



Инж. И. С. Рабинович

В предыдущей статье¹ мы установили, каковы должны быть частотная и амплитудная характеристики рекордера. Сейчас возникает вопрос о том, какими способами можно получить рекордер с характеристиками, возможно более близкими к идеальным. Для этого нам нужно будет ознакомиться с тем, как устроен рекордер, какие в нем происходят преобразования энергии и по каким законам эти преобразования осуществляются. Только такой анализ устройства и действия даст нам возможность вскрыть источники возможных искажений, с тем чтобы избежать ошибок при постройке и обращении с прибором.

Рекордер является электромагнитным механизмом. В этом определении имеются указания на основные преобразования энергии, совершающиеся

всю цепь зависимостей и обнаружить источники возможных искажений, тающиеся в каждом звене. Попутно мы сумеем установить основные требования к конструкции отдельных частей прибора.

ТОК И МАГНИТНЫЙ ПОТОК

Начнем со связи между электрическим током и магнитным потоком. Когда по катушке рекордера течет электрический ток I , то в якоре возникает магнитный поток Φ (рис. 1). Выходя из северного конца якоря N , магнитные силовые линии распределяются между верхними концами башмаков P_1 и P_2 и, пройдя вдоль башмаков через нижние воздушные зазоры, снова входят в якорь. Величина магнитного потока Φ связана с током I следующей зависимостью;

$$\Phi = \frac{1,25n}{R_m} I.$$

Здесь Φ — число силовых линий магнитного потока; n — число витков катушки; I — сила тока в амперах и R_m — магнитное сопротивление пути, по которому течет магнитный поток.

Величина магнитного сопротивления поддается приближенному определению, если сделать некоторые допущения. Весь свой путь магнитный поток проходит частью через воздух (в зазорах), частью по железу (якорь и башмаки). Так как магнитная проницаемость железа во много раз больше, чем у воздуха, то мы не особенно ошибемся, допустив, что все магнитное сопротивление пути равно одному только сопротивлению воздушных зазоров. Следовательно, сопротивлением железа мы пренебрегаем.

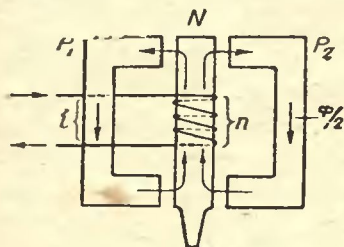


Рис. 1

в приборе. Во-первых, он является потребителем электрического тока, во-вторых, прибор выполняет при этом определенную механическую работу и, в-третьих, связь между потреблением электрической энергии и отдачей механической осуществляется через посредство магнитной энергии.

В рекордере мы встречаемся со следующей цепью зависимостей. Звуковая катушка прибора присоединяется к выходу усилителя. Под действием переменной электродвижущей силы по катушке течет ток, зависящий от величины эдс и сопротивления катушки переменному току. Для различных частот это сопротивление неодинаково. Протекание тока по виткам катушки сопровождается возникновением переменного магнитного потока в сердечнике катушки и в якоре рекордера. Магнитный поток является причиной появления меняющихся по величине сил, действующих на якорь. Под действием этих сил якорь приходит в колебательное движение. Форма этого движения как бы регистрируется пластинкой для записи в виде извилистой звуковой бороздки. Нам нужно будет проследить

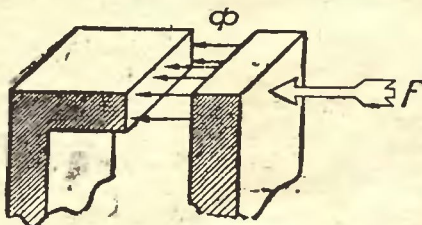


Рис. 2

Кроме того, мы сделаем еще одно допущение, касающееся формы магнитного потока в воздушных зазорах. Именно мы предположим, что все силовые линии протекают совершенно прямо и параллельно между срезами полюсных башмаков и обращенными к ним концами якоря, как это

изображено на рис. 2. Магнитное сопротивление такого воздушного зазора $R_m = \frac{l}{S}$, где l — длина зазора в см, а S — его поперечное сечение в см². Длина зазора может меняться на практике в пределах от 0,5 до 1 мм и даже больше. Для примера допустим, что $l = 0,75 \text{ мм} = 0,075 \text{ см}$. Сечение

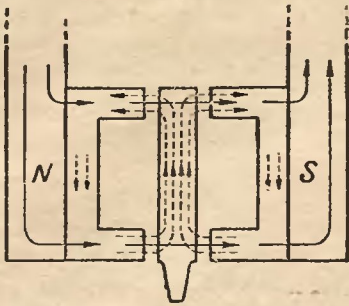


Рис. 3

воздушного зазора пусть равняется $10 \text{ мм}^2 = 0,1 \text{ см}^2$, как это и может иметь место в действительности, тогда для нашего случая $R_m = \frac{0,075}{0,1} = \frac{3}{4}$.

Магнитный поток, выйдя из верхнего конца якоря, разделяется между двумя ветвями (правой и левой). Сопротивление правой ветви равно сумме сопротивлений верхнего и нижнего правых воздушных зазоров, т. е. $2 R_m$. Таково же сопротивление и левой ветви. А так как обе ветви по отношению к потоку в якоря соединены параллельно, то общее их сопротивление будет вдвое меньше сопротивления каждой ветви, т. е. будет равно R_m .

Воспользовавшись полученным выражением для магнитного сопротивления, мы можем теперь написать $\Phi = 1,25 \frac{nS}{l} I$.

Легко видеть, что для данного прибора n , S и l — постоянные величины и что, следовательно, между током I и потоком Φ существует линейная зависимость.

Для того чтобы сделать эту и дальнейшие формулы более наглядными, мы будем попутно производить примерные вычисления. Пусть сопротивление катушки рекордера постоянному току равно 2000 омов. На низких частотах индуктивным сопротивлением можно пренебречь. Пусть далее эффективное напряжение на катушке равно 25 вольтам, тогда амплитуда напряжения будет в $\sqrt{2}$ раза больше, т. е. примерно 35 вольт. Амплитуда силы тока на низких частотах порядка 50–100–200 кол/сек будет равняться $I_0 = \frac{35}{2000} = 0,0175 = 17,5 \text{ мА}$. Найдем теперь величину магнитного потока при $I_0 = 17,5 \text{ мА}$, предполагая, что число витков катушки $n = 2500$:

$$\Phi_0 = 1,25 \frac{2500 \cdot 0,1}{0,075} = 0,0175 = 70 \text{ силовых линий.}$$

Величина магнитного потока, как это следует из формулы, прямо пропорциональна силе тока, и это соотношение не зависит ни от частоты, ни от силы тока. Зависимость между магнитным потоком и током такова, что, повидимому, никаких искажений амплитудной и частотной характеристик в этом пункте возникнуть не может.

На самом деле, если искажений нет, то только при определенных условиях.

Пропорциональность между током I и потоком Φ имеет место только для сравнительно слабых

токов. При дальнейшем увеличении тока железо может насытиться и его сопротивление магнитному потоку резко возрастет. При определении R_m в этом случае уже нельзя пренебрегать сопротивлением сердечников и якоря, сопротивление же их магнитному потоку будет зависеть от силы тока I .

В формуле $\Phi = \frac{1,25 \cdot n}{R_m} I = kI$ коэффициент пропорциональности k перестает быть постоянным числом и графически зависимость между Φ и I выйдет уже не прямой линией. Вследствие этого возникнут нелинейные или амплитудные искажения. Итак, следовательно, для избежания этого нельзя допустить слишком больших значений силы тока или слишком малого сечения сердечников и якоря.

Но кроме амплитудных могут возникнуть еще и частотные искажения. Если сердечники сделаны из сплошного железа, а не составлены в виде пакетов пластинок трансформаторного железа, то в них возникают так называемые вихревые токи. Эти вихревые токи в сердечниках и якоря создают магнитный поток, который имеет направление, противоположное магнитному потоку, создаваемому катушкой, и который уменьшает величину последнего. Так как вихревые токи возрастают в силе при повышении частоты переменного тока, питающего катушку, то произойдут частотные искажения. А именно, даже если амплитуда силы тока, питающего рекордер, не меняется, то все же при повышении частоты тока будет уменьшаться общий магнитный поток, получаемый от сложения двух потоков: одного — создаваемого током в катушках и другого — обусловленного вихревыми токами.

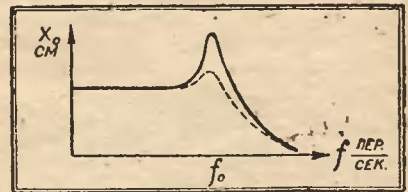


Рис. 4

Средством для предупреждения этой нежелательной зависимости величины магнитного потока от частоты является, как уже указано, расслоение сердечника на тонкие изолированные друг от друга пластинки.

МАГНИТНЫЙ ПОТОК

Перейдем теперь к наиболее сложной зависимости между магнитным потоком и силой, действующей на якорь.

Рассмотрим какой-либо из воздушных зазоров (рис. 2). Магнитные линии, проходя в зазоре, соединяют между собой обращенные друг к другу срезы полюсного башмака и соответствующую часть поверхности якоря. Магнитные линии по своим свойствам похожи на упругие резиновые нити: они стремятся сократиться по длине и сблизить между собой соединяемые ими поверхности. Поэтому к концу якоря будет приложена сила F , стремящаяся повернуть якорь около его оси вращения.

Известно, что если величина магнитного потока равна Φ силовым линиям, то возникает механическая сила

$$F = \frac{\Phi^2}{25 S}$$

Здесь λ — сечение магнитного потока (воздушного зазора) в см^2 и F — приложенная к якору сила в динах (одна дина почти равна одной тысячной доле грамма). Итак, сила, действующая на якорь, пропорциональна не величине магнитного потока, а квадрату второй величины, т. е. здесь мы встречаемся с явно нелинейной зависимостью между двумя звеньями нашей цепи.

Так например, если $\Phi = 100$ силовым линиям, то $F = 4$ г, если же Φ возрастает в два раза, то сила увеличится в четыре раза — до 16 г. Такая зависимость не может не повести к сильнейшим

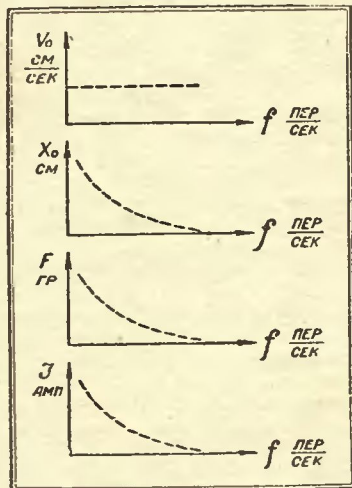


Рис. 5

амплитудным искажениям. При этом из формулы следует, что эти искажения будут иметь место при любых сколь угодно малых значениях магнитного потока.

Определим силу, действующую на якорь нашей системы при протекании тока I по катушке. Ток I вызывает в якоре магнитный поток $\Phi_{\text{ак}}$:

$$\Phi_{\text{ак}} = \frac{1,25\pi S}{l} I.$$

Выйдя из якоря, этот поток разветвляется, поэтому в каждом зазоре течет половинный магнитный поток:

$$\Phi_{\text{зав}} = \frac{1,25\pi S}{2l} I.$$

Сила, действующая на якорь со стороны левого зазора, равна

$$F_{\text{лев}} = \frac{\Phi_{\text{зав}}^2}{25S} = \frac{1}{25S} \left(\frac{1,25\pi S}{2l} \right)^2 I^2.$$

т. е. сила пропорциональна квадрату тока.

Кроме того в правом воздушном зазоре протекает такой же магнитный поток $\Phi_{\text{зав}}$. Этот поток соединяет якорь с верхним концом правого башмака. Якорь и этот конец башмака также стремятся сблизиться с такой же силой $F_{\text{прав}}$. Таким образом на якорь справа действует такая же по величине сила, как и слева, но только в противоположном направлении. Эти силы взаимно друг друга уравновешивают при любом значении магнитного потока Φ и силы тока I в катушках.

Невольно закрадывается сомнение в том, пригодна ли вообще наша электромагнитная система для поставленных перед нею целей.

Но, к счастью, странные выводы, к которым мы пришли, обязаны одному сделанному нами упущению. Мы забыли, что в рекордере имеется постоянный магнит и что в воздушных зазорах должны протекать два магнитных потока: поток постоянного магнита

и поток катушки. Придадим теперь магнит к полюсным башмакам и снова рассмотрим, какая сила действует на якорь. Постоянный магнитный поток (рис. 3), выходя из северного полюса N , входит в левый башмак, распределяется между его концами, проходит через воздушные зазоры и концы якоря и входит в другой башмак и южный полюс магнита S .

Таким образом через воздушные зазоры течет все время постоянный магнитный поток Φ_0 . На рис. 3 силовые линии его обозначены сплошными стрелками.

При отсутствии тока в катушках, а следовательно, и вызванного им магнитного потока, через воздушные зазоры течет только поток постоянного магнита. Благодаря этому, как уже упоминалось, к якору оказываются приложенными равно противоположные силы, взаимно уничтожающиеся.

Пусть через катушку течет теперь постоянный ток. В каждом зазоре будут складываться два магнитных потока: один — создаваемый постоянным магнитом Φ_0 , другой — создаваемый током $\Phi_{\text{зав}}$ (рис. 3). В то время как первый поток во всех зазорах течет в одном направлении, поток, создаваемый катушкой, протекая по якору, при выходе из северного конца его разветвляется и имеет противоположные направления в зазорах. На рис. 3 силовые линии его обозначены пунктирными стрелками.

Потому в правом верхнем зазоре магнитные потоки складываются, будучи одинаково направленными, и общий поток равен $\Phi_{\text{прав}} = \Phi_0 + \Phi_{\text{зав}}$, где Φ_0 — поток постоянного магнита, $\Phi_{\text{зав}}$ — поток, создаваемый катушкой. В другом же зазоре $\Phi_{\text{лев}} = \Phi_0 - \Phi_{\text{зав}}$, так как магнитные потоки противоположно направлены. Сила, действующая справа на якорь

$$F_{\text{прав}} = \frac{\Phi_{\text{прав}}^2}{25S} = \frac{(\Phi_0 + \Phi_{\text{зав}})^2}{25S},$$

а слева действует сила

$$F_{\text{лев}} = \frac{\Phi_{\text{лев}}^2}{25S} = \frac{(\Phi_0 - \Phi_{\text{зав}})^2}{25S}.$$

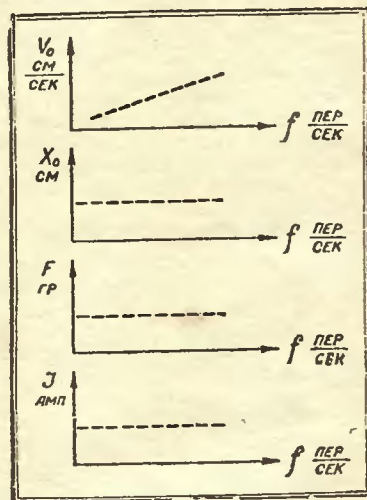


Рис. 6

Итак, одна сила теперь возросла, а другая уменьшилась, и хотя они попрежнему тянут в разные стороны, но равновесия между ними не будет. Если бы обе силы действовали в одну сторону, то мы должны были бы их сложить, чтобы найти

суммарную силу. В нашем же случае для определения равнодействующей нужно из большей вычесть меньшую.

Итак общая сила, стремящаяся повернуть якорь (в сторону большей силы вправо), равна:

$$F = F_{\text{прав}} - F_{\text{лев}} = \frac{(\Phi_0 + \Phi_{\text{взв}})^2}{25S} - \frac{(\Phi_0 - \Phi_{\text{взв}})^2}{25S}$$

Возведя числители в квадрат и сделав вычитание, получим сравнительно простое выражение:

$$F = \frac{\Phi_0^2 + 2\Phi_0\Phi_{\text{взв}} + \Phi_{\text{взв}}^2}{25S} - \frac{\Phi_0^2 - 2\Phi_0\Phi_{\text{взв}} + \Phi_{\text{взв}}^2}{25S} = \frac{4\Phi_0\Phi_{\text{взв}}}{25S} = \left(\frac{4\Phi_0}{25S}\right)\Phi_{\text{взв}}$$

Выражение, стоящее в скобках, представляет собой, очевидно, постоянную величину, которую мы обозначим через C . Тогда окончательно получаем $F = C\Phi_{\text{взв}}$. Применением постоянного магнита мы преодолели нелинейную зависимость между потоком и силой.

Если ток через катушку будет течь в противоположном направлении, то изменится и направление магнитного потока через якорь, изменится и направление силы. Якорь будет стремиться двигаться в другую сторону. Пусть теперь через катушку течет переменный ток. Так как

$$\Phi_{\text{взв}} = \frac{1}{2}\Phi_{\text{як}} = \frac{1}{2}\frac{1,25nS}{l}I,$$

то

$$F = \frac{4\Phi_0}{25S}\Phi_{\text{взв}} = \frac{4\Phi_0 \cdot 1,25nS}{25 \cdot S \cdot 2 \cdot l}I = \frac{n\Phi_0}{10l}I,$$

где $\frac{n\Phi_0}{10l}$ — постоянная величина. Следовательно,

сила, действующая на якорь, в любой момент времени будет пропорциональна силе тока, что и требуется.

Найдем амплитуду этой силы в нашем примере. Предположим, что постоянный магнитный поток

$$\Phi_0 = 1000 \text{ силовых линий. Тогда } F = \frac{2500}{10} \cdot \frac{1000}{0,075} \times \times 0,0175 = 58 \cdot 10^3 \text{ дин} \approx 58 \text{ г.}$$

Следует конечно оговориться, что к нижнему концу якоря также приложены силы, но так как этот конец якоря, будучи укреплен на осн, смещаться не может, то рассмотрение этих сил не представляет для нас интереса.

Конечно вместо постоянного магнита можно применить подмагничивание нашей системы постоянным током. Из формулы видно, что сила, действующая на вибратор, тем больше, чем больше сила постоянного магнита. Исходя из этого, можно повысить чувствительность рекордера, применяя более сильный постоянный магнит или более сильный ток подмагничивания. Но оказывается, что слишком далеко идти в этом отношении нецелесообразно, так как при дальнейшем увеличении постоянного магнитного потока возрастает магнитное сопротивление железа и переменный магнитный поток $\Phi_{\text{взв}}$ начинает быстро ослабляться. При той же самой силе переменного тока и при возрастании тока подмагничивания произведение $\Phi_0\Phi_{\text{взв}}$ начинает падать и сила, действующая на якорь, уменьшается. Кроме того при магнитном перенасыщении железа возрастают, как уже выше было указано, нелинейные искажения. Частотных искажений в рассмотренном звене мы можем не опасаться.

СИЛА И СКОРОСТЬ

До сих пор мы рассматривали якорь как часть магнитопровода и установили, что на него действует сила, пропорциональная току, питающему рекордер. Теперь мы рассмотрим якорь в качестве вибратора, способного к механическим колебаниям.

Предположим, что рекордер пытается переменить ток, частота которого возрастает от 50—100 до 5000 пер/сек, амплитуда же тока остается неизменной. В таком случае на якорь (вибратор) будет действовать постоянная по величине сила. Нам предстоит определить, каков будет характер движения вибратора в этом случае. В частности нас будет интересовать, как будет меняться скорость колебаний якоря.

Подробное рассмотрение вопроса завело бы нас слишком далеко. Поэтому мы ограничимся основными соображениями.

Известно, что любая механическая колебательная система (например маятник часов или гири, подвешенная на пружине) приходит в движение под действием внешней силы. При этом отклонения, совершаемые чечевницей маятника или гирей, зависят не только от величины силы, но и от ее частоты. Даже если сила остается по величине постоянной, мы наблюдаем, что отклонение колеблющегося тела увеличивается или уменьшается с изменением частоты и что особенно большие размахи имеют место при определенной частоте, называемой собственной частотой колебаний системы. Частота эта называется собственной потому, что если тело вывести из положения равновесия и затем предоставить самому себе, т. е. устранить действие внешней силы, то оно будет колебаться как раз с этой определенной собственной частотой.

Когда же к телу приложена внешняя периодическая сила, то оно будет колебаться с частотой этой силы. Такие колебания тела являются уже не собственными, а вынужденными. Вынужденные колебания достигают особенно большой амплитуды, когда частота внешней силы совпадает с частотой собственных колебаний. Это явление называется резонансом, а частота, при которой оно имеет место, называется частотой резонанса.

Изменение амплитуды отклонения X_0 под действием F силы, постоянной по величине и меняющейся по частоте, можно выразить графически. Тогда мы получаем так называемую кривую резонанса. Она изображена на рис. 4. По вертикальной оси отложены амплитуды колебания Δ_0 , а по горизонтальной — частота внешней силы f . Через f_0 обозначена собственная частота колебаний. Она же равна и частоте резонанса.

Рассмотрим кривую резонанса. Ее можно разделить на три участка. На нижнем участке, когда частота внешней силы значительно меньше резонансной частоты, амплитуда отклонения остается почти постоянной. Вблизи резонансной частоты амплитуда отклонения резко возрастает, здесь мы имеем второй участок кривой. И наконец на третьем участке при частотах выше резонансной амплитуда стремительно падает. Нас больше всего будет интересовать первый участок с постоянной амплитудой. Заметим еще, что высоту резонансного пика можно уменьшить, увеличив затухание (потерю энергии), в системе. Таким образом первый участок может быть практически расширен за счет второго. Изменение кривой резонанса при увеличении затухания показано на рис. 4 пунктирной линией.

В рекордерах профессионального типа, применяемых для записи граммофонных пластинок, стре-

мается частоту собственных колебаний якоря сделать возможно более высокой — порядка 5 000—6 000 пер/сек. Для простоты предположим, что якорь нашего рекордера имеет такую же высокую собственную частоту. Кроме того предположим еще, что затухание его колебаний (благодаря например удачному погружению якоря в резину) достаточно велико, так что вплоть до самых высоких записываемых нами частот (4 000 — 5 000 пер/сек) амплитуды его отклонения постоянны (под действием постоянной по величине силы). Тогда кривая резонанса для нашего якоря должна изображаться пунктиром на рис. 4.

Что произойдет, если мы будем питать катушку рекордера постоянным по амплитуде током разной частоты, но меньшей, чем резонансная частота якоря? Так как сила тока постоянна, то и механическая сила, действующая на якорь, также будет постоянной, а поэтому отклонения реза не будут зависеть от частоты. Все это графически изображено на рис. 5, где по горизонтальным осям отложена частота, а по вертикальным — сила тока I , сила F и отклонение X_0 . Так как все эти величины постоянны независимо от частоты, то они изображаются горизонтальными прямыми.

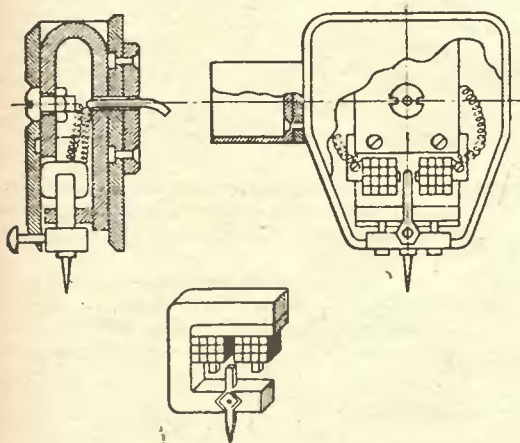


Рис. 7

В предыдущей статье уже говорилось, что при постоянной амплитуде отклонения скорость колебательного движения реза возрастает прямо пропорционально частоте. На том же рис. 5 наклонной линией изображено изменение амплитуды скорости V_0 в зависимости от частоты.

Отсюда мы видим, что если на разных частотах питать рекордер постоянным по величине током, то скорость реза не остается постоянной, а возрастает пропорционально частоте. Между тем мы знаем, что указанная зависимость требуется лишь на самых низких частотах, скорость же реза на более высоких частотах (от 200 и выше) должна быть постоянной: очевидно, этого последнего можно достичь, если питать рекордер током, сила которого будет не постоянна, а будет падать пропорционально частоте. Соответствующий случай изображен кривыми на рис. 6.

Вместе с силой тока I падает и сила F , падает и амплитуда отклонения X_0 , зато V_0 — амплитуда скорости — изображается горизонтальной прямой.

НАПРЯЖЕНИЕ И ТОК

Напомним из предыдущей статьи, что за исключением самых низких частот в рекордере ско-

рость колебаний реза должна оставаться постоянной при постоянстве напряжения на обмотке независимо от частоты. Сопоставляя это с вышесказанным, мы приходим к выводу о том, как должен быть устроен рекордер с электрической стороны и как его следует подключать к усилителю. Нужно, чтобы при постоянстве напряжения на его обмотке сила тока через нее изменялась обратно пропорционально частоте, тогда, как это изображено на рис. 6, скорость реза будет постоянной, что и требуется.

Если бы катушка рекордера представляла чисто омическое сопротивление, то при постоянном напряжении и сила тока была бы постоянной. Но катушка в действительности имеет довольно большое индуктивное сопротивление, которое с частотой растет.

Благодаря этому получается следующее: на низких частотах индуктивное сопротивление обмотки невелико, полное сопротивление ее можно считать омическим. Поэтому на низких частотах при постоянном напряжении и сила тока не меняется. Постоянной, согласно рис. 5, остается и амплитуда колебаний реза X_0 , что, как известно, и требуется на этом участке. На высоких частотах индуктивное сопротивление преобладает над омическим (последним можно пренебречь) и общее сопротивление рекордера возрастает примерно пропорционально частоте. Следовательно, сила тока падает, и согласно рис. 6 мы получим постоянство скорости реза, что и требуется как раз на этом участке.

Итак, мы приходим окончательно к следующей цепи зависимостей. Пусть звуковое давление перед микрофоном постоянно по амплитуде и пусть при надлежаще устроенных микрофоне и усилителе на рекордере будет неизменяющееся с частотой напряжение. Тогда при высокой собственной частоте вибратора наш прибор будет обладать характеристикой, близкой к идеальной. Конструктивный вывод тот, что собственная частота вибратора (якоря) рекордера должна быть достаточно высокой. Этого можно достичь, уменьшая массу якоря и увеличивая упругость его крепления. Кроме того для сглаживания резонансного пика нужно внести достаточное затухание колебаний, что осуществляется обычно помещением якоря в резину или вязкое масло.

АДАПТЕР В РОЛИ РЕКОРДЕРА

В ряде зарубежных любительских и даже профессиональных установок (для целей репортажа, радиовещания и т. д.) один и тот же электромагнитный механизм выполняет функции и рекордера и адаптера.

Действительно, как мы знаем, оба прибора построены по одному и тому же принципу, и имеют примерно одинаковую конструкцию. Оба прибора обладают свойством обратимости. Если реза рекордера заменить иглой, то при проигрывании грампластинок с катушки рекордера можно снимать напряжение, т. е. рекордер может быть использован в качестве звукоусилителя.

Наоборот, если адаптер подключить к выходу усилителя, то под действием переменных токов якорь придет в колебание. Вставив вместо иглы реза, можно использовать адаптер в качестве рекордера.

Такая возможность двухстороннего использования одного и того же прибора кажется очень заманчивой. Стоит ли тогда строить два специальных прибора, если их функции можно совместить в одном механизме? Нам следует здесь разобраться, в какой мере возможно использование адаптера

в качестве рекордера, какие адаптеры для этого подходят, насколько это связано с изменением качества записи. Остановимся сначала на частотной характеристике обоих приборов.

Для получения хорошей частотной характеристики приходится всемерно повышать частоту собственных колебаний якоря в рекордере, доводя ее до 4 000 — 5 000 кол/сек. Такое повышение собственной частоты достижимо только за счет уменьшения массы якоря и повышения упругости его крепления. В отношении уменьшения массы якоря (точнее момента его инерции) существуют определенные пределы. Таким образом приходится повышать упругость крепления.

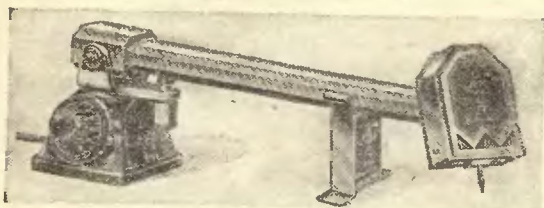


Рис. 8

Иными являются условия работы и требования к адаптеру. Закрепление якоря адаптера должно быть возможно более гибким для хорошей передачи низких частот. Это значит, что весьма малых сил должно быть достаточно для отклонения якоря.

Можно показать, что характеристика адаптера в области низких частот тем лучше, чем меньше упругость крепления якоря. Что же произойдет, если обычный адаптер применить в качестве рекордера?

Собственная частота якоря адаптера лежит примерно в пределах 500—800 кол/сек. Заметим здесь, что характеристика адаптера, дающая зависимость развиваемой им эдс от частоты, обнаруживает две резонансные пики: одну на низких частотах — порядка 50—100 пер/сек и другую на высоких — порядка 2 000—4 000 пер/сек. Но при работе адаптера в качестве рекордера условия существенно меняются, и следует считать с иной резонансной частотой — порядка 500—800 кол/сек. Детальное рассмотрение этого вопроса в рамках настоящей статьи является невозможным.

Выше собственной частоты, как мы знаем по кривой резонанса, амплитуда колебаний стремительно падает, даже при действии постоянной силы. Если же и последняя уменьшается благодаря возрастанию сопротивления обмотки переменному току, то амплитуда отклонения падает еще быстрее. Сильно также уменьшается и скорость реза, поэтому частоты выше резонансной должны записываться весьма плохо и тем хуже, чем выше их частота. С другой стороны, при резонансе, если демпфирование недостаточно, будет иметь место резкое подчеркивание (большая амплитуда скорости). Все это не может не повести к ухудшению качества записи. Так как напряжение, развиваемое адаптером, пропорционально как раз амплитуде скорости, то высокие частоты будут воспроизводиться весьма слабо и тем хуже, чем ниже собственная частота якоря адаптера, служившего в качестве рекордера. Таким образом для адаптера и рекордера выставляются противоположные требования в целях получения хорошей частотной характеристики.

Для улучшения частотной характеристики в механизме, употребляемом и для записи и для воспроизведения, применяют несколько повышенную, по сравнению с обычным адаптером, упругость крепления. Чрезмерное повышение ее нежелательно потому, что в этом случае прибор при работе рекордером будет мало чувствителен и будет нуждаться в большой мощности, а при работе адаптером будет портить пластинку. Кроме того желательно поднятие частотной характеристики усилителя в области высоких частот.

Перейдем теперь к выполняемой якорем механической работе.

Она является весьма неодинаковой у адаптера и рекордера. Игла адаптера пассивно увлекается извилинами борозды.

Резец рекордера активно выбирает звуковую борозду. Его боковые перемещения связаны с затратой больших усилий. Эти усилия находятся конечно в зависимости от твердости поверхности записываемого материала. Поэтому якорь рекордера требует достаточно солидного выполнения. Если якорь адаптера крепится иногда просто в резине без какой-либо определенной оси вращения, то якорь рекордера, в особенности при записи на твердых материалах, должен обладать такой осью. Это тем более необходимо, что если вес адаптера сравнительно невелик и адаптер желательно снабжать противовесом, то рекордер, наоборот, утяжеляется. Это утяжеление должно быть тем больше, чем тверже материал для записи. Ясно, что эта тяжесть передается пластинке под острым углом реза через якорь.

При использовании для записи адаптера с недостаточно устойчивым якорем наблюдаются через некоторое время смещения якоря и ухудшение работы.

Обычно в профессиональных рекордерах якорь крепится на ножках, упругость крепления создается натяжением пружины. В заграничных конструкциях адаптеров, применяемых также и для

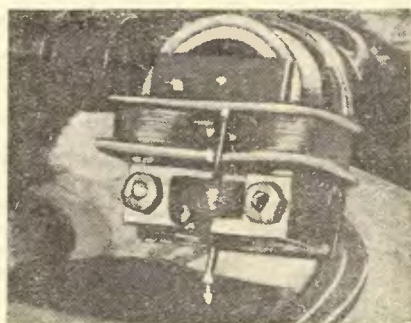


Рис. 9

записи, якорь снабжается осью, которая крепится в подшипниках, а упругость крепления создается при помощи резины.

Не только механическая, но и электрическая нагрузка у рекордера больше, чем у адаптера. Сила тока в катушке адаптера незначительна и с нею можно не считаться.

Рекордер же не может работать, если его не питают достаточным по силе током. Поэтому в якорь протекает значительный магнитный поток. Чтобы не было амплитудных искажений из-за перенасыщения железа, сечение якоря и сердечников в адаптерах, применяемых для записи, делается обычно несколько повышенным.

ПОБИТЕЛЬСКИЕ РЕКОРДЕРЫ

В более дорогих и совершенных профессиональных установках для записи звука на пластинку применяется специальный рекордер и отдельно от него адаптер. Каждый из механизмов подвешен на своем держателе. Такое обособление функций записи и воспроизведения в отдельных приборах является лучшим качеством звучания представляет большие удобства в обращении с установкой. Но в огромном большинстве любительских установок функции рекордеров выполняются адаптерами.

Для читателя, работающего в области самостоятельной записи звука, представляет интерес более подробное ознакомление с некоторыми заграничными конструкциями адаптеров, которые вполне пригодны для применения их в роли рекордеров.

Одним из примеров такого комбинированного адаптера-рекордера является адаптер *Negra*, устройство его видно из рис. 7, где он изображен в разрезе, сбоку и спереди с частично снятым кожухом. Его электромагнитная схема изображена на том же рисунке снизу. Постоянный магнитный поток, создаваемый сильным подковообразным магнитом, течет снизу через якорь и, выходя из его верхнего конца, разветвляется между сердечниками, несущими на себе обмотку и прикрепленными к другому полюсу постоянного магнита. Переменный магнитный поток течет по другому пути. При обтекании последовательно соединенных катушек током переменный магнитный поток, выходя из конца одного сердечника, проходит через воздушный зазор, конец якоря, второй воздушный зазор и входит в другой сердечник. Основания обоих сердечников, которыми они крепятся к магниту, соединены между собой, и переменный магнитный поток замыкается через них. Сердечники катушек для ослабления вихревых токов сложены из пластин трансформаторного железа.

Крепление якоря выполнено достаточно солидным и стабильным способом, как это и требуется для рекордера; ось якоря выполнена в виде призмы. На призму натягиваются с обеих сторон якоря резиновые трубочки. После этого призма зажимается между нижним полюсом магнита и специальной пластинкой, которая двумя винтами крепится к тому же полюсу. В полюсе (снизу) и в пластинке (сверху) сделаны желобки, по своему сечению подходящие к сечению призмы. Подтягивая винты, крепящие пластинку, можно увеличить и жесткость крепления якоря. Резина также создает нужное затухание.

Магнитная система свинчивается с основной пластинкой, которая служит вместе с тем и частью кожуха. К этой же пластинке крепится муфта для связи с тонармом.

Другой адаптер — *Crawor*, пригодный для записи, изображен на рис. 8. Он имеет якорь с надежным креплением оси. Особенностью конструкции является отсутствие специального винта для зажима иглы (или резца). Игла (или резец) заклинивается в якоре благодаря давлению адаптера на пластинку. Изображенный прибор снабжен пружинной регулировкой давления, регулятором громкости и подставкой для держателя в его рабочем положении. Схема его конструкции такая же, как на рис. 3.

Во всех адаптерах, служащих и для записи, применяется достаточно сильный постоянный магнит. В любительской конструкции последний обычно заменяют электромагнитом. Такой самостоятельный адаптер изображен на рис. 9. Он имеет общепотребительную схему электромагнитного устройства.