

Ю. ФЕДОРОВ,

686710, Магаданская обл., г. Анадыйр, ул. Отке, 13-15.

Задатчик магнитного поля для настройки магнитофонов

Усилитель воспроизведения (УВ) магнитофона отличается от обычного, например, микрофонного усилителя тем, что его коэффициент усиления изменяется от максимального (на низких частотах) до минимального (на высоких) по некоторой зависимости, которую задают либо графически, либо в виде таблицы.

Настройка УВ сводится к получению линейной амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в составе магнитофона при воспроизведении измерительной магнитной ленты (ЛИМ).

Вместо ЛИМ для создания измерительного магнитного поля можно применить катушку индуктивности, возбуждаемую переменным током. В [1] описан этот способ и результаты измерений. В настоящей статье изложены дополнительные сведения, позволяющие изготовить задатчик магнитного поля с метрологическими качествами, позволяющими измерить отклонение от стандартных постоянных времени коррекции АЧХ-УВ.

1. Нормирование АЧХ УВ

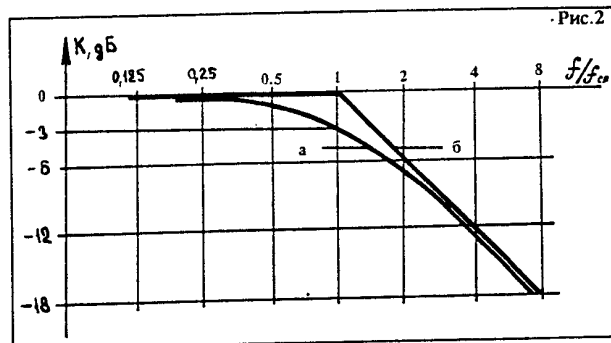
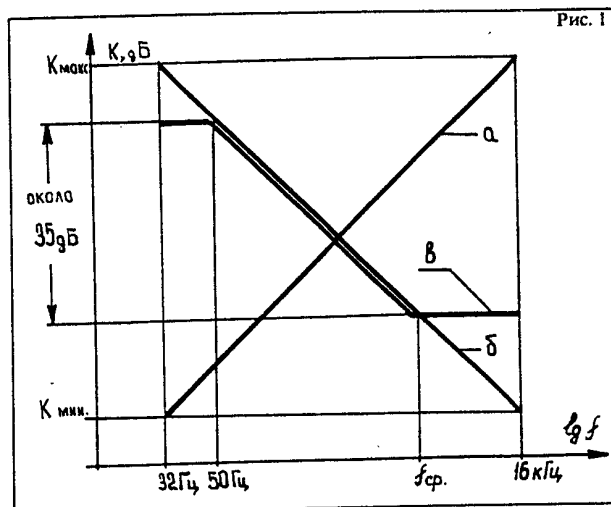
По закону электромагнитной индукции электродвижущая сила (э.д.с.) катушки индуктивности прямо пропорциональна частоте синусоидального магнитного поля. При этом подразумевается, что напряженность магнитного поля стабильна и потокоцепление катушки с этим полем не меняется.

Если график АЧХ этой э.д.с. выполнить с логарифмическим масштабом (рис. 1) по обеим осям, то это будет прямая линия с наклоном +6 дБ на октаву (1.а). От нижней частоты в 31,5 Гц до верхней (16 кГц) укладывается 9 октав, поэтому э.д.с. магнитной головки при оговоренных выше условиях будет на верхней частоте на 54 дБ больше, чем на нижней. При работе от такого датчика магнитного поля УВ требуется теоретически выполнить с противоположно спадающей АЧХ, то есть с наклоном -6 дБ на октаву (1.б).

По многим причинам, которые здесь не рассматриваются, перепад усиления УВ ограничивают величиной от 30 до 40 дБ, в зависимости от скорости движения ленты, и нормируют, чтобы был возможен обмен кадрами с фонограммами.

Если АЧХ УВ со стандартными цепями коррекции представить в упрощенном виде, обычно применяемом при анализе фильтров (см. ниже), то она будет выглядеть ломаной линией (1.в). Нижняя частота излома АЧХ одинакова для всех скоростей движения ленты и равна 50 Гц (постоянная времени коррекции 3180 мкс). Соответствующие данные для излома АЧХ на

В ленты, см/с	38,1	19,05	9,53	4,76
изл.	4,55	2,27	1,77	1,33
АЧХ, кГц	35	70	90	120
Пост. т, мкс				



высшей частоте приведены в таблице.

Следует отметить, что в УВ магнитофонов, помимо цепей, формирующих стандартную АЧХ, применяются цепи нестандартной высокочастотной коррекции для компенсации щелевых потерь воспроизводящей магнитной головки. Действия цепей стандартной и нестандартной коррекции начинают маскировать друг друга на частотах выше 4 кГц. Для правильной настройки цепей стандартной коррекции следует отключить цепи нестандартной, что обычно не вызывает затруднений. АЧХ УВ показана (1.в) с отключенными цепями нестандартной коррекции.

2. Пассивные RC-фильтры

Пассивные RC-фильтры, применяемые в цепях коррекции АЧХ УВ, можно охарактеризовать либо постоянной времени t , либо частотой среза или излома АЧХ $f_{ср}$, которые связаны со значениями сопротивления R и емкости C следующими зависимостями:

$$t = RC$$

$$f_{ср} = \frac{1}{2t}$$

Величины в этих формулах должны быть выражены в единицах системы СИ, то есть в герцах, секундах, омах и фарадах.

На рис. 2 приведена АЧХ пассивного RC-фильтра нижних частот в виде реальной кривой (2.а) и в упрощенном виде (2.б), представляющей собой две асимптоты, пересекающиеся на частоте среза. Упрощенное представление АЧХ более наглядное, хотя дает ошибку вблизи частоты среза. Максимальное отклонение реальной кривой от двух асимптот максимально на частоте среза и составляет -3 дБ. На расстоянии октавы в обе стороны от частоты среза ошибка составляет 1 дБ, на расстоянии двух октав — около 0,3 дБ, чем на практике уже можно пренебречь.

Этих сведений достаточно, чтобы практически определить частоту среза RC-фильтра нижних частот. От предполагаемой частоты среза надо понизить частоту не менее, чем в четыре раза, а если по-

ис. 1

звolyют измерительные приборы и особенности схемы, то и на порядок, принять уровень сигнала за нулевой, а затем, увеличивая частоту, зафиксировать ее значение, когда уровень сигнала упадет на 3 дБ.

АЧХ пассивного RC-фильтра верхних частот зеркально-симметрична АЧХ фильтра нижних частот, поэтому при определении частоты его среза нужно за нулевой уровень принимать уровень сигнала с частотой на порядок или хотя бы в четыре раза больше предполагаемой частоты среза.

3. Задатчик магнитного поля

Известно, что амплитуда напряженности магнитного поля пропорциональна амплитуде протекающего через катушку индуктивности тока. Поэтому чтобы получить стабильное по амплитуде магнитное поле, надо катушку индуктивности, используемую для задатчика измерительного магнитного поля, питать не от генератора напряжения, а от генератора тока.

С достаточной для практики точностью можно использовать для этого генератор звуковых частот, подключив к нему катушку индуктивности через резистор. Сопротивление этого резистора должно быть больше, чем на порядок, превышать индуктивное сопротивление катушки на высшей рабочей частоте, которое вычисляется по формуле:

$$X_L = 2 \pi f L$$

где X_L - индуктивное сопротивление в "реактивных" омах, f - частота в герцах, L - индуктивность в генри.

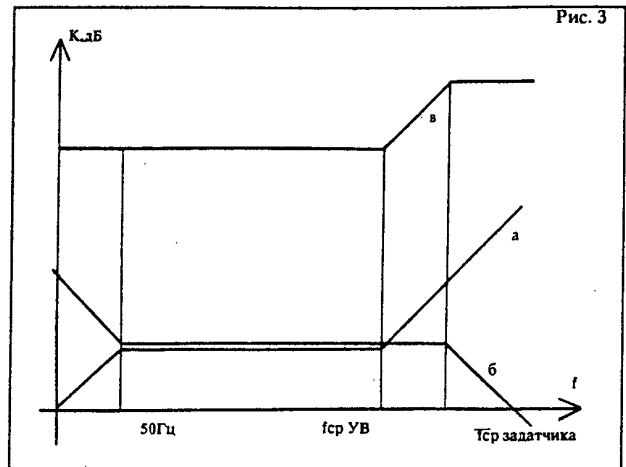
Для задатчика магнитного поля можно применить любую известную универсальную магнитную головку как от катушечного, так и от кассетного магнитофона, пропилев место зазора для того, чтобы получить достаточное поле рассеяния. Можно применить катушку индуктивности вообще без магнитного сердечника. Например, удобно использовать в качестве каркаса для задатчика пружину лентоприжима кассеты, намотав на нее несколько десятков витков. Такой задатчик магнитного поля применим для кассетных магнитофонов [1]. Он удобен тем, что фиксируется относительно магнитной головки самой конструкции кассеты и кассетодержателя. Сложнее зафиксировать задатчик магнитного поля относительно головки в катушечных маг-

нитофонах, где помехой обычно служит экран головки, который к тому же приходится на время измерений снимать.

Оценить пригодность самодельного задатчика магнитного поля можно, подав на него через резистор сопротивлением 8...10 кОм напряжение порядка 2-3 В с частотой около 1 кГц и затем определив, удастся ли разместить его вблизи магнитной головки так, чтобы с выхода УВ получить сигнал с уровнем на 20 дБ меньше номинального, т.е. с уровнем, при котором проверяется АЧХ УВ при помощи измерительной ленты. Если магнитное поле окажется слабым, то можно уменьшить сопротивление токозадающего резистора или увеличить число витков обмотки, проверив затем расчетом соотношение активного сопротивления резистора и индуктивного — у задатчика.

4. Необходимость частотной коррекции тока, питающего задатчик магнитного поля

Отключив цепи нестандартной ВЧ-коррекции и закрепив неподвижно относительно магнитной головки задатчик магнитного поля, снимем АЧХ УВ (рис. 3), запишав задатчик от генератора звуковых частот через резистор. Вместо ожидаемой линейной АЧХ получится АЧХ в виде ломаной линии, приведенной на 3.а (упрощенное изображение). Можно утверждать, что в результате этих измерений получена АЧХ цепей коррекции УВ, которые вносят завал усиления на низких частотах



и создают подъем усиления на высоких.

Если из АЧХ теоретического УВ (1.б) вычесть алгебраический АЧХ УВ с цепями коррекции (1.а), то получится тот же результат, что и при практических измерениях.

Использовать такую АЧХ, сильно отличающуюся от линейной, для практического применения неудобно. Если поставить целью при измерениях с помощью задатчика магнитного поля получить линейную АЧХ, сходную с той, что получается при использовании ЛИМ, то надо создать устройство для коррекции тока, питающего задатчик. АЧХ цепей коррекции тока задатчика должна быть, очевидно, обратной АЧХ цепей коррекции УВ

магнитофона, т.е. такой, как это показано на 3.б.

АЧХ УВ получится линейной при измерениях по этой методике только при совпадении частот среза цепей коррекции УВ магнитофона и цепей коррекции тока задатчика магнитного поля. При несовпадении этих частот на суммарной АЧХ появится подъем или завал АЧХ в виде уступа, как это показано на 3.в. Как будет показано ниже, измерив величину этого уступа и его знак, можно вычислить, как надо изменить постоянную времени цепи коррекции, чтобы получить линейную суммарную АЧХ.

Выполнив цепи коррекции тока задатчика магнитного поля так, чтобы частоты излома АЧХ точно соответствовали стандартным (см. табл. 1), получим образцовый измерительный прибор, по которому

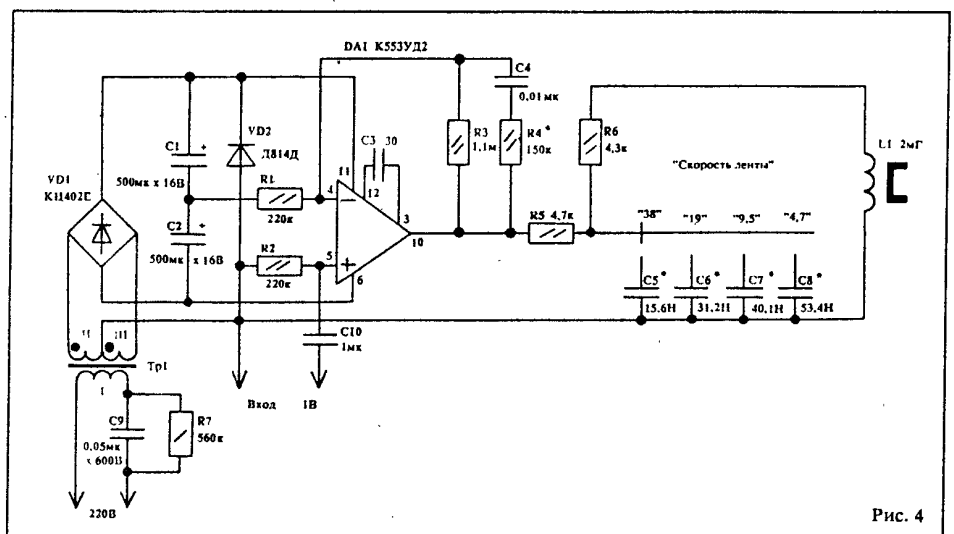


Рис. 4

можно настроить любой магнитофон.

5. Приставка к звуковому генератору для введения нужной коррекции тока задатчика

Получить АЧХ, приведенную на 3.6, можно при помощи пассивных цепей. Однако автор решил для подъема АЧХ на нижних частотах использовать активный фильтр на операционном усилителе, позволяющий применить конденсатор небольшой емкости.

На рис. 4 приведена принципиальная схема такой автономной приставки к сетевым питанием. Можно использовать источник питания генератора, к которому будет подключаться эта приставка, можно вообще встроить этот узел в генератор.

Постоянная времени t_n на нижней частоте вычисляется по формуле:

$$t_n = C4 (R4 + \frac{R3 R1}{R3 + R1})$$

Чтобы настроить эту цепь, достаточно подбором резистора R4 добиться на выходе операционного усилителя требуемого +3дБ подъема АЧХ на частоте 50 Гц относительно средних частот, например, 250-500 Гц.

Постоянная времени t_n на верхней частоте вычисляется по формуле:

$$t_n = C \frac{R5 R6}{R5 + R6}$$

где C — один из выбираемых переключателем конденсаторов C5 — C8, каждый из которых может состоять из нескольких соединенных параллельно конденсаторов. В составе R6 следует учиты-

вать активное сопротивление катушки задатчика и подводных проводов. Настроить эти цепи можно, контролируя напряжение на соответствующем конденсаторе. Спад напряжения в -3 дБ должен быть на частотах, указанных в таблице относительно средних частот 250-500 Гц.

Источник питания операционного усилителя выполнен с емкостным балластом в сетевой цепи (C9) и разделительным низковольтным трансформатором. Стабилизатор VD2 действует как ограничитель синусоидального напряжения на обмотках трансформатора, а не как стабилизатор постоянного, поэтому для сглаживания пульсаций необходимы довольно большие емкости.

Разделительный трансформатор выполнен на сердечнике с площадью сечения магнитопровода $8 \times 12 \text{ мм}^2$, число витков всех трех обмоток одинаково и составляет 660 витков провода диаметром 0,2 мм. Можно применить магнитопровод любой конфигурации: Ш-образный, П-образный или тороидальный. Если сечение магнитопровода будет больше, то число витков можно уменьшить пропорционально увеличению площади.

Операционный усилитель можно применить любой с соответствующими цепями его коррекции. Монтаж выполняют любым способом, а габариты устройства определяются в основном переключателем и сетевым трансформатором.

Задатчик магнитного поля L1 автор выполнил на основе П-образного ферритового сердечника шириной скобы 10 мм, высотой 12 мм и толщиной 2 мм. Число витков, закрепленных после намотки эпоксидным кле-

ем, — 80 (провод диаметром 0,155 мм). Индуктивность — около 2 мГ.

6. Измерения при помощи задатчика, выполненного с коррекцией его АЧХ

Если снять АЧХ УВ, не отключая ничего в схеме УВ, то есть с введенной нестандартной ВЧ-коррекцией, (рис. 5) то вместо линейной получим АЧХ этой ВЧ-коррекции, например, часто применяемого для этих целей LC-контур (5.а). Степень подъема АЧХ и ее форма косвенно характеризуют состояние рабочего зазора магнитной головки. При обслуживании однотипных магнитофонов по результатам таких измерений легко судить о степени износа головки. Чрезмерный подъем АЧХ (более 15 дБ) может быть причиной подвозбуждения УВ на пиках, что выражается "призвучками".

Обнаруживаемый иногда при помощи ЛИМ недопустимый подъем или завал АЧХ в области средних частот 1...6 кГц часто свидетельствует о неправильной настройке цепей стандартной коррекции УВ. Отключив цепи нестандартной коррекции и измерив с помощью задатчика магнитного поля АЧХ, то есть определив величину и знак "уступа" на АЧХ (3.в), можно вычислить, что надо сделать с цепями коррекции УВ.

Например, обнаружен подъем в 2 дБ. Изучая рис. 3, можно сказать, что подъем АЧХ в сторону высоких частот свидетельствует о том, что частота среза цепи коррекции УВ магнитофона меньше, чем задатчика магнитного поля. Поэтому, чтобы убрать ступеньку на АЧХ, надо повысить частоту среза цепи коррекции УВ или, согласно вышеприведенным формулам, уменьшить постоянную времени. В нашем примере постоянную времени надо уменьшить тоже на 2 дБ или в 1,26 раза.

Из приведенных рассуждений вытекает мнемоническое правило: чтобы уменьшить ступеньку АЧХ, сравнив ее с прямой, надо уменьшить постоянную времени и наоборот.

Автор проверял данную методику измерений на разных конструкциях магнитофонов с разными магнитными головками и разными УВ. В области частот выше 1 кГц "поведение" АЧХ описано выше и каких-либо непонятных отклонений не обнаруживается. В области же нижних частот примерно до 250-500 Гц наблюдается (что зависит от конкретной конструкции магнитофона) волнооб-

разное "поведение" АЧХ при измерениях с помощью ЛИМ (5.6). Проверка АЧХ при помощи задатчика магнитного поля всегда дает "гладкую" АЧХ в области низших частот (5.а). Устранив с помощью задатчика возможные отклонения от линейности в этой области, при последующей проверке с помощью ЛИМ можно обнаружить "волны" на АЧХ размахом до 3 дБ (от максимума до минимума) с разной частотой этих волн и их начальной фазой, что зависит от скорости движения ленты и конструкции магнитофона.

Объяснение этому явлению заключается в том, что остаточное магнитное поле на ленте — это участки с линейной протяженностью, сравнимой на низких частотах как с величиной самой магнитной головки, так и ее магниточувствительного окружения. Например, период частоты 32 Гц при скорости ленты 19,05 см/сек занимает длину ленты в 6 мм. На обмотку магнитной головки действует не только поле прилегающей к рабочему зазору головки части ленты. Ощущается также ослабленное воздействие тех частей ленты, которые перемещаются по соседству, например, торцев магнитных экранов.

В зависимости от того, складываются эти поля или вычитаются, зависит э.д.с. головки. Интерференция полей плавно меняется, если плавно менять частоту, что и наблюдается при измерениях.

Этого не происходит при неподвижном задатчике магнитного поля, когда потокосцепление его с обмоткой головки (с учетом того же магнитного окружения) не изменяется.

Ценность описанной методики измерений на низких частотах велика. Настроив цепь коррекции УВ на низкой частоте при помощи задатчика, приходится затем частотно корректировать эту цепь с учетом выявленных "волн". Заранее предсказать поведение АЧХ затруднительно. В студийных магнитофонах с особо высокими требованиями по АЧХ для компенсации одного из "горбов" таких волн АЧХ вводят в схему УВ дополнительные цепи коррекции в диапазоне 125-500 Гц.

Литература

1. Н.В. Шиянов. Устройства для настройки магнитофонов. М. "Радио и связь", 1988, с. 24.
2. У. Титце, К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника. М. "Мир", 1982.

