

Частотные искажения при магнитной записи

В. Брагинский

При конструировании аппаратуры для магнитной записи приходится учитывать возможность возникновения различного рода искажений и, в частности, частотных. Наличие частотных искажений при магнитной записи определяется целым рядом факторов. Не касаясь искажений, возникающих в усилительных устройствах (этот вопрос уже достаточно широко освещен в литературе), разберем лишь те искажения, которые связаны с самим существом процессов записи и воспроизведения. Наиболее существенными являются искажения, возникающие при воспроизведении фонограммы вследствие неравномерности величины эдс, развиваемой воспроизводящей головкой в пределах диапазона записанных частот.

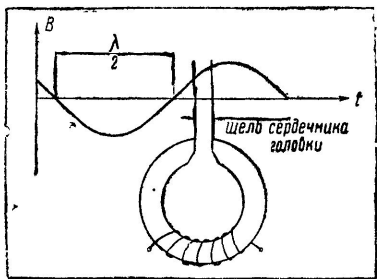


Рис. 1. Воспроизведение колебаний низкой частоты

Для звуконосителя, намагниченного по длине синусоидальными колебаниями, величина эдс, наведенной в головке, будет выражаться следующим отношением:

$$E = \omega \Phi_{\text{макс}} \sin \omega t, \quad (1)$$

где ω — число витков обмотки, ω — угловая частота изменения магнитного поля, $\Phi_{\text{макс}}$ — амплитудное значение магнитного потока в ленте.

Однако это соотношение справедливо лишь на тех частотах

диапазона, где длина волны записанных на ленте колебаний

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (2)$$

значительно превышает ширину щели головки (рис. 1). По мере увеличения частоты длина волны уменьшается и становится соизмеримой с размерами щели. Это приводит к уменьшению величины наводимой эдс. На рис. 1 и 2 показаны случаи воспроизведения низких и высоких частот.

Как уже было сказано, длина волны равна отношению скорости движения звуконосителя V к частоте f записанных колебаний. Чем меньше эта скорость, тем короче длина волны для одной и той же частоты. Этим объясняется сужение возможной полосы записываемых частот при понижении скорости движения звуконосителя.

В табл. 1 приведены значения длины волн для звуковых частот при различных скоростях звуконосителя.

По производственным соображениям щель магнитных головок трудно сделать меньше 0,015—

0,020 мм и поэтому для типовых воспроизводящих и универсальных головок ширина щели составляет 0,02 мм.

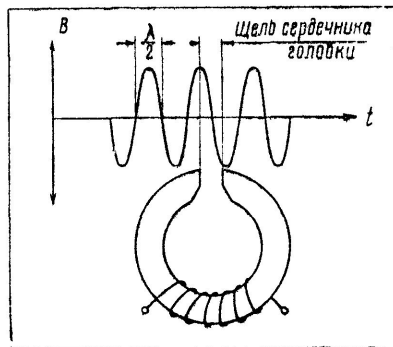


Рис. 2. Воспроизведение колебаний высокой частоты

Следует иметь в виду, что действующая ширина щели, так называемая «физическая» щель, из-за наличия магнитного поля рассеяния для вышеуказанных головок оказывается несколько большей; ориентировочно можно считать ее равной 0,03 мм. Этим

Таблица 1

Частота (гц)	Длина волны (мм)			
	770 мм/сек	456 мм/сек	385 мм/сек	192,5 мм/сек
30	26,6	15,86	13,3	6,65
50	15,4	9,12	7,7	3,85
100	7,7	4,56	3,85	1,92
200	3,85	2,28	1,92	0,96
300	2,66	1,59	1,33	0,67
500	1,54	0,91	0,77	0,38
1000	0,77	0,46	0,38	0,19
2000	0,38	0,23	0,19	0,096
3000	0,27	0,16	0,13	0,07
4000	0,19	0,11	0,081	0,05
5000	0,15	0,09	0,077	0,038
6000	0,13	0,08	0,064	—
7000	0,11	0,065	0,055	—
8000	0,095	0,057	0,048	—
9000	0,086	0,051	0,043	—
10000	0,077	0,046	0,038	—
12000	0,064	0,04	—	—

наименьшим значением определяется та частота, на которой отдача головки падает до нуля.

$$f_{гч} = \frac{V \text{ мм/сек}}{0,03}. \quad (3)$$

Частотные искажения имеют место также и при записи. Исследование этого процесса показывает, что окончательная величина остаточной намагниченности звуконосителя определяется величиной поля на границе щели записывающей головки.

Можно считать, что при записи низших и средних частот за все время пребывания звуконосителя перед записывающей головкой направление поля звуковой частоты остается неизменным. На высших же частотах поле успевает изменить направление, что приводит к некоторому ослаблению намагниченности носителя. Наличие в щели головки, кроме основного низкочастотного поля, модулирующего носитель, и высокочастотного поля подмагничивания, усложняет картину и вызывает увеличение завала характеристики на высших частотах.

Характеристика частотных искажений в магнитной записи будет неполной, если не сказать об искажениях, возникающих в звуконосителе. В простейшем случае, когда производится запись синусоидальных колебаний, звуконоситель оказывается намагниченным переменнo по величине и направлению. В упрощенном виде его можно представить как бесконечный ряд постоянных магнитов, сложенных друг с другом одно-

именными полюсами. Длина каждого из таких магнитов определяется половиной периода записанных колебаний и скоростью продвижения звуконосителя. Из-за наличия внутреннего размагничивающего поля внутри каждого из таких условных магнитов и влияния соседних намагниченных участков звуконосителя после записи уменьшается степень намагниченности носителя, причем более короткие области намагничивания размагничиваются в большей степени. Величина саморазмагничивания зависит от магнитных свойств материала звуконосителя и от отношения длины волны к размерам его поперечного сечения. Таким образом, чем больше скорость и чем меньше толщина рабочего слоя звуконосителя, тем в меньшей степени будет проявляться эффект саморазмагничивания.

Кроме указанных причин, на форму частотной характеристики влияет еще ряд второстепенных факторов.

Сложение всех частотных искажений, возникающих в процессе записи и воспроизведения, дает суммарную характеристику магнитной записи. Такая характеристика, снятая для типовых головок при постоянстве амплитуды тока, протекающего через обмотку записывающей головки и при линейной частотной характеристике усилителя воспроизведения, приведена на рис. 3 (кривая 1). При снятии этой характеристики нагрузкой воспроизводящей головки являлось очень большое со-

противление (1 мегом), что практически эквивалентно режиму холостого хода головки. По горизонтальной оси графика отложены не частоты, а значения длины волны. Это делает характеристику не зависимой от скорости. Пользуясь табл. 1, нетрудно пересчитать значение длины волны

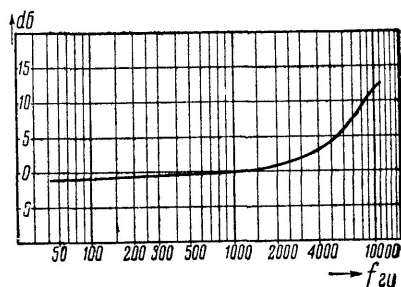


Рис. 4. Типовая частотная характеристика тока в записывающей головке

в частоту для конкретно выбранной скорости. По вертикальной оси на рис. 3 отложен относительный уровень в децибеллах.

КОРРЕКЦИЯ ЧАСТОТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Из приведенной на рис. 3 суммарной характеристики магнитной записи следует, что для обеспечения линейной частотной характеристики сквозного канала «запись-воспроизведение» в усилителях магнитофона необходимо иметь подъем низших и высших частот. Требуемую величину подъема нетрудно установить из того же графика рис. 3 (кривая 2), задавшись скоростью движения звуконосителя и пересчитав соответственно этому значение длины волны в частоту. Ввиду того, что кривая f на рис. 3 снята для головок с неизменной рабочей частью, при конструировании полезно предусмотреть некоторый запас коррекции (6—8 дБ), необходимый при срабатывании головки. Ориентировочные значения максимального подъема можно взять из того же рисунка (кривая 3).

Одной из важных задач, которую приходится решать при конструировании усилителей, является правильное распределение необходимой коррекции между отдельными звеньями тракта магнитной записи. Для уменьшения прослушивания фона и низкочастотных наводок выгодно было бы осуществлять основной подъем низких частот в усилителе записи. Однако это может привести

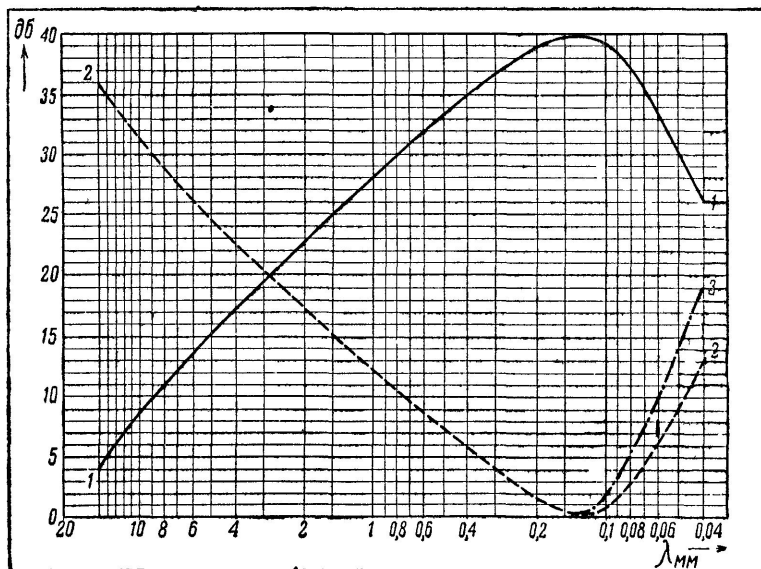


Рис. 3. Суммарная характеристика магнитной записи (1) и характеристики необходимой коррекции (2, 3)

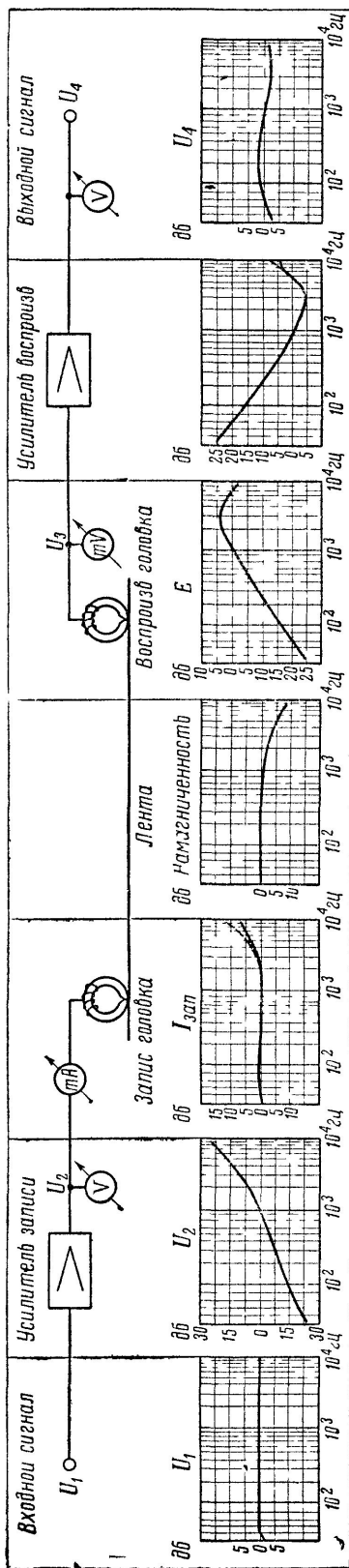


Рис. 5. Частотные соотношения в тракте магнитной записи при скорости 770 мм/сек

к появлению нелинейных искажений, если мы выйдем за пределы линейного участка характеристики намагничивания звуконосителя. Если же пойти на снижение намагниченности ленты на средних частотах, то пропорционально этому снижению уменьшится динамический диапазон записи. В отличие от низких частот, в силу того, что в спектре натуральных звучаний музыки и речи высокочастотные составляющие ослаблены по сравнению со среднечастотными (на частотах 8—10 кГц ослабление достигает 10—12 дБ), появляется возможность поднять усиление высоких частот при записи на эту величину.

Таким образом, частотная характеристика усилителя записи не зависит от скорости движения звуконосителя и определяется только распределением энергии в спектре естественных звучаний.

В магнитофонах, рассчитанных на получение высококачественной записи, обычно принимается частотная характеристика записи, приведенная на рис. 4.

Под частотной характеристикой усилителя записи понимается зависимость величины тока в записывающей головке от его частоты при постоянстве напряжения на входе усилителя. Частотная характеристика выражается в децибеллах, причем за нулевой уровень принимают величину тока на частоте 1000 Гц.

Имея определенную характеристику усилителя записи и зная общую величину коррекции для сквозного тракта «запись-воспроизведение», нетрудно установить, какой должна быть характеристика воспроизводящей части аппарата. Примером частотных соотношений для тракта магнитной записи на скорости 770 мм/сек являются соотношения, приведенные на рис. 5.

Описанный метод распределения частотной коррекции между элементами тракта не совсем удобен при конструировании магнитофонов с одним усилителем, выполняющим функции усилителя записи и усилителя воспроизведения. В этом случае для упрощения схемы усилителя часто бывает выгодно иметь неизменную частотную характеристику. Для того, чтобы в этих случаях не делать нежелательного при записи слишком большого подъема частотной характеристики на низких частотах, часть необходимой коррекции вводят непосредственно в цепь записывающей и воспроизводящей головок. Остальную коррекцию распределяют поровну

между каналами записи и воспроизведения.

По такому принципу построены усилители магнитофонов МАГ-2, МАГ-4, Днепр-1. Во всех этих магнитофонах характеристика тракта записи имеет подъем как в области высоких, так и в области низких частот диапазона. Это заставляет снижать номинальную величину намагниченности звуконосителя на средних частотах и, следовательно, ведет к некоторому увеличению относительного уровня шумов.

СНЯТИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Снятие частотных характеристик в аппаратуре магнитной записи нужно производить с большой тщательностью. Значительная величина годъема частотной характеристики усилителей заставляет сильно снижать входной уровень. Как правило, в аппаратуре магнитной записи измерение частотных характеристик производят на уровне 10% от номинального.

Величины токов для записывающей головки лежат в пределах 0,3—5 мА и для универсальной головки (в режиме записи) уменьшаются до 0,05—0,5 мА. При отсутствии чувствительного термомиллиамперметра, который включается непосредственно в цепь записывающей головки, измерение можно производить по падению напряжения на активном сопротивлении, включаемом последовательно в цепь головки. Для того, чтобы введение сопротивления при измерении не изменило действительных уровней тока, его величина не должна быть слишком большой. В цепь типовой записывающей головки обычно бывает возможно включить сопротивление 20—50 Ом, а в цепь универсальной головки в режиме записи 150—250 Ом. Падение напряжения на сопротивлении измеряется милливольтметром.

Приближенные измерения можно произвести чувствительным вольтметром, подключаемым к выводам головки. Напряжения на выводах при различных частотах для типовых записывающих и универсальных головок при токе в 1 мА приведены в табл. 2.

При пользовании этой таблицей необходимо пересчитать приведенные значения напряжений в требуемые. Например, для типовой записывающей головки на частоте 5000 Гц необходимо обеспечить подъем частотной характеристики на 4,5 дБ (в 1,7 раза). Если ток

Частота в гц	Напряжение в в		Частота в гц	Напряжение в в		Частота в гц	Напряжение в в	
	записывающая головка	универсальная головка		записывающая головка	универсальная головка		записывающая головка	универсальная головка
50	0,0045	0,05	1000	0,045	0,67	6 000	0,24	3,1
100	0,007	0,03	2000	0,09	1,23	7 000	0,28	3,3
200	0,011	0,14	3000	0,13	1,73	8 000	0,32	3,4
400	0,02	0,25	4000	0,17	2,4	9 000	0,36	3,5
800	0,04	0,55	5000	0,22	2,6	10 000	0,38	3,55

на частоте 1000 гц равен 1 ма (что соответствует напряжению на выводах, равному 0,045 в), то на частоте 5000 гц напряжение на выводах должно составить $0,22 \times 1,7 = 0,375$ в.

При всех измерениях частотной характеристики усилителя записи подмагничивание необходимо включать. Миллиамперметр или активное сопротивление, вводимое в цепь при измерении, нужно включать в заземленный конец головки.

Под характеристикой тракта воспроизведения следует понимать зависимость отношения выходного напряжения воспроизводящего тракта к эдс, развиваемой головкой в зависимости от частоты. За начальный уровень отсчета принимается уровень на частоте 1000 гц. При измерениях надо так ввести эдс в цепь головки, чтобы сопротивление входной цепи не сильно изменилось. Это можно сделать одним из способов, показанных на рис. 6.

Преимущество измерений по способам, приведенным на рис. 6, а и 6, в, заключается в возможности подавать на вход системы значительно большие входные уровни, чем при измерении по схеме 6, б, без опасения попасть на нелинейный участок амплитудной характеристики усилителя на низких частотах, где его усиление максимально.

Характеристика тракта воспроизведения при этом становится

похожей на изображенную на рис. 4. Для скорости 770 мм/сек можно пользоваться точными значениями, приведенными на рис. 4.

При всех измерениях воспроизводящей части канала необходимо учитывать, что эдс, развиваемая типовой воспроизводящей головкой на средних частотах, равна примерно 1,5—2 мв. Исходя из этого, выбирают параметры делителя напряжения и устанавливают выходной уровень генератора звуковой частоты.

В обычных для радиолюбительской практики случаях необходимо добиваться точного совпадения по всем точкам реальных характеристик усилителей с заданной характеристикой. После того, как мы убедимся в том, что общий ход характеристики правилен, дальнейшую коррекцию удобно производить по сквозному тракту «запись-воспроизведение», записывая на пленку различные частоты, поданные от генератора, и измеряя выходное напряжение при воспроизведении сделанных записей.

Важное значение с точки зрения частотных искажений сквозного канала «запись-воспроизведение» имеет правильное положение щелей головок. Щели записывающей и воспроизводящей головок должны быть установлены перпендикулярно краю ленты и параллельно друг другу. Небольшой перекося эквивалентен расширению «физической» щели и, сле-

довательно, ведет к появлению дополнительного завала частотной характеристики на высоких частотах.

Установка головок перпендикулярно краю ленты в заводских условиях производится при помощи испытательной ленты. В любительских условиях для настройки достаточно установить записывающую

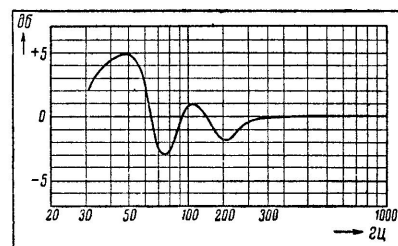


Рис. 7. Частотные искажения на низких частотах, объясняющиеся влиянием экрана воспроизводящей головки

вающую головку с возможно большей точностью вертикально и, воспроизводя запись высоких частот, сделанную при этой установке головок, найти такое положение головки воспроизведения, при котором на выходе канала

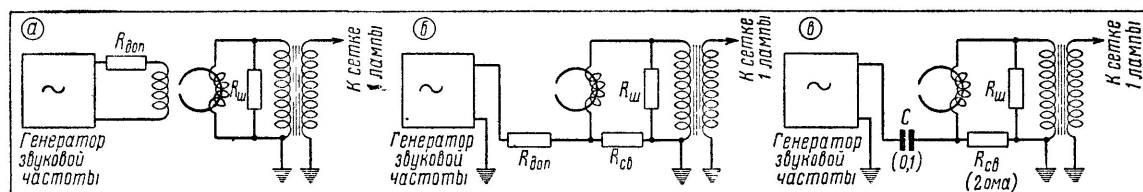


Рис. 6. Схемы подачи напряжения в цепь воспроизводящей головки при снятии частотных характеристик тракта воспроизведения

получается максимальное значение напряжения. Это соответствует параллельному положению щелей головок.

Допустимая неравномерность характеристики сквозного тракта для радиолюбительских конструкций лежит в пределах ± 3 до ± 4 дБ.

При снятии сквозных частотных характеристик магнитофонов, работающих на скорости 770 м.м./сек, нередко обнаруживается, что их характеристики в области низших частот напоминают по форме си-

нусоиду с постепенно убывающей амплитудой. Объяснение этого явления было дано в 1950 году А. А. Вроблевским и В. Г. Корольковым. Искажения подобного типа объясняются влиянием экрана головки воспроизведения. В этом случае участки от краев экрана до сердечника головки являются дополнительной щелью. Магнитный поток, возникающий в сердечнике от этой щели, может складываться с основным магнитным потоком сердечника или вычитаться из него. Это дает макси-

мумы и минимумы в частотной характеристике. Типичная для этого случая частотная характеристика приведена на рис. 7.

Устранение таких искажений достигается расширением расстояния между краями экрана или удалением краев экрана от звуконосителя.

В иностранной литературе возникновение этого типа искажений неправильно объяснялось влиянием той части сердечника воспроизводящей головки, которая соприкасается с лентой.

ОБМЕН ОПЫТОМ

Приспособления для вырезания отверстий под ламповые панельки

Ручное приспособление для вырезания отверстий под ламповые панельки, внешний вид которого показан на рис. 1, сделал Н. Пилипчук из г. Ташкента.

Для изготовления такого приспособления нужен кусок стальной пружинной проволоки длиной 30—35 см и диаметром 4—5 мм. Спиральную часть навивают в нагретом состоянии; это обеспечивает плотное прилегание витков к стержню после остывания. Затем, отрезав излишек проволоки, затачивают оба конца, придавая одному из них вид граненого шила, а другому — резца. После заточки оба конца подвергаются термической обработке. При помощи такого приспособления можно вырезать отверстия в алюминиевых шасси.

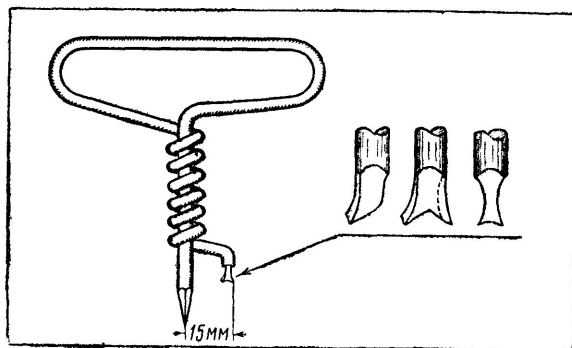


Рис. 1

Другое приспособление для той же цели предложил техник Павлово-Посадского радиоузла Э. Урибе. Оно состоит из сверла диаметром 5—6 мм, резца того же диаметра и держателя, изготовленного из стали. Внешний вид приспособления и размеры

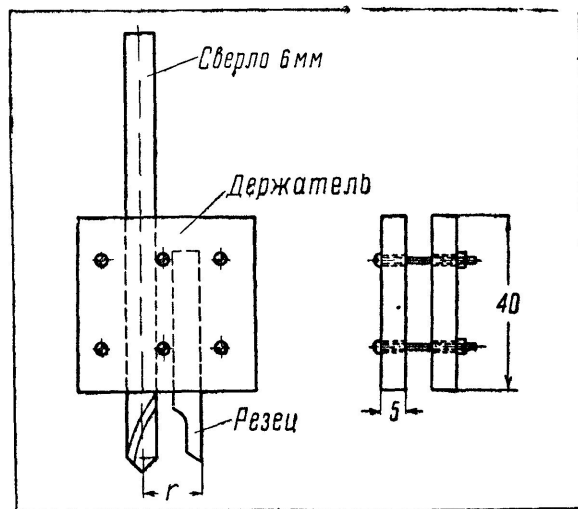


Рис. 2

держателя показаны на рис. 2. Хвостовая часть сверла вставляется в патрон дрели. Расстояние между центром сверла и режущей кромкой резца должно быть равно радиусу вырезаемого отверстия.

От редакции. Для надежного крепления резца и, следовательно, вырезания правильного отверстия в приспособлении т. Урибе необходимо взять резец и сверло одинакового диаметра. Это, однако, трудно обеспечить в любительских условиях. Поэтому в держателе надо сделать полукруглые канавки, между которыми следует закреплять сверло и резец.