнитной записи, т. е. создает условия, при которых остаточная намагниченность ленты в достаточной мере пропорциональна воздействию сигнала (§ 7). В этих условиях и при не слишком больших величинах тока записи главное звено магнитофона — записывающая головка — магнитная лента — воспроизводящая головка — представляет собой линейную систему, для которой волновые или частотные зависимости являются основными. Если бы в процессе записи не возникали частотные и волновые потери, то ее частотная характеристика представляла бы прямую линию, параллельную оси частот (рис. 31, прямая 1). Однако из-за потерь, главным образом волновых, эта характеристика имеет вид кривой линии, спадающей по мере роста частоты (уменьшения длины волны записи, рис. 31, кривая 2).

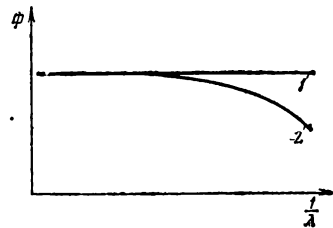


Рис. 31. Волновые характеристики записи:

1 — без потерь; 2 — с потерями

К основным потерям записи относятся: фазово-волновые и угловые потери, потери от самоистираний и от саморазмагничивания.

Фазово-волновые потери образуются вследствие того, что критическая зона имеет определенную протяженность. В силу происходящих при записи процессов в начале критической зоны намагничиваются частицы рабочего слоя ленты, которые обладают большой коэрцитивной силой и низкой восприимчивостью, в конце критической зоны — частицы с малой коэрцитивной силой и высокой восприимчивостью. При не слишком малых скоростях магнитной ленты и не высокой частоте сигнала, т. е. в области достаточно длинных волн записи, за время прохождения лентой критической зоны значение сигнала остается практически постоянным и все магнитные частицы рабочего слоя намагничиваются в соответствии с этим значением. При записи коротких волн за то же время сигнал (фаза сигнала) успевает измениться, а магнитные частицы, обладающие неодинаковыми параметрами, намагничиваются от разных значений сигнала. Между записями, зафиксированными в разных частицах, образуется сдвиг. В результате остаточная намагниченность данного участка рабочего слоя ленты соответствует усредненной величине нескольких значений сигнала и становится меньше по сравнению с намагниченностью, приобретаемой при записи длинных волн. Это явление иллюстрируется рис. 32. На рисунке представлена за-

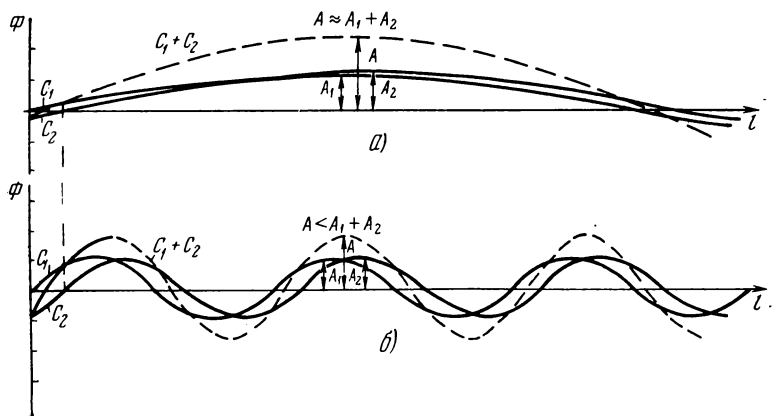


Рис. 32. Сложение сигналов со сдвигом:
 а) на длинных волнах; б) на коротких волнах

пись гармонического сигнала, образуемая двумя группами частиц с разными параметрами. Видно, что при одном и том же сдвиге между сигналами, зафиксированными разными частицами, суммарная намагниченность в области коротких волн меньше, чем в области относительно длинных волн. Чем короче длина волны записи, тем существеннее изменение фазы сигнала за время прохождения лентой критической зоны, тем значительнее уменьшение суммарной остаточной намагниченности данного участка рабочего слоя ленты.

Связь волновых потерь с критической зоной объясняет известную из практики зависимость частотных свойств магнитной записи от параметров магнитных частиц рабочего слоя ленты и величины подмагничивания, устанавливаемой при настройке магнитофона.

Угловые потери являются следствием кривизны критической зоны. Эта кривизна приводит к тому, что сигналы отдельных элементарных слоев оказываются сдвинутыми относительно друг друга. Внешний магнитный поток ленты, образуемый суммой потоков элементарных слоев, в результате такого сдвига уменьшается подобно тому, как это было рассмотрено раньше (см. рис. 32). Чем короче длина волны, тем это уменьшение значительнее, т. е. угловые потери больше.

Потери от самостирания, так же как и фазово-волновые, связаны с временем, необходимым ленте для прохождения критической зоны. Однако в этом случае рассматриваются такие быстрые изменения фазы сигнала, при которых последующие его значения изменяют намагниченность, уже приобретенную частицами от предыдущих значений сигнала. Явление самостирания практически заметно при записи сигналов достаточно высоких частот и относительно малых скоростях ленты, т. е. в области очень коротких волн записи. Это явление носит нелинейный характер и служит причиной дополнительных нелинейных искажений при записи коротких волн.

Потери от саморазмагничивания непосредственно связаны с небольшими размерами полуволновых областей, образующихся при записи коротких волн. Из физики известно, что при намагничивании бруска ферромагнитного материала, продольные размеры которого намного превышают поперечные, величина остаточной намагниченности зависит от того, в каком направлении (вдоль или поперек) намагничивался брусок. При продольном намагничивании остаточная намагниченность оказывается больше, чем при поперечном. Различие в намагниченности зависит от отношения длины бруска к его поперечному размеру. Чем больше это отношение, тем больше различие. Кроме того, чем короче брусок, тем меньше остаточная намагниченность по сравнению с той, которая достигается в достаточно длинном бруске. Нечто аналогичное происходит и при магнитной записи: несмотря на одинаковое по величине воздействующее магнитное поле, остаточная намагниченность коротких полуволновых областей меньше, чем длинных. Это явление, получившее название саморазмагничивания, зависит от магнитных свойств материала рабочего слоя. У современных магнитных лент потери от саморазмагничивания не так уж велики и уступают по величине другим видам потерь.

Подводя итог рассмотрению потерь процессов воспроизведения и записи, еще раз отметим, что были показаны только основные потери, существенно влияющие на ход частотной характеристики системы магнитной записи. Для иллюстрации их влияния приведен результат ориентировочного расчета (рис. 33) для

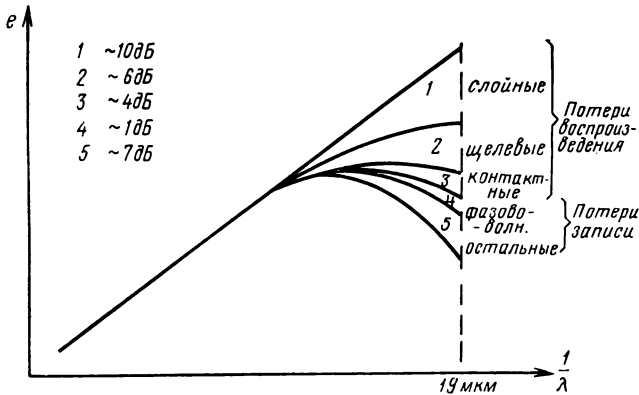


Рис. 33. Потери системы магнитной записи

ленты типа А2601-6 при следующих данных: скорость 19 см/с, рабочие зазоры головки записи $\delta_3=16$ мкм, головки воспроизведения $\delta_в=10$ мкм, зазор между лентой и головкой воспроизведения $a=3$ мкм, частота сигнала $f=10$ кГц, а соответствующая ей длина волны — 19 мкм. Этот пример показывает, что потери воспроизведения преобладают над потерями записи.

Частотные характеристики каналов воспроизведения и записи. Частотная характеристика сквозного канала магнитофона формируется из частотных характеристик отдельных его звеньев (рис.

34). Вид этих характеристик обусловлен свойствами процессов магнитной записи и воспроизведения и теми требованиями, которые предъявляются к передаче сигнала.

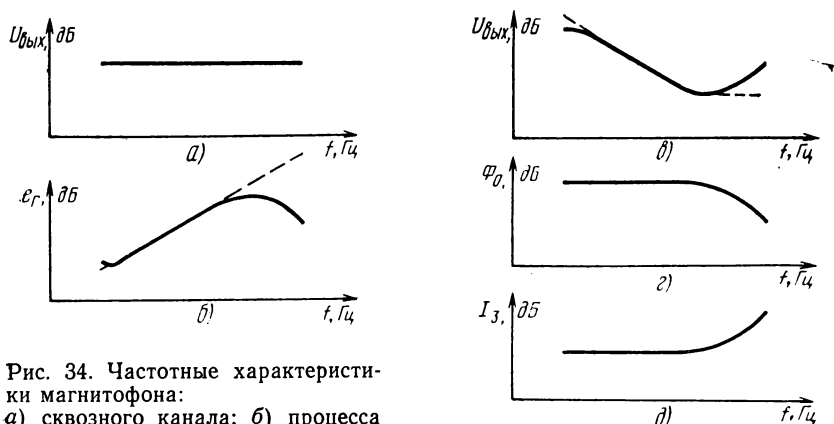


Рис. 34. Частотные характеристики магнитофона: а) сквозного канала; б) процесса воспроизведения; в) усилителя воспроизведения; г) потока короткого замыкания; д) усилителя записи

Для безыскаженной передачи сигнала через магнитофон необходимо, чтобы амплитуды спектральных составляющих сигнала оставались неизменными. Это означает, что частотная характеристика магнитофона должна иметь вид прямой, параллельной оси частот (рис. 34а). Однако, как было выяснено, частотные зависимости воспроизведения и записи неравномерны, а следовательно, должны быть приняты специальные меры (коррекция) для их выравнивания. Так, например, для обеспечения равномерной передачи всех частот в канале воспроизведения частотная характеристика усилителя воспроизведения должна иметь закономерность (рис. 34в), обратную частотной зависимости процесса воспроизведения (рис. 34б).

В принципе, компенсацию частотных и волновых потерь воспроизведения и записи можно было бы осуществить в одном из усилителей: записи или воспроизведения. Но осуществление компенсации только в усилителе записи приводит к чрезмерному увеличению тока записи на высоких частотах, перемагничивания ленты и возрастанию нелинейных искажений. Полная компенсация потерь в усилителе воспроизведения вместе с усилением ослабленных из-за потерь полезных сигналов вызывает увеличение уровня шумов магнитной ленты и самого усилителя. Поэтому коррекцию частотной характеристики магнитофона распределяют между каналами записи и воспроизведения, компромиссно допуская некоторое увеличение шумов и нелинейных искажений в магнитной записи. Впрочем, ухудшение качества записи и воспроизведения из-за коррекций может быть и незначительным, особенно при ско-

рости ленты 38 см/с, если учесть, что в сигналах, представляющих натуральные звучания, энергия высокочастотных составляющих, как правило, невелика. Поэтому ток записи на высоких частотах, увеличенный частотными предсказаниями усилителя записи, не достигает значений, приводящих к заметным искажениям, а шумы магнитофона, увеличенные коррекцией канала воспроизведения из-за пониженной чувствительности слуха к высокочастотным составляющим шума, в области которых производится коррекция, также не оказывают заметного влияния.

При распределении частотной коррекции между каналами воспроизведения и записи исходят из идеализированных условий воспроизведения, при которых отсутствуют почти все потери. В этом случае в канале воспроизведения должна использоваться идеальная магнитная головка, которая имеет достаточно узкий рабочий зазор, сверхвысокую магнитную проницаемость и плотный контакт с фонограммой. При равномерно намагниченной ленте магнитный поток в сердечнике такой головки, получивший название потока короткого замыкания, в области высоких частот уменьшается из-за слоистых (неустраняемых) потерь. Частотную характеристику потока короткого замыкания (рис. 34г) стандартизируют, задавая этим определенные условия коррекции частотных характеристик канала воспроизведения и канала записи. *Частотная характеристика канала воспроизведения должна быть такой, чтобы при указанном стандартном потоке уровень сигнала на выходе канала при изменении частоты сохранялся постоянным. Частотная характеристика канала записи должна быть такой, чтобы при изменении частоты и постоянном уровне сигнала на входе канала обеспечивался стандартизованный поток намагничиваемой ленты.*

Зависимость потока короткого замыкания от частоты совпадает по своему виду с частотной характеристикой цепи, составленной из параллельно соединенных резистора R и конденсатора C . Для такой цепи частотная характеристика, обусловленная полным сопротивлением цепи

$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}},$$

с точностью до постоянного коэффициента определяется величиной $\tau = RC$. Это позволяет задавать стандартную частотную зависимость потока короткого замыкания также одним числом τ . В настоящее время государственным стандартом 8304—77 «Ленты магнитные измерительные для студийных и репортерских магнитофонов» установлены следующие величины τ : скорость 38 см/с—35 мкс; скорость 19 см/с—70 мкс; скорость 9 см/с—90 мкс (§ 17). Для скорости 9 см/с, кроме того, установлено дополнительное возрастание потока короткого замыкания на низких частотах, задаваемое $\tau_n = 3180$ мкс (что соответствует цепи из последовательно соединенных R и C). Увеличение потока позволяет не добиваться в этой части диапазона высокого усиления канала воспроизведения, обеспечивая тем самым меньший уровень помех, обусловлен-

ный, например, питающей сетью (фон переменного тока) или низкочастотным полупроводниковым шумом транзисторов. Таким образом, частотная характеристика потока короткого замыкания определяется в децибелах по формуле

$$N = 10 \lg \left[1 + \frac{1}{(\omega \tau_H)^2} \right] - 10 \lg [1 + (\omega \tau)^2].$$

В отличие от идеализированного, реальный канал воспроизведения обладает волновыми и частотными потерями, которые неодинаковы у магнитофонов. Поэтому частотные характеристики усилителей воспроизведения в области высоких частот регулируются. Требуемые частотные характеристики каналов воспроизведения устанавливаются при помощи измерительных магнитных лент, намагниченность которых соответствует стандарту. В связи с этим и говорится об амплитудно-частотной характеристике канала воспроизведения по измерительной ленте (табл. 1, п. 5).

Частотные предыскажения, осуществляемые в канале записи, призваны компенсировать потери, которые вызывают отклонения потока магнитной ленты от стандартного. Так как эти потери действуют только в области высоких частот, то частотная характеристика усилителя записи имеет подъем в этой части частотного диапазона (рис. 34д). Подъем делается регулируемым для настройки канала записи под различные магнитные ленты.

Канал записи всегда настраивается после канала воспроизведения, а результаты настройки определяются на выходе магнитофона. При этом зависимость уровня выходного сигнала от частоты представляет собой сумму частотных характеристик канала воспроизведения и канала записи. Для определения частотной характеристики только канала записи следует из общей частотной зависимости, полученной на выходе магнитофона, вычесть значения частотной характеристики канала воспроизведения. В результате вычитания будет найдена частотная зависимость, отражающая отклонение намагниченности ленты в данном канале записи от намагниченности измерительной ленты, т. е. от стандартизованного значения. Поля допусков этих отклонений показаны на рис. 13 и 14.

7. Нелинейные зависимости. Номинальный уровень записи

Характеристика передачи и нелинейные искажения. Устройства, служащие для передачи сигналов, часто представляют в виде четырехполюсников, у которых между входным x и выходным y сигналами существует определенная функциональная зависимость. Если эта зависимость однозначно связывает мгновенные значения сигналов, то аналитически ее можно выразить алгебраическим степенным уравнением вида

$$y = \sum_{i=0}^{i=n} a_i x_i^i,$$

а графически — некоторой линией в плоскости координат входного — выходного сигналов. Такая зависимость называется *характеристикой передачи мгновенных значений* или просто *характеристикой передачи*.

В случае магнитной записи характеристика передачи определяется только на участке частотного диапазона, в котором отсутствуют волновые потери, т. е. в области достаточно длинных волн записи. В остальной части волнового диапазона из-за фазовых сдвигов зависимость между входным и выходным сигналами более сложная, чем та, что может быть отражена характеристикой передачи мгновенных значений указанного вида. Однако анализ последней в области длинных волн позволяет выявить *особенности*, которые характерны для *всего рабочего диапазона* записываемых в магнитофоне *частот*, и поэтому представляет интерес для изучения показателей магнитной записи.

Характеристики передачи могут быть найдены для каждого из звеньев сквозного канала магнитофона, но основную роль в рассматриваемых зависимостях играет характеристика передачи самого процесса записи. Из физики известно, что намагничивание предварительно размагниченного ферромагнитного материала происходит по закону, отображаемому графически кривой начального намагничивания $\Phi(i)$ (рис. 35). Если на движущуюся в поле го-

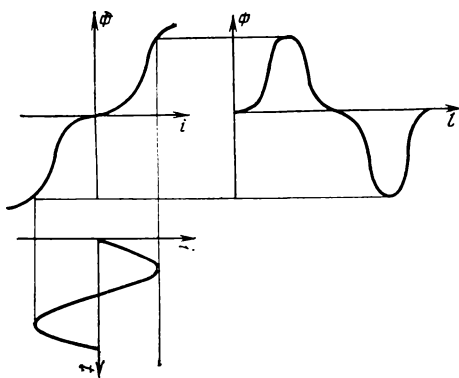


Рис. 35. Кривая начального намагничивания $\Phi(i)$ и передача сигнала $i = I \sin \omega t$ (в отсутствие подмагничивания)

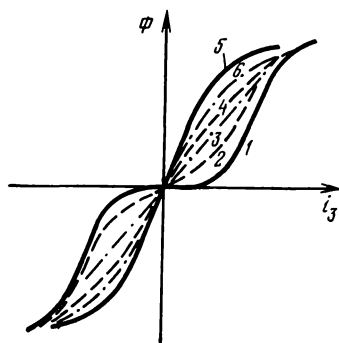


Рис. 36. Характеристики передачи при разной величине подмагничивания. Нелинейность характеристик соответствует точкам рис. 37

ловки записи ленту воздействовать гармоническим сигналом $i(t)$, то согласно указанному закону выходной сигнал $\Phi(l)$ (намагниченность по длине ленты) будет отличаться от гармонического, т. е. запись получится искаженной. Таким образом, нелинейная зависимость между входным и выходным сигналами $\Phi(i)$, кото-

рая в данном случае является характеристикой передачи, приводит к нелинейным искажениям сигнала.

Чтобы предотвратить подобные искажения, запись производится с высокочастотным подмагничиванием. Для этого в обмотку записывающей головки совместно с током записи сигнала подается ток, частота которого намного выше верхней граничной частоты звукового диапазона. Высокочастотное подмагничивание спрямляет, линеаризует характеристику передачи, однако изменение ее нелинейности зависит от величины подмагничивания. На рис. 36 показаны характеристики передачи для разных токов подмагничивания, а на рис. 37 (кривая 1) — соответствующее изменение величины их нелинейности. Объяснение этих кривых, как,

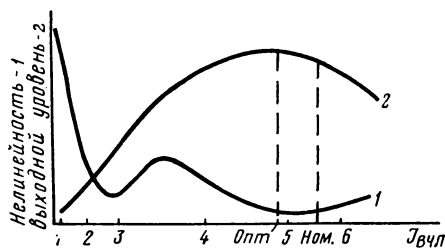


Рис. 37. Зависимость степени нелинейности характеристик передач (1) и уровня выходного сигнала (2) от величины подмагничивания

впрочем, и самого действия ВЧП, требует проведения глубокого анализа процессов намагничивания [1], что выходит за рамки нашей темы. Здесь же отметим только те, связанные с подмагничиванием особенности записи, которые непосредственно отражаются на характеристиках магнитофона.

При небольшом подмагничивании характеристика передачи близка к кривой начального намагничивания ферромагнитного материала и нелинейные искажения очень велики. Поле подмагничивания, создаваемое у рабочего зазора записывающей головки, охватывает при этом лишь незначительную часть рабочего слоя ленты (см. рис. 30а) — критическая зона мала. По мере увеличения подмагничивания критическая зона охватывает все большую часть рабочего слоя, уровень выходного сигнала при том же токе записи растет (рис. 37, кривая 2), величина нелинейных искажений в конечном итоге уменьшается (рис. 37, кривая 1). При некоторой величине подмагничивания, называемой *оптимальной*, выходной уровень сигнала достигает максимума. Дальнейшее увеличение подмагничивания приводит к уменьшению выходного уровня, так как напряженность поля при постоянном токе записи в более удаленной критической зоне падает.

Оптимальное подмагничивание позволяет получить при записи наилучшее соотношение сигнал/помеха и достаточно малые нелинейные искажения для данного типа ленты. Однако, выбирая другую величину подмагничивания, можно еще уменьшить нелинейные искажения или улучшить частотную характеристику. При работе магнитофона используется подмагничивание, которое обеспечивает оптимальные характеристики записи; такое подмагничивание называется номинальным. Практически оно достаточно близко по величине к оптимальному.

Оптимальное подмагничивание позволяет получить при записи наилучшее соотношение сигнал/помеха и достаточно малые нелинейные искажения для данного типа ленты. Однако, выбирая другую величину подмагничивания, можно еще уменьшить нелинейные искажения или улучшить частотную характеристику. При работе магнитофона используется подмагничивание, которое обеспечивает оптимальные характеристики записи; такое подмагничивание называется номинальным. Практически оно достаточно близко по величине к оптимальному.

Характеристика передачи магнитной записи $\Phi(i)$ при этих условиях аналитически представляется уравнением третьей степени:

$$\Phi = ai_3 - bi_3^3,$$

а графически имеет вид, показанный на рис. 38. Нелинейность характеристики определяется относительной величиной второго члена bi_3^3/a . Если сигнал невелик, то его передача почти не сопровождается искажениями, но с увеличением сигнала искажения растут (рис. 38).

Характерной особенностью нелинейной передачи является возникновение в сигнале новых, дополнительных спектральных составляющих, называемых *продуктами нелинейности*. Слух воспринимает нелинейные искажения именно по появлению продуктов нелинейности, а большая часть методов измерения нелинейных искажений сигнала основана на определении величины этих продуктов.

Нелинейные искажения при магнитной записи, называемые по виду

характеристики передачи кубическими, характеризуются вполне определенным видом продуктов нелинейности. Если в уравнении, определяющем характеристику передачи, i_3 — гармонический входной сигнал частотой f , то продукт нелинейности выразится в виде третьей гармоники сигнала частотой $3f$. При сигнале, составленном из двух гармонических с частотами f_1 и f_2 , продукты нелинейности, помимо гармоник $3f_1$ и $3f_2$, представляются комбинационными тонами с частотами $|2f_1 \pm f_2|$ и $|2f_2 \pm f_1|$. Если сигнал состоит из большого числа частотных составляющих f_1, f_2, f_3, \dots , то возникает еще большее количество комбинационных продуктов нелинейности, частоты которых образуются по определенному правилу:

$$f_{\text{комб}} = |nf_1 \pm mf_2 \pm kf_3 \pm \dots|,$$

где $n, m, k, \dots = 0, 1, 2, 3$; при этом $n+m+k=3$.

Подобная особенность образования частот продуктов нелинейности сохраняется для любых сигналов, передаваемых через канал магнитной записи. Это дает возможность распознавать нелинейные искажения во всем рабочем диапазоне частот независимо от того, определена характеристика передачи мгновенных значений или нет.

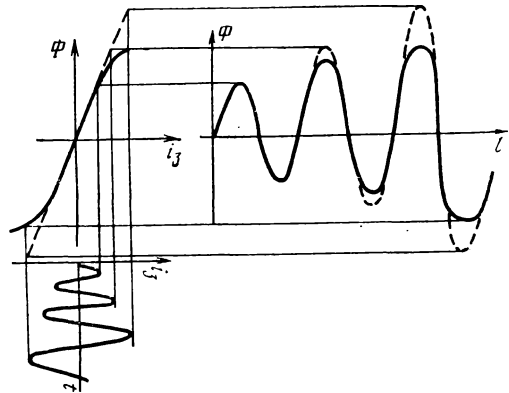


Рис. 38. Характеристика передачи при подмагничивании, близком к оптимальному, и передача сигнала в этих условиях

По сравнению с нелинейными искажениями, возникающими в магнитной ленте, искажения сигнала в двух звеньях сквозного канала магнитофона, как правило, малы. Однако при разработке магнитофона в этом следует убедиться, подвергая усилители записи и воспроизведения проверке на нелинейность.

Усилителям записи и воспроизведения наиболее присуща квадратичная характеристика передачи вида

$$u_{\text{вых}} = au_{\text{вх}} + bu_{\text{вх}}^2.$$

В связи с этим для них характерны продукты нелинейности с частотами: $2f$ — вторая гармоника и $|f_1 \pm f_2|$ — комбинационные продукты. Вообще говоря, в усилителях могут возникать и кубические нелинейные искажения, но они должны быть также значительно меньше искажений, возникающих при записи на магнитную ленту. Что касается магнитных головок, то их нелинейность существенно ниже нелинейности магнитной ленты и практически не учитывается.

Оценка нелинейности. Характеристика передачи мгновенных значений довольно наглядно показывает нелинейную связь выходного сигнала с входным и необходима для анализа особенностей образующихся нелинейных искажений. Однако на практике трудно, а иногда и невозможно измерить эту характеристику. Кроме того, нас чаще интересует не сама по себе нелинейная связь входного и выходного сигналов, а те искажения, которые возникают из-за нее. Поэтому нелинейность устройств оценивается по величине нелинейных искажений, измеренных в определенных условиях.

В процессе передачи сигналов, представляющих натуральные звучания, вид и величина их постоянно изменяются — изменяются и возникающие нелинейные искажения. При этом о качестве звучания обычно судят по наиболее слышимым искажениям. В связи с этим объективная оценка нелинейности устройства сводится к выявлению величины максимально возможных искажений.

Наиболее широкое распространение получила оценка нелинейности, осуществляемая методом гармоник. Через оцениваемое устройство передают гармонический сигнал, а на выходе устройства измеряют величину возникающих гармоник. Мерой нелинейности служит коэффициент гармоник

$$K_{\Gamma} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots}}{U_1} \cdot 100\%,$$

где U_1, U_2, U_3, \dots — выходное напряжение первой, второй, третьей и т. д. гармоник соответственно.

В магнитофоне основные нелинейные искажения сигналов возникают в магнитной ленте, поэтому при оценке нелинейности глав-

ным продуктом нелинейности является третья гармоника, а коэффициент гармоник магнитофона

$$K_r = \frac{U_3}{U_1} \cdot 100\%.$$

Что касается гармоник, появляющихся в усилителях, то они малы благодаря небольшой нелинейности усилителей, а в усилителе воспроизведения, кроме того, — еще и из-за спада частотной характеристики, в области высоких частот (см. рис. 34б).

Метод гармоник позволяет оценивать нелинейность устройства в ограниченной области частотного диапазона. Граница этой области определяется частотой измерительного сигнала, гармоники которого не выходят за пределы рабочего диапазона частот. При кубической нелинейности, свойственной магнитной записи, эта область ограничивается сверху частотой $1/3f_b$, где f_b — верхняя частота рабочего диапазона. Если учесть неравномерность частотной характеристики на краю диапазона, то ограничение оказывается еще большим. Рассмотренная особенность метода гармоник не позволяет судить о нелинейности в верхней части диапазона, хотя нелинейность магнитной записи именно в этой области может быть значительна. Вместе с тем принято считать, что основная энергия сигналов, представляющих натуральное звучание, сосредоточена в области средних частот. Поэтому часто удовлетворяются оценкой нелинейности в этой области, определяя коэффициент гармоник только на одной опорной частоте. Именно такая оценка нелинейности рекомендована стандартом.

В случае необходимости более полной информации о нелинейности магнитофона прибегают к методу разностного комбинационного тона. Измерительным сигналом в этом методе служит сигнал, составленный из двух гармонических с частотами f_1 и f_2 . При квадратичной нелинейности разностный комбинационный продукт второго порядка имеет частоту $|f_1 - f_2|$, при кубической — разностный продукт третьего порядка имеет частоту $|2f_1 - f_2|$. Подбором частот f_1 и f_2 получают такую частоту разностного комбинационного тона, которая в наибольшей степени характеризует оцениваемую нелинейность; при этом другие комбинационные продукты можно не измерять (§ 20).

Метод разностного тона в случае магнитной записи позволяет оценивать нелинейность в широком диапазоне частот. Снимаемая при этом зависимость нелинейности от частоты передаваемого сигнала может быть выражена двояко: в виде зависимости нелинейных искажений (величины разностного тона) от частоты при постоянном уровне сигнала или в виде зависимости уровня сигнала от частоты при постоянной величине нелинейных искажений. Последняя зависимость в большей мере соответствует практике звукозаписи и поэтому лучше подходит для оценки нелинейности магнитофонов. Графически эта зависимость выражается в виде так называемой кривой допустимых нагрузок (рис. 39). Эта зависимость, в частности, показывает, что в области высоких частот (коротких волн записи) допустимый уровень сигнала, как правило, снижается.

Кривая допустимых нагрузок ограничивает максимальные уровни записываемых сигналов, а шумы магнитофона, как известно, — их минимальные уровни. В результате образуется область, представляющая собой динамический диапазон записи. Чем больше эта область, тем больше пропускная способность канала передачи магнитофона, тем больше возможности для высококачественной передачи через магнитофон музыки и речи. На рис. 39 показаны кривые допустимых нагрузок для ленты типа А2601 при различных скоростях записи.

Как видно, в области средних частот кривые допустимых нагрузок совпада-

ют, однако на более высоких частотах эти кривые расходятся, определяя уменьшение пропускной способности канала при низких скоростях. Если используется тонкая лента А4402, скорость 19 см/с, то допустимый уровень сигнала меньше, чем для толстой ленты, однако более равномерно распределен по частотному диапазону.

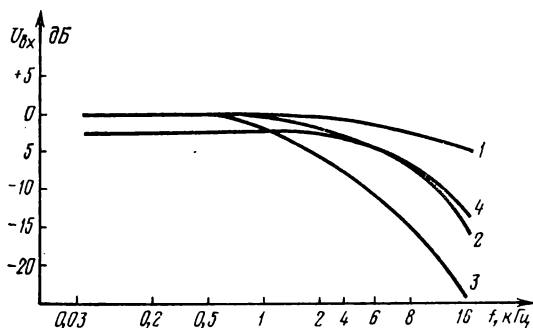


Рис. 39. Кривые допустимых нагрузок:
 I. Лента А2601, 1 — 38 см/с, 2 — 19 см/с, 3 — 9 см/с;
 II. Лента А4402, 4 — 19 см/с

Номинальный уровень записи. Зависимость нелинейных искажений от величины сигнала приводит к необходимости ограничения уровня записи фонограмм, а для одинакового их воспроизведения на любом магнитофоне этот уровень стандартизируют. Устанавливаемая стандартом номинальная величина намагниченности (табл. 1, п. 9), по которой определяется уровень записи, выбрана с учетом допустимых по современным понятиям нелинейных искажений при записи сигналов на современные магнитные ленты.

В качестве меры намагниченности используется удельный остаточный внешний магнитный поток, т. е. поток, приходящийся на единицу длины, взятой вдоль ширины ленты. Он выражается в пико-веберах на миллиметр (пВб/мм), или, при сохранении того же числового значения, в нановеберах на метр (нВб/м), что в большей мере соответствует правилам обозначения размерностей физических величин. Величина удельного магнитного потока определяется по записи опорного гармонического сигнала частотой 1000 Гц на скоростях 38 и 19 см/с и 315 Гц на скорости 9 см/с.

В стандарте указывается *эффективное* значение номинального магнитного потока, уровень которого принимается за 0 дБ¹. Относительно него отсчитываются уровни других сигналов при измерении показателей магнитофона. Однако при записи сигналов, представляющих натуральные звучания, уровень записи контролируется по *пиковым* значениям сигнала, так как нелинейные искажения определяются его максимальными значениями. Для этого во время

¹ Напомним, что под уровнем сигнала в звукотехнике понимается величина, определяемая отношением данного значения сигнала к другому, заранее оговоренному (опорному) его значению и обычно выражаемая в относительных логарифмических единицах — децибелах.

записи используется специальный прибор квазипиковых значений — индикатор уровня.

Чтобы обеспечить номинальный уровень записи магнитных фонограмм, осуществляется предварительная настройка магнитофона. С помощью измерительной ленты, с записью опорного гармонического сигнала нормированной величины (§ 17), по индикатору уровня устанавливается номинальный уровень воспроизведения 0 дБ. В процессе записи поступающий на вход магнитофона сигнал регулируют так, чтобы его максимальное значение на выходе магнитофона также доходило до отметки индикатора 0 дБ. Этим и достигается соответствие максимального уровня записи фонограмм стандарту.

8. Помехи

К помехам магнитофона относятся: шум магнитной ленты, шум усилителей воспроизведения и записи, переходные помехи между каналами в стерео- и многоканальных магнитофонах, импульсные помехи коммутации, наводки посторонних электрических и магнитных полей. Эти помехи называются аддитивными, т. е. накладываются на полезный сигнал, но существующими независимо от него. Наиболее специфическим для магнитофона является шум магнитной ленты. Остальные виды помех характерны для многих радиотехнических устройств, и ниже лишь кратко будет определена их роль в магнитофоне.

О величине шума обычно судят по его эффективному (среднеквадратическому) значению, уровень которого по отношению к номинальной величине передаваемого сигнала — отношение шум/сигнал — позволяет удобно сравнивать динамические диапазоны различных устройств. Эффективное значение — наиболее простая и распространенная оценка величины шума.

Существует, однако, другой способ оценки величины шума, при котором учитывается чувствительность слуха к различным спектральным составляющим и кратковременным выбросам шумового сигнала. В этом случае шум измеряют при помощи псофометра, который состоит из вольтметра квазипиковых значений и псофометрического фильтра. Данные псофометра будут описаны в § 13.

В зависимости от магнитного состояния ленты различают следующие виды шума: шум размагниченной ленты, шум намагниченной ленты и шум паузы [2]. В показателях магнитофона отражен только последний вид шума, однако сведения о других его видах полезны для анализа причин шума магнитофона.

Шум размагниченной ленты характеризует ее качество и позволяет определить максимально возможный динамический диапазон записи. Этот шум измеряют после размагничивания ленты в специальном устройстве. Размагничивание должно происходить в тщательно заэкранированном пространстве под действием плавно-спадающего переменного поля, начальная величина которого рав-

на индукции насыщения, а разность между соседними спадающими амплитудами весьма мала.

Рассматриваемый шум обусловлен только неоднородностью и неравномерным распределением частиц рабочего слоя. При прочих равных условиях шум размагниченной ленты тем меньше, чем мельче частицы порошка и равномернее их распределение в рабочем слое. Уровень шума размагниченной ленты измеряется на выходе стандартного канала воспроизведения при условии, что собственный шум канала на 10 дБ ниже шума ленты. Если это условие не выполняется, то шум ленты может быть рассчитан, но и в этом случае шум канала не должен превышать шума ленты. У современных магнитных лент относительный уровень шума размагниченной ленты находится в пределах от —67 до —60 дБ, а при оценке псофометром от —68 до —55 дБ (относительно намагниченности 320 нВб/м, скорость 38 см/с).

Шум намагниченной ленты тоже характеризует ее качество и позволяет определить максимальную «помехоспособность» ленты. Этот шум измеряют при воздействии на ленту постоянным полем, для чего в процессе записи в головку подается постоянный ток, равный эффективному значению номинального тока записи опорной частоты.

Строго говоря, шум намагниченной ленты нельзя отнести к аддитивной помехе, так как он возникает вместе с записью сигнала, в данном случае — постоянного поля, и пропорционален ему по величине. Уровень шума намагниченной ленты используется как *косвенный показатель* ее модуляционного шума (§ 9). Вместе с тем на практике шум от записи постоянного поля чаще всего проявляется как аддитивная помеха, так как возникает при асимметрии токов стирания и подмагничивания или при намагниченном сердечнике головки записи. На слух подобный шум воспринимается особенно неприятно — слышатся потрескивания, щелчки, хлокотания — шум носит явно импульсный характер.

Шум намагниченной ленты содержит две составляющие: структурную и контактную. Структурная составляющая в основном обусловлена неравномерным распределением частиц магнитного материала по длине ленты, их скоплениями или, напротив, пустотами в рабочем слое, колебаниями толщины рабочего слоя. Контактная составляющая вызывается колебаниями ленты у магнитных головок, неравномерным распределением частиц в сечении рабочего слоя, шероховатой поверхностью ленты и магнитных головок, нестабильностью натяжения ленты в лентопротяжном механизме, неоднородностью физико-механических свойств ленты. Контактные шумы проявляются сильнее при записи коротковолновых сигналов, так как усугубляются действием слойных и контактных потерь.

Уровень шума намагниченной ленты зависит от величины подмагничивания. При подмагничивании, приблизительно равном половине оптимального, уровень шума максимален. При большем

подмагничивании шум уменьшается. Если подмагничивание взято примерно на 20% больше оптимального, то контактная составляющая шума минимальна. Это объясняется тем, что изменение расстояния между лентой и головкой записи не приводит к изменению намагниченности ленты, так как в этом случае увеличение зазора между лентой и головкой вызывает увеличение чувствительности записи (см. рис. 37, кривая 2). Несмотря на уменьшение воздействия поля записи, намагниченность ленты не изменяется. В связи с этим номинальное подмагничивание в магнитофоне на скорости 38 см/с принято выбирать на 20% выше оптимального. На меньших скоростях волновые потери больше, поэтому такой выбор подмагничивания нецелесообразен и его оставляют равным оптимальному. Вместе с тем отметим, что рассмотренный выбор подмагничивания не универсален. Иногда предприятия — изготовители магнитных лент могут давать собственные рекомендации по выбору подмагничивания исходя из свойств конкретного типа ленты.

Для различных типов современных лент относительный уровень шума намагниченной ленты находится в пределах от —32 до —47 дБ, а при псофометрическом измерении от —42 до —56 дБ (относительно 320 нВб/м, скорость 38 см/с).

Шум паузы получают на выходе магнитофона при его включении в режим записи и соединении входа усилителя записи с сопротивлением, эквивалентным номинальному сопротивлению источника сигнала.

Относительный уровень шума паузы входит в число важнейших показателей магнитофона (см. табл. 1, п. 13), так как определяет динамический диапазон записываемых сигналов.

В режиме записи магнитная лента подвергается воздействию поля подмагничивания, отчего ее шум возрастает по отношению к шуму размагниченной ленты. Возрастанию шума паузы магнитофона способствуют различные факторы. К ним относятся: намагниченность сердечников магнитных головок и деталей тракта движения ленты; асимметрия токов стирания и подмагничивания; внешние поля наводок, в том числе поля земли. Действие этих факторов всегда стремятся исключить, но даже если это удастся, уровень шума паузы все же на 3—5 дБ выше шума размагниченной ленты. Последнее объясняется тем, что в присутствии высокочастотного подмагничивания лента обладает повышенной чувствительностью и воспринимает действие даже очень слабых полей.

На величину шума паузы влияют как величина, так и частота тока подмагничивания. Чем больше его величина и чем выше его частота, тем уровень шума паузы меньше. В режиме записи на ленту также записывается шум усилителя записи и эквивалентного сопротивления входа. Кроме того, шум паузы включает шумы усилителя воспроизведения. Однако шумы усилителей по сравнению с собственным шумом ленты невелики и практически не отражаются на общем показателе магнитофона.

Уровень шума паузы магнитофона, нормируемый в стандарте как относительный уровень помех канала записи — воспроизведения, определяется своим эффективным значением. Его психофизическая оценка пока не нормирована стандартом из-за отсутствия широкого парка психофметров. Однако в стандарте на магнитные ленты (ГОСТ 13265—67 «Магнитные ленты. Основные параметры») предусмотрена психофизическая оценка шума паузы. Это возможно потому, что указанным стандартом практически пользуется ограниченное число организаций. Психофизическая величина шума паузы при использовании современных лент находится в пределах от -63 до -55 дБ относительно уровня 320 нВб/м.

Шумы усилителей. Природа шумов усилителей магнитофона не имеет каких-либо специфических особенностей по сравнению с усилителями других звуко-технических устройств и достаточно известна [3]. Отметим, однако, что усилитель воспроизведения магнитофона создает сравнительно высокий уровень шума. Это связано с большим коэффициентом передачи усилителя, который, обеспечивая усиление слабого полезного сигнала с ленты, увеличивает шумы магнитной головки, первых каскадов усилителя и всевозможных наводок на его входные цепи. Уровень этих шумов, как правило, ниже уровня шума фонограммы, но тем не менее увеличивает общий уровень шума магнитофона.

При разработке магнитофона борьба с шумом усилителя воспроизведения уделяется особое внимание. Магнитные головки и цепи, идущие к усилителю, тщательно экранируют, первый каскад строится на малозумящих лампах или транзисторах, режим работы этого каскада подбирают из условия минимального шума. Шум усилителя воспроизведения становится более существенным при использовании узких дорожек записи, когда величина сигнала с ленты падает, а соотношение сигнал/шум уменьшается.

В усилителе записи вследствие относительно высокого уровня полезного сигнала отношение сигнал/шум, как правило, велико и не отражается на показателях магнитофона. Шум усилителя записи может, однако, возрасти и стать заметным из-за нарушения режимов работы оконечных каскадов усилителя. Одной из причин этого является повышенное проникание из цепи головки записи высокочастотных колебаний подмагничивания вследствие слабого их подавления загорающим фильтром.

9. Модуляционные искажения и шумы

Модуляционные искажения и шумы представляют собой особого рода помехи, возникающие в системах записи и воспроизведения информации. Эти помехи обусловлены нестабильностью движения носителя записи и неоднородностью его структуры. Математически они описываются выражениями, в которых полезный сигнал и мешающее воздействие перемножаются, поэтому такие помехи называют мультипликативными.

В магнитофонах мультипликативные помехи вызываются колебаниями скорости магнитной ленты, ее переменным контактом с магнитными головками, неравномерной структурой рабочего слоя и физико-механических свойств основы ленты. Указанные причины физически приводят к паразитным модуляциям полезного сигнала — частотной (ПЧМ) и амплитудной (ПАМ), которые изменяют спектр сигнала, дополняя его новыми составляющими. Вследствие хаотической природы мешающих воздействий эти составляющие образуют сплошной спектр, занимающий широкие

участки звукового диапазона частот. Мультипликативные помехи в магнитной звукозаписи классифицируются и оцениваются в соответствии с особенностями их слухового восприятия.

Главная из таких особенностей заключается в том, что при прослушивании сложных по спектру звуковых сигналов слух человека делит этот спектр на так называемые частотные группы, в пределах которых спектральные составляющие сливаются в единое звучание [4]. Кроме того, в пределах одной частотной группы частотная или амплитудная модуляция прослушивается по-разному. Напротив, спектральные составляющие сигнала, не входящие в одну частотную группу, воспринимаются независимо друг от друга и слышны, громче или тише, в соответствии со своей величиной и законами маскировки слабых сигналов сильными. Полоса частотных групп не одинакова по частотному диапазону и составляет на низких частотах примерно 100 Гц, на частотах выше 500 Гц — $0,2f_{cp}$, где f_{cp} — средняя частота группы.

В связи с рассмотренной особенностью слухового восприятия результат действия паразитных модуляций делаят: на *модуляционные искажения*, которые вызываются спектральными составляющими, попадающими в полосу одной частотной группы, и *модуляционный шум*, обусловленный составляющими вне этой полосы. Кроме того, различают модуляционные искажения, вызываемые ПЧМ и ПАМ. Последнее разделение удобно еще и потому, что ПЧМ и ПАМ имеют разные причины, а это, в свою очередь, облегчает их анализ и борьбу с ними.

Искажения, вызываемые ПЧМ. Паразитная частотная модуляция возникает из-за колебаний скорости магнитной ленты в процессе записи или воспроизведения сигнала. Поэтому, измеряя коэффициент частотной модуляции пропускаемого через систему магнитной записи испытательного гармонического сигнала, можно судить о колебаниях скорости ленты (§ 5). Более показательными, однако, являются измерения, при которых колебания скорости оценивают в соответствии со слуховым восприятием искажений, вызванных этими колебаниями.

Модуляционные искажения лучше всего слышны в области наибольшей чувствительности слуха — 1—5 кГц, а их восприятия в зависимости от частоты модулирующих колебаний отличаются между собой. Так, медленные колебания скорости, примерно до частот 3—4 Гц, прослеживаются по изменениям высоты тона, более быстрые, приблизительно до 20 Гц, прослушиваются как трель, дребезжание. Еще более быстрые колебания приводят просто к хриплости звучания. Наиболее слышны искажения, модулирующие частоты которых находятся в пределах 3—6 Гц, при более низких и при более высоких частотах искажения прослушиваются слабее. Модуляционные искажения звучания, вызываемые колебаниями скорости ленты, называются *детонацией*. Их оценивают путем измерения глубины частотной модуляции с корректировкой величины составляющих модулирующих частот фильтром, частотная ха-

рактеристика которого соответствует чувствительности слуха к модулирующим частотам (§ 12). Такой показатель носит название *коэффициента детонации*. Коэффициент детонации обычно измеряют на испытательном гармоническом сигнале частотой 3150 Гц. Исследования показывают, что порог слышимости детонации в зависимости от характера передаваемого сигнала лежит в пределах 0,1—0,15%. Стандарт нормирует, однако, более жесткую величину коэффициента детонации (см. табл. 1, п. 2) исходя из того, что детонация увеличивается при перезаписи фонограмм, а в случае резкой неравномерности частотной характеристики громкоговорителей усиливается по слуховому восприятию.

При испытаниях магнитофонов для быстрого обнаружения причин детонации бывает полезным измерить просто коэффициент колебаний скорости или провести анализ модулирующих частот. С этой целью в приборах — детонометрах, измеряющих детонацию, предусматривается возможность измерения без фильтра слухового восприятия детонации, но с фильтрами, позволяющими провести спектральный анализ колебаний. В некоторых детонометрах имеются также фильтр нижних частот, пропускающий модулирующие частоты до 12 Гц, и фильтр высоких частот, пропускающий модулирующие частоты от 12 Гц и выше. При их использовании определяются коэффициент детонации I рода и коэффициент детонации II рода — классификации, которая была принята в старых стандартах.

Искажения, вызываемые ПАМ. Паразитная амплитудная модуляция возникает из-за переменного контакта ленты с магнитными головками и неоднородности структуры ленты. В отличие от ПЧМ, определяемой, в первую очередь, свойствами лентопротяжного механизма, ПАМ в большей степени зависит от свойств ленты и передаваемого сигнала. Так, при ПАМ действует большая часть причин, обуславливающих шум намагниченной ленты, а с увеличением частоты, точнее с укорочением длины волны записи, ПАМ возрастает из-за влияния переменных контактных потерь. Слух наиболее чувствителен к ПАМ так же, как и к ПЧМ, в области частот наилучшего восприятия — 1—5 кГц, поэтому модуляционные искажения от ПАМ измеряют на частоте 3150 Гц. Восприятие этих искажений при прослушивании сигналов характеризуется хрипкостью звучания, а зависимость слышимости от частоты модулирующих возмущений примерно такая же, как и ПЧМ. В настоящее время, однако, не существует утвержденной методики измерения искажений от ПАМ, а их оценка чаще всего ограничивается простым определением коэффициента амплитудной модуляции. Порог слышимости ПАМ на гармонических сигналах равен примерно 1%, а при записи музыки и речи находится выше 15%. Столь слабая чувствительность к ПАМ и довольно простое обеспечение в студийных магнитофонах гораздо меньшей амплитудной модуляции объясняют отсутствие норм на данный вид искажений. Однако в многодорожечных магнитофонах с узкими дорожками записи ПАМ может возрасть и достигать 25—

30%. ПАМ также сильно проявляется, если лента, используемая в магнитофоне, имеет повышенную сабельность, коробление, потянутые края.

Модуляционный шум. В отличие от модуляционных искажений, модуляционный шум по восприятию действует подобно аддитивной помехе и слышен в соответствии со своей величиной и законами маскировки слабых сигналов сильными. В связи с этим наибольшая слышимость модуляционного шума наблюдается при воспроизведении сигналов, которые находятся в области пониженной чувствительности слуха, т. е. на самых низких или на самых высоких частотах. В этом случае маскирующий эффект полезного сигнала наименьший, а составляющие шума, напротив, простираются в область повышенной чувствительности слуха (рис. 40).

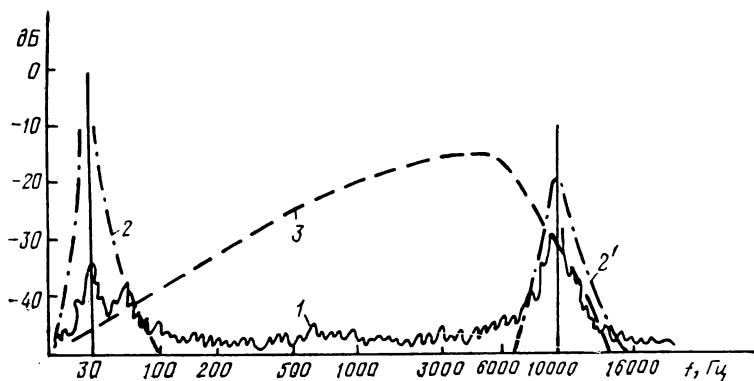


Рис. 40. Модуляционный шум:

1 — огибающая спектра шума; 2 — кривая маскировки при низкочастотном сигнале; 2' — кривая маскировки при высокочастотном сигнале; 3 — кривая чувствительности слуха

Если, например, на вход магнитофона подать гармонический сигнал очень низкой или очень высокой частоты, который почти не воспринимается на слух, то на выходе магнитофона присутствие этого сигнала будет обнаруживаться по резко возрастающему уровню шума. В практике звукозаписи модуляционный шум чаще всего слышен при низкочастотных сигналах — звуках литавр, контрабаса, фортепиано и т. п.

Модуляционный шум, измеряемый на низкочастотных сигналах, по-видимому, обусловлен в основном структурной неравномерностью рабочего слоя и поэтому характеризует в первую очередь качество магнитной ленты. Измерения показывают, что в зависимости от типа ленты шум при звукозаписи может увеличиваться по отношению к шуму паузы от 3—5 дБ у лент высокого качества и до 15—20 дБ у лент низкого качества. Вместе с тем модуляционный шум зависит от режима записи, скорости ленты и в общем неодинаков в различных каналах. На модуляционный шум также могут влиять колебания ленты. Обычно переменный кон-

такт между лентой и головкой характеризуется низкочастотными колебаниями, вызывая этим помеху, относимую к модуляционным искажениям. Однако колебания ленты могут занимать и очень широкий спектр с большим уровнем высокочастотных составляющих. Последнее случается, например, когда в натянутой и движущейся по тракту ленте под действием трения, возникающего в направляющих тракта, возбуждаются продольные и поперечные колебания. При этом модуляционный шум резко возрастает. Для внесения затухания в такие колебания в студийных магнитофонах между головками записи и воспроизведения устанавливается антишумовой вращающийся ролик.

Поскольку модуляционный шум на слух воспринимается как аддитивная помеха, его оценка производится так же, как оценка шума паузы. Следует только отделиться от измерительного сигнала, подаваемого для возбуждения модуляционного шума. Измерения проводят на крайней нижней частоте диапазона, например на частоте 30 Гц, подавляя специальным фильтром на выходе магнитофона первую и появляющиеся в результате нелинейности третью и пятую гармоники сигнала (см. § 21).

Глава III

Испытания отдельных функциональных частей магнитофона

10. Испытание лентопротяжного механизма

Проверка основных функций. Лентопротяжные механизмы современных студийных магнитофонов, как правило, конструируются по узловому принципу — узел ведущего двигателя, узлы боковых двигателей, узлы системы автоматического регулирования и т. д. Каждый такой узел перед установкой в общую конструкцию лентопротяжного механизма проверяется на точность выполнения и нередко подвергается отдельным испытаниям в соответствии с требованиями к характеристикам своей конструкции. Используемые для этого специальные методы, приспособления и стенды разрабатываются одновременно с созданием магнитофона и применяются при лабораторных и заводских испытаниях.

Проверка основных функций лентопротяжного механизма начинается после общей сборки всех его узлов в единую механическую и электрическую систему. Последовательным включением различных режимов работы механизма — «воспроизведение», «запись», «перемотка вперед», «перемотка назад» — контролируют ра-

боту отдельных узлов. Автостоп при такой проверке отключают. На рабочем ходу должны вращаться ведущий вал и притянутый к нему прижимной ролик. Валы подающего и приемного боковых узлов также вращаются, а моменты их вращения зависят от положения поводков-датчиков системы автоматического регулирования. В режимах перемотки прижимной ролик не притягивается к ведущему валу, а валы боковых узлов вращаются быстрее, причем момент вращения того узла, на который должна наматываться лента, больше момента вращения другого бокового узла. Если проверка механизма осуществляется непосредственно в магнитофоне с подсоединенным к каналу воспроизведения контрольным акустическим агрегатом, то переключение режимов не должно сопровождаться прослушиваемыми электрическими щелчками коммутаций.

Дальнейший контроль работы механизма проводят с установленной на магнитофон и заправленной в тракт движения магнитной лентой. При включении различных режимов движение ленты должно начинаться без резких рывков или образования петель, а на рабочем ходу должно быть особенно плавным и равномерным, без смещений вверх или вниз и заминания ленты в направляющих тракта. Наибольшие динамические нагрузки лента испытывает в режимах ускоренной перемотки и при остановке после большого разгона. Однако в нормально работающем лентопротяжном механизме остановка происходит плавно и быстро и не создает слишком большие натяжения ленты.

Все замеченные отклонения от нормального функционирования лентопротяжного механизма устраняют сразу же, по мере обнаружения, или, во всяком случае, до проведения более точных регулировок и измерений.

При испытании лентопротяжного механизма с установленной на нем магнитной лентой контролируется работа автостопа, который должен останавливать механизм после полной смотки ленты или ее обрыве. Проверяют также действие регулятора скорости перемотки (если он есть), стробоскопа, счетчика метража ленты, ножниц и других вспомогательных элементов механизма.

Поскольку магнитофоны рассчитываются на работу от источников электропитания, напряжение которых может изменяться, работу механизма следует проконтролировать при максимально и минимально допустимых напряжениях питания. В современных транзисторных магнитофонах напряжение питания после выпрямления обычно стабилизируется. Поэтому одним из видов испытаний может быть проверка стабилизации в условиях изменяющегося питания и нагрузки. Если убеждаются, что стабилизация обеспечивает постоянное питающее напряжение внутренних блоков магнитофона, то в дальнейшем нет нужды проверять характеристики магнитофонов при разных напряжениях сети электропитания. В магнитофонах, в которых отсутствует указанная стабилизация, измерение характеристик движения ленты, чувствительности, нелинейных искажений и помех каналов записи и воспроиз-

ведения следует проводить как при пониженном, так и при повышенном напряжении питания.

В многоскоростном магнитофоне работа механизма проверяется на всех скоростях.

Проверка тракта движения ленты. При этих испытаниях используется тип магнитной ленты, на работу с которой рассчитан данный магнитофон и которая не имеет механических дефектов: потянутостей, коробления, неровных краев. Число склеек должно быть минимальным. В режиме рабочего хода лента должна двигаться равномерно, не смещаясь ни вверх, ни вниз. Смещения легко определяются визуально. Поперечные смещения ленты обычно вызываются неперпендикулярностью направляющих к горизонтальной плоскости и приводят или к одностороннему смещению ленты, или к ее колебаниям в вертикальной плоскости. Тщательной установкой направляющих, а также магнитных головок (см. ниже) смещения ленты необходимо устранить. Кроме того, направляющими, точнее имеющимися у них ограничителями, строго выравнивают положение ленты по высоте над базовой поверхностью лентопротяжного механизма. В этом случае лента на сердечники боковых узлов должна наматываться так, чтобы она отстояла от нижнего края сердечника в соответствии с требованием стандарта (§ 4). Правильная установка высоты движения ленты обеспечивает единообразие трактов лентопротяжных механизмов, предотвращает деформацию лент при работе с ними на разных магнитофонах.

Особое значение имеет положение магнитных головок. Магнитная лента, двигаясь по тракту, должна плавно огибать их рабочие поверхности и симметрично закрывать относительно центра. Для лучшего обозрения положения головок удобно использовать прозрачную ленту — магнитную ленту со смытым рабочим слоем. Место контакта ленты с головками образует цилиндрическую поверхность (рис. 41а). Если она конусообразная (рис. 41б, в), то

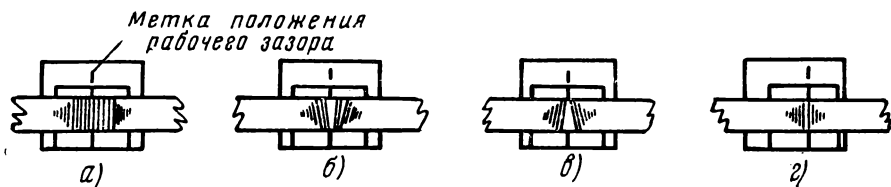


Рис. 41. Контакт ленты с головкой:

а) правильное расположение магнитной головки; б), в) магнитная головка наклонена в вертикальной плоскости; г) магнитная головка повернута вокруг вертикальной оси

это значит, что головки наклонены к плоскости движения ленты и требуется их корректировка. При правильном положении головок рабочие зазоры располагаются в середине цилиндрической поверхности (рис. 41а), а не сбоку (рис. 41г). Установку положения

магнитных головок по высоте также производят по ленте визуально, но в стереофонических магнитофонах она может осуществляться и при помощи специальных измерительных лент (см. § 17, 22).

При движении по тракту лента вращает антишумовой ролик, расположенный между записывающей и воспроизводящей магнитными головками. Угол огибания лентой антишумового ролика должен быть минимальным и мало влиять на направление ее движения.

Следует также обратить внимание на работу амортизирующих поводков тракта движения ленты, которые должны плавно снимать колебания, случайно возбуждаемые в ленте.

Проверка торможения. В лентопротяжных механизмах студийных магнитофонов торможение может осуществляться как механическим, так и электрическим способами. Механические тормоза действуют при остановленном механизме, обеспечивая слегка натянутое состояние заправленной в тракт ленты. Сила торможения должна быть такой, чтобы подпружиненные поводки тракта не изменяли своего нормального положения, занимаемого при движении ленты, и чтобы, не сильно потянув магнитную ленту, можно было повернуть боковые узлы. Величина такой силы примерно равна 1,5—2 Н. Измерить ее можно при помощи динамометра (рис. 42).

Торможение, производимое для остановки движения ленты, в зависимости от конструкции магнитофона осуществляется механическим, электрическим или тем и другим способом одновременно. Для остановки ленты создается так называемое дифференциальное торможение, при котором подающий боковой узел тормозится сильнее, чем приемный. В момент остановки лента испытывает повышенную нагрузку, но ее величина не должна превосходить двух-трехкратного нормального натяжения ленты на рабочем ходу.

Одним из основных видов торможения магнитофона является торможение ленты на рабочем ходу, которое обеспечивает необходимое ее натяжение. В студийных магнитофонах этот вид торможения осуществляется системой автоматического регулирования. Его испытание и наладка определяются особенностями той или иной конкретной системы автоматического регулирования.

Измерение натяжения ленты. Нормальное натяжение ленты на рабочем ходу обеспечивает необходимый контакт между ней и магнитными головками, способствует меньшей величине модуляционных искажений и плотной, ровной намотке ленты в рулон. Слабое натяжение нарушает эти условия, а слишком сильное приводит к деформации ленты, повышает износ магнитных головок,

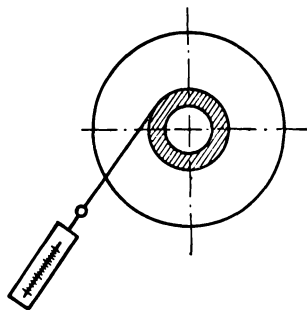


Рис. 42. Измерение силы торможения бокового узла

увеличивает детонацию. Нормальное натяжение, устанавливаемое в лентопротяжном механизме, зависит от физико-механических свойств основы используемого типа ленты и указывается в техническом описании магнитофона. Для применяемых в студийных магнитофонах лент толщиной 50 и 35 мкм величину натяжения обычно выбирают в пределах 0,6—1,0 Н.

Во время работы лентопротяжного механизма натяжение магнитной ленты не остается постоянным. Так, по мере изменения диаметров рулонов лент на боковых узлах вращающиеся и тормозные моменты рулонов изменяются, вызывая этим и изменение натяжения ленты. В момент пуска и остановки механизма лента испытывает резкие перепады натяжения, приводящие к повышенным нагрузкам и нередко к колебаниям переходного процесса. Натяжение может отклоняться от номинального значения из-за биений вращающихся элементов тракта, нестабильности питающей сети и других причин. В этих условиях системы регулирования и демпфирования лентопротяжных механизмов современных магнитофонов призваны обеспечить минимальное изменение величины натяжения, стабилизируя его на рабочем ходу у блока магнитных головок с точностью 10—20%.

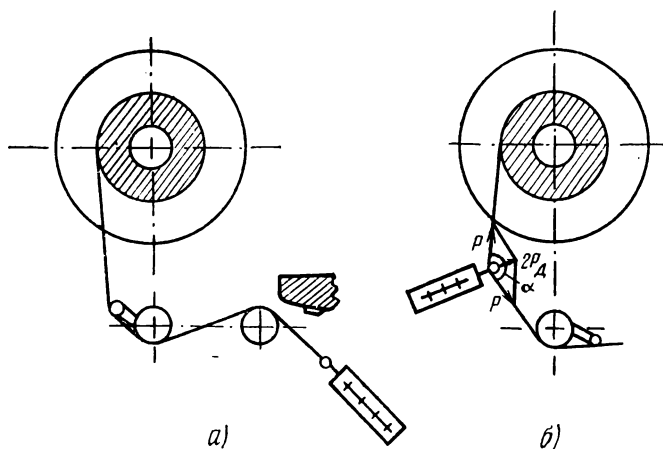


Рис. 43. Измерение натяжения ленты

Натяжение ленты обычно измеряют динамометром. На рис. 43 показаны два варианта измерения натяжения для различных конструктивно расположенных поводков-датчиков системы регулирования. В процессе измерения, при включении того или иного режима эти поводки должны сохранять свое нормальное рабочее положение. Во втором варианте измерения величина натяжения P вычисляется по формуле

$$P = \frac{P_d}{2 \cos (\alpha / 2)},$$

где P_d — показания динамометра; α — угол огибания лентой ролика динамометра (рис. 43б). Если $\alpha = 120^\circ$, то $P = P_d$. Поэтому при измерениях целесообразно выдерживать указанный угол.

Для удобного измерения натяжения магнитной ленты применяются динамометры, специально приспособленные для таких целей. На рис. 44 показана одна из таких конструкций, обеспечивающая при измерениях неизменность траектории движения ленты в лентопротяжном механизме магнитофона и меньшую погрешность в определении величины натяжения. Если направляющие динамометра выполнены достаточно миниатюрными, то появляется возможность измерения натяжения в разных точках тракта. Это весьма полезно, так как величина натяжения в них обычно различна. При проведении измерений необходимо, чтобы вращение роликов динамометра происходило с минимальным трением, а их положение не вызывало перекоса ленты. Сила, растягивающая пружину динамометра в конструкции, показанной на рис. 44, равна удвоенной величине натяжения, что учитывается соответствующей калибровкой шкалы динамометра или вычислением.

Натяжение ленты измеряют на рабочем ходу и ускоренных перемотках, при максимально и минимально допустимых напряжениях электропитания, при различных соотношениях между диаметрами рулонов лент на приемном и подающем узлах. Как правило, измерения сначала проводят при полном рулоне, вмещающем 1000 м ленты, на подающем узле и минимальном количестве ленты на приемном, затем при полном рулоне на приемном узле и минимальном количестве ленты на подающем и, наконец, при равных рулонах по 500 м на каждом боковом узле. Среди точек измерения обязательно должны быть точки до блока магнитных головок (у подающего бокового узла) и после блока головок и ведущего вала (у приемного бокового узла). Этим определяется максимальный перепад натяжений в тракте. В лучших конструкциях современных лентопротяжных механизмов величина натяжения у блока магнитных головок при рабочем ходе сохраняется в пределах $\pm 10\%$. В качестве примера данных измерения натяжения приведена табл. 3.

Таблица 3

Режим	Натяжение, Н					
	на подающем узле, полный рулон ленты 1000 м		на боковых узлах, равные рулоны по 500 м		на приемном узле, полный рулон ленты 1000 м	
Рабочий ход	1,0	1,4	1,0	1,3	0,9	1,2
Перемотка вперед	0,8	1,3	0,9	1,5	1,2	1,8
Перемотка обратно	1,0	1,4	1,5	0,9	1,3	1,0

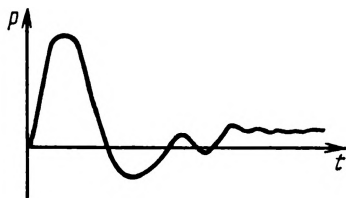
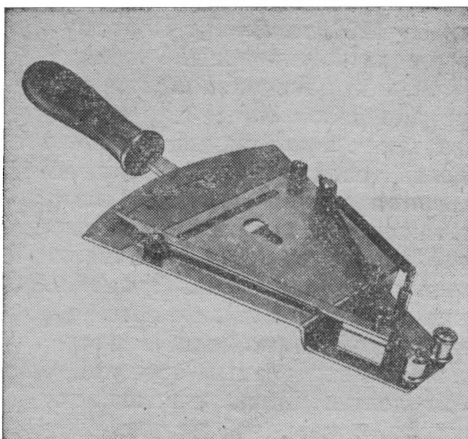


Рис. 45. Осциллограмма натяжения ленты в момент пуска

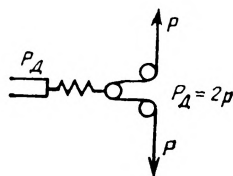


Рис. 44. Динамометр для измерения натяжения ленты

Величина натяжения ленты, измеряемая механическими динамометрами, представляет собой усредненное за время проведения измерений значение натяжения. Однако, помимо этой средней величины, важно знать и кратковременные значения натяжения, действующие в момент пуска и остановки лентопротяжного механизма. Возникающие в этих случаях нагрузки, если не принимать специальных мер, могут превышать допустимые пределы и вызывать деформацию ленты. На рис. 45 графически представлено изменение натяжения ленты в момент пуска.

Измерение подобных кратковременных натяжений нельзя производить обычными динамометрами из-за большой погрешности показаний, возникающей вследствие инерционности их механической системы. Поэтому для измерений применяются электронные приборы, использующие датчики съема натяжения, действующие на индуктивном, емкостном или тензометрическом принципе. Во Всесоюзном научно-исследовательском институте телевидения и радиовещания для этих целей разработан прибор ИН-2 с датчиком емкостного типа (рис. 46). Емкость, образуемая пластинами *A* и *B*, зависит от силы, действующей на подвижную пластину датчика. Емкость включена в цепь колебательного *LC*-контура генератора *G*; частота которого сравнивается со стабильной частотой кварцевого генератора. Образующий в сравнителе сигнал разностной частоты усиливается, выпрямляется и подается на осциллограф с большим временем послесвечения, например типа С 8—1. Экран осциллографа предварительно калибруется в значениях натяжения, которые действуют на шток подвижной пластины. В момент пуска или остановки на экране осциллографа вырисовывается кривая, по которой можно определить максимальную

нагрузку ленты. Эта нагрузка не должна превышать двух-трехкратного значения нормального натяжения рабочего хода.

Качество намотки ленты. Для сохранения физико-механических свойств ленты и предотвращения ее деформации при транспортировке и хранении намотка ленты в рулон должна происходить так, чтобы плотность намотки по всему рулону была равномерной. Для этого натяжение ленты во время намотки должно

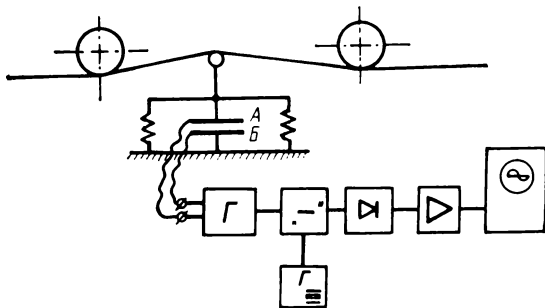


Рис. 46. Измерение натяжения ленты датчиком емкостного типа

быть достаточным для образования прочного рулона, исключая возможность рассыпания витков ленты, но не чрезмерным, так как большие натяжения в рулоне приводят к остаточной деформации ленты. Указанные выше значения натяжений при рабочем ходе и перемотках считаются достаточными для образования рулона нормальной плотности, важно только сохранять их относительно постоянными на протяжении образования всего рулона и ровно укладывать витки магнитной ленты, чтобы плоская торцевая поверхность рулона была гладкой, без выступающих витков.

11. Измерение средней скорости и дрейфа

В соответствии с понятием средней скорости (§ 5) для ее определения следует находить длину ленты l и время ее движения T . Однако на практике прямое и достаточно точное измерение длины довольно трудоемко, поэтому о ней чаще всего судят косвенно: по измерениям времени или частоты, которая, как известно, является величиной, обратной периоду колебаний. В связи с этим для нахождения средней скорости ленты в лентопротяжном механизме магнитофона используются приборы измерения времени и частоты.

В настоящее время такими достаточно точными и практически легко доступными приборами являются электронно-счетные частотомеры. Принцип их работы основан на подсчете числа периодов электрических колебаний или импульсов за промежуток времени измеряемого события. Так, измерение частоты в них производится

подсчетом числа периодов измеряемого сигнала в единицу времени (в 1 с). Число периодов или импульсов может быть подсчитано и за время 10^{-2} , 10^{-1} , 10^1 , 10^2 с, что используют для увеличения или быстроты съема показаний, или точности определения частоты. Измерение времени в таких приборах производят отсчетом меток времени, генерируемых собственным кварцевым генератором, стабильность которого достигает 10^{-7} . Электрические колебания кварцевого генератора могут быть применены вне прибора, причем предусматривается возможность получения различных частот колебаний, образуемых из колебаний опорной частоты путем электронного умножения или деления. Показания электронно-счетных частотомеров индуцируются цифровыми лампами, что делает эти приборы особенно удобными в работе. К широко применяемым относятся частотомеры типа ЧЗ-28, ЧЗ-22, ЧЗ-33, ЧЗ-34.

Для приближенной оценки средней скорости на практике часто используются механические секундомеры. Наиболее известны механические секундомеры с часовым механизмом типа «Агат» — С-1-2а. Цена деления их шкалы равна 0,2 с, а средняя погрешность показаний за 30 мин хода составляет ± 1 с. Другой тип секундомеров, выпускаемых нашей промышленностью, СД С_{сп}-1 имеет при той же цене деления увеличенный диаметр шкалы, что повышает точность отсчета. Кроме того, двухстрелочная конструкция этих секундомеров позволяет вести отсчет двух одновременно происходящих событий и суммирование их времени. Механические секундомеры с ценой деления шкалы 0,1 с, называемые хроноскопами, например типа ХР-1-2, ХР-1-3, также применимы для измерений, но для широкого использования мало доступны.

Из возможных методов измерения средней скорости ленты для студийных магнитофонов, строго говоря, подходят те, которые обеспечивают необходимую точность измерения, вытекающую из довольно жестких допусков на среднюю скорость студийного магнитофона — $\pm 0,3\%$. Если принять погрешность в оценке этого допуска 10%, то средняя скорость должна определяться с точностью, не меньшей, чем $\pm 0,03\%$. В случае большей погрешности измерений уменьшается допуск на разброс величины скорости, удовлетворяющий требованиям стандарта. Так, если погрешность измерения составляет $\pm 0,1\%$, то допуск на среднюю скорость магнитофона становится равным $\pm 0,2\%$, если погрешность равна 0,2%, то значение средней скорости, удовлетворяющее нормам стандарта, по результатам измерений может отклониться от номинала не больше чем на $\pm 0,1\%$. При еще больших погрешностях уже нельзя судить о том, насколько точно соблюдаются требования стандарта.

Ниже рассматриваются различные методы измерения средней скорости, нашедшие применение на практике и обладающие разной точностью в оценке ее величины. Часть из них отвечает указанным требованиям, часть — используется из-за простоты и возможности быстрого, но приближенного суждения о величине скорости. Существует, кроме того, несколько общих правил, соблюдение которых исключает возникновение дополнительных погрешностей.

Так, для проведения измерений выбирают достаточно прочные магнитные ленты, не тонкие, не вытягивающиеся при нормальных нагрузках. Начало процесса измерения не следует совмещать с включением лентопротяжного механизма в режим рабочего хода, поскольку это увеличивает погрешность измерения вследствие переходного процесса установления стационарного значения скорости.

В студийных магнитофонах старых конструкций в качестве ведущих двигателей применяются синхронные двигатели, питаемые непосредственно от промышленной сети. Постоянство оборотов таких двигателей определяется стабильностью частоты сети, и при колебаниях этой частоты средняя скорость ленты изменяется. В связи с этим различают отклонения средней скорости от номинала, происходящие из-за изменений частоты питающей сети от отклонений, вызываемых конструктивными особенностями лентопротяжного механизма. Во время испытаний таких механизмов измеряют частоту сети. Если последняя отличается от номинала, то для нахождения отклонения средней скорости, обусловленного только параметрами механизма, нужно из отклонения, получаемого при измерении средней скорости, вычесть отклонение частоты сети. Вычитание производится с учетом знака. Например, если для измерений средней скорости относительное отклонение составляет $-0,1\%$, а для частоты сети $-0,05\%$, то уход средней скорости из-за параметров механизма равен $-0,1 - (-0,05) = -0,05\%$; если при измерениях скорости отклонения составляют $-0,1\%$, а для частоты сети $+0,1\%$, то уход скорости равен $-0,1 - 0,1 = -0,2\%$.

В конструкциях современных студийных магнитофонов ведущие двигатели управляются системой автоматического регулирования, обеспечивающей точную, не зависящую от частоты сети скорость вращения ведущего вала магнитофона. При измерении средней скорости ленты в таких лентопротяжных механизмах частоту сети, естественно, измерять не нужно, однако сам по себе контроль средней скорости не только не исключается, но, пожалуй, становится еще более необходимым. Если в лентопротяжных механизмах старых конструкций скорость определяется главным образом механическими параметрами: диаметром ведущего вала и коэффициентом передачи звена ведущий двигатель — ведущий вал, которые в течение длительной эксплуатации остаются неизменными, то в лентопротяжных механизмах с системой автоматического регулирования скорость ленты зависит от стабильной работы многих элементов этой системы, которые, несмотря на высокую надежность, все же могут изменить свои параметры.

Среднюю скорость большей частью определяют при разных диаметрах рулонов лент на боковых узлах лентопротяжного механизма. Для получения достоверного результата процесс измерения повторяют в одинаковых условиях несколько раз и вычисляют среднее арифметическое всех замеров; при этом результаты отдельных замеров не должны сильно отличаться друг от друга. Как правило, среднюю скорость находят в начале движения пол-

ного рулона ленты, в середине и в конце. Разница в величинах средней скорости свидетельствует о дрейфе, возможной причиной которого является проскальзывание ленты в ведущей паре лентопротяжного механизма: прижимной ролик — ведущий вал, происходящее из-за перепада натяжений ленты до и после этой пары. Величина дрейфа, как отмечалось, не должна выходить за пределы допуска на отклонение скорости магнитофона.

Метод измерительного ролика основан на использовании ролика с точно известным диаметром D . Получая вращение от движущейся магнитной ленты, ролик за время T совершает N оборотов. Средняя скорость ленты при этом подсчитывается по формуле

$$\bar{V} = \pi D \frac{N}{T}.$$

Измерительный ролик монтируют на специальном кронштейне так, чтобы ролик можно было ввести в тракт движения ленты. Ролик должен легко вращаться и не проскальзывать относительно ленты при ее движении. Для этого угол огибания ролика лентой выбирают не менее 180° , а ролик устанавливают на хорошие шарикоподшипники. Вместо специального измерительного ролика могут быть, в принципе, использованы обводные вращающиеся ролики лентопротяжного механизма при выполнении всех условий данного измерения.

Как следует из приведенной формулы, возможны два варианта измерения рассматриваемым методом: в одном из них находят число оборотов ролика N за определенное время T , в другом — измеряется время T , за которое ролик совершает определенное число оборотов N , например один оборот.

Рассмотрим первый вариант метода измерительного ролика. Вращение ролика преобразуется в импульсы любым из известных способов: контактным, оптическим или электромагнитным. Можно, например, для этой цели использовать фотоэлектрический преобразователь, придаваемый в комплекте к электронно-счетному частотомеру ЧЗ-28. Работа такого преобразователя заключается в следующем. На ролик, скорость которого подлежит определению, любым доступным способом наносятся чередующиеся темные и белые полосы. При вращении ролик освещают лампочкой так, чтобы отраженный от полос свет попадал в фотоприемник, который образует соответствующие электрические импульсы. Частотомер автоматически подсчитывает и отображает на своем табло число этих импульсов, приходящих за определенное время, которое предварительно устанавливается на частотомере.

Для достижения точности измерения $\pm 0,03\%$ необходимо получать импульсы через $N/3333$ оборота ролика. Так, при длине окружности ролика 100 мм (диаметр $D=31,84$ мм) и скорости ленты 38,1 см/с за время 100 с будет совершен 381 оборот. Чтобы получить при этом нужную частоту импульсов, окружность ролика следует разделить на 10 частей. На практике удобнее и точнее дуги окружности делить пополам. В связи с этим импульсы полу-

чают через $1/16$ оборота ролика или при несколько большей, но допустимой погрешности, через $1/8$ оборота. Для обеспечения требуемой точности размер диаметра измерительного ролика выполняется с погрешностью, не превышающей 3 мкм. Для измерений с той же точностью на меньших скоростях ленты — 19 и 9 см/с — число импульсов с оборота должно быть соответственно удвоено или учетверено.

Другой вариант метода измерительного ролика заключается в определении времени одного его полного оборота. На специальный вход электронно-счетного частотомера, предназначенного для измерения периода, подаются импульсы, образуемые через каждый оборот ролика. Промежутки между двумя соседними импульсами, которые включают и выключают процесс счета, заполняются метками времени, получаемыми от внутреннего высокостабильного генератора частотомера. Подсчетом числа меток и определяется время полного оборота ролика. Частоту меток времени можно взять очень высокой, достигается этим весьма большой точности отсчета времени. Так, при частоте меток 10 кГц время определяется с погрешностью 100 мкс. Если для измерений использовать ролик, который совершает один оборот в секунду (при скорости 38 см/с, $\pi D = 381$ мм, а $D = 121,334$ мм), то точность отсчета достигает $\pm 0,01\%$. Таким образом в данном варианте точность метода измерительного ролика определяется не погрешностью измерения времени, а другими факторами, о которых будет сказано несколько ниже.

На практике прямое определение значения средней скорости, т. е. расчет по формуле, выполняется только однажды — при изготовлении измерительного ролика. В дальнейшем о результатах измерений судят просто по числу меток, отсчитываемых частотомером. Так, в рассмотренном случае номинальной скорости соответствуют 10 000 меток (10 кГц); при отклонении скорости от номинала $+0,1\%$ — 9990 меток; при отклонении минус $0,2\%$ — 10 020 меток. В данном варианте нет даже необходимости в точном выдерживании какого-либо определенного размера диаметра измерительного ролика, так как любые отклонения размеров могут быть учтены путем измерения числа меток, соответствующего номиналу.

Второй вариант метода измерительного ролика является более точным и более удобным, чем первый, который до недавнего времени в основном и применялся. С появлением электронно-счетных частотомеров, позволяющих отсчитывать с высокой точностью практически почти любой временной интервал, второй вариант становится более предпочтительным. Относительным его недостатком является только небольшое время усреднения, образуемого за один оборот ролика. Для увеличения времени усреднения следует проводить расчет нескольких следующих друг за другом замеров, которые частотомеры осуществляют автоматически, и находить среднеарифметический результат измерений.

На точность определения средней скорости в методах измерительного ролика, помимо уже рассмотренных условий, влияет еще

ряд факторов. В месте введения ролика в тракт ленты натяжение, вообще говоря, может быть другим по сравнению с натяжением у магнитных головок. Следовательно, будут несколько другими и упругое растяжение ленты, и измеряемая средняя скорость.

На отсчитываемую величину средней скорости влияет даже толщина магнитной ленты. Это связано с тем, что при огибании лентой измерительного ролика ее внутренние слои сжимаются, а наружные растягиваются. В этих условиях расчетный диаметр ролика увеличивают до величины, которая определяется центральным слоем ленты. Применение лент различной толщины обуславливает некоторый разброс величины средней скорости, а если толщина ленты точно неизвестна, то при определении скорости возникает дополнительная погрешность. С увеличением диаметра измерительного ролика зависимость погрешности измерения от толщины ленты уменьшается, но возрастает влияние ролика на натяжение ленты. Учитывая названные и некоторые другие факторы, полагают, что в методах измерительного ролика погрешность может достигать 0,05—0,08%.

Методы измерительного ролика рекомендованы ГОСТ и находят широкое применение в лабораторных условиях.

Частотный метод измерения средней скорости основан на определении средней частоты воспроизведения гармонического сигнала, записанного на магнитной ленте. Из соотношений, приведенных в § 5, вытекает, что

$$\bar{f}_B = \frac{\bar{f}_3}{\bar{V}_3} \bar{V}_B,$$

где \bar{f}_3 и \bar{V}_3 — средняя частота и средняя скорость записи; \bar{f}_B и \bar{V}_B — средняя частота и средняя скорость воспроизведения. При постоянной частоте и скорости записи скоростью и частотой воспроизведения существует пропорциональная зависимость, а их относительные отклонения равны между собой:

$$\frac{\Delta f_B}{f_3} = \frac{\Delta \bar{V}}{\bar{V}_3}.$$

Поэтому измеряя относительное отклонение частоты воспроизведения от номинала, определяют и относительное отклонение скорости.

Для проведения измерений рассматриваемым методом необходима фонограмма с записью эталонной длины волны. Такая запись производится на магнитофоне, средняя скорость которого строго постоянна и точно известна.

Процесс измерения не представляет каких-либо затруднений: электронно-счетный частотомер, подключенный на выход канала воспроизведения магнитофона с испытываемым лентопротяжным механизмом, автоматически фиксирует среднее значение частоты за время, предварительно устанавливаемое на приборе: 10 или 100 с. При необходимости увеличения времени усреднения замеров

частоты производят подряд за желаемое время и вычисляют среднеарифметическое всех полученных результатов. Замеры частоты прибор осуществляет автоматически, фиксируя результаты каждые 10 или 100 с на время, регулируемое от 0,2 до 5 с, и начиная отсчет вновь.

Точность измерения частоты может быть очень высокой. Так, при частоте записи 1000 Гц и времени усреднения 10 с точность достигает 0,01%. Вместе с тем погрешность в оценке средней скорости определяется тем, насколько точно была известна скорость магнитофона, на котором производилась запись. Если скорость этого магнитофона была определена методом измерительного ролика с погрешностью 0,05%, то эта погрешность автоматически входит в погрешность частотного метода. На точность рассматриваемого метода влияют упругие и остаточные деформации фонограммы с записью эталонной длины волны. При нормальных нагрузках, испытываемых лентой в лентопротяжных механизмах, и достаточно прочной основе ленты, мало подверженной климатическим и временным изменениям, эти деформации невелики. Однако от непредвиденных условий в ленте могут возникнуть большие деформации. В связи с этим при применении частотного метода полезно иметь калибровочный магнитофон с гарантированной стабильной скоростью, при помощи которой периодически можно контролировать качество измерительной фонограммы. С учетом всего сказанного частотный метод оценки средней скорости может обеспечить точность до $\pm 0,1\%$.

Метод отрезка ленты основан на измерении времени прохождения участка ленты, длина которой l известна. Отмер длины ленты l производят на лентопротяжном механизме с достаточно хорошо известной скоростью, путем измерения времени T_0 , равного l/V_0 . Прямое измерение длины ленты рулеткой, линейкой и т. п. недопустимо, так как приводит к погрешностям, достигающим в лучшем случае 1—2%.

Отклонение средней скорости на испытуемом механизме от средней скорости калибровочного магнитофона находят в процентах, пользуясь соотношением

$$\frac{\bar{V} - \bar{V}_0}{\bar{V}_0} \cdot 100 = \frac{T - T_0}{T_0} \cdot 100.$$

При совпадении скорости калибровочного магнитофона \bar{V}_0 с номинальным значением найденное отклонение характеризует уход средней скорости от номинала.

Точность рассматриваемого метода в сильной степени зависит от условий его проведения. Конечная погрешность метода складывается из погрешностей: определения средней скорости калибровочного магнитофона, измерения времени T_0 при отмере отрезка ленты l на этом магнитофоне, измерения времени T прохождения этого отрезка ленты на испытуемом механизме. Если считать, что скорость калибровочного магнитофона известна с очень высокой

точностью, то точность метода отрезка ленты зависит от двойной погрешности определения времени. Эта погрешность зависит от способа измерения, используемого прибора времени и продолжительности измерения. При определении времени механическими и электрическими секундомерами абсолютная ошибка показаний составляет от 0,2 до 1 с. Если время усреднения взято равным 100 с, то точность измерения оказывается не лучше $\pm 0,4 \div 2\%$ (погрешность, как было сказано выше, удваивается). Использование электронного отсчета времени не уменьшает ошибки, так как ручное включение и выключение прибора времени из-за замедленной реакции человека не позволяет уменьшить погрешность ниже 0,4%. Если время измерения увеличить, то точность определения средней скорости возрастает. Например, при измерении за время 2400 с (40 мин), которое необходимо для прохождения полного рулона ленты длиной 1000 м при скорости 38,1 см/с, погрешность метода составляет приблизительно $\pm 0,04\%$. В этом случае определяется общая средняя скорость ленты в магнитофоне, при которой усредняются почти все дестабилизирующие факторы, действующие за время измерения.

В конструкцию лентопротяжных механизмов современных магнитофонов нередко входит счетчик метража ленты, отсчитывающий ее длину в единицах времени. При использовании калиброванной по длине магнитной ленты отклонение средней скорости от номинала выражается в отличии показаний этого счетчика T от необходимого времени T_0 .

Стробоскопический метод оценки средней скорости основан на эффекте кажущейся неподвижности вращающегося объекта при освещении его пульсирующим светом. В лентопротяжных механизмах студийных магнитофонов один из обводных роликов обычно выполняется со стробоскопическими метками — отверстиями или прорезями, расположенными по периметру ролика. Под роликом располагается неоновая лампа, вспыхивающая в такт с периодом питающего напряжения. Число меток на ролике подбирается так, чтобы при равенстве средней скорости номинальному значению стробоскопические метки казались неподвижными. Связь между скоростью ленты \bar{V} , частотой мигания лампочки f и количеством меток на ролике n выражается соотношением

$$\bar{V} = \pi D \frac{f}{n}.$$

Здесь D — диаметр ведомой части ролика.

Момент возникновения стробоскопического эффекта определяется на глаз довольно точно, с погрешностью порядка долей процента. Если же скорость отклоняется от номинального значения, то метки ролика будут казаться перемещающимися: при повышенной скорости — по направлению движения ленты; при пониженной скорости — против этого направления. Определение вели-

чины отклонения средней скорости в этих условиях может быть произведено в процентах с точностью порядка 2—3% по формуле

$$\pm \frac{\Delta \bar{V}}{\bar{V}} \cdot 100 = \pm \frac{p}{30} \cdot 100,$$

где p — число меток, перемещающихся относительно неподвижной точки, в минуту. Положительный знак ставится при повышенной скорости, отрицательный — при пониженной скорости ленты.

В принципе, точность стробоскопического метода можно повысить, если подключить неоновую лампочку к отдельному генератору, частоту которого можно изменить и измерить в момент возникновения стробоскопического эффекта. Но и в таком виде этот метод редко применяется на практике, так как он все-таки уступает по точности приведенным выше методам. Кроме того, время усреднения стробоскопического метода невелико и несколько неопределенно, поскольку зависит от инерционности зрения.

Определение дрейфа чаще всего производят по результатам измерения средней скорости, хотя возможны и специальные измерения.

В первом случае величину дрейфа в процентах находят по относительной разности величин средней скорости, измеренных в разных условиях:

$$S = \frac{\Delta \bar{V}}{V_0} \cdot 100.$$

Как правило, для этой цели определяют значения средней скорости при полном рулоне ленты вначале на подающем узле, затем на приемном узле. Величина дрейфа может быть также найдена по разности относительных отклонений средней скорости от номинального значения. Точность величины дрейфа определяется точностью измерения средней скорости.

Во втором случае основной целью измерения ставят прямое определение нестабильности движения ленты в различных условиях, например при разных диаметрах рулонов ленты на боковых узлах. Такие измерения можно провести несколькими способами. Так, например, осуществляют запись гармонического сигнала в одних условиях, а воспроизводят его в других. В этом случае величина дрейфа находится по формуле

$$S = \frac{2 |f_3 - f_B|}{f_B + f_3} \cdot 100.$$

Для определения дрейфа можно воспользоваться почти любой записью достаточно стабильной частоты, например записью измерительной ленты части D . Вначале воспроизводят запись в одних условиях и определяют частоту воспроизведения f_{B1} , затем воспроизведение осуществляют в других условиях и определяют частоту f_{B2} . Величина дрейфа в процентах составит

$$S = \frac{f_{B1} - f_{B2}}{f_0} \cdot 100,$$

где f_0 — номинальная частота записи.

Возможность измерения дрейфа предусмотрена в детонаторах, относящихся к группе I по ГОСТ 11948—66. Для этого при воспроизведении записи измерительной ленты части *Д* калибруют показания детонатора по центральной отметке на шкале прибора. Затем воспроизводят запись измерительной ленты в других условиях и по прибору отсчитывают относительное отклонение скорости от первоначальной измеренной. По сути действие детонатора в этом случае основано на сравнении частоты воспроизводимых сигналов, а предварительная калибровка дает возможность определять величину дрейфа без вычислений.

12. Измерение детонации и длительности пуска

Детонаторы. Принцип действия детонаторов основан на демодуляции измерительного сигнала, подвергшегося паразитной частотной модуляции при прохождении канала воспроизведения или канала записи — воспроизведения магнитофона.

Вначале частотномодулированный сигнал, подаваемый на вход, детонатора, усиливается до величины, необходимой для работы последующих звеньев прибора (рис. 47). Затем сигнал поступает

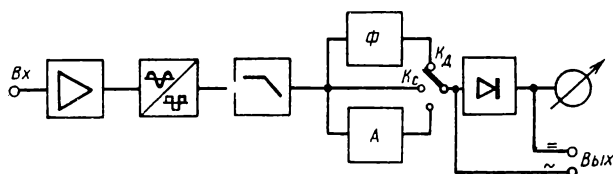


Рис. 47. Структурная схема детонатора

в блок демодуляции. Известны различные способы демодуляции, нашедшие применение в детонаторах, выпущенных разными предприятиями. Среди них в последнее время широко используется способ, при котором частотномодулированный гармонический сигнал преобразуется в импульсный с переменной скважностью. Далее такой сигнал пропускается через фильтр нижних частот (ФНЧ), на выходе которого колебания напряжения соответствуют колебаниям скорости ленты. Этот способ демодуляции при относительно простом схемном решении обеспечивает полную независимость результатов измерения от влияния паразитной амплитудной модуляции, действующей в лентопротяжном механизме в процессе измерения. При определении коэффициента колебаний скорости сигнал после ФНЧ поступает непосредственно в измерительную часть схемы детонатора. Если измеряется коэффициент детонации, то сигнал перед измерительной схемой проходит через фильтр слухового восприятия детонации. Для проведения анализа спектра колебаний скорости сигнал после ФНЧ подается в си-

стему полосовых фильтров, при помощи которых могут быть выделены отдельные спектральные участки модулирующих колебаний.

Учитывая свойство слуха воспринимать детонацию по максимальным изменениям частоты прослушиваемого сигнала, детонометры конструируют так, чтобы измерялась величина полного размаха колебаний скорости от пика до пика. Для этого напряжение колебаний перед подачей на показывающий гальванометр выпрямляется по схеме удвоения, а постоянные времени RC -фильтра выбираются такими, чтобы показания прибора соответствовали квазипиковой величине этих колебаний. Вместе с тем шкала прибора по правилам, принятым в радиотехнике для обозначения коэффициентов модуляции, отградуирована в половинных значениях размаха колебаний с присовокуплением знака \pm^1 . Таким образом коэффициент колебаний скорости численно вдвое меньше относительной величины полного размаха частоты сигнала.

Временные характеристики детонометра нормируются ГОСТ 11948—66 «Прибор для измерения коэффициента детонации аппаратуры для записи и воспроизведения звука». Проверка временных характеристик осуществляется при помощи специального испытательного сигнала частотой 3150 Гц, промодулированного однополярными импульсами с частотой повторения 1 Гц. В зависимости от длительности импульсов детонометр должен обеспечивать следующие показания:

длительность импульсов, мс	10	30	60	100
показания детонометра, %	21 ± 3	62 ± 6	90 ± 6	100 ± 4

Показания даны в процентах от показаний при синусоидальной частотной модуляции частотой 4 Гц измерительного сигнала с девиацией полного размаха, равной девиации при модуляции импульсом. В промежутках между импульсами длительностью 100 мс показания прибора должны уменьшаться до $40 \pm 10\%$ от первоначальной величины.

Упомянутый ГОСТ на детонометры нормирует также частотную характеристику фильтра слухового восприятия детонации (рис. 48). В табл. 4 приведены значения этой характеристики. В зависимости от выполняемых функций ГОСТ делит детонометры на три группы, указанные в табл. 5.

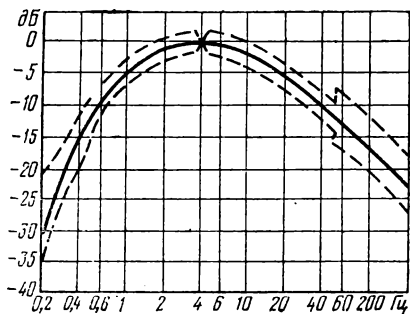


Рис. 48. Частотная характеристика фильтра слухового восприятия детонации

¹ Во вновь подготавливаемом стандарте на детонометры эти знаки исключаются.

Таблица 4

Частота, Гц	Относительный коэффициент передачи, дБ		Частота, Гц	Относительный коэффициент передачи, дБ	
	номинал	допустимые отклонения		номинал	допустимые отклонения
0,200	-30,4	+8,0 ÷ -3,5	4,000	0	0
0,315	-19,7	+5,0 ÷ -3,0	5,000	-0,2	±1
0,400	-15,0	+3,0 ÷ -2,5	6,300	-0,9	±1
0,500	-11,0	±1,5	10	-2,1	±1
0,630	-8,4	±1,5	20	-5,9	±1
0,800	-6,0	±1,5	40	-10,4	±1
1,000	-4,2	±1,5	50	-12,2	±1,5
1,600	-1,8	±1,5	63	-14,2	±1,5
2,000	-0,9	±1,5	100	-17,3	±2,0
3,000	-0,1	±1,5	200	-23,0	±2,0

Таблица 5

Наименование функций и дополнительных устройств	Обязательность выполнения функций детонometрами групп		
	I	II	III
1. Измерение коэффициента детонации	О	О	О
2. Измерение коэффициента колебаний скорости носителя записи	О	О	Н
3. Анализ частотных составляющих колебаний скорости с помощью:			
а) встроенного анализатора для плавного анализа	О	Н	Н
б) внешнего анализатора и фильтра	О	О	Н
4. Измерение величины дрейфа	О	О	Н
5. Измерение коэффициента паразитной амплитудной модуляции	О	Н	Н
6. Наличие встроенного генератора на 3150 Гц	О	О	Н
7. Выход для подключения электронного осциллографа	О	О	О
8. Выход для подключения шлейфового осциллографа	О	О	Н

Обозначения: О — обязательно; Н — необязательно.

В настоящее время нашей промышленностью серийно выпускается детонметр 4И, относящийся к III группе таких приборов. В измерителе параметров звукового тракта ИПЗТ-1 (см. § 3) используется детонметр по схеме, аналогичной 4И. Из ранее выпущенных детонметров отметим приборы КВУ-13 и ДЛЦ, характеристики которых близки к требуемым. В практическом применении находятся также детонметры, изготовленные за рубежом: ТР-677 (Польша), ЕМТ-418, ЕМТ-420, ЕМТ-424 (ФРГ). Последний прибор (рис. 49) представляет собой наиболее совершенный

вариант детонметра, поэтому рассмотрим его несколько подробней.

Помимо обычных функций — измерения коэффициента детонации, коэффициента колебаний скорости и измерения дрейфа — ЕМТ-424 позволяет быстро проводить анализ спектра колебаний: ориентировочно в диапазоне частот от 1 до 20 Гц и подробно в



Рис. 49. Вид детонметра ЕМТ-424

диапазоне от 1 до 100 Гц при помощи фильтров, встроенных внутрь прибора. В последнем случае возможен также автоматический режим анализа с фиксацией результатов при помощи самописца или запоминающего осциллографа. ЕМТ-424 позволяет определять время пуска магнитофона в пределах до 10 с.

Отличительная особенность рассматриваемого прибора заключается в том, что измеряемые коэффициенты детонации и колебания скорости являются результатом пятисекундного статистического анализа измеряемых колебаний. Необходимость такой оценки колебаний связана с их случайным характером, который нередко при бытовых измерениях вызывает разноречивую оценку качества лентопротяжного механизма. Считается, что пиковая (измеряемая) величина колебаний скорости распределяется по нормальному закону [5]. Тогда коэффициенты детонации и колебаний скорости определяются с доверительными интервалами 1σ , 2σ и 3σ или, иными словами, при измерении не учитываются пики колебаний, вероятность которых соответственно меньше 32; 5 и 0,3%. Для анализа служит специальный блок памяти Sigma memory, на котором перед измерениями устанавливается необходимый доверительный интервал.

К дополнительным удобствам детонметра также относятся автоматическая установка уровня, необходимого для измерения, при подаче сигнала на его вход в пределах от 30 мВ до 3 В и линейные шкалы показывающих приборов дрейфа и детонации. В сочетании с самописцем или запоминающим осциллографом детоно-

метр позволяет получать осциллограммы процесса пуска магнитофона, частотного спектра колебаний скорости и характера изменения коэффициентов детонации и колебаний скорости за время измерения.

Методы измерения детонации. Возможны три варианта измерения коэффициента детонации лентопротяжного механизма магнитофона.

1. На испытываемом магнитофоне воспроизводят сигнал частотой 3150 Гц, предварительно записанный на магнитную ленту на магнитофоне, у которого колебания скорости ленты гораздо меньше, чем у испытываемого.

2. На испытываемом магнитофоне вначале записывают сигнал частотой 3150 Гц, а затем его воспроизводят и измеряют на магнитофоне, у которого колебания скорости ленты гораздо меньше, чем у испытываемого.

3. На испытываемом магнитофоне записывают и воспроизводят сигнал частотой 3150 Гц. Измерения проводят в процессе воспроизведения.

Наибольшее распространение получил первый вариант измерения. Он же нормирован стандартом. Используемые для него измерительные магнитные ленты части D изготавливаются на специальном высокостабильном магнитофоне¹, обеспечивающем колебания скорости ленты, по крайней мере, в 3 раза меньше, чем у обычных студийных магнитофонов.

Второй вариант измерения используется, когда есть основания полагать, что колебания скорости ленты в процессе записи могут существенно отличаться от колебаний в процессе воспроизведения. Это возможно в лентопротяжных механизмах, у которых расстояние между головками записи и воспроизведения велико или вблизи одной из головок находится источник возмущений движения ленты. В студийных магнитофонах современных конструкций подобный вариант встречается редко.

Третий вариант измерения применяется чаще всего тогда, когда нет измерительной магнитной ленты. В этом случае измерительный сигнал подвергается модуляции колебаниями скорости ленты как в процессе записи, так и в процессе воспроизведения. В результате величина суммарных колебаний несколько больше, чем при первом варианте измерения, а определяемые коэффициенты детонации и колебаний скорости, как правило, на 20—30% превосходят коэффициенты, которые находят при помощи измерительных лент. Следует, однако, отметить, что из-за случайного характера суммирование колебаний происходит сложным образом и может приводить как к увеличению, так и к уменьшению результирующей модуляции сигнала. Поэтому при использовании

¹ В настоящее время таким магнитофоном является аппарат М-178, разработанный и выпущенный Всесоюзным научно-исследовательским институтом телевидения и радиовещания (ВНИИТР).

данного варианта измерения повторяют в одинаковых условиях 3—5 раз и определяют среднеарифметическое значение полученных результатов. Вычисленное значение коэффициента детонации или коэффициента колебаний скорости принимают за оценку лентопротяжного механизма, указывая при этом, каким образом она была получена.

Коэффициенты детонации и колебаний скорости измеряются на всех скоростях движения ленты в лентопротяжном механизме и при различных диаметрах рулонов лент на его боковых узлах, в частности, в начале движения полного рулона ленты, в середине и в конце. Так как длина выпускаемой измерительной ленты сравнительно невелика, то для осуществления указанных условий к ней подсоединяют обычную магнитную ленту до получения рулона нужного размера. Коэффициент детонации измеряют при нормальном, повышенном и пониженном напряжении питающей сети.

Результаты измерения обычно оформляют в виде таблицы, аналогичной таблице результатов измерения натяжения. Однако если указывается одно значение коэффициента детонации, то берется наихудший результат измерения. Измерения детонации, как правило, входят в завершающую стадию испытаний лентопротяжного механизма. К этому моменту механизм должен быть отрегулирован, чтобы исключить порчу измерительной ленты; блоки головок и другие детали, соприкасающиеся с лентой, тщательно размагничены, а магнитные головки правильно выставлены во всех трех плоскостях пространства. Последнее требование особенно важно, так как его нарушение приводит к увеличению колебаний ленты или ее скорости вследствие нарушения тракта движения.

Измерение длительности пуска. Длительность пуска лентопротяжного механизма определяется временем, необходимым для установления стационарного режима движения ленты. О достижении этого режима можно судить по разным признакам: по установлению коэффициента детонации, выдерживаемого в стационарном режиме; по установлению заданного коэффициента детонации; по установлению номинальной скорости. Нашим стандартом длительность пуска определяется временем от начала пускового процесса до достижения коэффициента детонации, вдвое превышающего коэффициент детонации стационарного режима, заданного в технической документации.

Для измерения длительности пуска необходимы измерительная лента части Д, детонатор и записывающий осциллограф типа

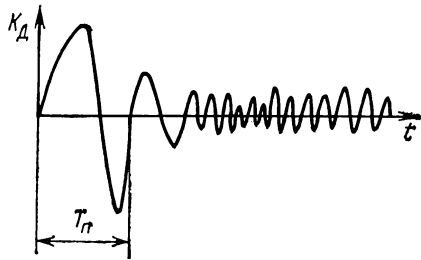


Рис. 50. Осциллограмма пуска лентопротяжного механизма

С8-1. Осциллограф, подсоединенный к выходу детонметра, предварительно градуируют по величине коэффициента детонации. Развертку осциллографа рекомендуется брать равной 250 мс/деление в ждущем режиме с синхронизацией от внешнего сигнала. Включив магнитофон в режим воспроизведения, получают на экране осциллограмму (рис. 50), по которой и определяют длительность пуска $T_{п}$.

13. Испытание усилителя воспроизведения

Общие положения. Подготовка к измерениям. Усилитель воспроизведения подвергают проверке и измерениям обычно после изготовления или ремонта в целях определения его соответствия техническим требованиям. Проверка и измерения включают в себя следующие основные этапы: внешний осмотр конструкции и монтажа; проверку правильности монтажа; проверку режимов работы усилительных элементов (ламп, транзисторов, интегральных блоков); измерение параметров усилителя.

Усилитель испытывают на устойчивость работы и стабильность параметров во времени и в разных климатических условиях. Последние виды испытаний обычно проводят для первых образцов усилителей при лабораторных и типовых испытаниях.

При внешнем осмотре выявляют качество выполнения конструкций монтажа, паек и крепления деталей. Обращают внимание на надежность механических соединений деталей, декоративных и защитных покрытий. Монтаж и установка деталей усилителя контролируются сверкой с его принципиальной и монтажной схемами. Режимы работы усилительных элементов проверяются по величинам постоянного или переменного напряжения, измеряемых авометром или электронным вольтметром в контрольных точках, указываемых на принципиальной схеме. Неполадки и отклонения от нормы устраняются по мере обнаружения, во всяком случае до перехода к следующему этапу проверки.

Дальнейшее испытание усилителя воспроизведения заключается в измерении его характеристик. Наиболее точно и правильно они определяются, когда условия и схема измерений максимально соответствуют реальным условиям работы усилителя. С этой точки зрения испытания следовало бы проводить непосредственно в канале воспроизведения магнитофона, подавая сигнал на вход усилителя с измерительной магнитной ленты и фиксируя искомые показатели приборами, подключенными на выход канала. Такой вид испытаний осуществляется при настройке канала воспроизведения в магнитофоне (см. § 18). Однако на практике в условиях производства или ремонта усилитель удобнее испытывать на столе, нежели в корпусе магнитофона. Кроме того, при этом нет необходимости в многократном проигрывании измерительной магнитной ленты, которое приводит к ее порче.

Для проведения измерений собирают одну из схем, отличающихся между собой способом подачи сигнала на вход усилителя.

Выбор той или иной схемы определяется на практике ее достоинствами и возможностью осуществления. Вместе с тем независимо от варианта схема подачи сигнала всегда должна быть защищена от воздействия внешних магнитных полей. Для этого элементы схемы помещают в пермаллоевый экран, входные и выходные линии схемы выполняют из витых проводов и заключают в экранирующую оплетку. Экраны заземляют.

К выходу усилителя подключают резистор, эквивалентный по сопротивлению номинальной нагрузке, и измерительные приборы: электронный вольтметр типа ВЗ-40, осциллограф типа С1-1, анализатор гармоник типа С4-44.

Схема подачи сигнала на вход усилителя, довольно близко имитирующая реальные условия его работы, показана на рис. 51.

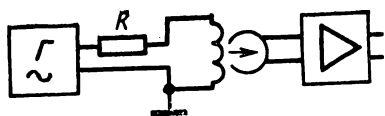


Рис. 51. Схема индукционной подачи сигнала

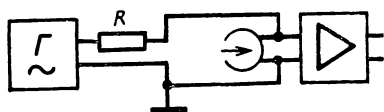


Рис. 52. Схема подачи сигнала постоянной величины тока

Входная цепь усилителя, такая же, как и при работе в магнитофоне, содержит только магнитную головку воспроизведения, в которой ЭДС создается способом наведения. Для этого могут быть использованы: проводниковая петля, магнитная катушка с магнитопроводами, магнитная головка с достаточно сильным полем рассеяния. Во всех вариантах элемент наведения жестко укрепляют относительно головки воспроизведения с тем, чтобы при испытаниях исключить ошибку от возможного изменения величины индуцируемой ЭДС. Данная схема удобна тем, что позволяет измерять усилитель, не производя каких-либо подсоединений к его входным цепям. Достоинством схемы является также учет части потерь, в данном случае частотных, свойственных процессу воспроизведения. Для обеспечения постоянного поля, не зависящего от частоты, измерительный генератор должен питать элемент наведения в режиме генератора тока, т. е. через большое активное сопротивление R , такое, чтобы $R \gg \omega L$ было на всех частотах (ωL — индуктивное сопротивление элемента наведения). В этих условиях ЭДС в головке воспроизведения растет с увеличением частоты с крутизной 6 дБ на октаву, отклоняясь от этого закона только из-за частотных потерь.

Схема, близкая по своему действию к только что рассмотренной, изображена на рис. 52. В ней сигнал подают во входную цепь усилителя непосредственно через большое активное сопротивление R . (На практике его выбирают равным приблизительно одному мегому.) С увеличением частоты напряжение на входе усилителя изменяется вместе с ростом индуктивного сопротивле-

ния магнитной головки и изменением входного сопротивления усилителя. Таким образом, эта схема довольно хорошо имитирует реальные условия работы усилителя. На низких частотах, однако, возможно увеличение ЭДС по сравнению с реальными условиями из-за влияния собственного активного сопротивления обмотки воспроизводящей головки. Величина этого подъема пропорциональна

$$\frac{\sqrt{(\omega L_r)^2 + R_r^2}}{\omega L_r},$$

где L_r — индуктивность головки; R_r — активное сопротивление обмотки.

На практике нередко используют схемы, показанные на рис. 53 и 54. В них напряжение сигнала, вводимого в усилитель, выде-

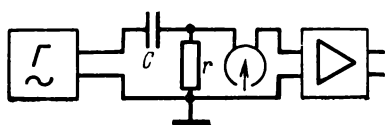


Рис. 53. Схема подачи сигнала с емкостным делителем

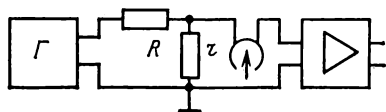


Рис. 54. Схема подачи сигнала с резистивным делителем

ляется на сопротивлении r , образуя делитель с емкостью C или сопротивлением R . Такое построение схемы позволяет уменьшить обычно высокое напряжение измерительного генератора до величины, соответствующей рабочим условиям усилителя. Сопротивление r берут не больше 1—2 Ом, чем обеспечивают неизменность свойств входной цепи усилителя. В схеме рис. 54 емкостное сопротивление конденсатора C с увеличением частоты падает. Поэтому при постоянном выходном напряжении генератора и выполнении условия $\frac{1}{\omega C} > r$ вводимая в схему ЭДС растет с крутизной 6 дБ на октаву. В этом случае для работы нужно выбирать измерительный генератор, который способен обеспечивать необходимое постоянство выходного напряжения в условиях изменяющейся низкоомной нагрузки. Головка воспроизведения в двух последних схемах служит для создания индуктивного и межвиткового емкостного сопротивлений во входной цепи усилителя, имитируя этим реальные условия. Однако часто величина этих сопротивлений столь незначительна по сравнению с собственным входным сопротивлением усилителя, особенно у ламповых схем, что такая имитация не вносит каких-либо изменений в сигнал. Тогда эти схемы используют вообще без головок воспроизведения.

Несмотря на отдельные достоинства, все рассмотренные схемы все же не создают условия, полностью отвечающие реальным. Поэтому, например, при измерении частотной характеристики снимаемая зависимость в большей или меньшей степени отклоняется от той, что получается в канале воспроизведения магнитофона

при использовании измерительной ленты. Для схем рис. 51, 52, 53 ее вид приблизительно соответствует графику рис. 55, при использовании схемы рис. 54 частотная характеристика имеет вид рис. 56. Последняя характеристика наименее удобная, так как ох-



Рис. 55. Вид частотной характеристики при использовании схем подачи сигнала рис. 51, 53, 54

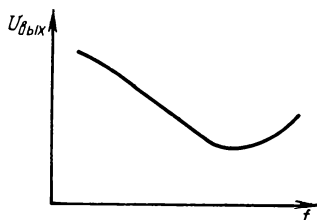


Рис. 56. Вид частотной характеристики при использовании схемы подачи сигнала рис. 55

ватывает широкий диапазон величин, а в процессе ее измерения приходится переключать пределы измерения вольтметра.

Для того чтобы судить о том, насколько частотная характеристика усилителя соответствует требуемой, поступают следующим образом. Сначала измеряют частотную характеристику усилителя воспроизведения, выбранного в качестве эталонного и заведомо настроенного в канале воспроизведения магнитофона. Полученные значения характеристики служат ориентирами правильных показаний для последующих результатов измерений испытываемых усилителей с применением данной схемы подачи сигнала.

Наиболее удобной является все же такая схема подачи сигнала, которая при номинальной частотной коррекции (ее называют также рабочей) обеспечивает постоянное выходное напряжение усилителя при изменении частоты сигнала. В этом случае не нужны какие-либо пересчеты или косвенные суждения о соответствии частотной характеристики требуемой, а результаты измерений получаются наглядными. Основой для создания такой схемы может служить любой из вышеприведенных вариантов с добавлением электрических элементов, подобранных так, чтобы требуемое условие выполнялось.

В производственных условиях схема измерений нередко конструктивно выполняется в виде стенда. В его состав включают также источник питания и коммутационные устройства, позволяющие переводить усилитель в режимы работы, соответствующие различным скоростям ленты в магнитофоне. Характеристики усилителя снимаются для всех таких режимов.

Измерение чувствительности усилителя. Чувствительность усилителя определяется по величине входного напряжения, обеспечивающего в режиме полного усиления выходное напряжение, равное номинальному. Для измерения чувствительности используют схему, показанную на рис. 57. Входная цепь выбирается по одному из вышеописанных вариантов подачи сигнала на вход усилите-

ля. Вольтметр V_1 находится в положении 2. Регулятор уровня усилителя для получения максимального коэффициента передачи поворачивают по часовой стрелке до упора. От измерительного генератора подают сигнал опорной частоты и регулируют его величину так, чтобы на выходе усилителя установилось номинальное на-

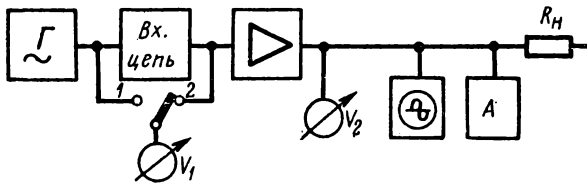


Рис. 57. Схема измерения характеристик усилителя воспроизведения

пряжение. Измеренная таким образом чувствительность усилителя сравнивается с номинальной величиной, которая задается техническими условиями на усилитель или определяется по ЭДС, возникающей в магнитной головке при воспроизведении измерительной ленты части $У$ (см. § 17). Для того чтобы у усилителя был запас по коэффициенту передачи, его чувствительность должна в 1,5—2 раза превышать эту номинальную величину. У современных усилителей воспроизведения чувствительность равна приблизительно одному милливольту.

Измерение частотной характеристики. Для проведения измерений используют прежнюю схему (рис. 57), но вольтметр V_1 находится в положении 1. Поддерживая постоянным величину напряжения измерительного генератора, контролируемого вольтметром V_1 , изменяют частоту подаваемого сигнала и отмечают показания вольтметра V_2 . Величину входного напряжения выбирают такой, чтобы максимальное напряжение на выходе усилителя в режиме полного усиления не превышало номинального значения. Измеряемые значения отсчитывают в децибелах относительно напряжения на опорной частоте, принимаемого за 0 дБ. Частоты, на которых отмечают показания, выбирают соответствующими частотам ряда, записываемого на измерительных лентах. При необходимости число точек измерения, разумеется, может быть увеличено. Частотная характеристика должна быть независима от положения регулятора уровня, в чем следует убедиться, сняв показания в режиме полного усиления и при некотором среднем положении регулятора уровня.

Во время измерений форму сигнала полезно контролировать по осциллографу во избежание измерений искаженного сигнала. При наличии прибора для автоматического снятия частотных характеристик (типа АЧХ) форму частотной характеристики можно наблюдать визуально на экране электроннолучевой трубки с длительным послесвечением. Однако использование приборов такого типа удобно лишь в условиях массового производства — в подав-

ляющем числе случаев практики необходимы численные значения измеряемой величины, которые точнее определять по шкале вольтметра.

Частотные характеристики усилителя воспроизведения снимают для трех положений регуляторов коррекции: рабочего, максимального и минимального. Максимальный размах коррекции на высшей частоте диапазона должен быть не менее 10 дБ, а запас коррекции в сторону подъема характеристики от номинального значения — не менее 5 дБ.

За пределами рабочего диапазона частотные характеристики усилителей магнитофона обычно резко спадают, исключая возможность самовозбуждения на частотах, не входящих в рабочую полосу, и влияние на работу усилителя высокочастотных посторонних источников. В связи с этим частотные характеристики измеряются в более широком диапазоне частот, чем рабочий, и убеждаются, что за его пределами передача сигналов отсутствует. Особо проверяется отсутствие передачи на частотах стирания и подмагничивания, колебания которых проникают в усилитель при работе магнитофона в режиме записи. В общем случае эти колебания не оказывают влияния на работу усилителя, но, попадая на его выход, могут явиться причиной ошибочных показаний индикатора уровня или других приборов. Поэтому в схемах усилителей иногда предусматриваются специальные фильтры для подавления этих колебаний до величины, лежащей ниже уровня шума усилителя.

Измерение нелинейных искажений. Неодинаковая по частотному диапазону ЭДС воспроизводящей головки и неравномерная, в связи с этим, частотная характеристика усилителя (рис. 34б, в) определяют специфические условия образования и передачи нелинейных искажений. На низких и средних частотах, где ЭДС головки значительно меньше, чем на высоких, нелинейные искажения сигнала в первых каскадах, как правило, не возникают. Их появление можно ожидать в конечных каскадах, в которых сигнал в результате усиления становится достаточно большим. На высоких частотах нелинейные искажения могут возникнуть как в первых, так и в последующих каскадах.

Традиционно нелинейность усилителей оценивают методом гармоник на опорной частоте сигнала. В рассматриваемых условиях такие измерения оценивают нелинейность конечных каскадов усилителя. Если даже искажения возникают в первых каскадах, то в измерениях они преуменьшаются из-за ослабления гармоник специфической частотной характеристикой усилителя. Поэтому более показательной оценкой нелинейности усилителя воспроизведения является оценка методом разностного тона.

Для измерений нелинейных искажений можно использовать любые из приведенных выше схем подачи сигнала на вход усилителя. Следует только учитывать, что в схемах рис. 51 и 52 существует опасность возникновения дополнительных искажений в вос-

производящих головках. Происходит это в том случае, когда при имитации увеличения входного напряжения с ростом частоты ток, протекающий во входной цепи, существенно увеличивается по сравнению с реальными условиями работы усилителя. Это приводит к частичному насыщению высокопроницаемого материала сердечника головки и к появлению нелинейных искажений измерительного сигнала. Поэтому при измерении нелинейных искажений воспроизводящие головки лучше исключать.

Перед измерениями нелинейных искажений регуляторы уровня и коррекций усилителя устанавливаются в рабочие положения, при которых обеспечиваются номинальная чувствительность усилителя и частотная характеристика, соответствующая линейной частотной характеристике канала воспроизведения по измерительной ленте. В условиях производства такое положение регуляторов устанавливается по определенным величинам входных напряжений, известным из предварительных испытаний. Если же эти величины неизвестны, то регуляторы усилителя устанавливаются в канале воспроизведения магнитофона при проигрывании измерительных лент (см. § 18).

Для оценки нелинейности усилителей методом разностного тона собирают схему, показанную на рис. 58. Измерительный сигнал формируется следующим образом. От одного из генераторов

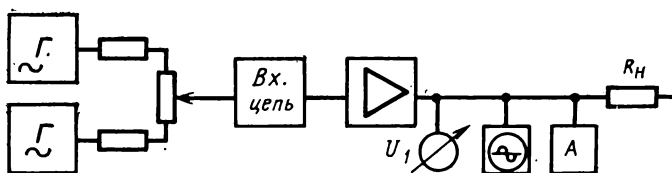


Рис. 58. Схема для оценки нелинейности усилителя методом разностного тона

подают гармонический сигнал частотой f_1 такой величины, чтобы на выходе усилителя напряжение стало равным половине номинального. Затем от второго генератора подают гармонический сигнал частотой f_2 так, чтобы вольтметр эффективных значений показал суммарную величину этих гармонических сигналов на уровне — 3 дБ от номинального уровня. Пиковое значение измерительного сигнала при этом равно номинальному значению, а эффективная величина гармонического сигнала частоты f_2 также равна половине номинального (в чем можно убедиться, если уменьшить сигнал частотой f_1 до нуля). Рекомендуемая для оценки нелинейности усилителей частота разностного комбинационного продукта второго порядка равна 250 Гц. В соответствии с этим для измерений искажений в области средних частот звукового диапазона частоты измерительного сигнала выбирают равными 1000 и 1250 Гц, на высоких частотах — 8000 и 8250 Гц. При раз-

работке усилителя рекомендуется провести проверку искажений и на других частотах, руководствуясь соотношением $f_p = |f_1 - f_2|$.

Величину разностного комбинационного тона $U_{f_1-f_2}$ измеряют на выходе усилителя анализатором гармоник, а коэффициент разностного тока находят в процентах по формуле

$$K_p = \frac{U_{f_1-f_2}}{U_f} \cdot 100,$$

где U_f — выходное напряжение сигнала от одного из измерительных генераторов, равное половине номинального. Коэффициент разностного тока усилителей воспроизведения современных магнитофонов не должен превышать 0,5%.

Рассмотренная оценка нелинейности усилителя основана на предположении его квадратичной нелинейности, как и бывает в подавляющем числе случаев. Но, в принципе, возможна и кубическая нелинейность. Для ее оценки используется разностный комбинационный тон $2f_1 - f_2$. Метод его измерения совпадает с оценкой нелинейности канала записи магнитофона и будет рассмотрен ниже. Необходимость такой оценки определяется исходя из принципиальной схемы усилителя в период его разработки. Что касается оценки нелинейности методом гармоник, он будет рассмотрен в разделе, посвященном усилителю записи. Здесь же укажем, что коэффициент гармоник усилителей воспроизведения современных магнитофонов не должен превышать 0,3%.

Оценка нелинейности усилителя производится не только при номинальном уровне измерительного сигнала, но и для перегрузочных режимов работы усилителя, соответствующих увеличению сигнала на 3 и 6 дБ выше номинального. Возрастание нелинейных искажений при перегрузках по сравнению с номинальным режимом оговаривается в технических условиях на магнитофон и обычно не превышает 1,5—2 раза. Отдельным измерением определяется место возникновения основных искажений при перегрузках. Для этого осуществляют следующие условия: а) на вход усилителя подают номинальную величину сигнала, а на выходе регулятором уровня устанавливают перегрузочное напряжение; б) на вход усилителя подают перегрузочную величину сигнала, а на выходе регулятором уровня устанавливают номинальное значение. Если большее возрастание искажений происходит при первом условии, то основные искажения возникают в оконечных каскадах, если при втором условии, то — в первых каскадах усилителя. Измерение искажений иногда проводят для значений сигналов, составляющих 50 и 25% от номинальной величины. При этом должно происходить соответствующее равномерное уменьшение величины искажений. Нарушение подобной закономерности указывает на компенсационные эффекты, вызываемые противоположным видом нелинейности характеристик передач отдельных каскадов усилителя. Если в этом случае величина нелинейных искажений превышает допустимую, то находят и устраняют причину,

которая чаще всего заключается в неправильных режимах работы усилительных элементов.

Измерение шума. Для измерения шума подходит любая из приведенных схем подачи сигнала — важно лишь то, что во время измерений вход усилителя замкнут на головку воспроизведения, генератор и провода, идущие от него, отключены, а сама схема тщательно экранирована. Регуляторы усилителя находятся в рабочих положениях. Увеличив чувствительность вольтметра, измеряют напряжение шума на выходе работающего усилителя. Отсчет ведут по отношению к уровню номинального напряжения и выражают в децибелах. Отношение сигнал/шум усилителей современных магнитофонов достигает уровня 70 дБ и выше.

В процессе измерений необходимо убедиться, что измеряемый шум не является результатом наводок от посторонних источников. Для этого положение схемы измерения и усилителя изменяют в пространстве. Если при этом измеряемое напряжение не изменяется, то можно считать, что наводки на схему и усилитель отсутствуют.

В случае большого шума находят причину. Повышенный уровень наводок устраняют более тщательным экранированием и хорошим заземлением экрана. Об уровне фона питающего напряжения судят по отдельному измерению с применением фильтра нижних частот, частота среза которого равна 200 Гц. В современных транзисторных усилителях уровень фона обычно ниже 72—74 дБ. Увеличенный фон, как правило, обусловлен недостаточной фильтрацией питающего напряжения.

Основной составляющей шума усилителя воспроизведения в общем случае является шум первого усилительного элемента (лампы или транзистора). Режим его работы должен обеспечить

минимальный уровень шума, но если при этом требуемое значение не достигается, то уменьшения шума добиваются заменой усилительного элемента на менее «шумящий».

Для правильной оценки эффективного напряжения шума следует применять вольтметры типа ВЗ-40 с квадратичной характеристикой выпрямления. Вольтметры такого же типа используются в анализаторах гармоник и измерителях не-

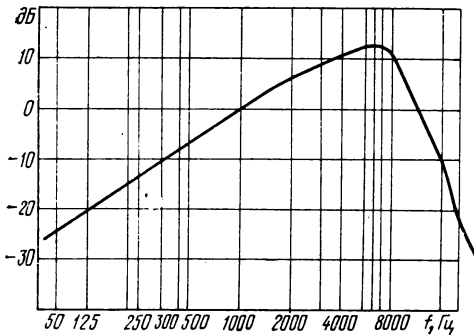


Рис. 59. Частотная характеристика псофометрического фильтра

линейных искажений. При применении вольтметров типа ВЗ-38 (ВЗ-2А) с линейной характеристикой выпрямления ошибка в определении эффективного уровня шума невелика (1—1,5 дБ), если

шум не содержит больших пикообразных составляющих, а энергия шума относительно равномерно распределена по частотному диапазону. На слух подобные шумы создают спокойное, равномерное шипение.

Объективная оценка шума в соответствии со слуховым восприятием осуществляется псофометром. В состав последнего входит фильтр, частотная характеристика которого соответствует различной чувствительности слуха к спектральным составляющим шума. Частотная характеристика псофометрического фильтра приведена на рис. 59, а ее значения сведены в табл. 6.

Таблица 6

Частота, Гц	Относительный коэффициент передачи, дБ		Частота, Гц	Относительный коэффициент передачи, дБ	
	номинал	допустимые отклонения		номинал	допустимые отклонения
31,5	-30,2	±2,0	6300	+12,3	—
63	-24,0	±1,5	7100	+12,0	0
100	-20,0	—	8000	+11,2	±0,5
200	-13,9	±1,5	9000	+10,0	—
400	-7,9	—	10000	+8,1	—
800	-1,9	—	12000	+2,2	±1,0
1000	0	±1,0	14000	-5,5	±2,0
2000	+5,8	±1,0	16000	-12,5	—
3150	+8,8	±0,5	20000	-22,2	—
4000	+10,7	—	31500	-35,7	±3,0
5000	+11,8	—			

Временные характеристики квазиликового прибора псофометра достаточно сложны. Они проверяются посредством прямоугольных импульсов, образуемых из сигнала частотой 5000 Гц. При частоте повторения импульсов 10 Гц и длительности каждого импульса 5 мс показания прибора должны составлять от 70 до 90% показаний, соответствующих длительному приложению сигнала 5000 Гц той же амплитуды. При подаче на вход прибора одиночных импульсов показания прибора, выраженные в процентах по отношению к показанию на длительном сигнале, в зависимости от продолжительности импульса должны соответствовать табл. 7.

Таблица 7

Длительность импульса, мс	10	20	50	100	200
Показания, %, относительно $\tau \rightarrow \infty$	48	52	59	68	80
Допустимые отклонения, %:					
нижний предел	41	44	50	58	68
верхний предел	55	60	68	78	92

Величину сигнала рекомендуется выбирать равной $2/3$ полной шкалы прибора для данного предела измерений.

Ранее описанная измерительная установка ИПЗТ включает в свой состав такой псофометр. В настоящее время, однако, не существует общепринятых норм по псофометрической оценке шума усилителей воспроизведения из-за отсутствия необходимых статистических данных.

Измерение выходного сопротивления. Усилители воспроизведения студийных магнитофонов работают на нагрузку в режиме так называемого согласования по напряжению, при котором выходное напряжение усилителя близко к напряжению холостого хода, а выходное сопротивление намного меньше сопротивления нагрузки $R_{\text{вых}} \ll R_n$. Такие условия позволяют подключать к выходу магнитофона несколько потребителей без опасности существенного уменьшения величины выходного сигнала. Обычно для ламповых усилителей $R_{\text{вых}} \leq 50$ Ом, для транзисторных $R_{\text{вых}} \leq 20$ Ом, а номинальные сопротивления нагрузки равны соответственно 600 и 200 Ом.

Для измерения выходного сопротивления усилителя на его вход подают сигнал от измерительного генератора уровнем, близким к номинальному, и измеряют выходное напряжение усилителя при отключенной нагрузке, т. е. $U_{x.x}$. Затем подсоединяют нагрузочный резистор R_n и определяют вновь установившееся напряжение U_n . Выходное сопротивление рассчитывается по формуле

$$R_{\text{вых}} = R_n \left(\frac{U_{x.x}}{U_n} - 1 \right).$$

Если при подключении номинального сопротивления нагрузки разница между $U_{x.x}$ и U_n незаметна и не позволяет произвести вычисления, то величину нагрузочного сопротивления уменьшают до получения разницы между указанными напряжениями порядка 10%. Величину нагрузочного сопротивления в этом случае определяют отдельным измерением.

В зависимости от схемы выходное сопротивление усилителя обладает большим или меньшим непостоянством по частотному диапазону. Поэтому для полной характеристики выходного сопротивления измерения проводят на опорной частоте и крайних частотах рабочего диапазона.

Проверка устойчивости работы усилителя и стабильности его параметров. Неустойчивая работа усилителя, как правило, выясняется в ходе проведения описанных выше испытаний по увеличенным искажениям измерительного сигнала или повышенному уровню шума. Однако для полной уверенности в отсутствии самовозбуждения усилителя испытания на устойчивость иногда проводят отдельно. В качестве индикатора самовозбуждения используют электронный осциллограф, подключенный к выходу усилителя. Регуляторы уровня и коррекции устанавливаются в положения, обеспечивающие максимальные коэффициенты передачи на всех частотах.

Проверка заключается в наблюдении сигналов самовозбуждения на экране осциллографа при неоднократном подключении

питания усилителя, подаче на вход усилителя импульсных звуковых сигналов, подключении и отключении резистора нагрузки. Во время испытаний развертку осциллографа переключают на различные диапазоны, так как возбуждение, в принципе, возможно на любой частоте. Устойчивость усилителя следует проверять при повышенном напряжении электропитания, если подобное возможно в данном типе магнитофона.

Стабильность параметров усилителя во времени в разных климатических условиях, как правило, проверяют только в период его разработки. Эти испытания регламентируются техническим заданием на конкретный тип магнитофона и заключаются в проведении всех вышеописанных испытаний в разных условиях.

14. Испытание усилителя записи

Общие положения. Подготовка к измерениям. Усилитель записи подвергается проверке и измерениям обычно после изготовления или ремонта в целях определения его соответствия техническим требованиям. Большая часть операций по испытанию усилителя записи аналогична операциям, применяемым к усилителю воспроизведения. Они также делятся на следующие этапы: внешний осмотр конструкции и монтажа; проверку правильности монтажа; проверку режимов работы усилительных элементов; измерение параметров усилителя.

Методы проведения операций в основном совпадают для обоих видов усилителей. Есть, однако, специфические отличия, на которые ниже будет обращено главное внимание.

Нагрузкой усилителя записи является магнитная записывающая головка. Магнитное поле, создаваемое ей для воздействия на магнитную ленту, пропорционально току записи. В связи с этим основные характеристики усилителя определяются по току записи. Для этого последовательно с нагрузкой усилителя—магнитной головкой—в ее заземляющий провод включают измерительный резистор r (рис. 60), к которому подключают измерительные приборы. Сопротивление измерительного резистора выбирают мно-

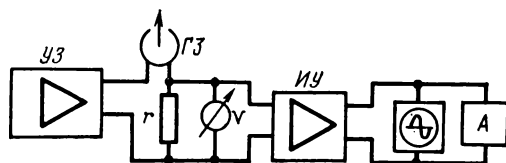


Рис. 60. Схема подключения измерительных приборов на выход усилителя записи

го меньше общего сопротивления выходной цепи усилителя так, чтобы оно не влияло на величину тока записи—чаще всего это сопротивление равно 10 Ом. При измерении нелинейных искаже-

ний и шумов напряжение, выделяемое на измерительном резисторе, слишком мало для большинства приборов. В этом случае указанное напряжение увеличивают с помощью специального измерительного усилителя *ИУ*, который, естественно, не должен вносить никаких дополнительных искажений или шумов. Если измерительного усилителя нет, нелинейные искажения и шумы измеряют непосредственно на выходе оконечного усилительного элемента, где выходное напряжение достаточно велико. Однако в этом случае следует убедиться, что формы тока и напряжения на нагрузке при максимальных сигналах одинаковы.

В блоках записи, в которых усилитель записи и генератор высокой частоты конструктивно объединены, последний отключают снятием питающего напряжения (анодного или коллекторного). Кроме того, если питание производится от общего выпрямителя, то для сохранения режима питания вместо генератора включают эквивалентную нагрузку в виде резистора с соответствующим сопротивлением и мощностью рассеяния.

Измерение чувствительности усилителя. Чувствительность усилителя записи определяется по минимальному входному напряжению, при котором ток записи достаточен для намагничивания магнитной ленты до стандартной величины. Значение этого тока, называемого номинальным, известно из паспортных данных на записывающую головку или определяется при настройке канала записи (см. § 19). Чувствительность определяют на опорной частоте.

Регулятор уровня устанавливают в положение, соответствующее максимальному усилению. Электронным вольтметром определяют напряжение на измерительном резисторе. Значение тока находят делением измеренного напряжения на величину сопротивления резистора. Во время измерений форму сигнала контролируют по осциллографу.

В студийных магнитофонах номинальная чувствительность усилителя записи обычно составляет 0,775 В (0 дБм), но при разработке предусматривается запас по чувствительности до 0,387 В (—6 дБм).

Измерение частотной характеристики. Схема измерений остается такой же, как и при определении чувствительности. От измерительного генератора подается сигнал, уровень которого на опорной частоте обеспечивает ток записи на 20 дБ ниже номинального. Поддерживая неизменным напряжение измерительного генератора и изменяя частоту его колебаний, снимают частотную характеристику усилителя записи как зависимость тока записи от частоты.

Частотная характеристика усилителя записи при положении регуляторов предискажений, повернутых против часовой стрелки до упора, должна быть близка к горизонтальной линии; в других положениях регуляторов характеристика плавно подымается по мере увеличения частоты. В последних моделях студийных магнитофонов в усилители записи вводится двойная частотная коррек-

ция. Одна коррекция позволяет осуществлять подъем уровня сигналов в области частот от 3—4 кГц до самых высших частот. Пределы регулировки на самых крайних частотах составляют 6—8 дБ. Другая коррекция действует только на самых высоких частотах диапазона 10—16 кГц, а пределы ее регулировки должны иметь порядок 10—12 дБ. Подобное построение частотной коррекции дает возможность получать равномерную частотную характеристику канала записи магнитофона при использовании магнитных лент, довольно сильно различающихся по своим свойствам.

Частотную характеристику определяют для всех крайних положений регуляторов предискажений, т. е. снимаются четыре частотных зависимости. Ход частотных характеристик не должен зависеть от положения регулятора уровня. Для проверки этого уровень сигнала опорной частоты изменяют на 6—8 дБ, а регулятором уровня восстанавливают прежнюю величину тока записи и вновь снимают частотную зависимость.

Измерение нелинейных искажений. Нелинейность усилителя записи оценивают как методом гармоник, так и методом разностного тона. На вход усилителя подают измерительный сигнал уровнем, равным максимальному для данного типа магнитофона, а регулятором уровня восстанавливают номинальное значение тока записи, которое затем выдерживают при измерении нелинейных искажений на любых частотах рабочего диапазона. Методом гармоник нелинейность усилителя может оцениваться от самых низких частот до частоты $0,5f_v$, где f_v — верхняя частота рабочего диапазона. Но чаще всего удовлетворяются определением коэффициента гармоник на одной опорной частоте.

Применяемый для измерений генератор проверяют предварительно на отсутствие собственных искажений. Для этого в условиях, используемых при измерениях, находят его собственный коэффициент гармоник, который должен быть, по крайней мере, в 5—6 раз меньше коэффициента гармоник, ожидаемого при измерении усилителя. Если это условие не выполняется, то следует применить другой измерительный генератор или полосовой фильтр, который подавляет гармоники измерительного сигнала.

Для определения коэффициента гармоник могут использоваться приборы, отличающиеся между собой принципом действия. Наибольшее распространение получили измерители нелинейных искажений типа С6-1, в которых измерение происходит следующим образом. Вначале по измерительному сигналу калибруют чувствительность прибора. Затем режекторный фильтр настраивают на максимальное подавление первой гармоники измерительного сигнала, а остальные гармоники измеряют. Их суммарная величина отсчитывается относительно калибровочного уровня в процентах или децибелах. На точность при таком способе измерения частот влияют посторонние сигналы, в частности шум и фон питающего напряжения, попадающие в полосу пропускания фильтра измерителя нелинейных искажений. Поэтому отдельным измерениям, при

отсутствии измерительного сигнала (но с включенным и не отсоединенным от схемы генератором), следует убедиться, что величина помех, поступающих в прибор, более чем в 3 раза меньше суммарной величины гармоник измеряемого сигнала.

Влияние помех в значительной степени ослаблено в измерителях нелинейных искажений, использующих вместо режекторного фильтр высоких частот. К таким приборам относятся ИНИ-6 и ИПЗТ. В них подавляются помехи, находящиеся в части частотного диапазона ниже второй гармоники измерительного сигнала. При определении коэффициента гармоник с помощью анализатора гармоник, например типа С4-44, влияние посторонних помех практически исключается. Для определения суммарного коэффициента гармоник в этом случае требуется измерить значение каждой из гармоник и по формуле § 7 найти его величину. Коэффициент гармоник усилителей записи современных магнитофонов не должен превышать величины 0,5%.

Оценка нелинейности усилителя записи методом разностного тона проводится аналогично тому, как это осуществляется в усилителе воспроизведения.

Помимо измерения нелинейных искажений, на номинальном уровне тока записи их проверяют при перегрузках, при которых уровень тока записи на 3 и 6 дБ выше номинального. Метод проверки аналогичен тому, как это делается у усилителя воспроизведения. Подобным же образом полезно убедиться в отсутствии компенсационных эффектов в усилителе.

Специфическое испытание усилителя записи заключается в определении воздействия на него высокочастотных колебаний подмагничивания, которые проникают в оконечные каскады усилителя из общей нагрузочной цепи записывающей головки. Включив в работу генератор подмагничивания и установив величину тока подмагничивания, близкой к номинальной, определяют на выходе оконечного каскада нелинейные искажения измерительного сигнала на опорной частоте. Для этого необходимо использовать селективный вольтметр или анализатор гармоник, чтобы отделить измеряемые продукты нелинейности от колебаний подмагничивания. Нелинейные искажения не должны возрастать по сравнению с режимом, в котором отсутствуют высокочастотные колебания.

Настройка заграждающего фильтра. Одной из возможных причин повышенных нелинейных искажений, как отмечено выше, является проникание колебаний подмагничивания в каскады усилителя записи. Поэтому фильтр, подавляющий такие колебания, необходимо точно настроить на частоту подмагничивания. Селективный вольтметр подключают к фильтру со стороны усилителя записи. Регулируют настроечные элементы фильтра, добиваются минимума напряжений колебаний подмагничивания. Величина подавления колебаний подмагничивания, необходимая для нормальной работы усилителя, определяется его схемой. Обычно подавление составляет 40÷60 дБ по отношению к колебаниям до фильтра (в цепи головки записи).

Измерение шума. При измерении шума вход усилителя записи замыкают на резистор сопротивлением, равным номинальному сопротивлению источника сигналов магнитофона, обычно 200 или 600 Ом; регулятор уровня устанавливают в положение максимального коэффициента передачи, а регуляторы предискажений — в положение минимального подъема частотной характеристики. Уровень шума отсчитывают относительно номинального уровня тока записи или, при измерении шума на выходе оконечного каскада, относительно выходного напряжения, соответствующего номинальному току записи. Уровень шума современных усилителей записи находится ниже $-72 \div -74$ дБ.

Измерение входного сопротивления.

Схема измерений показана на рис. 61. От измерительного генератора подают сигнал уровнем, равным приблизительно номинальному. Изменяя сопротивление переменного резистора, добиваются того, чтобы напряжение на входе магнитофона было в 2 раза меньше номинального. Получаемое сопротивление резистора равно сопротивлению входа усилителя. Измерение следует проводить на опорной частоте и крайних частотах рабочего диапазона. Входное сопротивление усилителя записи должно быть не меньше 5 кОм.

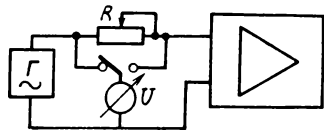


Рис. 61. Схема измерений входного сопротивления усилителя записи

15. Испытание генераторов стирания и подмагничивания

Цель испытаний заключается в проверке величины и стабильности колебаний генераторов как по амплитуде, так и по частоте, в настройке, при необходимости, резонансных контуров; в проверке пределов регулировки тока подмагничивания. Измерению также подлежат асимметрия токов стирания и подмагничивания, возможная паразитная амплитудная модуляция высокочастотных колебаний фоном питающего напряжения.

В зависимости от возможностей, предоставляемых конкретной конструкцией, напряжения колебаний измеряют или на обмотках магнитных головок, нагружающих генераторы, или, что более правильно, на измерительных резисторах, специально включаемых последовательно с обмотками головок в заземляющий провод. В последнем случае значения токов стирания и подмагничивания легко вычислить делением измеренного напряжения на величину сопротивления измерительного резистора. Сопротивление измерительных резисторов выбирают таким, чтобы оно не влияло на значения токов в магнитных головках, чаще всего его берут равным 10 Ом.

Для измерения высокочастотных колебаний используются приборы, приспособленные для измерения в этой области частот. Подключение приборов осуществляют специальными высокочастотными кабелями или при использовании обычных проводов их

не свивают между собой, а, напротив, разносят дальше друг от друга.

Устойчивое возникновение колебаний проверяется неоднократным включением генераторов. По осциллограмме на экране осциллографа контролируют стабильность, их появление, неискаженность формы, которая должна быть синусоидальной, одинаковый размер амплитуд. Особо обращают внимание на то, чтобы амплитуда колебаний в моменты включения устанавливалась быстро, без выбросов или переходных колебаний. Частоту колебаний измеряют непосредственно частотомером. При отсутствии частотомера частоту колебаний определяют способом фигур Лиссажу.

Необходимые значения токов стирания и подмагничивания обычно известны из паспортных данных магнитных головок или определяются при настройке канала записи магнитофона. При испытании генераторов проверяют соответствие их токов необходимым значениям. Одновременно, как правило, осуществляется подстройка резонансных контуров по максимуму вырабатываемых колебаний. В генераторе подмагничивания определяются пределы регулировки тока подмагничивания, которые должны занимать диапазон от нуля до величины, в 1,5—2 раза превышающей номинальное значение.

Для определения асимметрии колебаний применяется следующий способ. На осциллограф подают высокочастотные колебания, предварительно пропустив их через двухполупериодный выпрямительный мост. Положительные и отрицательные полупериоды колебаний при помощи развертки совмещают на экране осциллографа и отмечают различие между ними. Если колебания симметричны, то указанные полупериоды должны полностью совпасть. Другой способ оценки асимметрии заключается в измерении четных гармоник колебаний — второй, четвертой. Для этих измерений необходим селективный вольтметр. Величина асимметрии оценивается отношением амплитуды второй гармоники (обычно определяющей асимметрию) к амплитуде первой.

Паразитную амплитудную модуляцию высокочастотных колебаний проверяют при помощи осциллограмм. Для этого на его экран увеличивают изображение осциллограммы и сдвигают ее вниз так, чтобы хорошо просматривался ее край. Паразитная амплитудная модуляция видна по волнистости края осциллограммы, и, напротив, в отсутствие модуляции этот край абсолютно ровен.

Глава IV

Общие испытания магнитофона

16. Порядок измерения и настройки

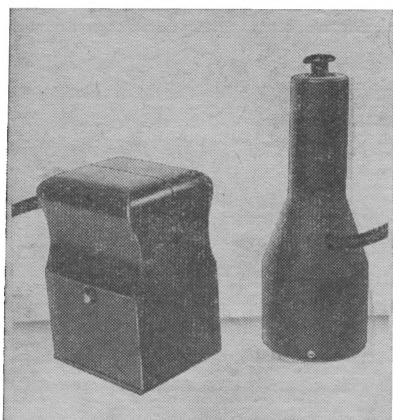
Общие испытания магнитофона главным образом связаны с измерением основных показателей и настройкой, при которой его электроакустические характеристики приводят в соответствие с требованиями стандарта и оптимизируют, учитывая качества магнитной ленты. Такие испытания выполняют на заводе после полной сборки магнитофона, а в эксплуатации — после ремонта, при смене типа используемой магнитной ленты, при смене магнитных головок в случае их износа. Измерение основных показателей магнитофона проводят каждый раз при профилактической его проверке. Таким образом, этот вид испытаний является наиболее частым и необходимым в работе с магнитофонами.

Настройку и измерения целесообразно осуществлять в определенной последовательности, позволяющей рационально распределить время. Такая последовательность приблизительно отражена в порядке дальнейшего изложения методов испытаний. Сначала настраивается канал воспроизведения магнитофона, затем — канал записи. Перед общей настройкой магнитофона предполагается, что лентопротяжный механизм отлажен, тракт движения ленты выставлен, характеристики механизма измерены и соответствуют требуемым. Любые неисправности, обнаруживаемые в ходе настройки, следует устранять по мере их выявления и, разумеется, до проведения дальнейших измерений.

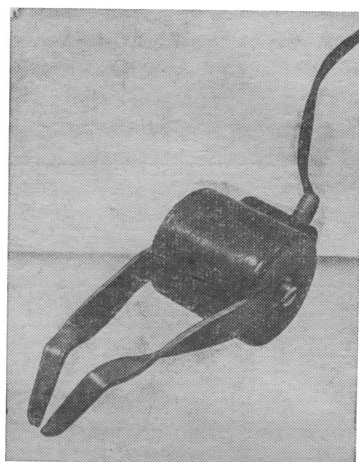
Канал воспроизведения магнитофона настраивают при помощи измерительных лент, описание которых приводится в следующем параграфе.

Перед установкой измерительных лент на магнитофон детали, с которыми соприкасается лента при движении по тракту лентопротяжного механизма, тщательно размагничивают. Для этого используются устройства, представляющие собой электромагниты, питаемые от сети переменного тока. На рис. 62 показан общий вид таких устройств. Размагничивание происходит следующим образом. Электромагнит включают и плавно подносят к размагничиваемой детали, затем медленно удаляют от нее и выключают на расстоянии, не меньшем, чем 0,5 м. Магнитные головки, хорошо защищенные экранами, иногда не легко размагнитить таким образом. В этом случае процесс размагничивания повторяют несколько раз. Целесообразно использовать также размагничивающие

устройства с магнитпроводами, позволяющими поднести их ближе к сердечникам головок (рис. 62б). Легкосъемные магнитные головки или их блоки лучше размагничивать на стационарных устройствах.



а)



б)

Рис. 62. Размагничивающие устройства

Многоскоростные магнитофоны испытываются на каждой скорости, начиная с высокой и переходя последовательно на более низкие. Этим обеспечивается, как будет показано ниже, точная установка положений рабочих зазоров магнитных головок.

Для двухдорожечных стереофонических и многоканальных магнитофонов число операций по настройке увеличивается соответственно числу каналов. Кроме того, для них проводятся специфические измерения, которые описаны в § 22.

Испытания магнитофонов проводят при температуре окружающего воздуха $25 \pm 10^\circ\text{C}$, относительной влажности $65 \pm 15\%$ и атмосферном давлении $8,6 \cdot 10^4$ — $10,6 \cdot 10^4$ Па. Перед испытаниями магнитофоны выдерживают в этих климатических условиях не менее 12 ч.

17. Измерительные ленты

Измерительные ленты — это рабочие эталоны намагниченности, предназначены для настройки и измерения каналов воспроизведения магнитофонов. При помощи измерительных лент характеристики магнитофона приводятся в соответствие со стандартом и контролируются в период эксплуатации.

Параметры измерительных лент в нашей стране определяются ГОСТ 8304—77¹ «Ленты магнитные измерительные для студийных

¹ До 1978 г. выпускались измерительные ленты типа ЛИР по ГОСТ 8304—69, которые имели несколько отличающиеся параметры.

и репортерских магнитофонов», а также техническими условиями предприятия, производящего эти ленты.

Государственным стандартом предусматривается выпуск измерительных лент следующих типов:

ЛИМ.У — лента измерительная магнитная для установки и проверки *уровня* воспроизведения магнитофона;

ЛИМ.Ч — лента измерительная магнитная для установки и проверки *амплитудно-частотной* характеристики канала воспроизведения магнитофона;

ЛИМ.Н — лента измерительная магнитная для установки и проверки *угла наклона* рабочих зазоров магнитных головок *монофонических* магнитофонов;

ЛИМ.В — лента измерительная магнитная для установки и проверки *высоты* магнитных головок *стереофонических* магнитофонов;

ЛИМ.Д — лента измерительная магнитная для измерения коэффициентов *детонации* и колебания скорости ленты.

Измерительные ленты для настройки и измерения монофонических одноканальных магнитофонов содержат, кроме того, в обозначении цифру 1, а измерительные ленты для стереофонических двухканальных магнитофонов — цифру 2. Исключение составляет измерительная лента типа ЛИМ.Д, у которой отсутствие цифры означает, что она применима для обоих видов магнитофонов. В зависимости от скорости, на которой должны использоваться измерительные ленты в магнитофоне, их делят на группы — 38,19,9. Таким образом, полное обозначение измерительной ленты выглядит, например, так: ЛИМ.1.У.38 — лента измерительная магнитная для установки и проверки уровня воспроизведения монофонического магнитофона при скорости ленты 38,1 см/с. Обозначение измерительных лент наносится на коробку, в которую упаковывается лента, и на начальный ракорд. Кроме того, название измерительной ленты содержится в пояснительном тексте, записанном на ленте.

Ширина дорожек записи и их расположение в зависимости от типа измерительной ленты показаны на рис. 63. Параметры измерительных лент для установки и проверки уровня воспроизведения магнитофонов приведены в табл. 8.

На измерительных лентах типа ЛИМ.2.У сначала производится запись дорожки № 1 с объявлением «левый канал», затем дорожки № 2 с объявлением «правый канал», далее обеих дорожек одновременно. Длительность записи отдельных дорожек 10 с, обеих дорожек — не менее 60 с.

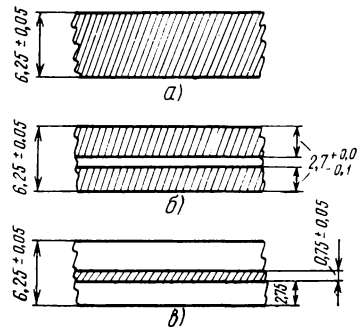


Рис. 63. Дорожки записи измерительных лент:
а) ЛИМ.1.У, ЛИМ.1.Ч, ЛИМ.Д;
б) ЛИМ.1.Н, ЛИМ.2.У,
ЛИМ.2.Ч; в) ЛИМ.2.В

Наименование параметров	Нормы по группам		
	38	19	9
1. Частота записи, Гц	1000	1000	315
Допустимое отклонение, %	± 3	± 3	± 3
2. Эффективное значение номинального удельного магнитного потока короткого замыкания, нВб/м, уровень записи которого принимается за 0 дБ:			
для ЛИМ.1.У	320	320	250
для ЛИМ.2.У	510	510	510
Допустимое отклонение, дБ	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$
3. Рассогласование уровней сигналов дорожек лент ЛИМ.2.У, дБ, не более	0,4	0,4	0,4
4. Угол между магнитным штрихом и направлением движения ленты, град	90	90	90
Допустимое отклонение, мин	± 2	± 2	± 2
5. Коэффициент гармоник, %, не более	3	3	3
6. Длительность записи, мин, не менее	1	1	1

Параметры измерительных лент типа ЛИМ.Ч приведены в табл. 9, а на рис. 64 в качестве примера представлен состав из-

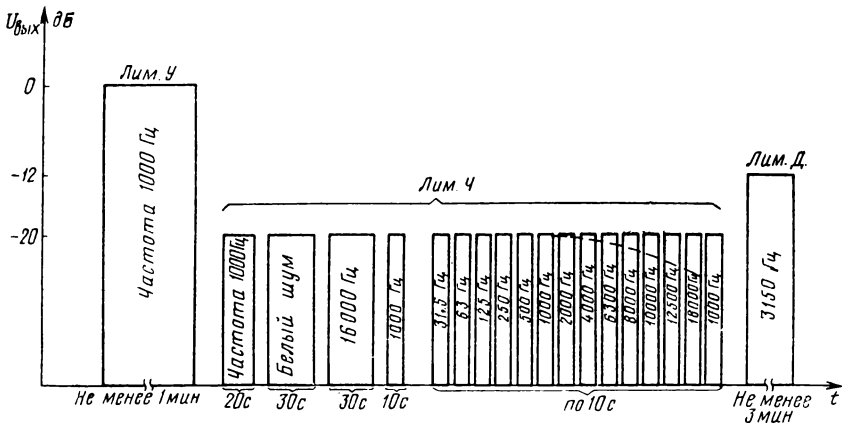


Рис. 64. Содержание измерительных лент группы 38

мерительной ленты ЛИМ.1.Ч.38. В начале ленты записывается сигнал опорной частоты, по которому определяется уровень воспроизведения магнитофона, затем следует запись, по которой устанавливается положение рабочего зазора магнитной головки. Далее записаны частоты, ряд которых зависит от скорости. Значения частот определяются предпочтительным рядом частот, принятым в акустике по ГОСТ 12090—66.

Таблица 9

Наименование параметров	Нормы по группам		
	38	19	9
1. Частоты записи, Гц	1000 Б.Ш ^{1,2} 16000 1000 31,5 63 125 250 500 1000 2000 4000 6300 8000 10000 12500 16000 18000 1000 — — — —	1000 Б.Ш ^{1,2} 16000 ² 14000 ³ 1000 31,5 40 ³ 63 80 125 250 125 250 500 1000 2000 4000 6300 8000 10000 12500 8000 10000 12500 14000 ³ 16000 18000 1000	315 Б.Ш ^{1,2} 12500 315 40 63 ³ 80 125 250 500 1000 2000 4000 6300 8000 10000 12500 14000 315 — — — — ±1
Допустимое отклонение, %	±1	±1	±1
2. Удельный магнитный поток короткого замыкания, нВб/м, при уровне записи —20 дБ относительно номинального на опорной частоте, Гц:	1000 для ЛИМ.1 для ЛИМ.2	1000 32 51	315 25 51
Допустимое отклонение, дБ		±1	
3. Амплитудно-частотная характеристика магнитного потока короткого замыкания, дБ			табл. 10
Допустимое отклонение, дБ			табл. 11
4. Угол между магнитным штрихом и направлением движения ленты, град			90
Допустимое отклонение, мин			±1,5
5. Длительность записи, с: первой частоты			20
белого шума			30
второй частоты			30
остальных частот			10
6. Рассогласование между амплитудно-частотными характеристиками потоков короткого замыкания дорожек для лент ЛИМ.2.Ч, дБ, не более			0,5

¹ Б. Ш — белый шум, ограничен полосой 1000—16 000 Гц.² Записывается только на лентах типа ЛИМ.2.Ч.³ Записывается только на лентах типа ЛИМ.1.Ч.

Таблица 10

Группа	τ, мкс	Значение характеристики, дБ, на частотах, Гц									
		31,5	40	63	80	125	250	315	500	1000	2000
38	35	0,2	—	0,2	—	0,2	0,2	—	0,2	0	-0,6
19	70	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	—	0,6	0	-1,7
9	90+3180	—	4,1	2,1	1,5	0,7	0,1	0	-0,3	-1,2	-3,5

Окончание табл. 10

Группа	τ, мкс	Значение характеристики, дБ, на частотах, Гц							
		4000	5300	8000	10 000	12 500	14 000	16 000	18 000
38	35	-2,3	-4,4	-5,9	-7,4	-9,1	—	-11,1	-12,0
19	70	-5,4	-8,6	-10,5	-12,3	-14,2	-15,1	-16,3	-17,3
9	90+3180	-7,8	-11,3	-13,3	-15,2	-17,0	-18,0	—	—

Таблица 11

Группа	Допустимые отклонения, дБ, до частоты, Гц					
	8000	10 000	12 500	14 000	16 000	18 000
38	±0,5	±0,5	±0,5	—	±0,8	±1,0
19	±0,5	±0,5	±0,8	±0,8	±1,0	±1,0
9	±0,5	±0,8	±1,0	±1,0	—	—

Параметры измерительной ленты для установки и проверки угла наклона рабочих зазоров магнитных головок монофонических магнитофонов ЛИМ.1.Н приведены в табл. 12.

Таблица 12

Наименование параметров	Нормы по группам		
	38	19	9
1. Частота записи, Гц	4000	2000	1000
Допустимое отклонение, %		±3	
2. Относительный уровень воспроизведения при правильно установленной головке, дБ		-14	
Допустимое отклонение, дБ		±1	
3. Угол между магнитным штрихом и направлением движения ленты, град		90	
Допустимое отклонение, мин		±0,5	
4. Чувствительность, дБ/мин		2	
Допустимое отклонение, дБ/мин		±0,5	
5. Длительность чередующихся записей, с		1	
6. Длительность записи, мин, не менее		3	

Лента содержит двухдорожечную (рис. 63б) запись (как стерео) с дополнительными чередующимися сдвигами по фазе с опережением или отставанием сигнала одной дорожки относительно

сигнала другой дорожки. При использовании этой ленты в монофоническом магнитофоне уровень воспроизводимого сигнала будет определяться суммой сигналов дорожек. Если магнитная головка установлена правильно, то уровень воспроизведения остается неизменным, несмотря на чередование знака сдвига фаз сигналов, и равным, как указано в табл. 12, —14 дБ. Такая величина уровня выбрана из соображений удобства контроля, так как при этом стрелка вольтметра устанавливается в середине его шкалы. Если магнитная головка установлена неправильно, то наклонный рабочий зазор будет увеличивать сдвиг фаз между сигналами дорожек одной части записи и уменьшать сдвиг фаз сигналов другой части записи. В результате суммарный уровень воспроизводимого сигнала на выходе магнитофона будет переменным, а стрелка вольтметра будет качаться.

Чувствительность такого метода установки рабочего зазора определяется размахом колебаний стрелки прибора при перекосе зазора магнитной головки на одну угловую минуту. Для обеспечения нормированной чувствительности (см. п. 4, табл. 12) угол сдвига фаз между сигналами, записанными на дорожках измерительной ленты ЛИМ.1.Н, равен примерно 21°.

Угол наклона рабочих зазоров магнитных головок стереофонических магнитофонов проверяется другим методом (см. § 22).

Параметры измерительной ленты для установки и проверки положения по высоте магнитных головок стереофонических магнитофонов ЛИМ.2.В приведены в табл. 13.

Таблица 13

Наименование параметров	Нормы для группы 38
1. Частота записи, Гц	1000
Допустимое отклонение, %	±3
2. Относительный уровень записи, дБ	0
Допустимое отклонение, дБ	±1,0
3. Длительность записи, с, не менее	60

Сигнал, записанный по середине ленты, при правильном положении магнитной головки наводится в оба стереоканала одинаковым уровнем примерно на 25—30 дБ выше собственного уровня шумов. Если магнитная головка сдвинута по высоте, то уровень сигнала в одном канале будет резко отличаться от уровня в другом канале.

Параметры измерительной ленты для измерения коэффициента детонации и коэффициента колебаний скорости ЛИМ.Д приведены в табл. 14.

К началу и концу измерительных лент подклеиваются ракорды, цвета которых указаны в табл. 15.

Измерительные магнитные ленты сохраняют свои параметры при соблюдении известных правил хранения магнитных лент и

Таблица 14

Наименование параметров	Нормы по группам		
	38	19	9
1. Частота записи, Гц	3150		
Допустимое отклонение, %	±2		
2. Уровень записи, дБ, относительно уровней записи ЛИМ.1.У	-12	-12	-16
Допустимое отклонение, дБ	±1,0		
3. Коэффициент колебания скорости, %, не более	±0,04	±0,06	±0,10
4. Коэффициент детонации, %, не более	±0,01	±0,02	±0,03
5. Угол между магнитным штрихом и направлением движения ленты, град	90		
Допустимое отклонение, мин	±2		
6. Длительность записи, мин, не менее	10		

Таблица 15

Ракорд	Цвета по группам		
	38	19	9
В начале ленты	Зеленый	Желтый	Синий
В конце ленты		Красный	

после приблизительно ста прогонов по тракту исправного лентопротяжного механизма. Под прогоном понимается прохождение ленты по тракту в режиме рабочего хода с последующей обратной перемоткой. В связи со сказанным в эксплуатации полезно вести учет числа прогонов. При особо осторожном обращении с измерительными лентами число допустимых прогонов может быть увеличено до 150 и более. В организациях, имеющих достаточное количество измерительных лент, полезно оставлять один-два комплекта в качестве контрольных и периодически сверять с ними постоянно используемые измерительные ленты, руководствуясь данными настоящего параграфа.

18. Испытание канала воспроизведения

Для измерения канала воспроизведения необходимы измерительные ленты типов ЛИМ.У и ЛИМ.Ч на соответствующие скорости. К выходу магнитофона подсоединяют резистор с сопротивлением номинальной нагрузки, чаще всего 200 или 600 Ом, электронный вольтметр переменного тока, например типа ВЗ-40, звуковоспроизводящие акустическое устройство и электронный осциллограф.

Перед измерениями все элементы тракта движения ленты тщательно размагничивают.

Установка угла наклона рабочего зазора воспроизводящей головки. На магнитофон устанавливают измерительную магнитную ленту ЛИМ.Ч в соответствии с проверяемой скоростью. Магнито-

фон включают на воспроизведение, и регулятором уровня усилителя добиваются того, чтобы величина опорного гармонического сигнала на выходе магнитофона была примерно на 20 дБ ниже номинального уровня. Для удобства наблюдений эту величину выбирают в середине шкалы вольтметра.

Затем, при воспроизведении записи высокой частоты, вращением винта качающейся площадки воспроизводящей головки устанавливают рабочий зазор так, чтобы выходное напряжение было максимальным. Такое положение рабочего зазора сводит волновые потери от перекоса к минимуму и должно соответствовать основному максимуму щелевой функции перекоса (см. рис. 23). При испытаниях на малой скорости ленты (при коротких волнах записи) возможна ошибочная установка зазора на неосновной максимум функции. В этом случае для правильной установки зазора находят другие максимумы выходного напряжения и выбирают среди них тот, который обеспечивает наибольшее значение. На практике, однако, лучше поступать по-другому: слегка нажимая на ленту пальцем, перекашивают ее относительно воспроизводящей головки. Если при этом не удастся получить большего выходного напряжения, то зазор установлен правильно. Ложного максимума можно избежать при дальнейшем воспроизведении записи измерительной ленты и установке зазора сначала на не очень высоких частотах — 4—6 кГц, а затем на более высоких частотах. При настройке многоскоростных магнитофонов предварительная установка зазора на высокой скорости ленты, где рассматриваемая ошибка маловероятна из-за относительно большей длины волны записи, помогает избежать ложные максимумы и на низкой скорости. Поэтому такие магнитофоны начинают испытывать с самой высокой скорости.

Правильный угол наклона рабочего зазора головки воспроизведения необходим, с одной стороны, для точного измерения частотной характеристики канала воспроизведения по измерительной ленте, с другой, — для строгого единообразия в положениях магнитных головок разных магнитофонов. Последнее наилучшим образом достигается при использовании измерительной ленты ЛИМ. Н. Поэтому после измерения частотной характеристики по измерительной ленте ЛИМ. Ч угол наклона рабочего зазора следует подкорректировать по измерительной ленте ЛИМ. Н.

Рассмотрим еще один вариант установки зазора, которым можно воспользоваться, когда нет соответствующих измерительных лент. На магнитную ленту записывают высокочастотный гармонический сигнал. Затем этот сигнал воспроизводят и устанавливают головку по максимуму выходного напряжения. Положение головки, точнее угол установки шлица винта качающейся площадки α_1 , запоминается. После этого сигнал воспроизводят, перевернув ленту к воспроизводящей головке нерабочей стороной. И хотя величина выходного напряжения при этом резко снизится, все же можно найти угол наклона рабочего зазора головки и соответственно угол поворота винта качающейся площадки α_2 , при котором

выходное напряжение максимально. Правильная, перпендикулярная направлению движения ленты установка рабочего зазора воспроизводящей головки соответствует срединному положению, т. е.

$$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2)/2.$$

Описанный способ обеспечивает весьма точную установку зазора, если измерение повторить несколько раз, а для фиксации угла использовать специальный прибор — угломер.

Измерение частотной характеристики. После установки угла наклона рабочего зазора головки, продолжая воспроизведение записи измерительной ленты ЛИМ. Ч, отмечают отклонения в децибелах уровня воспроизведения сигналов отдельных частот от уровня воспроизведения сигнала опорной частоты. Поля допускаемых отклонений, нормированные ГОСТ, показаны на рис. 13, 14. Если отклонения частотной характеристики выходят за пределы поля допусков, то их уменьшают регулировкой коррекции усилителя воспроизведения. При относительно новой магнитной головке запас коррекции в усилителе против выставленной частотной характеристики должен быть не менее 5 дБ.

Возможными причинами отклонения частотной характеристики от нормы могут быть: неплотное прилегание ленты к головке из-за слабого натяжения ленты или загрязненности рабочей поверхности головки; перекося рабочего зазора относительно магнитного штриха измерительной ленты; увеличенный против нормального рабочий зазор воспроизводящей головки; несоответствие частотной характеристики усилителя воспроизведения требуемой.

Контроль и устранение этих причин осуществляются отдельно. Во время рабочего хода контролируют плотность прилегания ленты к головкам и величину ее натяжения. Осмотром рабочей поверхности убеждаются в чистоте головки, а при необходимости производят чистку фланелью или марлей. При значительном загрязнении следует использовать спирт или специальные аэрозольные смеси, например типа MS-200 (фирма Miller Stephenson Chemical Co., США).

Причиной перекося рабочего зазора магнитной головки может быть небрежная предшествующая его установка или ненадежное крепление головки. Кроме того, дополнительные волновые потери могут появиться при использовании измерительной магнитной ленты, находящейся в эксплуатации слишком долгое время, из-за ее потянутой и смещенной магнитного штриха против нормального. Если потери являются следствием увеличенного рабочего зазора, то магнитную головку следует заменить. В эксплуатации увеличение зазора чаще всего происходит при чрезмерном истирании рабочей поверхности магнитной головки.

Несоответствие частотной характеристики усилителя требуемой подтверждается его заменой на заведомо правильно настроенный усилитель или выясняется после устранения действия всех остальных причин отклонения частотной характеристики канала воспроизведения. Для получения необходимой частотной харак-

теристики усилителя элементы схемы, влияющие на ход характеристики, заменяют, подгоняя величину их параметра по требуемой частотной характеристике канала.

Установка номинального уровня воспроизведения производится при воспроизведении записи с измерительной ленты ЛИМ. У. При помощи регулятора уровня усилителя получают величину выходного напряжения магнитофона равной номинальной, заданной в технической документации. Современные студийные транзисторные магнитофоны обычно имеют номинальное напряжение 1,55 или 3,1 В (+6 или +12 дБм), ламповые магнитофоны — 3,1 или 6,2 В (+12 или +18 дБм). Относительно установленного номинального напряжения, уровень которого принимается за 0 дБ, при последующих измерениях определяют уровни других сигналов.

В процессе записи фонограмм максимальное выходное напряжение магнитофона, контролируемое по индикатору уровня, выдерживают равным номинальному, обеспечивая таким образом стандартный уровень записи. В практике эксплуатации, однако, иногда необходимо уровень записи фонограммы сделать иным, нежели рекомендуется стандартом¹. В этом случае уровень воспроизведения магнитофона по измерительной ленте устанавливают на столько децибел ниже или выше номинального, на сколько требуемый уровень записи отличается от стандартного. При этом для увеличения уровня записи фонограммы уровень воспроизведения сигнала с измерительной ленты снижают, а для уменьшения уровня записи — повышают. При записи сигналов, представляющих натуральное звучание, максимальное выходное напряжение магнитофона выдерживают равным опять-таки номинальному значению, обеспечивая этим требуемый уровень записи.

Канал воспроизведения с новой магнитной головкой должен иметь запас по усилению не менее 3—5 дБ. Запас по усилению проверяется по уровню сигнала, воспроизводимого с измерительной ленты, при регуляторе уровня, повернутом по часовой стрелке до упора. Форма сигнала, наблюдаемого по осциллографу, при указанных уровнях не должна быть искажена. Если искажения на осциллографе не видны, но существует подозрение, что они все же есть, следует проверить нелинейность усилителей так, как это описано в § 13.

При установке номинального уровня выходного напряжения проверяется влияние на него нагрузки. Отсоединение нагрузочного сопротивления не должно изменять выходное напряжение больше, чем на 10%.

Измерение уровня шума. После установки номинального уровня воспроизведения по измерительной ленте определяют напряжение шума. Его измеряют в режиме воспроизведения магнитофона,

¹ Например, до недавнего времени стереофонограммы на магнитной ленте типа А2601-6 намагничивались до величины 360 нВб/м, т. е. минус 3 дБ относительно 510 нВб/м.

но с отодвинутой от воспроизводящей головки магнитной лентой. Отсчет получаемого значения напряжения производят в децибелах относительно номинального напряжения. Определяемый таким образом уровень шума канала воспроизведения должен удовлетворять требованиям стандарта.

В принципе, шум канала воспроизведения может быть измерен при трех состояниях магнитофона: в режиме воспроизведения, как это было только что описано, в режиме «стоп» с вращающимся ведущим двигателем и в режиме «стоп» с остановленным ведущим двигателем. В хорошем магнитофоне уровни шума во всех трех состояниях совпадают. Однако в магнитофонах старых, ламповых конструкций включение двигателей нередко вызывает увеличение шума из-за микрофонного эффекта ламп, а иногда и наводок магнитных полей на схему канала. Естественно, что такие помехи должны по возможности устраняться.

Шум канала, в соответствии со стандартом, измеряется вольтметром эффективных значений, вместе с тем все сказанное в § 13 относительно выбора прибора для измерения шума остается справедливым и в данном случае.

19. Настройка канала записи

Подготовка к настройке и измерениям. Испытания канала записи студийного магнитофона производят после полной настройки и измерения канала воспроизведения. При этом характеристики собственно канала записи находят путем расчета, вычитая из получаемых при измерении показателей сквозного канала магнитофона показатели канала воспроизведения. Таким образом определяют показатели именно той части магнитофона, посредством которой собственно и создаются магнитные фонограммы. Если параметры канала воспроизведения существенно выше параметров канала записи (а это довольно часто так и бывает), то необходимость в расчете отпадает, так как измеряемые характеристики сквозного канала практически совпадают с характеристиками канала записи.

Для проведения измерений собирается схема, показанная на рис. 65. К входу магнитофона подключают измерительный звуковой генератор и вольтметр, отмечающий величину входных сигналов; к выходу — резистор с сопротивлением номинальной нагрузки, вольтметр, осциллограф и акустическое звуковоспроизводящее устройство (громкоговоритель, телефоны). Подсоединяются также измеритель нелинейных искажений или, при необходимости, анализатор гармоник (селективный вольтметр) и псофометр, если он имеется.

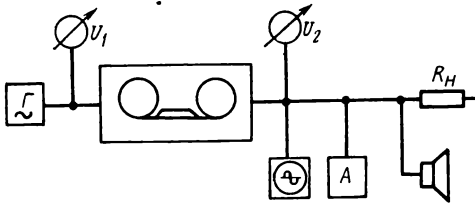


Рис. 65. Схема измерений сквозного канала магнитофона

стор с сопротивлением номинальной нагрузки, вольтметр, осциллограф и акустическое звуковоспроизводящее устройство (громкоговоритель, телефоны). Подсоединяются также измеритель нелинейных искажений или, при необходимости, анализатор гармоник (селективный вольтметр) и псофометр, если он имеется.

Для настройки и измерения применяют магнитную ленту именно того типа, на котором в дальнейшем будут производиться записи. Если известно, что этот тип ленты обладает большим разбросом параметров от одного экземпляра ленты к другому, то для измерений следует использовать ленту, у которой параметры имеют средние значения. Такая лента, называемая типовой, позволяет исключить при эксплуатации наиболее сильные отклонения, вызванные разбросом параметров лент, характеристик реальных записей от характеристик, полученных при настройке. Типовая лента должна обладать также стабильными параметрами по всей своей длине, обеспечивая неизменные показатели настройки магнитофона, независимо от используемого участка магнитной ленты.

В многоскоростных магнитофонах на разных скоростях могут применяться различные типы магнитных лент. Соответственно для испытаний в этом случае нужны различные типовые ленты.

Ленту, с помощью которой проводят измерения, перед испытаниями размагничивают. И если качество стирания на испытуемом магнитофоне неудовлетворительно или просто неизвестно, то все записи для измерений следует делать без наложения одной на другую каждый раз на чистом участке ленты.

Установка подмагничивания. С этой операции начинается настройка канала записи. Однако прежде всего следует убедиться, что запись в испытуемом магнитофоне, в принципе, осуществляется. Для этого от измерительного генератора подают сигнал опорной частоты уровнем, равным примерно номинальному. Все регуляторы канала записи — уровня, частотной коррекции и подмагничивания — устанавливают в среднее положение или номинальное, если оно известно. Включив режим записи, убеждаются, что подаваемый сигнал записывается и воспроизводится в сквозном канале магнитофона.

Как было отмечено ранее, величина подмагничивания самым непосредственным образом влияет на большинство показателей магнитофона. Поэтому к установке подмагничивания следует подойти с особой тщательностью и пониманием тех изменений, которые влечет его регулировка. На рис. 66 приведены зависимости некоторых параметров магнитной записи от величины подмагничи-

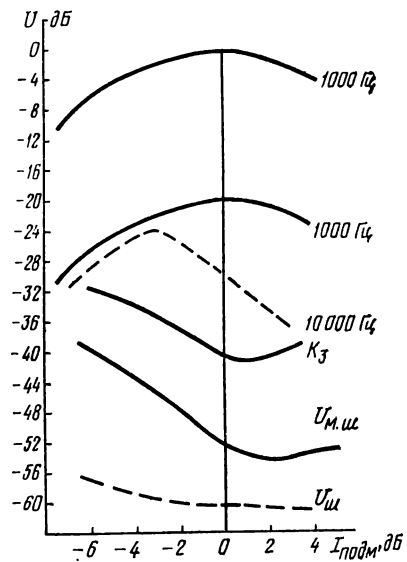


Рис. 66. Зависимость параметров магнитной записи от величины подмагничивания

вания. При подмагничивании, равном оптимальному, достигаются максимумы отдачи сигнала опорной частоты и отношения сигнал/шум при данном уровне сигнала. Увеличение подмагничивания против оптимального ведет, как правило, к уменьшению шумов, но также и к уменьшению сигнала, в первую очередь, на высоких частотах. Если величину подмагничивания сделать меньше оптимальной, то высокие частоты записываются лучше, но возрастают нелинейные искажения и шумы. В связи с такими закономерностями выбор номинальной величины подмагничивания производят компромиссно. При скорости ленты 38,1 см/с, когда волновые потери записываемых сигналов невелики и относительно легко компенсируются коррекцией усилителей, величина подмагничивания выбирается выше оптимальной примерно на 20% (см. § 9). При этом удается получать хорошую частотную характеристику канала записи и относительно низкие уровни всякого рода шумов.

На более низких скоростях (19 и 9 см) увеличивающиеся волновые потери вынуждают использовать меньшую величину подмагничивания, которую в этом случае берут равной оптимальной.

Установку подмагничивания на практике производят несколькими способами.

На вход магнитофона подают гармонический сигнал опорной частоты уровнем на 10—20 дБ ниже номинального. Увеличивая подмагничивание от минимальной величины, находят оптимум по максимуму сигнала на выходе канала воспроизведения магнитофона. Затем в зависимости от скорости устанавливают номинальную величину, т. е. при скоростях 19 и 9 см/с оставляют ее равной оптимальной, а при скорости 38 см/с, измеряя ток подмагничивания, увеличивают его на 20%. Если известна величина уменьшения выходного напряжения сигнала при увеличении подмагничивания на 20%, то номинальное подмагничивание при скорости 38 см/с устанавливают без измерения тока подмагничивания — просто по величине выходного сигнала. Для различных типов лент уменьшение выходного сигнала неодинаково. Например, для ленты типа А2601-6 оно составляет примерно 0,6 дБ.

Недостаток рассмотренного способа установки подмагничивания заключается в сложности определения оптимального подмагничивания из-за относительно небольшого изменения выходного напряжения сигнала в районе оптимума. Для более точного его определения изменяют подмагничивание так, чтобы выходной уровень сигнала заметнее отличался от максимального, скажем, на 1 дБ. Эту величину сигнала получают при токе подмагничивания, меньшем и большем оптимального. Затем расчетом определяют среднюю величину тока подмагничивания, который и принимают за оптимальный.

При другом способе подмагничивание устанавливают по сигналу высокой частоты, например 10 000 Гц. В этом случае максимум выходного напряжения сигнала вследствие большей критичности к величине подмагничивания определяется достаточно точно. Для того чтобы найти оптимальное подмагничивание, соответствующее

щее сигналу опорной частоты, необходимо знать величину уменьшения выходного уровня высокочастотного сигнала. Эта величина зависит от применяемого типа ленты. Так, например, для ленты типа А2601-6 она составляет минус 2,5 дБ.

На практике чаще всего применяется один определенный тип ленты, поэтому для нее целесообразно однажды провести подробные измерения зависимостей величин выходного напряжения сигналов опорной и высокой частот от величины подмагничивания. Определив по этим зависимостям величину уменьшения высокочастотного сигнала при оптимальном подмагничивании, используют ее в дальнейшем для настройки магнитофона на данный тип ленты. При установке подмагничивания по сигналу высокой частоты желательно, чтобы рабочий зазор записывающей головки был параллелен рабочему зазору головки воспроизведения, иначе потери из-за перекоса затрудняют настройку. Поэтому одновременно с регулировкой подмагничивания устанавливают, хотя бы приблизительно, угол наклона рабочего зазора головки записи.

Установка угла наклона зазора записывающей головки. От измерительного генератора подают сигнал уровнем примерно на 20 дБ ниже номинального и частотой $0,5f_v$, где f_v — высшая частота записываемого диапазона. Включив магнитофон в режим записи и наблюдая по вольтметру или осциллографу за уровнем выходного сигнала, устанавливают при помощи регулировочных винтов качающейся площадки угол наклона рабочего зазора головки записи по максимуму выходного напряжения. Затем постепенно увеличивают частоту сигнала и одновременно корректируют положение зазора по максимуму выходного напряжения. (Регулировка положения головки в других плоскостях пространства должна быть выполненной при настройке лентопротяжного механизма.)

Затем проверяется стабильность установки головки записи и положения движущейся относительно нее магнитной ленты. Для этого неоднократно включают магнитофон в режим записи при разных диаметрах рулонов ленты на боковых узлах и наблюдают за тем, чтобы каждый раз значение напряжения высокочастотного сигнала на выходе магнитофона автоматически устанавливалось равным первоначальной максимальной величине. Если это условие не соблюдается, то следует найти и устранить причину нестабильности. В числе возможных причин могут быть: слабое крепление качающихся площадок, ненадежное закрепление регулировочного винта, изменение положения движущейся магнитной ленты из-за несовершенства тракта. При регулировке магнитной головки, проработавшей некоторое время, следует учитывать, что ее рабочая поверхность может быть подтерта и образовывать канавку, вынуждающую ленту двигаться по вполне определенному и возможно неправильному направлению. В этом случае для изменения положения движущейся ленты относительно рабочего зазора магнитную головку следует подшлифовать или заменить на новую.

Признаком правильного положения рабочего зазора магнитных головок является минимальная амплитудная модуляция коротковолновых сигналов, хорошо наблюдаемая на экране осциллографа.

Проверка чувствительности и установка уровня записи. В начале этой операции регулятор уровня усилителя должен находиться в положении максимального коэффициента передачи. От измерительного генератора подают гармонический сигнал опорной частоты с таким уровнем, чтобы на выходе сквозного канала магнитофона, включенного в режим записи, установилось номинальное выходное напряжение. Соответствующая ему величина входного напряжения определяет чувствительность канала записи. Она должна быть не меньше заданной техническими условиями на магнитофон. Номинальная чувствительность современных студийных магнитофонов обычно равна 0,775 В (0 дБм), причем, как правило, предусматривается запас в 6 дБ (0,387 В).

При необходимости определяют номинальный ток записи. Для этого в вышеприведенных условиях ток подмагничивания уменьшают до нуля и на измерительном резисторе, включенном последовательно с обмоткой магнитной головки, измеряют напряжение тока записи. Значение тока находят делением напряжения на сопротивлении измерительного резистора. После определения тока записи восстанавливают номинальный ток подмагничивания.

Затем от измерительного генератора на вход магнитофона подают гармонический сигнал опорной частоты уровнем, равным номинальному 0 дБ. Регулятором уровня усилителя записи устанавливают выходное напряжение магнитофона также равным 0 дБ. При помощи переключателя вход—выход магнитофона проверяют совпадение уровней сигналов до и после сквозного канала магнитофона.

Номинальный уровень записи обеспечивает, как указывалось ранее, единообразие в степени намагниченности фонограмм и необходим для их обмена. Относительно номинального уровня определяют уровни сигналов при оценке других характеристик магнитной записи, таких, как нелинейные искажения и шумы. Одинаковые уровни входного и выходного сигналов позволяют успешно сравнивать их в процессе записи натуральных источников звука. При этом обеспечивается совпадение и громкостных уровней входного и выходного сигналов. Особенно хорошо такое совпадение соблюдается, если настройка магнитофона была выполнена на опорной частоте 1000 Гц, и в меньшей степени, если он настраивался на частоте 315 Гц, которая применяется по стандарту для скорости 9 см/с. Поэтому на данной скорости, после проведения всех измерений, рекомендуется подкорректировать равенство входных и выходных сигналов на частоте 1000 Гц.

Установка регуляторов предыскажений. Она ведется совместно с измерением частотной характеристики канала записи. От измерительного генератора на вход магнитофона подают сигнал

опорной частоты уровнем, не превышающем минус 20 дБ номинального значения. Включив магнитофон в режим записи, убеждаются, что уровень сигнала на выходе в соответствии с предыдущей операцией настройки равен входному. При расчете частотной характеристики этот уровень принимают за опорный — 0 дБ. Поддерживая величину напряжения, поступающего от генератора, постоянной, изменяют частоту сигнала и контролируют его величину на выходе магнитофона. Показания вольтметра, соответствующие отдельным частотам, обычно тем же, что у сигналов, записанных на измерительной магнитной ленте, фиксируют. Затем из этих данных вычитают соответствующие значения частотной характеристики канала воспроизведения, полученные ранее при ее измерении. В результате определяют характеристику канала, которая не должна иметь отклонений от линейной, превышающих поле допусков (см. рис. 13, 14). Если это условие нарушается, то, повторяя процесс измерения, регуляторами предыскажений устанавливают требуемые величины. Сначала настройка производится регуляторами, влияющими на частоты от 4—6 кГц и выше, затем регуляторами верхних частот. После их установки вся частотная характеристика измеряется вновь.

Процесс настройки существенно облегчается, а расчет частотной характеристики канала записи не нужен, если частотная характеристика канала воспроизведения обеспечивает одинаковый уровень прохождения всех частот, близкий к 0 дБ. К такому положению на практике обычно и стремятся.

Отметим также и тот случай, при котором частотная характеристика канала воспроизведения не укладывается в нормы, определяемые ГОСТ. Воспроизводимые при этом на данном магнитофоне сигналы фонограмм будут иметь частотные искажения, превышающие допустимые. Однако запись, производимая на таком магнитофоне, может и не иметь недопустимых частотных искажений, если частотная характеристика канала записи, полученная описанным выше способом, удовлетворяет ГОСТ. Впрочем, рассмотренный случай почти не встречается на практике и приведен в большей мере просто как теоретический.

20. Оценка нелинейности канала записи

Метод гармоник. Этот способ оценки рекомендован стандартом и основан на определении суммарного коэффициента гармоник.

На вход магнитофона, все регуляторы которого установлены в рабочие положения, подают гармонический сигнал опорной частоты уровнем, равным номинальному. В режиме записи с выхода сквозного канала магнитофона сигнал поступает на измеритель нелинейных искажений, например Сб-1. Измеряемый коэффициент гармоник в нормально работающем магнитофоне должен определяться только свойствами магнитной ленты и не превышать значений, нормируемых стандартом (табл. 1, п. 10).

Существуют некоторые факторы, влияющие на величину измеряемого коэффициента гармоник. К ним, например, относится повышенный уровень помех измеряемого устройства. Их влияние связано с тем, что большая часть измерителей нелинейных искажений, выпущенных нашей промышленностью, работает с использованием режекторного фильтра, а показания прибора отражают суммарную величину не только гармоник, но и любых других сигналов, попадающих в полосу прозрачности фильтра (см. также § 14). На точность измерения могут повлиять и колебания подмагничивания, проникающие из канала записи в канал воспроизведения. В этом случае нелинейные искажения следует измерять в канале записи — воспроизведения, т. е. сначала записать опорный сигнал, затем перемотать ленту обратно, а после этого в режиме воспроизведения измерить нелинейные искажения опорного сигнала.

Аддитивные и мультипликативные помехи также влияют на измеряемый коэффициент гармоник. Ими, однако, можно пренебречь, если у магнитофона коэффициент детонации не превышает 0,2%, коэффициент амплитудной модуляции 20%, а уровень аддитивных и модуляционных шумов на 10 дБ ниже уровня измеряемых гармоник. В нормально работающих студийных магнитофонах эти условия, как правило, выполняются.

Влияние помех в значительной мере ослабляется в измерителях нелинейных искажений, у которых вместо режекторных применяются фильтры высоких частот, как, например, в приборах типа ИНИ-6 и ИПЗТ. При использовании анализатора гармоник (селективного вольтметра) влияние всевозможных помех на измерения практически исключено. Коэффициент гармоник в этом случае находят измерением отдельных гармоник и расчетом по формуле § 7.

Величина измеряемых гармоник зависит от частотной характеристики канала воспроизведения. Так, если на частоте измеряемой гармоники эта характеристика имеет подъем на 2 дБ, то величина гармоники увеличивается на 26% по сравнению с величиной, которая была бы при линейной частотной характеристике в 0 дБ.

Нелинейные искажения зависят от величины подмагничивания. Неправильный ее выбор может привести к резкому возрастанию искажений. При подмагничивании, установленном в соответствии с приведенными ранее рекомендациями, коэффициент гармоник близок к минимальному, хотя может быть и не равен ему, так как подмагничивание выбирается из компромиссных соображений.

Нелинейные искажения возрастают, если по каким-либо причинам лента намагничена выше номинального значения. Поэтому при увеличенном коэффициенте гармоник прежде всего проверяют соответствие уровня записи номинальному значению. Для этого вначале по измерительной ленте ЛИМ. У проверяют уровень воспроизведения на выходе магнитофона, а затем по чистой магнитной ленте корректируют уровень записи магнитофона. Лента будет также перемагничиваться, если головка записи сдвинута по

высоте относительно головки воспроизведения и тракта движения ленты или если эффективная высота набора сердечника головки преуменьшена из-за значительных немагнитных прослоек (например, клея, связывающего пластины сердечника).

Методы разностного тона. Эти методы используются в тех случаях, когда необходимы более полные сведения о нелинейности магнитофона. Измерительный сигнал формируют от двух генераторов, подключенных ко входу магнитофона через развязывающие резисторы (рис. 67). Продукт нелинейности — разностный комбинационный тон — измеряют анализатором гармоник на выходе сквозного канала магнитофона в режиме записи.

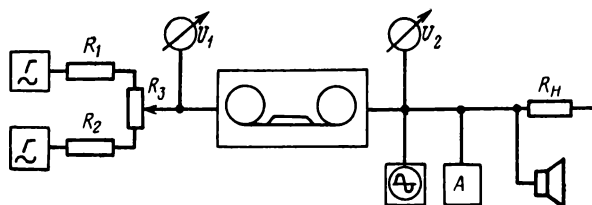


Рис. 67. Схема для измерения сквозного канала магнитофона методом разностного тона

При определении разностного тона второго порядка условия и процесс измерения полностью совпадают с условиями, описанными в разделе испытаний усилителей (§ 13). Измерение этого тона в сквозном канале магнитофона дает возможность проверить нелинейность только электронной части канала, т. е. совместно усилителей записи и воспроизведения. Метод разностного тона второго порядка нельзя применять, если сквозной канал магнитофона не обеспечивает на выходе номинальный уровень сигнала, что, вообще говоря, возможно на высоких частотах при использовании некоторых типов лент. Коэффициент разностного тона второго порядка для современных магнитофонов не должен превышать нормы, установленной стандартом (табл. 1).

Для оценки нелинейности системы магнитной записи используется разностный тон третьего порядка. Измерительный сигнал формируют следующим образом. От одного генератора берут гармонический сигнал частотой f_1 и напряжением U , от другого — f_2 и $0,5 U$. Частота разностного комбинационного тона выбирается равной 500 Гц, при этом между частотами измерительного сигнала должно соблюдаться соотношение $2f_1 - 500 = f_2$. Этому соотношению отвечает ряд частот: $f_1 = 1$ кГц, $f_2 = 1,5$ кГц; 2—3,5; 3—5,5; 4—7,5; 5—9,5; 6—11,5; 7—13,5; 8—15,5 кГц. Для измерений может использоваться весь этот ряд или только часть, например частоты: 1—1,5; 4—7,5; 7—13,5 кГц.

Для оценки нелинейности можно использовать два подхода. Первый из них традиционен для звукотехнических устройств и характерен тем, что уровень испытательного сигнала на выходе измеряемого устройства постояен. От генераторов подают сигнал, сформированный на частотах 1 и 1,5 кГц вышеописанным способом, так, чтобы его уровень, отмечаемый вольтметром эффективных значений на выходе сквозного канала, был на 2,5 дБ ниже номинального. При этом, как показывает расчет, пиковое значение испытательного сигнала равно номинальному. Измерив величину продукта нелинейности частотой 500 Гц — $U_{2f_1 - f_2}$, находят коэффициент разностного тона третьего порядка по формуле

$$K_{p.т} = \frac{5}{3} \frac{U_{2f_1 - f_2}}{U_n}$$

где U_n — эффективное напряжение испытательного сигнала. Затем, изменяя частоты испытательного сигнала, снимают частотную зависимость коэффициента

разностного тона. Непременным условием такого подхода к оценке нелинейности, как уже было сказано, является поддержание постоянного уровня испытательного сигнала на выходе сквозного канала. Однако иногда это условие трудно выполнимо, так как с увеличением частоты нелинейность может возрасти до такой степени, что уровень передаваемого сигнала оказывается ограниченной величиной, намного меньшей номинальной. Практически описанный подход применим, если коэффициент разностного тона почти постоянен по частотному диапазону, что возможно только при использовании очень совершенных магнитных лент.

Второй подход к оценке нелинейности методом разностного тона третьего порядка заключается в поддержании постоянной величины разностного тона при изменении частот испытательного сигнала. Об изменении нелинейности по частотному диапазону судят по уровню испытательного сигнала, подаваемого на вход сквозного канала магнитофона, для выполнения указанного условия. Испытательный сигнал, составленный из частот 1 и 1,5 кГц, подают на вход магнитофона таким уровнем, чтобы величина разностного тона 500 Гц на выходе сквозного канала составляла 1% от номинальной величины сигнала. Например, при номинальной величине 1,55 В величина разностного тона должна составлять 15,5 мВ. Это значение разностного тона сохраняют постоянным при последующих измерениях рассматриваемым методом. Затем, отмечая входной уровень испытательного сигнала, изменяют его частоты. Полученные значения уровней изображают графически в виде кривой допустимых нагрузок (§ 7).

В настоящее время не существует нормированных кривых допустимых нагрузок. Но измерения показывают, что у хороших каналов такая кривая близка к горизонтальной линии с плавным спадом в области высоких частот, не превышающих 8 дБ при скорости 38 см/с и 15 дБ при скорости 19 см/с на высшей частоте диапазона.

21. Измерение помех канала записи

Измерение аддитивных шумов. Для проведения этих измерений вход магнитофона замыкают на резистор сопротивлением, равным сопротивлению номинального источника сигнала. Если магнитофон работает от микшерного пульта, то это сопротивление берут равным 50 Ом, если от длинной линии, то — 200 или 600 Ом. Более неблагоприятный вариант представляет большее сопротивление, поэтому его применяют и в том случае, когда источник сигнала не определен. Во всех вариантах вход магнитофона должен быть защищен экранировкой от наводок посторонних источников помех.

Магнитофон, все регуляторы которого установлены в соответствии с предыдущей настройкой в рабочие положения, включают в режим записи, и на его выходе измеряют напряжение шума паузы. Уровень шума отсчитывают в децибелах по отношению к номинальному выходному напряжению. Измерение шума целесообразно проводить с полосовым фильтром, подавляющим посторонние сигналы вне рабочего диапазона частот. В этом случае влияние на показания измерительного прибора всякого рода высокочастотных помех, например колебаний подмагничивания, исключается. Такой полосовой фильтр входит в состав измерительной установки ИПЗТ. Если полосовой фильтр отсутствует, измерение шума паузы проводят в канале записи — воспроизведения. Для этого участок магнитной ленты, прошедший у магнитных головок в режиме записи, отматывают обратно на подающий узел и, вклю-

чив магнитофон в режим воспроизведения, измеряют напряжение шума. Именно такой способ определения относительного уровня шума магнитофона рекомендуется стандартом как исключаящий влияние на измерения колебаний стирания и подмагничивания при отсутствии полосового фильтра.

Измеряемые шумы магнитофона состоят из шума канала воспроизведения, шума канала записи и шума ленты. При повышенном уровне шумов анализу подлежит каждая из этих составляющих, но чаще всего шумы магнитофона определяются лентой. Для оценки шума ленты, а также для выяснения ее магнитного состояния в данном магнитофоне поступают следующим образом. В режиме воспроизведения измеряют шум ленты, размагниченной на специальном устройстве (см. § 8). Затем измерение шума проводят только в режиме стирания на данном магнитофоне, т. е. включив его на запись, но отсоединив при этом головку записи от усилителя записи и генератора подмагничивания. При нормально работающем магнитофоне различие уровней шума, полученных этими способами, не должно превышать 1—3 дБ. Возрастание же шума паузы по отношению к шуму ленты, размагниченной в режиме стирания на магнитофоне, не должно быть больше 3—4 дБ.

Увеличение шума происходит, если какие-либо детали тракта движения ленты намагничены. Особенно сильно это проявляется при намагниченных сердечниках магнитных головок. Восприятие подобного шума на слух характеризуется не ровным шипением, прослушиваемым при исправных трактах, а потрескиванием, хлопкотаньем, щелчками. Намагниченность элементов тракта устраняется тщательным размагничиванием.

В некоторых магнитофонах старых конструкций иногда при включении или выключении режима записи записывающая головка намагничивается. Происходит это от того, что головка записи соединяется с генератором, у которого в моменты коммутаций возникает большой импульс тока переходного процесса. Для исключения намагничивания головки в таких магнитофонах должна соблюдаться следующая последовательность коммутаций: сначала включается питающее напряжение генератора, затем он подключается к головке; при выключении режима — последовательность обратная. Достигается это регулировкой контактов реле включения записи. В магнитофонах современных конструкций питающее напряжение генераторов с помощью электронной схемы нарастает или спадает плавно (но быстро), исключая толчки тока, намагничивающие головку. Подобное схемное решение включения генераторов, кроме того, устранило происходившую иногда запись на ленту щелчков коммутаций.

Намагничивание записывающей головки может возникать от больших импульсов звуковых сигналов в процессе их записи, если задний дополнительный зазор головки недостаточно широк. При обнаружении постоянно появляющейся в указанных условиях намагниченности головку следует заменить на новую.

Одна из причин повышенного уровня шума может заключаться в асимметрии токов стирания и подмагничивания. Ее легко обнаружить по осциллограмме шума паузы магнитной ленты, рабочий слой которой периодически прерывается специально выполненной перфорацией или смытыми участками. Асимметрия видна по амплитудной модуляции шума прерываниями рабочего слоя. Если у магнитофона имеется регулятор симметрии, то с его помощью амплитудную модуляцию сводят к минимуму. Если такого регулятора нет, то минимума модуляции и, следовательно, наименьшей асимметрии добиваются лучшей настройкой генераторов. Асимметрию можно оценить количественно, измерив селективным вольтметром составляющую шума паузы на частоте прерывания.

Для измерения уровня шума в соответствии со слуховым восприятием применяют псофометр. Следует отметить, что различие между обычным и псофометрическим определением уровня шума паузы магнитофона при этом проявляется особенно отчетливо. Так, например, при намагниченных элементах тракта движения ленты шум, воспринимаемый на слух, становится более громким и неприятным. Однако обычный вольтметр эффективных значений слабо реагирует на такое изменение шума, в то время как псофометр отмечает существенное его увеличение. Поэтому оценка шума псофометрическим способом представляется весьма желательной.

Помимо объективной оценки, на практике всегда проводят субъективный контроль шума, прослушивая его через контрольное акустическое устройство. При достаточном опыте такой контроль позволяет сделать уверенное заключение о допустимости данного звучания шума.

Измерение уровня стирания. На магнитную ленту записывают сигнал частотой 1000 Гц уровнем, равным номинальному, а на выходе магнитофона измеряют его селективным вольтметром. Затем вход магнитофона отсоединяют от генератора и заземляют. Записанный сигнал стирают включением магнитофона в режим записи и измеряют на выходе канала воспроизведения селективным вольтметром величину оставшегося сигнала 1000 Гц. Эта величина, выраженная в децибелах по отношению к номинальному уровню, и характеризует качество стирания магнитофона.

Измерение модуляционного шума. Для проведения этих измерений, помимо обычного вольтметра, необходим псофометр, подключенный к выходу магнитофона через фильтр высоких частот с частотой среза 200 Гц, например МЭЗ-902. От измерительного генератора на вход магнитофона подают сигнал частотой 30 или 40 Гц (последняя для скорости 9 см/с) уровнем, обеспечивающим на выходе магнитофона номинальное напряжение. Измерение модуляционных шумов псофометром можно проводить как в сквозном канале, так и в канале записи — воспроизведения. Величина модуляционного шума выражается в децибелах по отношению к

номинальному уровню. Затем посредством того же псофометра и фильтра высоких частот определяют уровень шума паузы. Сравнивая получаемые данные, отмечают величину превышения уровня модуляционного шума над уровнем шума паузы. (Предполагается, что последний соответствует исправному, рабочему режиму.) Удовлетворительным результатом является превышение, не большее 6—8 дБ.

Модуляционный шум в основном зависит от качества магнитной ленты, поэтому его трудно сделать ниже определенной для этой ленты величины. Вместе с тем в магнитофоне он может возрастать по ряду причин. К ним относятся: неправильно выбранное подмагничивание, заторможенный антишумовой ролик, повышенное трение магнитной ленты в тракте движения, вызывающее ее колебания.

Измерение паразитной амплитудной модуляции. Для этих измерений необходимо особо тщательно подобрать экземпляр магнитной ленты, у которой отсутствуют такие дефекты, как потянута, сабельность, коробление, неровные края. Их наличие может привести к тому, что результаты измерений в большей степени будут характеризовать ленту, а не магнитофон, испытания которого являются главной целью данных измерений.

Паразитную амплитудную модуляцию наиболее просто определять по осциллографу, подключенному к выходу сквозного канала. От измерительного генератора на вход магнитофона подают сигнал уровнем на 20 дБ ниже номинального. Включив магнитофон в режим записи, наблюдают на экране осциллографа за краем осциллограммы. Развертка осциллографа подбирается такой, чтобы осциллограмма имела вид сплошного прямоугольника. Если ПАМ нет, то края осциллограммы имеют вид прямых линий, но если ПАМ существует, то края становятся рваными, извилистыми, хаотически меняющими свою форму. Наиболее сильно ПАМ проявляется при записи высоких частот.

Для анализа ПАМ уровень воспроизводимого сигнала полезно записать на самописце. Уровни сигналов опорной и высокой частот записывают на уровнеграмму с ценой деления 1 дБ/см при достаточно большей скорости пера, порядка 200—500 мм/с. У хороших магнитофонов уровнеграммы имеют вид прямых линий и не зависят от частоты. ПАМ может быть оценена количественно. Для этого необходимо иметь приборы, измеряющие коэффициент амплитудной модуляции, например ЕМТ-418 или ДЛЦ. Для измерений обычно используют частоту 3150 Гц, т. е. такую же, как и при определении коэффициента детонации.

22. Испытания стерео- и многоканальных магнитофонов

Каждый из каналов стереофонического или многоканального магнитофонов испытывается точно так же, как и канал монофонического магнитофона. Однако для стереофонических и многоканальных магнитофонов важны еще и такие показатели, которые

характеризуют идентичность каналов и их взаимовлияние при работе. Это связано с тем, что нарушение идентичности каналов выше определенной нормы, замечается при одновременном прослушивании стереосигналов обоих каналов и ведет к изменению параметров стереозвучания, а сложение стереосигналов в единый моно-сигнал при расогласованности частотных и фазовых характеристик вызывает ухудшение общей частотной характеристики передатчика. В самой настройке стереофонических и многоканальных магнитофонов также существуют особенности, которые будут изложены ниже.

Многоканальные магнитофоны на практике используются как для моно-, так и для стереозаписей. Поэтому почти все сказанное далее относительно испытаний двухканальных стереофонических магнитофонов применимо к многоканальным. Отличие, пожалуй, заключается только в том, что для последних могут быть установлены другие нормы на параметры, а для испытаний необходимы измерительные ленты соответствующей ширины.

Настройка каналов воспроизведения стереофонического магнитофона. Для проведения этих испытаний необходимы измерительные ленты ЛИМ. 2. Настройка, как и у монофонического магнитофона, начинается с воспроизведения записи измерительной ленты части Ч, однако установка положения рабочего зазора воспроизводящей головки делается иначе.

К выходу магнитофона подключают осциллограф, причем его вертикальный вход соединяют с одним из каналов магнитофона, например левым, а горизонтальный вход — с другим каналом магнитофона, например правым. При подсоединении осциллографа соблюдают полярность: концы симметричного выхода магнитофона, условно обозначенные знаком «+» или другим подходящим символом, соединяют с потенциальным входным контактом осциллографа; концы, обозначенные знаком «—», — с заземленным входным контактом. Развертка осциллографа выключается. При воспроизведении с измерительной ленты ЛИМ 2. Ч сигналов опорной частоты регуляторами уровня усилителей по вольтметру на выходе каждого из каналов устанавливают одинаковые напряжения на 20 дБ ниже номинального значения. Усиления каналов осциллографа также делают одинаковыми. Воспроизводимые сигналы на экране осциллографа образуют при этом фигуру Лиссажу — эллипс, если между сигналами существует сдвиг фаз, или прямую, если сдвиг фаз равен нулю. В случае эллипса корректировкой положения головки добиваются, чтобы он превратился в прямую.

Прямая, образуемая на экране осциллографа, при равенстве сигналов наклонена к горизонтали под углом 45° . Противоположное расположение прямой под углом 135° свидетельствует о нарушении полярности соединений в канале. Если осциллограф подключен правильно, то это нарушение следует искать внутри одного из каналов. Чаще всего оно связано с неправильным подсоединением магнитной головки.

За сигналом опорной частоты на измерительной ленте следует запись белого шума. Установка по нему угла наклона рабочего зазора магнитной головки исключает настройку на ложный максимум, а также ошибку в установке зазора из-за возможного дополнительного сдвига фаз сигналов в усилителях воспроизведения. При воспроизведении белого шума корректировкой угла наклона рабочего зазора головки добиваются на экране осциллографа прямой линии. Если прямую получить не удастся, то это свидетельствует о различии частотных и фазовых характеристик стереоканалов. В этом случае частотной коррекцией усилителей все характеристики следует выравнивать, устанавливая регуляторы примерно в одинаковое положение. Следующая за белым шумом запись сигнала высокой частоты позволяет более точно установить угол наклона рабочего зазора опять-таки по получению на экране осциллографа прямой линии или в крайнем случае эллипса с возможно меньшим размером поперечной оси.

Несмотря на столь тщательную настройку, после воспроизведения записи всей измерительной ленты части Ч и приведения частотных характеристик к требуемым нормам к установке зазора возвращаются вновь, корректируя окончательно положение головки и значения частотных характеристик.

Для определения рассогласованности частотных характеристик стереоканалов из значений частотной характеристики одного канала, например левого, вычитают значения частотной характеристики другого канала, например правого. Получаемая разница должна укладываться в поле допусков (см. рис. 13 и 14).

Фазовый сдвиг между сигналами стереоканалов измеряется фазометром типа Ф2 при воспроизведении записи измерительной ленты ЛИМ. 2. Ч. Допуски на фазовый сдвиг оговорены стандартом табл. 1, п. 8. Здесь, однако, отметим следующее обстоятельство. Рассмотренная выше методика установки угла наклона рабочего зазора магнитной головки обеспечивает практически отсутствие сдвига фаз в большей части частотного диапазона, и лишь на самых его краях этот сдвиг может иметь незначительную величину порядка нескольких градусов. Поэтому допуски, определяемые стандартом и рассчитанные на обеспечение приемлемой частотной характеристики при суммировании сигналов стереоканалов, представляются слишком большими. Установку рабочих зазоров магнитных головок следует всегда осуществлять достаточно тщательно, так как, помимо уже отмеченных требований, необходимо соблюдать единообразие каналов различных магнитофонов, выражаемое в данном случае в перпендикулярности рабочего зазора головки к направлению движения ленты.

Далее при помощи измерительной ленты ЛИМ 2. У устанавливают номинальные уровни воспроизведения на выходе стереоканалов. Напомним, что стандартизованная намагниченность этой ленты выше, чем ЛИМ. 1. У, поэтому в дальнейшем показатели по шумам и нелинейным искажениям получаются иными, чем у

однородного монофонического магнитофона, хотя для обоих видов магнитофонов может применяться один и тот же тип ленты.

В начале измерительных лент части У имеется запись для идентификации каналов стереомагнитофона. Сигналы левого канала содержатся в записи дорожки № 1, сигналы правого канала — в записи дорожки № 2 (см. рис. 17). Если магнитные головки обращены к фронтальной части магнитофона, то верхний канал будет левым, а нижний — правым. При обращении магнитных головок к тыловой части верхний канал будет правым, а нижний — левым.

Новые магнитные головки с достаточной для практики точностью устанавливаются на магнитофон визуально (§ 10). Однако иногда считают необходимым дополнительно проверить точность положения головки по высоте. Для этих целей служит измерительная лента ЛИМ 2. В. При воспроизведении ее записи уровни сигналов обоих стереоканалов одинаковы, если головка по высоте установлена правильно. И, напротив, небольшие смещения головки по высоте вызывают резкое различие уровней сигналов в стереоканалах. Измерительная лента ЛИМ 2. В рассчитана на проверку положения головок с высотой набора сердечников по существующему стандарту — 2,7 мм. При иной высоте набора сердечников — 2 и 2,5 мм, встречающихся на практике, применять ЛИМ 2. В не следует.

Настройка каналов записи стереофонического магнитофона. Основные отличия в настройке каналов записи стереофонического магнитофона от настройки канала записи монофонического магнитофона заключаются в способе установки положения рабочего зазора записывающей головки и в дополнительном определении рассогласованности частотных и фазовых характеристик. Методы их осуществления точно такие же, как и в каналах воспроизведения, поэтому еще раз описывать их не будем. Отметим только, что на сдвиг фаз между сигналами стереоканалов, помимо угла наклона рабочего зазора магнитной головки и частотных характеристик каналов, влияет идентичность установки величины подмагничивания. Различное подмагничивание обуславливает неодинаковое расположение критических зон записи в ленте и, следовательно, сдвиг между сигналами дорожек. Впрочем, если придерживаться описанной выше методики подмагничивания, то возможное различие между каналами получается практически несущественным. При определении фазового сдвига уровни записываемых и воспроизводимых сигналов берут на 20 дБ ниже номинального, а измерения проводят в начале и в конце полного рулона ленты. Произведя запись сигналов в указанных частях рулона, ленту перематывают обратно на подающий узел, а затем в режиме воспроизведения измеряют сдвиг фаз. Измерения проводят пять раз подряд в начале и в конце рулона, принимая за результат худшие из полученных значений. Таким образом проверяется не только сдвиг фаз, но и стабильность относи-

тельного положения магнитных головок и ленты при движении последней по тракту лентопротяжного механизма.

О правильной полярности соединений в каналах судят по наклону фигуры Лиссажу на экране осциллографа. Измерительный генератор подсоединяется ко входу магнитофона с соблюдением полярности: потенциальный контакт выхода генератора с контактом входа магнитофона, обозначенным знаком «+» или другим подходящим символом, заземленный контакт с контактом входа, обозначенным знаком «—». Если полярность соединений правильна, то фигура Лиссажу наклонена к горизонтали под углом приблизительно 45° . При противоположном наклоне полярность соединений неверна и причину этого следует искать внутри одного из каналов записи.

Новым, дополнительным измерением для магнитофона является измерение проникания сигналов из одного канала в другой. В одном из каналов записывают сигнал уровнем на 20 дБ меньше номинального; в это время в другой канал, также включенный в режим записи, сигнал не подается. Селективным вольтметром на выходе каждого из каналов измеряют напряжение на частоте сигнала записи. Отношение измеренных выходных напряжений стереоканалов, выраженное в децибелах, характеризует относительный уровень проникания из одного канала в другой. Затем испытания повторяют, подавая сигнал в другой канал. За результат измерений принимают худшее из прониканий. Частоты, на которых проводятся измерения, определяются техническими условиями на магнитофон, но чаще всего используются частоты 80, 1000 и 8000 Гц. Измерение проникания может быть повторено в канале записи — воспроизведения: лента с записью отматывается обратно на подающий узел, а затем в режиме воспроизведения определяются выходные напряжения стереоканалов. Результат измерения должен быть точно таким же, как и в сквозном канале, иначе при различии результатов существует проникание сигналов из канала записи в канал воспроизведения помимо ленты, чего, вообще говоря, не должно быть.

Если уровень прониканий превышает допустимые нормы (табл. 1, п. 14), то прежде всего выясняют, при каком процессе — записи или воспроизведении — происходят основные проникания. Для определения прониканий процесса воспроизведения измерения проводят так же, как описано выше, только в процессе записи сигнала записывающая головка канала, в котором отсутствует сигнал, вообще отсоединяется от усилителя записи и генератора подмагничивания. Проникание процесса записи определяется по разности уровней прониканий в сквозном канале и в процессе воспроизведения.

Увеличенное проникание чаще всего является результатом относительного смещения по высоте магнитных головок записи и воспроизведения или слабой экранировки между сердечниками стереоголовок. При действии первой причины корректируют поло-

жение магнитных головок, при второй причине заменяют неисправную магнитную головку на новую.

Измерение прониканий достаточно проводить на одной, наибольшей скорости движения ленты в магнитофоне.

23. Дополнительные испытания

В отличие от рассмотренных выше, дополнительные испытания проводят относительно редко: на производстве — в период завершения разработки опытных экземпляров магнитофона, в эксплуатации — при возникновении сомнений в выдерживании соответствующих параметров.

Проверка размеров дорожек записи. На магнитную ленту записывают сигнал частотой 1000 Гц и уровнем, равным максимальному. Затем ленту снимают с магнитофона и опускают на короткое время в суспензию порошка карбонильного железа, разведенного на бензине или керосине. После высыхания на ленте хорошо видны полосы дорожек записи и их взаимное расположение в случае двух- или многодорожечной записи. Проявленные дорожки должны иметь вид равных полос с четко очерченными краями. Между краем ленты и прилегающей к нему дорожкой не должно быть промежутков. Размеры дорожек и интервалов между ними определяют при помощи инструментального микроскопа.

Проверка акустических шумов. Акустические шумы в магнитофоне могут возникнуть вследствие вибрации каких-либо частей конструкции при работе двигателя лентопротяжного механизма, от использования некачественных шарикоподшипников, от перегруженных режимов работы трансформаторов, электромагнитов, электродвигателей. Появление хорошо слышимого акустического шума в студийных магнитофонах, вообще говоря, явление редкое, но возможное, в связи с чем и проводятся определения его уровня. Согласно нормам и методике, разработанным во Всесоюзном научно-исследовательском институте телевидения и радиовещания, уровень звукового давления от акустического шума студийного магнитофона, измеренный с частотно-взвешивающим фильтром типа А, не должен превышать 29 дБ. Помимо интегральной оценки уровня звукового давления, применяют пооктавное определение его уровня, ограниченного следующими значениями:

f , Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L , дБ	35	30	27	24	22	21	20	17

При выполнении нормы по интегральной оценке допускается превышение уровня звукового давления в отдельных октавных полосах на 3 дБ.

Акустические шумы магнитофона измеряются в пространстве, где влиянием других, посторонних источников звука на определяемый уровень звукового давления можно пренебречь. О пригодности помещения для указанных измерений судят по следующим признакам. Уровень посторонних шумов должен быть не менее чем на 5 дБ ниже уровня звукового давления, создаваемого испытываемым магнитофоном во всех октавных полосах частот. При уменьшении в два раза расстояния от точки измерения до магнитофона уровень звукового давления должен увеличиться не менее чем на 5 дБ, а при увеличении этого расстояния вдвое — уменьшиться не менее чем на 4 дБ. Измерения проводят на расстоянии одного метра от наружного контура магнитофона против каждой его стороны, включая точку над магнитофоном. Число точек измерения обычно равно пяти.

Измерения проводят шумомерами первого или второго класса или с помощью измерительного тракта, включающего в себя измерительный микрофон, усилитель, полосовые фильтры, индикаторный прибор. Шумомеры и измерительный тракт должны соответствовать ГОСТ 17187—71 и ГОСТ 17188—71.

При измерениях магнитофон с заправленной в тракт магнитной лентой включают в режим записи. За результат измерения принимают среднеарифметическое значение уровней, измеренных в разных точках вокруг магнитофона. Однако при этом разброс уровней в различных точках не должен превышать

10 дБ, иначе это считается дефектом магнитофона. Под уровнем звукового давления в точке понимается в децибелах величина

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где P — среднеквадратичное значение звукового давления стационарного сигнала в точке измерения; P_0 — среднеквадратичное пороговое значение звукового давления, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Влияние посторонних шумов на результаты измерений учитывают следующим образом. Если эти шумы, измеряемые при неработающем магнитофоне, меньше на 10 дБ уровня, измеряемого при работающем магнитофоне, то их не принимают во внимание. Если отличие составляет 7—9 дБ, то от результата измерения следует вычесть 1 дБ; если отличие составляет 5—6 дБ, то следует вычесть 2 дБ. При меньшем отличии измерения проводить нельзя.

Испытание на надежность. Эти испытания проводят с целью определения средней длительности работы данного типа магнитофона до наступления отказа. Отказом считают невыполнение функций, а также отклонения значений параметров за пределы допусков, заданных в технических условиях на магнитофон. Результаты испытаний на надежность служат основанием для планирования в эксплуатации профилактических осмотров и контрольных проверок данного типа магнитофона. Испытания на надежность проводит предприятие-изготовитель, рекомендуя после них определенный режим эксплуатации.

В настоящее время, однако, не существует общепринятой методики определения длительности работы магнитофона до наступления отказа. Напротив, большинство предприятий-изготовителей используют свои собственные методы оценки надежности магнитофона.

Для суждения о надежности испытаниям подвергают как весь магнитофон, так и отдельные его части. Некоторые предприятия ограничиваются только последним, т. е. испытанием отдельных наиболее ответственных узлов магнитофона: магнитных головок, системы автоматического регулирования лентопротяжного механизма, усилительных элементов, определяющих шумы магнитофона. При испытаниях всего магнитофона определяется выдерживание значений параметров во времени и в климатических условиях, оговоренных в техническом задании. К проверяемым параметрам обычно относят: скорость ленты, коэффициент детонации, амплитудно-частотную характеристику, коэффициент гармоник, уровень помех, фазовый сдвиг между сигналами стереоканалов, уровень стирания. Измерения этих параметров проводят в начале испытаний, а затем периодически в течение длительной работы магнитофона до момента отказа. Среднее время наработки на отказ определяют по испытаниям нескольких магнитофонов.

Список литературы

1. **Физические основы магнитной звукозаписи.** М.: Энергия, 1970. Авт.: Вроблевский А. А., Корольков В. Г., Мазо Я. А. и др.
2. **Мазо Я. А. Магнитная лента.** М.: Энергия, 1975.
3. **Цыкин Г. С. Усилительные устройства.** М.: Связь, 1971.
4. **Цвикер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приемник информации:** Пер. с нем./Под ред. Б. Г. Белкина. М.: Связь, 1971.
5. **Румшинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента.** М.: Наука, 1971.

Оглавление

Стр.

Предисловие	3
Глава I	
Основные сведения о студийных магнитофонах	
1. Назначение, условия работы, структура	4
2. Разновидности студийных магнитофонов	7
3. Виды испытаний. Приборы	11
Глава II	
Характеристики студийного магнитофона	
4. Основные показатели. Стандартизация	13
5. Характеристики движения магнитной ленты	16
6. Частотные и волновые зависимости	19
7. Нелинейные зависимости. Номинальный уровень записи	30
8. Помехи	37
9. Модуляционные искажения и шумы	40
Глава III	
Испытания отдельных функциональных частей магнитофона	
10. Испытание лентопротяжного механизма	44
11. Измерение средней скорости и дрейфа	51
12. Измерение детонации и длительности пуска	60
13. Испытание усилителя воспроизведения	66
14. Испытание усилителя записи	77
15. Испытание генераторов стирания и подмагничивания	81
Глава IV	
Общие испытания магнитофона	
16. Порядок измерения и настройки	83
17. Измерительные ленты	84
18. Испытание канала воспроизведения	90
19. Настройка канала записи	94
20. Оценка нелинейности канала записи	99
21. Измерение помех канала записи	102
22. Испытания стерео- и многоканальных магнитофонов	105
23. Дополнительные испытания	110
Список литературы	111