

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра телевидения и управления (ТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. каф. ТУ  
Пустынский И.Н.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 года

**Методическое пособие**  
**по выполнению лабораторных работ по курсу**  
**«Устройства записи и воспроизведения звуковых и телевизионных**  
**сигналов»**

Нормоконтроль:

Разработчики:

доц. каф. ТУ Дементьев А.Н.  
Ст. преп. Латышев А.Ю.

2012

## Содержание

Лабораторная работа №1	Определение параметров лентопротяжного механизма магнитофона. Параметры лентопротяжного механизма .....	3
КАНАЛ ЗАПИСИ-ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МАГНИТОФОНА.....		12
Лабораторная работа №2	Исследование влияния высокочастотного подмагничивания на параметры магнитной записи.....	14
Лабораторная работа №3	Изучение методов корректирования частотных характеристик в канале записи магнитофона.....	23
Лабораторная работа №4	Изучение методов корректирования частотных характеристик в канале воспроизведения магнитофона.....	27
АНАЛОГОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ .....		31
Лабораторная работа №5	Изучение устройств динамической и частотной обработки сигналов звукового вещания .....	35
Лабораторная работа №6	Изучение работы магнитного ревербератора .....	42
АКУСТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ И ИХ ВОСПРИЯТИЕ .....		49
Лабораторная работа №7	Снятие зависимости порога слышимости от частоты.....	51
Лабораторная работа №8	Изучение явления маскировки звука.....	54
Лабораторная работа №9	Построение кривых равной громкости.....	57

## Лабораторная работа №1

### Определение параметров лентопротяжного механизма магнитофона. Параметры лентопротяжного механизма

Важным параметром, характеризующим лентопротяжный механизм (ЛПМ) магнитофона, является скорость  $V_0$  движения магнитной ленты относительно магнитных головок.

Отклонение скорости движения магнитной ленты от номинальной не сказывается при записи и воспроизведении на одном и том же магнитофоне, если это отклонение постоянно. В этом случае оно может быть замечено при воспроизведении записи, выполненной на другом магнитофоне, либо при воспроизведении на другом магнитофоне записи с используемого магнитофона. Отклонение скорости субъективно воспринимается, как общее изменение тональности программы. В зависимости от самой программы изменение тональности может быть замечено при изменении скорости более чем на 4 %, в отдельных случаях, на чистых тонах, при отклонении скорости на 0,5 %. Так, если программа записана на магнитофоне со скорости от номинальной на + 2 %, а воспроизводится на другом, у которого отклонение скорости - 2 %, то изменение тональности может быть замечено даже неспециалистом. При повторной перезаписи это положение еще более усугубляется.

Скорость движения магнитной ленты в магнитофоне, в основном, определяется скоростью вращения ведущего вала и его диаметром, однако, в реальных условиях существует еще ряд факторов, которые оказывают на нее влияние, в частности:

- изменение температуры и влажности окружающей среды;
- изменение натяжения магнитной ленты;
- изменение силы прижима магнитной ленты к ведущему валу;
- изменение трения в отдельных частях ЛПМ механизма вследствие загрязнения и т. д.

При изменении температуры окружающей среды изменяются характеристики радиоэлементов в схеме управления ведущим двигателем, незначительно изменяется диаметр ведущего вала. Изменение натяжения магнитной ленты в процессе ее сматывания с одной катушки на другую приводит к изменению условий работы ведущего вала, что выражается в изменении величины проскальзывания магнитной ленты относительно ведущего вала и, как следствие, в изменении ее скорости движения. Это явление особенно сильно проявляется при недостаточном усилии прижима магнитной ленты к ведущему валу. В процессе работы магнитофона ввиду попадания пыли и частиц рабочего слоя магнитной ленты на элементы лентопротяжного механизма (направляющие стойки, магнитные головки, ведущий вал, прижимной ролик и др.) происходит изменение условий их работы, ввиду чего скорость движения магнитной ленты также может измениться.

Отклонение скорости движения магнитной ленты от номинальной также зависит от точности начальной ее установки, которая, в свою очередь, может быть обусловлена типом примененного в магнитофоне ведущего двигателя и схемой его включения.

*Например, в магнитофоне-приставке "Маяк-001" применен синхронный ведущий двигатель и, поскольку он питается от сетевого напряжения, скорость его вращения зависит от частоты питающей сети. В большинстве*

магнитофонов высокого класса ведущий двигатель включен через элементы системы авторегулирования скорости вращения ведущего вала, в которой предусмотрена возможность начальной установки скорости, что дает возможность применять ведущие валы с большим допуском на диаметр. Для синхронного двигателя с питанием от сети разброс диаметров ведущих валов не должен превышать  $\pm (0,2-0,5) \%$ .

Учитывая изложенное, для высококлассных магнитофонов вместо синхронных применяют асинхронные ведущие двигатели и бесконтактные двигатели постоянного тока с соответствующими схемами управления.

Схемы управления разнообразны и условно могут быть поделены на аналоговые и дискретные. **Аналоговые схемы** менее стабильны ввиду дрейфа их рабочего режима, поэтому с их применением отклонение скорости движения магнитной ленты от номинальной редко бывает меньше  $\pm (0,7-1) \%$ .

**Дискретные схемы** управления ведущим двигателем позволяют получать более точную и более стабильную при воздействии климатических факторов скорость движения магнитной ленты  $(0,2-0,3) \%$ . В качестве источника опорной (эталонной) частоты в этих схемах обычно применяются генераторы с кварцевыми резонаторами.

Периодические и непериодические отклонения мгновенного значения скорости движения магнитной ленты от среднего значения приводят к появлению детонации воспроизводимого звука, т.е. возникновению искажений вследствие паразитной частотной модуляции сигнала. В бытовой магнитной записи мерой оценки величины этих искажений является коэффициент детонации  $K_d$

$$K_d = \frac{\Delta V}{V_{CP}},$$

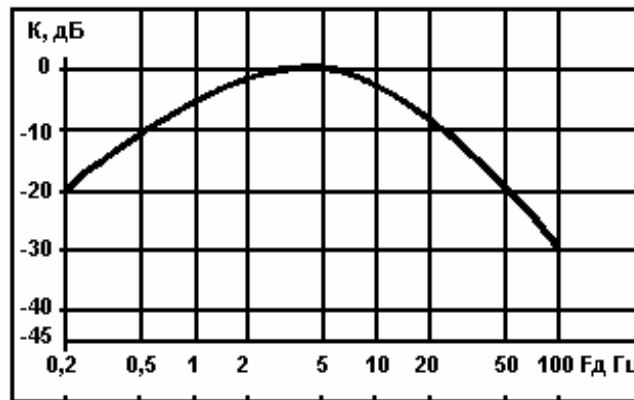
где  $V$  - амплитуда отклонения скорости движения магнитной ленты от среднего значения;

$V_{CP}$  - средняя скорость движения магнитной ленты.

Частоты изменения мгновенноскорости движения магнитной ленты могут быть различны, однако при измерении  $K_d$  учитываются только частоты в диапазоне 0,1 - 300 Гц. Поскольку восприятие человеком изменений мгновенной скорости движения магнитной ленты в данном диапазоне частот различно (максимально заметно изменение мгновенной скорости с частотой 4 Гц), при измерении коэффициента детонации включается взвешивающий фильтр (рис.1), отражающий среднесубъективное восприятие детонации звука. Низкочастотная детонация воспринимается как периодическое изменение тональности звук а, высокочастотная - как дробление (дрожание) звука. Лучше всего детонация звука ощущается при прослушивании чистых тонов, в этом случае человек с музыкальным слухом улавливает детонацию с  $K_d = 0,1 \%$  и менее. Для магнитофонов высокой сложности предусмотрены два метода измерения коэффициента детонации: с применением измерительной ленты (при этом измеряется коэффициент детонации в режиме воспроизведения) и измерения, при которых сигнал от генератора записывается на магнитофоне, а измерения  $K_d$  производят при воспроизведении сделанной записи. Поскольку детонация в бытовой аппаратуре магнитной записи имеет место, как при записи, так и при воспроизведении, следует иметь в виду, что вышеуказанные два метода неадекватны. Последний метод вернее отражает качество лентопротяжного механизма магнитофона, но при этом  $K_d$ , как правило, выше на 20-40 %, чем по

первому методу. Причины возникновения детонации множество и полное описание их невозможно. Основные из этих причин следующие:

- неравномерность вращения ведущего вала магнитофона;
- некруглость и биения ведущего вала и других элементов лентопротяжного механизма, соприкасающихся с магнитной лентой;
- нестабильность натяжения магнитной ленты (мгновенная и долговременная);
- непараллельности поверхностей деталей ЛПМ механизма, с которыми соприкасается магнитная лента (направляющих стоек, рабочих поверхностей магнитной головки и др.);
- коробление магнитной ленты;
- нестабильность прижима магнитной ленты к ведущему валу.



**Рис.1** Частотная характеристика субъективного восприятия детонации

Достижение низкого (менее 0,1 %) коэффициента детонации требует грамотного построения лентопротяжного механизма и весьма качественного выполнения всех его деталей. В одномоторных лентопротяжных механизмах, как правило, не удается получить малый  $K_d$  в виду того, что двигатель выполняет несколько функций. В частности, в режиме воспроизведения он осуществляет не только транспортирование магнитной ленты с помощью ведущего вала, но и подмотку магнитной ленты на катушку. Ввиду этого неизбежна обратная реакция со стороны подкатушника на двигатель, что приводит к возникновению детонации. В трех моторных лентопротяжных механизмах для устранения влияния неравномерности вращения боковых двигателей на область магнитной ленты в районе соприкосновения с головкой применяют ряд специальных мер, в частности, устанавливают инерционные ролики, выполняют ведущий узел "закрытым", применяя два ведущих вала или один ведущий вал с двумя прижимными роликами и т.д.

Особенно высокие требования в магнитофонах высшего класса предъявляются к выполнению ведущего вала: его биения не должны превышать 0,0002-0,0004 величины его диаметра. При диаметре ведущего вала 8 мм это составляет 1,6-3,2 мкм.

Для улучшения условий движения магнитной ленты и уменьшения ее проскальзывания относительно ведущего вала последний иногда выполняется с микрошероховатой поверхностью. Малая неравномерность вращения ведущего вала достигается с помощью систем авторегулирования, а сам ведущий вал при изготовлении балансируется. Ряд моделей магнитофонов выполнен с "косвенным" приводом магнитной ленты, т.е. ведущий вал связан с двигателем

посредством ремня (пассика), однако последние модели имеют прямой привод магнитной ленты, при этом ось ротора ведущего двигателя является ведущим валом. Необходимо отметить, что работы по изготовлению высококачественного лентопротяжного механизма с низким  $K_d$  являются наиболее трудоемкими и дорогостоящими в сравнении с изготовлением других узлов магнитофонов.

Существует несколько методов измерения средней скорости движения ленты: измерительного ролика, визуализации фонограммы, стробоскопический, сдвига фаз, отрезка ленты и девиации частоты. Методы измерительного ролика и стробоскопический используются применительно к катушечным магнитофонам, метод визуализации фонограммы имеет значительную трудоемкость, и дает сравнительно низкую точность измерения. Определение скорости методом сдвига фаз возможно лишь в аппаратах со сквозным каналом.

Для практики наиболее приемлемы методы отрезка ленты и девиации частоты. Метод отрезка ленты наиболее прост и получил широкое распространение. Для измерения средней (за 100 сек.) скорости ленты используют отрезок ленты длиной  $100V_0$ . Полученное относительное отклонение времени прохождения отрезка от 100 сек. численно равно относительному отклонению средней скорости от номинального значения. Этот метод приемлем лишь для катушечных магнитофонов, поскольку нанесение оптических, магнитных или других граничных отметок и контроль движения ленты в кассетных магнитофонах затруднены. Однако этот метод дает удовлетворительную погрешность около (0,3...1) % только при использовании электронного секундомера.

Наиболее удобным является метод девиации частоты. Он основан на том, что частота воспроизводимого сигнала  $f_B$  прямо пропорциональна скорости  $V_0$  перемещения воспроизводимой фонограммы:

$$f_B = \frac{f_z \cdot V_0}{V_z},$$

где  $V_z$ ,  $f_z$  - скорость ленты эталонного магнитофона и частота записанного сигнала соответственно.

К достоинствам метода можно отнести низкую трудоемкость измерения, применимость метода, как для катушечных, так и для кассетных ЛПМ и достаточно высокую точность. Достижение потенциальной точности метода возможно при точном задании частоты  $f_z$ , измерении  $f_B$  и наличии образцового записывающего магнитофона, средняя скорость которого незначительно, например, не более чем на 0,5 % отличается от нормируемой. Первое и третье требование удовлетворяются одновременно, если в качестве сигналограммы использовать измерительную ленту, предназначенную для измерения детонации (часть "Д"). Погрешность записи частоты ( $f_z = 3150$  Гц) на этой ленте находится в пределах 0,5-1,0 %. Частоту воспроизводимого сигнала  $f_B$  в заводских и лабораторных условиях измеряют, как правило, с помощью цифрового частотомера.

Измерение коэффициента детонации производится с помощью специального прибора - детонометра.

### **Принцип проведения измерений**

Для измерения средней скорости движения магнитной ленты в исследуемом магнитофоне "Орбита" МПК-108С используется сигналограмма колебаний

частотой  $f_z = 3150$  Гц, записанная на эталонном магнитофоне со скоростью  $V_z$ . При воспроизведении данной ленты на исследуемом магнитофоне со скоростью  $V_B$  производится измерение частоты колебаний  $f_B$  на линейном выходе с помощью частотомера TR-0157. Скорость движения магнитной ленты

$$V_B = \frac{f_B}{f_z} \cdot V_z,$$

Погрешность определения скорости

$$\begin{aligned} \Delta V &= \sqrt{\left(\frac{dV_B}{df_B} \Delta f_B\right)^2 + \left(\frac{dV_B}{df_z} \Delta f_z\right)^2 + \left(\frac{dV_B}{dV_z} \Delta V_z\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{V_z}{f_z} \Delta f_B\right)^2 + \left(\frac{f_B \cdot V_z}{-f_z^2} \Delta f_z\right)^2 + \left(\frac{f_B}{f_z} \Delta V_z\right)^2}, \end{aligned} \quad ((2))$$

где  $\Delta f_B$  - абсолютная погрешность измерения частоты;

$\Delta f_z$  - абсолютная погрешность частоты генератора, с которого производилась запись сигналограммы;

$\Delta V_z$  - абсолютная погрешность скорости эталонного магнитофона.

Измерение коэффициента детонации производится прибором TR-0157 при подаче на его вход напряжения с линейного выхода исследуемого магнитофона, работающего в режиме воспроизведения сигналограммы гармонических колебаний частотой 3150 Гц, записанной на этом же магнитофоне. Среднесубъективное восприятие детонации учитывается при измерении благодаря наличию в детонметре TR--0157 взвешивающего фильтра (рис.1).

### Порядок выполнения работы

1. Подготовка аппаратуры к работе

1.1. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.2).



**Рис. 2.** Схема соединения элементов установки для измерения средней скорости движения магнитной ленты

Для этого подключить линейный выход магнитофона "Орбита" (разъем "ЛИН. ВЫХ." на панели "Структурная схема магнитофона ОРБИТА МПК-108С") к гнезду "АС IN" блока "ELECTRONIC V-Ω METER" комплексного звукового генератора TR-0157.



1.2. Нажатием кнопки "MAINS" включить электропитание прибора TR-0157. При этом загорится индикаторная лампочка в правом верхнем углу лицевой панели прибора.

2. Определение средней скорости движения магнитной ленты магнитофона "Орбита" МПК-108С.

2.1. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "19".

2.2. Включить электропитание магнитофона кнопкой "СЕТЬ". При этом загорится информационное табло люминесцентного индикатора уровня и счетчика расхода ленты.

Для включения магнитофона, ранее отключившегося от сети автоматически, необходимо кнопку "СЕТЬ" нажать дважды.

2.3. Установить на подающий подкатушечный узел катушку с измерительной лентой N1, на приемный подкатушечный узел - пустую катушку. Оттянув на себя и повернув фиксаторы подкатушечных узлов, зафиксировать положение катушек.

Свободный конец ленты (40-50) см протянуть так, как показано на рис.3, и, пропустив конец ленты в прорезь пустой катушки, поворачивать ее против часовой стрелки до появления участка с магнитным слоем у ведущего вала. Это предотвратит возможное срабатывание автостопа при наличии на конце магнитной ленты отрезка цветной ракордной ленты.

Необходимо проследить, чтобы лента при заправке не была перекручена.

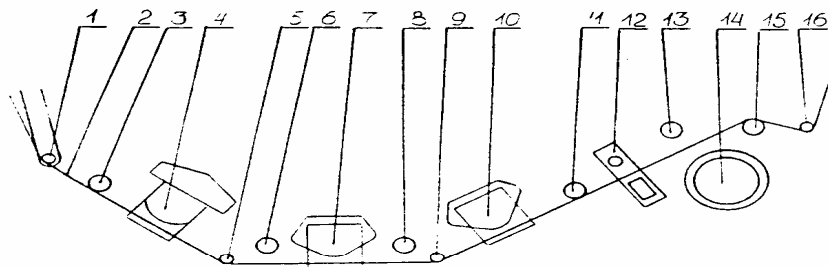


Рис.3. Схема заправки ленты в магнитофон: 1,16 - регуляторы натяжения ленты; 2 - магнитная лента; 3,6,11,15 - направляющие стойки; 4 - головка стирания; 5,9 - стойки, отводящие ленту; 7 - головка записи; 10 - головка воспроизведения; 12 - держатель датчика автостопа; 13 - ведущий вал; 14 - прижимной ролик

2.4. Включить левый канал магнитофона нажатием кнопки "ЛЕВ". Подключить линейный выход магнитофона к выходу усилителя воспроизведения, для этого кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД" отжать.

2.5. Подключить акустическую систему к выходу левого канала усилителя мощности магнитофона (разъем "АС. ЛК." на панели " магнитофона ОРБИТА МПК-108С").

2.6. Установить нулевые показания счетчика расхода магнитной ленты нажатием кнопки ">0<".

При дальнейшей работе необходимо учесть, что фонограмма частотой 3150 Гц записана на скорости 19 см/с лишь на части магнитной ленты, соответствующей показаниям счетчика от 0 до 200. При показаниях счетчика 200 - 400 фонограмма записана со скоростью 9 см/с.



2.7. Включить магнитофон в режим воспроизведения фонограммы нажатием кнопки "ВОСПР". Через акустическую систему должен прослушиваться тон частотой 3150 Гц. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука. При этом необходимо учитывать, что уровень напряжения сигнала на линейном выходе не зависит от положения регулятора громкости.

2.8. Включить вольтметр переменного напряжения прибора TR-0157 нажатием кнопки "U" блока "ELECTRONIC V-Ω METER". Переключателем чувствительности прибора установить удобный для отсчета показаний предел измерения. Измерить и записать величину переменного напряжения на линейном выходе магнитофона (она должна быть приблизительно равной 500 мВ).

2.9. Произвести измерение частоты гармонических колебаний на линейном выходе магнитофона. Для этого включить частотомер (блок "FREQU.METER" комплексного звукового генератора TR-0157) нажатием кнопки "FREQU." на блоке "ELECTRONIC V-Ω METER". Включить частотомер в режим измерения частоты кнопочным переключателем (нажать кнопку "FREQU." на блоке "FREQU.METER"). Установить предел измерения частоты равным 10 кГц (переключатель диапазонов измерения частоты "FREQU.RANGE" частотомера поставить в положение "10к"). Частоту измеряемого сигнала отсчитывать по стрелочному прибору блока "ELECTRONIC V-Ω METER".

Выключить режим воспроизведения кнопкой "СТОП".

Перемотать измерительную ленту на начало. Для этого включить режим "Перемотка назад", нажав кнопку "<<". При показаниях счетчика, близких к "0", отключить режим перемотки нажатием кнопки "СТОП".

2.10. Переключатель скорости магнитофона установить в положение "9". Перемотать ленту вперед до показаний счетчика "200". (Режим "Перемотка вперед" включается нажатием кнопки ">>"). При показаниях счетчика расхода от 200 до 400 произвести измерение средней скорости движения магнитной ленты по методике, описанной в п.п. 2.7.-2.9.

2.11. По результатам, полученным в п.п. 2.9. и 2.10., используя формулы (1) и (2), определить среднюю скорость движения магнитной ленты и погрешность измерения. Исходные данные для расчета:

-номинальная скорость движения магнитной ленты эталонного магнитофона - 19,05 см/с и 9,53 см/с;

-погрешность скорости движения магнитной ленты эталонного магнитофона  $\pm 0,3$  % от номинальной;

-частота записанного эталонного сигнала - 3150 Гц;

-погрешность установки частоты эталонного сигнала  $\pm 1$  %;

-погрешность измерения частоты  $\pm 2,5$  % от измеряемой частоты.

3. Определение коэффициента детонации магнитофона "Орбита" МПК-108С на скорости 19 см/с.

3.1. Перемотать измерительную ленту N1 на катушку. Для этого включить режим "Перемотка назад", нажав кнопку "<<". Снять катушку с лентой с подающего подкатушечного узла.

Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "19".

Заправить в магнитофон ленту без записи. Установить нулевые показания счетчика расхода магнитной ленты нажатием кнопки ">0<".

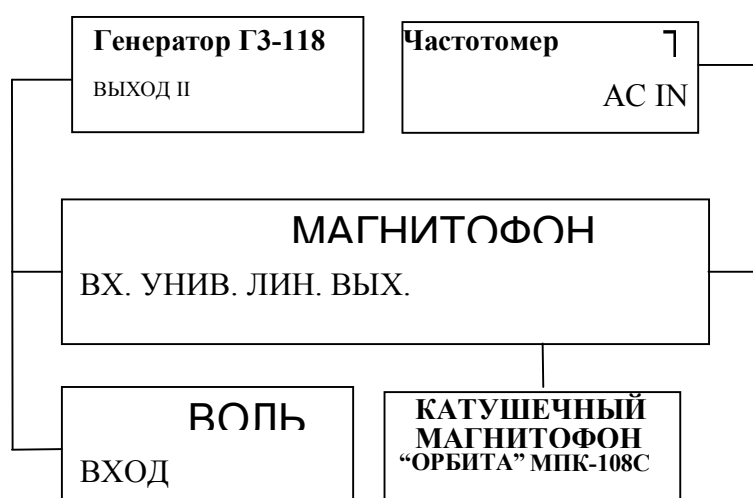
3.2. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.4).

Для этого выход генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") подключить к входу вольтметра ВЗ-38 и к входу магнитофона (разъем "ВХ. УНИВ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С").

Гумблер "ВН. ПОДМ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" установить в верхнее положение.

3.3. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и вольтметра ВЗ-38. Установить частоту генератора 3150 Гц. Регуляторами "ОСЛАБЛЕНИЕ dВ" и "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 установить напряжение на выходе генератора 1В.

3.4. Включить магнитофон в режим записи. Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".



**Рис .4** Схема соединения элементов установки для измерения коэффициента детонации магнитофона "Орбита"

3.5. Установить номинальный уровень записи. Для этого:

нажать кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД";

регулятор "УРОВЕНЬ ЗАПИСИ" левого канала (ручка малого диаметра) установить в такое положение, при котором загорается сегмент "0dB" индикатора уровня, но не горят оранжевые сегменты, указывающие на превышение оптимального уровня.

3.6. Через акустическую систему прослушать тон частотой 3150 Гц. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука.

3.7. Осуществить запись фонограммы в начале, в середине и в конце ленты. Продолжительность каждого отрезка фонограммы должна быть не менее 3-4 минут. Записать показания счетчика расхода ленты в начале и в конце каждого отрезка фонограммы.

Для осуществления записи необходимо нажать кнопку "ПАУЗА", при этом лента начнет двигаться, а индикатор "ПАУЗА" погаснет.

Контроль качества записываемой фонограммы можно осуществить при отжатой кнопке "КОНТРОЛЬ ВХОД".

„ : „

Для окончания записи необходимо нажать кнопку "СТОП", при этом режим записи отключится. Режим "Перемотка вперед" включается нажатием кнопки ">>".

3.8. Кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД" отжать. Воспроизвести записанные участки фонограммы. В процессе воспроизведения по показаниям стрелочного индикатора прибора TR-0157 проконтролировать частоту записанного сигнала (блок "FREQU.METER" работает в режиме измерения частоты при нажатой кнопке "FREQU.").

Измерить взвешенное значение детонации. Для этого на блоке "FREQU.METER" нажать кнопку "WOW" (в некоторых модификациях аппаратуры - "WEIGHTED"), при этом блок "FREQU.METER" переходит в режим измерения детонации. Измеряемое значение детонации отсчитывать в процентах по основному стрелочному прибору. Переключатель пределов измерения "ATTENUATOR" блока "FREQU.METER" в зависимости от величины коэффициента детонации перевести в такое положение, при котором хорошо отсчитывается измеряемая величина.

4. Определение коэффициента детонации магнитофона "Орбита" МПК-108С на скорости 9 см/с.

4.1. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "9".

4.2. Перемотать ленту на начало.

4.3. Установить нулевые показания счетчика расхода магнитной ленты нажатием кнопки ">0<".

4.4. По методике, описанной в п.п. 3.7.-3.8., измерить коэффициент детонации в начале, середине и конце магнитной ленты.

Сравнить результаты измерений, полученные в п.п. 3.8 и

4.4. Сделать необходимые выводы.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Важнейшие параметры ЛПМ?
2. Факторы, влияющие на скорость вращения магнитной ленты?
3. Какие двигатели используются в видеомагнитофонах?
4. Что такое детонация?
5. Причины возникновения детонации?
6. Методы измерения средней скорости движения магнитной ленты?
7. Принцип проведения измерений в лабораторной работе?
8. Почему ЛПМ является важнейшим устройством магнитофона?

## КАНАЛ ЗАПИСИ-ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ МАГНИТОФОНА

*Способу магнитной записи присуща большая зависимость коэффициента передачи канала записи-воспроизведения от частоты. Частотные искажения возникают как в процессе взаимодействия головки записи с носителем записи, так и в процессе взаимодействия фонограммы с головкой воспроизведения.*

Сложение всех частотных искажений, возникающих из-за специфических особенностей магнитной звукозаписи и воспроизведения, позволяет получить суммарную частотную характеристику магнитной записи (кривая 1 на рис.1). Такая характеристика получается при постоянной величине тока записи и при линейной частотной характеристике усилителя воспроизведения. Очевидно, что для получения равномерного усиления в рабочем диапазоне частот (кривая 2) частотная характеристика усилителя воспроизведения должна иметь вид кривой 3.

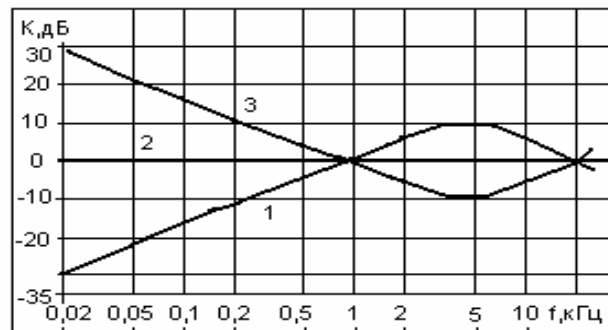


Рис 1 *Корректирование АЧХ магнитной записи*

*Форма АЧХ усилителя воспроизведения должна быть строго определенной. Это необходимо для того, чтобы запись, сделанная на одном магнитофоне, могла быть воспроизведена с тем же качеством на другом магнитофоне. С этой целью частотные характеристики усилителя воспроизведения стандартизуются для различных скоростей движения магнитной ленты.*

В усилителе записи также осуществляется частотная коррекция. Объясняется это тем, что остаточная намагниченность ленты в области верхних частот значительно меньше, чем на нижних частотах. В результате АЧХ сигнала на выходе воспроизводящей головки оказывается неравномерной: на верхних частотах имеется большой спад из-за щелевых и частотных потерь головки, на нижних - из-за ее меньшей отдачи. Получение линейной частотной характеристики магнитофона за счет коррекции АЧХ только в канале записи или только в канале воспроизведения может привести к значительным нелинейным искажениям или шумам. Поэтому коррекцию осуществляют не только в усилителе воспроизведения, но и в усилителе записи.

Особенностью АЧХ усилителей записи является подъем в области верхних частот, компенсирующий щелевые и частотные потери головки.

Для обеспечения высокого качества записи и воспроизведения фонограмм характеристики магнитофонов должны удовлетворять определенным нормам согласно государственным стандартам. Бытовые

магнитофоны в зависимости от основных параметров подразделяются на пять групп сложности: 0 (высшая), 1,2,3,4.

Амплитудно-частотная характеристика магнитофона задается при помощи специальных диаграмм, определяющих поле допусков на отклонение АЧХ от номинальной (рис.2).

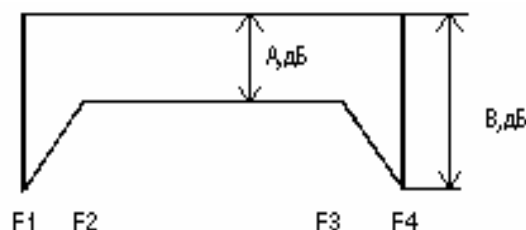


Рис2 Диаграмма поля допусков АЧХ магнитофона

Если измеренная АЧХ размещается внутри замкнутой фигуры, определяющей поле допусков, то она удовлетворяет норме. Значения частот F1, F2, F3, F4 и параметры А и В, характеризующие неравномерность АЧХ, зависят от группы сложности магнитофонов (таблица 1).

Параметры диаграммы поля допусков

Таблица 1

Группа сложности	F1, Гц	F2, Гц	F3, Гц	F4, Гц	А, дБ	В, дБ
0	31,5	250	6300	22000	3	6
1	31,5	250	6300	18000	3	6
2	40,0	250	6300	14000	4	7
3	40,0	250	6300	12500	4	7
4	63,0	250	6300	8000	4	7

Схема распределения искажений и коррекции по звеньям канала записи-воспроизведения показана на рис.3.

В лабораторных работах производится экспериментальная проверка распределения частотных искажений, и коррекции по звеньям канала записи-воспроизведения магнитофона "Орбита" МПК-108С. В процессе выполнения работы снимаются следующие амплитудно-частотные характеристики (рис.3):

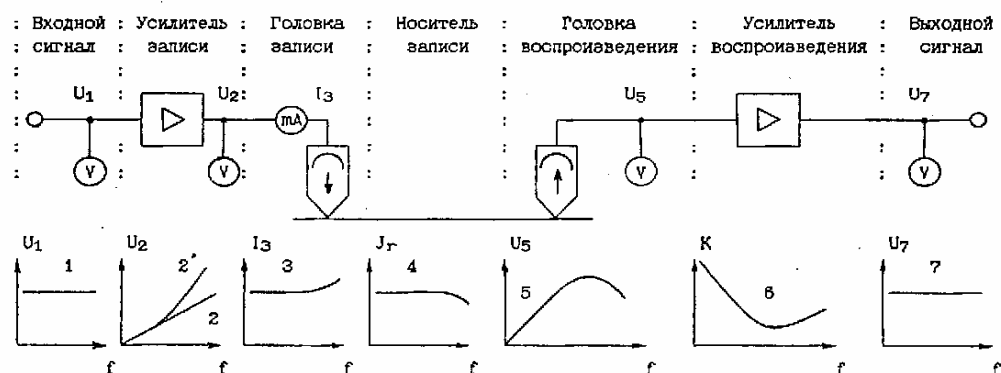


Рис.3. Схема распределения искажений и коррекций по звеньям сквозного канала магнитной записи и воспроизведения

$$U_3 = f(f_c), \quad \text{при } U_1 = \text{const} \quad (1)$$

$$I_3 = f(f_c), \quad \text{при } U_1 = \text{const} \quad (2)$$

$$U_7 = f(f_c), \quad \text{при } U_5 = \text{const} \quad (3)$$

$$U_7 = f(f_c), \quad \text{при } U_1 = \text{const} \quad (4)$$

## Лабораторная работа №2

### Исследование влияния высокочастотного подмагничивания на параметры магнитной записи

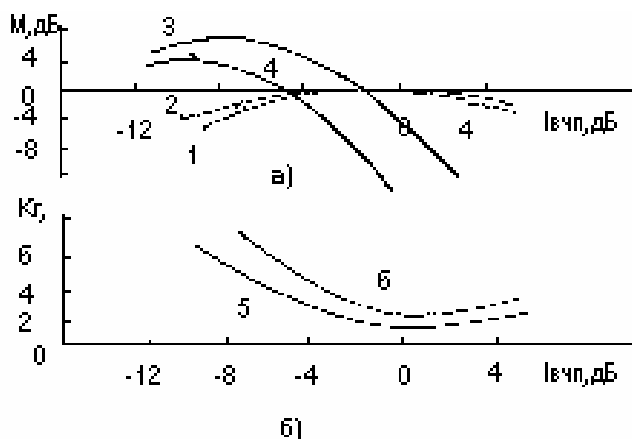
В современных магнитофонах используется процесс магнитной записи с высокочастотным подмагничиванием (ВЧП). Значение тока подмагничивания существенно влияет на большинство электроакустических свойств магнитных лент - волновые потери, уровень шума, нелинейные искажения. Поэтому значением тока подмагничивания во многом определяется качество записи фонограммы.

Ток подмагничивания, при котором чувствительность магнитной ленты максимальна, называют оптимальным током подмагничивания. Его значение зависит от длины волны записи и соответственно частоты записываемого сигнала. Для сравнительно низких частот ток подмагничивания имеет более высокое значение. Это связано с тем, что с увеличением тока подмагничивания уровень записи в области низких частот растет за счет более глубокой намагниченности рабочего слоя ленты. На высоких частотах с ростом тока подмагничивания намагниченность в приповерхностном слое ленты снижается. Вместе с тем глубокое проникновение зоны записи в рабочий слой на высоких частотах не дает положительного эффекта, поскольку в процессе воспроизведения на коротких длинах волн наиболее эффективны лишь приповерхностные слои фонограммы.

В связи с большим разбросом параметров головок и магнитных лент расчет оптимального тока подмагничивания может носить лишь ориентировочный характер, и его значение определяют экспериментально. С этой целью снимают характеристику подмагничивания, под которой понимают зависимость отдачи ленты от тока подмагничивания при фиксированном и достаточно малом уровне записи. Координаты вершины полученной кривой позволяют найти значение оптимального тока для заданной частоты записываемого сигнала.

Известно, что для большинства магнитных лент значения токов подмагничивания, соответствующие максимуму чувствительности, минимуму нелинейных искажений и шума намагниченной ленты, не совпадают. Поэтому выбор наиболее целесообразного уровня подмагничивания проводят путем поиска компромиссного решения. В студийных магнитофонах номинальное подмагничивание в большинстве случаев выбирают по минимуму шума намагниченной ленты, в бытовых - как компромисс между частотными и нелинейными искажениями.

На рис. 1 представлены экспериментальные зависимости отдачи и уровня



**Рис1** Зависимости отдачи  $M$  магнитной ленты (а) и коэффициента гармоник



нелинейных искажений ленты А4409-6Б от тока подмагничивания. Кривые 1 и 2 иллюстрируют зависимость отдачи  $M$  ленты на частоте 400 Гц и скоростях 19,05 и 9,53 см/с соответственно. Кривые 3, 4 получены для частоты 15 кГц и скоростей 19,05 и 9,53 см/с соответственно. Зависимости коэффициента гармоник от уровня подмагничивания даны кривыми 5 и 6 (для частоты 400 кГц и скоростей 19,05 и 9,53 см/с соответственно)

- 1 – частота сигнала 400 Гц, скорость 19,05 см/с;
- 2 – частота сигнала 400 Гц, скорость 9,53 см/с;
- 3 – частота сигнала 15 кГц, скорость 19,05 см/с;
- 4 – частота сигнала 15 кГц, скорость 9,53 см/с;
- 5 – частота сигнала 400 Гц, скорость 19,05 см/с;
- 6 – частота сигнала 400 Гц, скорость 9,53 см/с.

С увеличением частоты записи и понижением скорости ленты максимум отдачи сдвигается в область более низких уровней подмагничивания. Минимум нелинейных искажений смещен относительно оптимального тока для частоты 400 Гц на 1 ... 2 дБ. Близкие к минимальным значения шума и нелинейных искажений соответствуют току подмагничивания, оптимальному для сравнительно длинных волн записи ( $f = 400$  Гц). Наименьшие волновые потери обеспечиваются подмагничиванием, оптимальным для высоких частот.

Номинальный ток подмагничивания при скоростях менее 19,05 см/с выбирают, как правило, равным оптимальному для частоты 1000 Гц. Трудности при определении номинального тока подмагничивания возникают оттого, что максимум характеристики подмагничивания на низких частотах выражен недостаточно резко. В связи с важностью точной установки уровня подмагничивания ведутся активные поиски методик и разработка устройств, обеспечивающих поиск номинального тока подмагничивания. Одна из подобных методик основана на том, что у характеристики подмагничивания для коротких волн записи максимум более выражен. Частота сигнала, на которой устанавливается ток подмагничивания, выбирается равной 10 или 6,3 кГц. Обычным порядком находят положение регулятора тока подмагничивания, соответствующее максимальному выходному напряжению. Затем ток подмагничивания увеличивают до снижения отдачи ленты в заданное число раз, выраженное в децибелах. Оно составляет 3 дБ на частоте 10 кГц для скорости ленты 19,05 см/с и 3,5 дБ на частоте 6,3 кГц при скорости ленты 9,53 см/с. Указанные значения приблизительно соответствуют наилучшим режимам использования магнитных лент.

### Принцип проведения измерений

Установка номинального тока подмагничивания не встречает серьезных затруднений, если магнитофон имеет сквозной канал. Проведение пробной записи с одновременной регулировкой тока подмагничивания позволяет получить рассмотренные характеристики, достаточные для обоснованного определения номинального тока подмагничивания.

Однако для снятия зависимости отдачи ленты  $M$  и коэффициента гармоник  $K_r$  от тока подмагничивания  $I_{вчп}$  необходимо обеспечить изменение  $I_{вчп}$  в достаточно широких пределах. Значительная регулировка величины тока, вырабатываемого генератором стирания и подмагничивания магнитофона "Орбита", трудноосуществима. Поэтому в процессе проведения измерений напряжение подмагничивания подается в магнитофон от внешнего генератора



ГЗ-118. В этом случае величину напряжения и тока подмагничивания легко можно изменять в широких пределах.

Для измерения тока подмагничивания  $I_{вчп}$  последовательно с головкой записи включен дополнительный резистор  $R_{доп} = 10 \text{ Ом}$ , не оказывающий заметного влияния на параметры канала записи. Вольтметром переменного тока производится измерение падения напряжения  $U_{доп}$  на этом резисторе. Величина тока подмагничивания определяется из выражения:

$$I_{вчп} = \frac{U_{доп}}{R_{доп}}$$

Напряжение на линейном выходе магнитофона  $U_{вых}$  пропорционально отдаче ленты, поэтому в данной лабораторной работе относительное значение отдачи ленты  $M$  определяется как:

$$M = 20 \lg \left( \frac{U_{вых}}{U_{вых0}} \right),$$

где  $U_{вых0}$  - номинальное значение напряжения сигнала на линейном выходе (для магнитофона "Орбита"  $U_{вых0} = 500 \text{ мВ}$ ).

Величина нелинейных искажений сигнала при различных токах подмагничивания определяется на линейном выходе магнитофона "Орбита" с помощью измерителя искажений TR-0157.

**Выполнение лабораторной работы складывается из нескольких этапов:**

1. Определение частоты, напряжения и тока ВЧП в магнитофоне "Орбита".
2. Подача напряжения подмагничивания с аналогичными параметрами в магнитофон от генератора ГЗ-118.
3. Снятие зависимости напряжения на линейном выходе магнитофона от тока подмагничивания для сигналов различных частот при разных скоростях движения магнитной ленты и расчет отдачи ленты  $M$ .
4. Снятие зависимости коэффициента гармоник  $K_g$  от тока подмагничивания при разных скоростях движения магнитной ленты.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовка аппаратуры к работе
  - 1.1. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.2).



**Рис. 2** Схема соединения элементов установки для измерения параметров подмагничивания магнитофона «Орбита»

Для этого:

выход генератора подмагничивания магнитофона (гнездо "ВН. ПОДМ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С") подключить к входу осциллографа С1-83 и к входу вольтметра 1 ВЗ-38;

гнездо "ГЗ-1" на панели "Структурная схема магнитофона ОРБИТА МПК-108С" соединить с входом вольтметра 2 ВЗ-38.

1.2. Включить электропитание осциллографа С1-83 и двух вольтметров ВЗ-38.

1.3. Подключить акустическую систему к выходу левого канала усилителя мощности магнитофона (разъем "АС. ЛК." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С").

1.4. Переключатель скорости движения ленты магнитофона "Орбита" установить в положение "19". Включить электропитание магнитофона кнопкой "СЕТЬ". Заправить магнитофон лентой без записи. Установить нулевые показания счетчика расхода ленты нажатием кнопки ">О<". Включить левый канал магнитофона нажатием кнопки "ЛЕВ". Кнопку "ВХОД УНИВ" отжать.

1.5. Тумблер "ВН. ПОДМ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" установить в верхнее положение.

2. Измерение параметров подмагничивания магнитофон "Орбита" МПК-108С

2.1. Включить магнитофон в режим записи. Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".

2.2. Получить на экране осциллографа удобное для наблюдения изображение формы напряжения на выходе генератора стирания и подмагничивания.

Определить и записать значение частоты высокочастотного подмагничивания  $f_{вчп0}$ .

2.3. С помощью вольтметра 1 ВЗ-38 определить и записать величину напряжения подмагничивания  $U_{вчп0}$ .

2.4. С помощью вольтметра 2 ВЗ-38 определить падение напряжения  $U_{доп0}$  на дополнительном резисторе  $R_{доп}$ .

Рассчитать и записать значение тока высокочастотного подмагничивания  $I_{вчп0}$

$$I_{вчп} = \frac{U_{доп0}}{R_{доп}}, \text{ при } R_{доп} = 10 \text{ Ом}$$

2.5. Нажатием кнопки "СТОП" выключить режим записи.

3. Снятие зависимости отдачи ленты от тока подмагничивания при частоте сигнала 400 Гц и скорости движения магнитной ленты 19 см/с.

Снятие зависимости  $M = f(I_{вчп})$  произвести в пределах изменения тока подмагничивания  $I_{вчп}$  от -14 дБ до +6 дБ относительно  $I_{вчп0}$  (значение  $I_{вчп0}$  принять за 0 дБ).

При подготовке к проведению измерений необходимо рассчитать значения  $I_{вчп}$  и  $U_{доп}$  для указанных пределов изменения  $I_{вчп}$ . Результаты расчетов занести в 2 и 3 строки таблицы 1. Исходные данные для снятия зависимостей  $M = f(I_{вчп})$  и  $K_{Г} = (I_{вчп})$ .

Таблица 1

Ток подмагничивания $I_{вчп}$ , дБ	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2		2	4	6
Ток подмагничивания $I_{вчп}$ , мА											
Напряжение на $R_{доп}$ , мВ											

3.1. Тумблер "ВН. ПОДМ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" установить в нижнее положение.

3.2. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.3).



**Рис 3.** Схема соединения элементов установки для снятия зависимости отдачи магнитной ленты от тока подмагничивания.

Для этого:

электрическую цепь подмагничивания магнитофона (гнездо "ВН. ПОДМ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С") подключить к выходу генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II");

гнездо "ЛИН. ВЫХ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" соединить с входом вольтметра 1 ВЗ-38;

выход генератора TR-0157 "АТТ.ОУТ" блока "AUDIO GENERATOR" подключить к входу магнитофона "Орбита" МПК-108С (разъем "ВХ. УНИВ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С").

3.3. На блоке "AUDIO GENERATOR" прибора TR-0157 все кнопки переключателя "FREQU.RANGE" отжать. Нажатием кнопки "MAINS" включить электропитание прибора TR-0157. При этом загорится индикаторная лампочка в правом верхнем углу лицевой панели прибора.

3.4. Включить электропитание генератора ГЗ-118. Установить частоту генератора  $f_{ген} = f_{вчп0}$  (см. п. 2.2.). Регуляторами "ОСЛАБЛЕНИЕ дБ" и "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 установить такое напряжение на выходе генератора, чтобы ток подмагничивания был равен  $I_{вчп0}$  (показания вольтметра 2 должны быть равны показаниям, полученным в п. 2.4.).

3.5. Установить на выходе "АТТ.ОУТ" генератора "AUDIO GENERATOR" TR-0157 синусоидальные колебания частотой 400 Гц напряжением 1.0 В.

Для этого:

ручкой "FREQUENCY" и кнопочным переключателем "FREQU.RANGE" установить частоту генератора 400 Гц;

ступенчатый переключатель "ATTENUATOR" dB поставить в положение "-10" , малую ручку плавного регулятора "ATTENUATOR" нажать и зафиксировать в крайнем правом нажатом положении. При этом уровень выходного сигнала генератора равен 0 dB (1 В).

3.6. Включить магнитофон в режим записи. Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".

3.7. Установить номинальный уровень записи.

Для этого:

нажать кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД";

регулятор "УРОВЕНЬ ЗАПИСИ" левого канала (ручка малого диаметра) установить в такое положение, при котором загорается сегмент "0dB" индикатора уровня, но не горят оранжевые сегменты, указывающие на превышение оптимального уровня.

В дальнейшем положение регулятора уровня записи магнитофона не изменять.

3.8. Через акустическую систему прослушать тон частотой 400 Гц. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука.

3.9. Нажать и отпустить кнопку "ПАУЗА". При этом погаснет световой индикатор "ПАУЗА", лента начнет двигаться. Кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД" отжать. Через акустическую систему должен прослушиваться записанный на магнитную ленту сигнал (тон частотой 400 Гц).

3.10. Регуляторами "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" и "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 поочередно установить такие напряжения на выходе генератора, при которых ток подмагничивания и напряжение на  $R_{доп}$ , измеренные вольтметром 2, равны значениям, указанным в таблице 1.

Для каждого значения тока подмагничивания записать в таблицу 2 величину напряжения, измеренного вольтметром 1 на линейном выходе магнитофона (гнездо "ЛИН. ВЫХ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С").

4. Снятие зависимости отдачи ленты от тока подмагничивания при частоте сигнала 15 кГц и скорости движения магнитной ленты 19 см/с.

4.1. Ручкой "FREQUENCY" и кнопочным переключателем "FREQU.RANGE" установить на выходе "АТТ.ОУТ" генератора "AUDIO GENERATOR" TR-0157 синусоидальные колебания частотой 15 кГц.

4.2. По методике, описанной в п. 3.10 произвести измерение напряжения на линейном выходе магнитофона  $U_{вых}$  при разных значениях тока ВЧП.

Полученные данные занести в таблицу 2.

Зависимость отдачи ленты  $M$  от тока подмагничивания  $I_{вчп}$

Таблица 2

Частота сигнала, Гц	Скорость ленты, см/с	Ток подмагничивания $I_{вчп}$ , дБ	-14	-12	-10	-6	-4	-2	0	2	4	6
400	19	Напряжение на линейном выходе $U_{вых}$ , мВ										
15000	19	Отдача ленты $M=20\lg(U_{вых}/U_{вых0})$										
400	9	Напряжение на линейном выходе $U_{вых}$ , мВ										
15000	9	Отдача ленты $M=20\lg(U_{вых}/U_{вых0})$										

5. Снятие зависимости отдачи ленты от тока подмагничивания при частотах сигнала 400 Гц и 15 кГц и скорости движения магнитной ленты 9 см/с

5.1. Нажатием кнопки "СТОП" выключить режим записи.

5.2. Переключатель скорости движения ленты магнитофона "Орбита" установить в положение "9".

Включить магнитофон в режим записи. Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".

Нажать и отпустить кнопку "ПАУЗА". При этом погаснет световой индикатор "ПАУЗА", лента начнет двигаться.

5.3. По методике, описанной в п. 3.10 произвести измерение напряжения  $U_{вых}$  на линейном выходе магнитофона при частотах сигнала 400 Гц и 15 кГц при разных значениях тока ВЧП. Полученные данные занести в таблицу 2.

5.4. Нажатием кнопки "СТОП" выключить режим записи.

6. Снятие зависимости коэффициента гармоник  $K_r$  от тока подмагничивания при разных скоростях движения магнитной ленты

6.1. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.4).

Для этого гнездо "ЛИН. ВЫХ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" отключить от входа вольтметра 1 и соединить с входом измерителя искажений TR-0157 (разъем "AC IN").

6.2. Ручкой "FREQUENCY" и кнопочным переключателем "FREQU.RANGE" установить на выходе "ATT.OUT" генератора "AUDIO GENERATOR" TR-0157 синусоидальные колебания частотой 400 Гц.

6.3. Включить магнитофон в режим записи. Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой



**Рис. 4** *Схема соединения элементов установки для снятия зависимости коэффициента гармоник от тока подмагничивания "ПАУЗА".*

Нажать и отпустить кнопку "ПАУЗА". При этом погаснет световой индикатор "ПАУЗА", лента начнет двигаться.

6.4. Подготовить к работе измеритель искажений TR-0157.

Для этого:

нажать кнопку "~U" на панели блока "ELECTRONIC V-Ω W METER";

переключатель пределов измерения данного блока установить в такое положение, чтобы стрелка измерительного прибора находилась в красном секторе шкалы;

нажать кнопку "DIST" на панели блока "ELECTRONIC V-Ω W METER".

6.5. Произвести калибровку измерителя искажений.

Для этого:

переключатель "RANGE" блока "DIST. METER" установить в положение "100 % CAL";

отжать кнопку "CAL" на блоке "DIST. METER";

вращением этой же кнопки "CAL" добиться предельного отклонения стрелки на шкале измерительного прибора.

6.6. Произвести измерение коэффициента гармоник в выходном сигнале магнитофона.

Для этого:

нажать кнопку "CAL" на блоке "DIST. METER";

переключатель "RANGE" блока "DIST. METER" вращать против часовой стрелки и установить в такое положение, при котором по шкале "k%" стрелочного прибора можно легко прочесть значение измеряемой величины.

6.7. Произвести измерение коэффициента гармоник при различных значениях тока подмагничивания (см. таблицу 1). В процессе проведения измерений необходимо калибровать измеритель искажений перед каждым измерением.

Результаты измерений занести в таблицу 3.

6.8. Нажатием кнопки "СТОП" выключить режим записи.

6.9. Переключатель скорости движения ленты магнитофона "Орбита" установить в положение "19".

Включить магнитофон в режим записи. Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".

Нажать и отпустить кнопку "ПАУЗА". При этом погаснет световой индикатор "ПАУЗА", лента начнет двигаться.

6.10. Произвести измерение коэффициента гармоник при различных значениях тока подмагничивания (см. таблицу 1). В процессе проведения измерений необходимо калибровать измеритель искажений перед каждым измерением.

Результаты измерений занести в таблицу 3.

**Зависимость коэффициента гармоник  $K_G$  от тока подмагничивания  $I_{вчп}$**

**Таблица 3**

Частота сигнала, Гц	Скорость ленты, см/с	Ток подмагничивания $I_{вчп}$ , дБ	-14	-12	...	-6	-4	-2	0	2	4	6
			400	19	Коэффициент гармоник $K_G$ , %							
400	19	Коэффициент гармоник $K_G$ , %										

7. Обработка результатов измерений.

7.1. По данным таблицы 2 рассчитать отдачу ленты  $M$  для различных значений  $I_{вчп}$  при различных частотах сигнала и скоростях движения магнитной ленты. Полученные данные занести в таблицу 2.

7.2. В одних координатных осях по данным таблицы 2 построить кривые зависимости  $M = f(I_{вчп})$ . Сравнить их между собой. Сделать необходимые выводы.

7.3. В одних координатных осях по данным таблицы 3 построить кривые зависимости  $K_G = f(I_{вчп})$ . Сравнить их между собой. Сделать необходимые выводы.

### Контрольные вопросы

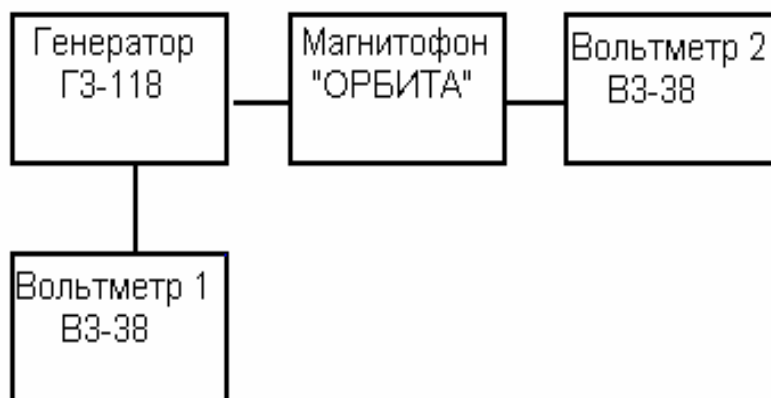
1. На что влияет высокочастотное подмагничивание?
2. Что такое подмагничивание?
3. Как определяется оптимальный ток подмагничивания?
4. В какой зоне магнитной ленты помещается записываемый сигнал?
5. Какие методы установки тока подмагничивания существуют?
6. Какой принцип установки номинального тока подмагничивания используется в данной работе?



## Лабораторная работа №3

### Изучение методов корректирования частотных характеристик в канале записи магнитофона

*Структурная схема лабораторной установки для снятия частотных характеристик канала записи (по формулам 1 и 2) показана на рис. 1.*



**Рис. 1** Структурная схема установки для снятия амплитудно-частотных характеристик тракта записи магнитофона

### Принцип проведения измерений

Согласно общепринятой методике при снятии характеристик (1) и (2) канала записи на вход магнитофона с генератора звуковой частоты подается сигнал частотой 400 Гц напряжением, равным чувствительности входа магнитофона. Регулятором уровня записи устанавливается номинальное его значение. Отключается электропитание генератора тока стирания и подмагничивания. Затем выходное напряжение генератора звуковой частоты уменьшается на 20 дБ (в 10 раз) и во время снятия характеристик поддерживается неизменным. Измеряются напряжение на головке записи и ток записи при различных частотах генератора в пределах рабочего диапазона частот.

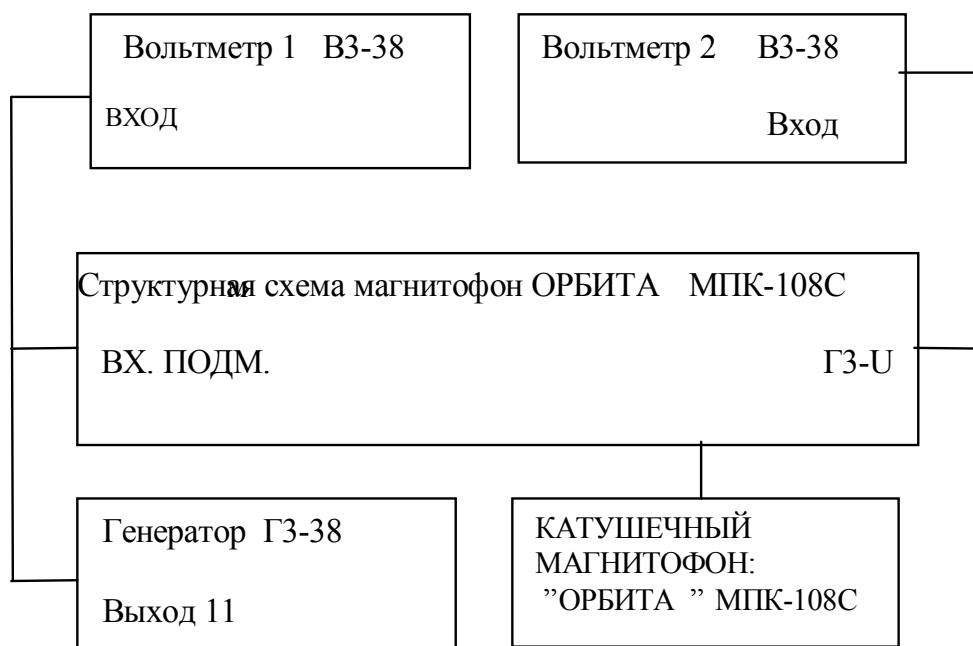
В данной лабораторной работе с целью упрощения измерений и повышения их точности характеристики снимаются при номинальном уровне записи. При этом погрешность снятия характеристик незначительна.

Для измерения тока записи (2) последовательно с головкой записи включен дополнительный резистор  $R_{\text{доп}} = 120 \text{ Ом}$ , не оказывающий заметного влияния на параметры канала записи. Вольтметром переменного тока производится измерение падения напряжения  $U_{\text{доп}}$  на этом резисторе. Величина тока записи определяется из выражения:

$$I = \frac{U_{\text{DOP}}}{R_{\text{DOP}}}$$

### Порядок выполнения работы

1. Подготовка аппаратуры к работе
  - 1.1. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис 2).



**Рис. 2** Схема соединения элементов установки для снятия АЧХ усилителя записи

Для этого:

соединить выход звукового генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") с входом вольтметра 1 ВЗ-38 и с гнездом "ВХ. УНИВ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С";

соединить вход вольтметра 2 ВЗ-38 с гнездом "ГЗ-У" на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С".

1.2. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить в положение 60 .

1.3. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и двух вольтметров ВЗ-38.

1.4. Подключить акустическую систему к выходу левого канала усилителя мощности магнитофона (разъем "АС. ЛК." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С").

1.5. Переключатель скорости движения ленты магнитофона "Орбита" установить в положение "19". Включить электропитание магнитофона кнопкой "СЕТЬ". Заправить магнитофон лентой без записи. Установить нулевые показания счетчика расхода ленты нажатием кнопки ">О<". Включить левый канал магнитофона нажатием кнопки "ЛЕВ". Кнопку "ВХОД УНИВ" отжать.

1.6. Отключить подмагничивание.

Для этого:

тумблер "ВН. ПОДМ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" установить в нижнее положение.

2. Снятие АЧХ усилителя записи при скорости ленты 19 см/с.

2.1. Установить частоту генератора ГЗ-118 400 Гц. При помощи ручки "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателя "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" по вольтметру 1 ВЗ-38 установить напряжение на выходе звукового генератора (на входе магнитофона)  $U_{ген} = 1,0$  В. Далее в процессе снятия АЧХ усилителя записи поддерживать это напряжение постоянным на всех частотах генератора.

2.2. Включить магнитофон в режим записи.

Для этого:

последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".

2.3. Установить номинальный уровень записи.

Для этого:

нажать кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД";

регулятор "УРОВЕНЬ ЗАПИСИ" левого канала (ручка малого диаметра) установить в такое положение, при котором загорается сегмент "0dB" индикатора уровня, но не горят оранжевые сегменты, указывающие на превышение оптимального уровня.

2.4. Через акустическую систему прослушать тон частотой 400 Гц. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука.

2.5. Изменяя частоту генератора  $f_{ген}$  от 20 Гц до 20 кГц при помощи вольтметра 2 измерить напряжение  $U_{зап}$  на выходе усилителя записи (гнездо "ГЗ-У" на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С") для каждого значения частоты. Значения частоты  $f_{ген}$  и напряжения  $U_{зап}$  занести в таблицу 2.

**Примечание:** Значения частоты, на которых производится измерение необходимо выбрать самостоятельно таким образом, чтобы явно прослеживалась зависимость  $U_{зап}$  от  $f_{ген}$ .

2.6. Рассчитать и занести в таблицу 2 значения АЧХ усилителя записи.

**Амплитудно-частотная характеристика усилителя записи при скорости движения ленты 19см/с.**

**Таблица 2**

Частота генератора $f_{ген}$ , Гц	20	...	.....	20000
Напряжение на выходе усилителя записи $U_{зап}$ , В				
Нормированное значение напряжения на выходе усилителя записи $U_{зап}/U_{запмакс}$				
Значение АЧХ, дБ $K=20LgU_{зап}/U_{запмакс}$				

3. Снятие АЧХ усилителя записи при скорости ленты 9 см/с.

3.1. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "9".

3.2. По методике, описанной в п.2, измерить АЧХ усилителя записи при скорости 9 см/с. Полученные данные занести в таблицу 3. (Таковую же как Таблица 2).

3.3. По данным таблиц 2 и 3 в одних и тех же координатных осях построить АЧХ усилителя записи для скоростей 19 см/с и 9 см/с.

4. Снятие АЧХ тока записи при скорости ленты 9 см/с.

4.1. Вход вольтметра 2 отключить от гнезда "ГЗ-У" и соединить с гнездом "ГЗ-Г" на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" (рис 3).

4.2. По методике, аналогичной изложенной в п.2, снять АЧХ тока записи.

**Примечание:** Измерение тока записи проводится косвенным образом: вольтметром 2 измеряется падение напряжения  $U_{\text{доп}}$  на резисторе  $R_{\text{доп}}$ , включенном последовательно с головкой записи (гнездо "ГЗ-1").

$$I = \frac{U_{\text{ДОП}}}{R_{\text{ДОП}}}.$$

Поскольку для построения АЧХ тока записи используются относительные значения тока  $I$ , в целях упрощения расчетов целесообразно не производить вычисление  $I$ , а использовать относительные значения напряжения  $U_{\text{доп}}$ .

Полученные данные занести в таблицу 4

*Амплитудно-частотная характеристика тока записи при скорости движения ленты 9 см/с*

Таблица 3

Частота генератора $f_{\text{ген}}$ , Гц	20	...	.....	20000
Напряжение на дополнительном резисторе $U_{\text{доп}}$ , В				
Нормированное значение напряжения на $R_{\text{доп}}=U_{\text{доп}}/U_{\text{допмакс}}$				
Значение АЧХ, дБ $I=20LgU_{\text{доп}}/U_{\text{допмакс}}$				

5. Снятие АЧХ тока записи при скорости ленты 19 см/с.

5.1. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "19".

5.2. По методике, описанной в п.4, измерить АЧХ тока записи при скорости 19 см/с. Полученные данные занести в таблицу подобную таблице 4.

5.3. По данным таблиц 4 и 5 в одних и тех же координатных осях построить АЧХ тока записи для скоростей 19 см/с и 9 см/с.

## Лабораторная работа №4

### Изучение методов корректирования частотных характеристик в канале воспроизведения магнитофона

Структурная схема лабораторной установки для снятия АЧХ усилителя воспроизведения (3) и АЧХ сквозного канала (4) показана на рис 1.



**Рис.1** Структурная схема установки для снятия амплитудно-частотных характеристик усилителя воспроизведения и сквозного канала магнитофона

### Принцип проведения измерений

Для снятия частотной характеристики усилителя воспроизведения (3) через резисторный делитель на головку воспроизведения подается напряжение от генератора звуковой частоты. Напряжение генератора выбирается такой величины, чтобы на частоте 400 Гц на линейном выходе магнитофона получить напряжение на 20 дБ (в 10 раз) меньше номинального. Поддерживая неизменное напряжение на выходе генератора при помощи вольтметра, изменяется частота генератора в рабочем диапазоне частот. Одновременно другим вольтметром измеряется напряжение на линейном выходе магнитофона при различных частотах генератора в пределах рабочего диапазона частот.

При измерении АЧХ сквозного канала (4) на магнитофоне производится запись сигналов стандартного ряда звуковых частот от нижней до верхней при постоянной величине напряжения на входе, на 20 дБ (в 10 раз) меньше номинальной. В процессе записи-воспроизведения измеряется напряжение на линейном выходе магнитофона.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовка аппаратуры к работе.

1.1. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ дБ" генератора установить в положение 60. Соединить выход звукового генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") с входом вольтметра 1 ВЗ-38 и с гнездом "ГВ" на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" (рис 2).

1.2. Соединить вход вольтметра 2 ВЗ-38 с гнездом "ЛИН. ВЫХ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С".

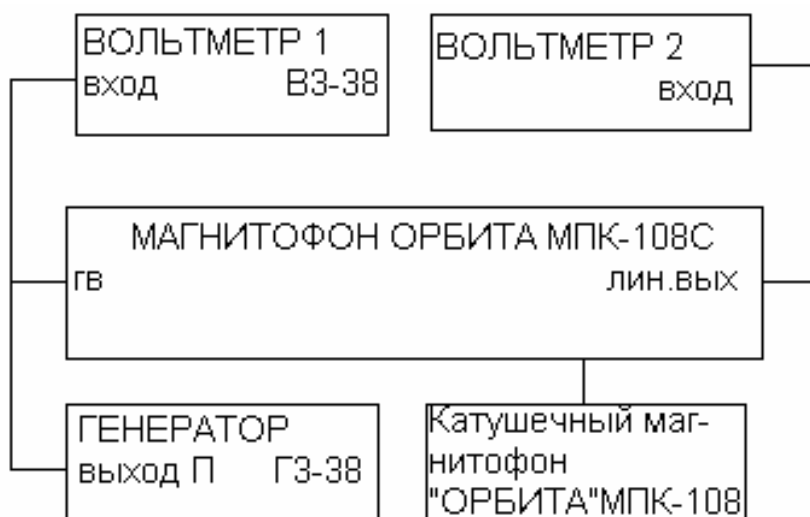


Рис. 2 *Схема соединения элементов установки для измерения параметров подмагничивания магнитофона «Орбита»*

1.3. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и двух вольтметров ВЗ-38.

1.4. Подключить акустическую систему к выходу левого канала усилителя мощности магнитофона (разъем "АС. АК." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С").

1.5. Переключатель скорости движения ленты магнитофона "Орбита" установить в положение "19". Включить электропитание магнитофона кнопкой "СЕТЬ".

1.6. Кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД" на панели магнитофона отжать.

2. Снятие АЧХ усилителя воспроизведения при скорости ленты 19 см/с.

2.1. Установить частоту генератора 400 Гц. По вольтметру 1 ВЗ-38 ручкой "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателем "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" установить напряжение на выходе звукового генератора  $U_{ген} \sim V$ , а затем отрегулировать его так, чтобы на линейном выходе магнитофона установилось номинальное выходное напряжение 0,5 В, измеренное с помощью вольтметра 2. При этом индикатор уровня магнитофона должен показывать уровень сигнала 0 dB.

2.2. Через акустическую систему прослушать тон частотой 400 Гц. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука.

2.3. Уменьшить напряжение  $U_{ген}$  на выходе звукового генератора таким образом, чтобы напряжение на линейном выходе магнитофона уменьшилось на 20 дБ (в 10 раз). Записать новое значение  $U_{ген}$ . Далее в процессе снятия АЧХ усилителя по вольтметру 1 поддерживать это напряжение  $U_{ген}$  неизменным на всех частотах. При необходимости ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) снова установить удобный для контроля уровень громкости звука.

2.4. Изменяя частоту генератора  $f_{ген}$  от 20 Гц до 20 кГц при помощи вольтметра 2 измерить напряжение  $U_{вых}$  на линейном выходе магнитофона для каждого значения частоты. Значения частоты  $f_{ген}$  и напряжения  $U_{вых}$  занести в таблицу 1.

**Примечание:** Значения частоты, на которых производится измерение необходимо выбрать самостоятельно таким образом, чтобы явно прослеживалась зависимость  $U_{вых}$  от  $f_{ген}$ .

**Амплитудно-частотная характеристика усилителя воспроизведения при скорости движения ленты 19см/с**

Таблица 1

Частота генератора $f_{ген}$ , Гц	20	...	.....	20000
Напряжение на выходе усилителя воспроизведения $U_{вых}$ , В				
Нормированное значение напряжения на выходе усилителя воспроизведения $U_{вых}/U_{вых.макс}$				
Значение АЧХ, дБ $K=20LgU_{вых}/U_{вых.макс}$				

2.7. Рассчитать и занести в таблицу 1 значения АЧХ усилителя воспроизведения.

3. Снятие АЧХ усилителя воспроизведения при скорости ленты 9 см/с.

3.1. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "9".

3.2. По методике, описанной в п.2, измерить АЧХ усилителя воспроизведения при скорости 9 см/с. Полученные данные занести в таблицу 2 (подобную таблице 1)

4. Снятие АЧХ канала записи-воспроизведения магнитофона (сквозного канала) при скорости движения ленты 9 см/с

4.1. Выход генератора ГЗ-118 отключить от гнезда "ГВ" и подключить к входу магнитофона (разъем " ВХ. УНИВ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С").

4.2. Тумблером "ВН. ПОДМ." на панели "Магнитофон ОРБИТА МПК-108С" включить подмагничивание.

4.3. Заправить магнитофон лентой без записи. Установить нулевые показания счетчика расхода ленты нажатием кнопки ">О<". Кнопку "ВХ. УНИВ." отжать.

4.4. Установить частоту генератора ГЗ-118 400 Гц. По вольтметру 1 ВЗ-38 установить напряжение на выходе звукового генератора (на входе магнитофона)  $U_{ген} = 1,0$  В.

4.5. Включить магнитофон в режим записи. Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".

4.6. Установить номинальный уровень записи.

Для этого:

нажать кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД";

регулятор "УРОВЕНЬ ЗАПИСИ" левого канала (ручка малого диаметра) установить в такое положение, при котором загорается сегмент "0dB" индикатора уровня, но не горят оранжевые сегменты, указывающие на превышение оптимального уровня.



4.7. Через акустическую систему прослушать тон частотой 400 Гц. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука.

4.8. Не изменяя положение регулятора уровня записи магнитофона, уменьшить уровень напряжения на выходе генератора  $U_{\text{ген}}$  на 20 дБ (в 10 раз). Далее в процессе снятия АЧХ сквозного канала магнитофона поддерживать это напряжение постоянным на всех частотах генератора.

4.9. Нажать и отпустить кнопку "ПАУЗА". При этом погаснет световой индикатор "ПАУЗА", лента начнет двигаться.

Кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД" отжать. Через акустическую систему должен прослушиваться записанный на магнитную ленту сигнал (тон частотой 400 Гц). Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука. При этом необходимо учитывать, что уровень напряжения сигнала на линейном выходе не зависит от положения регулятора громкости.

4.10. Изменяя частоту генератора  $f_{\text{ген}}$  от 20 Гц до 20 кГц при помощи вольтметра 2 измерить напряжение  $U_{\text{вых}}$  на линейном выходе магнитофона для каждого значения частоты. Значения частоты  $f_{\text{ген}}$  и напряжения  $U_{\text{вых}}$  занести в таблицу 3 (подобную таблице 1).

**Примечание:** Значения частоты, на которых производится измерение необходимо выбрать самостоятельно таким образом, чтобы явно прослеживалась зависимость  $U_{\text{вых}}$  от  $f_{\text{ген}}$ .

4.11. Нажатием кнопки "СТОП" выключить режим записи.

4.12. Рассчитать и занести в таблицу 3 значения АЧХ сквозного канала магнитофона.

5. Снятие АЧХ канала записи-воспроизведения магнитофона (сквозного канала) при скорости движения ленты 19 см/с.

5.1. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "19".

5.2. По методике, описанной в п.4, снять АЧХ сквозного канала магнитофона при скорости 19 см/с. Полученные данные занести в таблицу 4 (подобную таблице 1).

5.3. По данным таблиц 3 и 4 в одних и тех же координатных осях построить АЧХ усилителя воспроизведения и АЧХ сквозного канала магнитофона для скоростей 19 см/с и 9 см/с.

5.4. Используя построенные кривые АЧХ сквозного канала, диаграмму поля допусков (рис. 2 «Введения») и данные таблицы 1 «Введения», определить, какой группе сложности магнитофонов удовлетворяют параметры исследуемого магнитофона "Орбита" МПК-108С.

### Контрольные вопросы

1. Какой вид имеет частотная характеристика канала записи?
2. Какой вид ЧХ желателен для канала воспроизведения?
3. Какие виды коррекции используются в магнитной записи?
4. Как задается нормативами АЧХ магнитофона?
5. Для чего вводятся корректирующие звенья в магнитофоне?
6. Какая частотная восприимчивость магнитной ленты?
7. Для чего в высококачественной аппаратуре используется система динамического подмагничивания?

## АНАЛОГОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ

Для преобразования сигналов звукового вещания применяют устройства динамической и частотной обработки, шумоподавители, а также устройства спецэффектов.

*Динамическая обработка*, связанная с изменением динамического диапазона сигналов, реализуется ручными и автоматическими регуляторами уровня. Необходимость ручной регулировки уровней объясняется тем, что исходные необработанные сигналы имеют большой динамический диапазон (например, 80 дБ у симфонической музыки), а в домашних условиях передачи обычно прослушивают в диапазоне порядка 40 дБ. Следовательно, звукорежиссер должен сжать динамический диапазон симфонической музыки до 40 дБ.

Исследования показали, что время реакции звукорежиссера не менее 2 секунд, даже если партитура музыкального произведения ему известна. Это приводит к погрешности в поддержании максимальных уровней музыкальных программ до +4 дБ относительно номинала. Поэтому в помощь звукорежиссеру создано большое число различных устройств автоматической обработки уровней сигналов - авторегуляторов уровня (АРУР).

По критерию инерционности срабатывания АРУР разделяются на безинерционные (мгновенного действия) и инерционные (АРУР с изменяющимся коэффициентом передачи).

Безинерционные авторегуляторы очень просты, но они приводят к появлению больших нелинейных искажений.

Инерционными называются такие авторегуляторы уровня, у которых коэффициент передачи автоматически изменяется в зависимости от амплитуды сигнала на их входе. При срабатывании инерционные авторегуляторы уровня искажают форму сигналов только в течение незначительного интервала времени, и поэтому эти искажения незаметны для слуха.

В зависимости от выполняемых функций инерционные авторегулятор уровня подразделяют на ограничители квазимаксимальных уровней, автостабилизаторы уровня, компрессоры (сжиматели) динамического диапазона, экспандеры (расширители) динамического диапазона, компандерные шумоподавители, пороговые шумоподавители и пр.

*Ограничитель уровня* - это авторегулятор, у которого коэффициент передачи изменяется так, что при превышении номинального входного уровня до 20 дБ уровни сигналов на его выходе остаются практически постоянными, близкими к номинальному значению (рис.1,а). При входных сигналах, изменяющихся от нуля до номинального значения, ограничитель уровня работает как обычный усилитель.

*Автостабилизатор* уровня в соответствии со своим названием предназначен для стабилизации уровней вещательных сигналов, что необходимо для выравнивания громкости звучания отдельных фрагментов. Принцип действия автостабилизатора аналогичен принципу действия ограничителя. Отличие заключается в том, что номинальное выходное напряжение автостабилизатора примерно на 5 дБ меньше номинального выходного уровня  $N_{вых.ном}$ , в то время как у ограничителя  $N_{вых.ном} = 0$  дБ (рис.1,б).

*Компрессор* (сжиматель) - это устройство, коэффициент передачи которого возрастает по мере уменьшения уровня входного сигнала (рис.1,в). Действие компрессора приводит к повышению средней мощности и, следовательно, громкости звучания обрабатываемого сигнала, а также к сжатию его динамического диапазона.

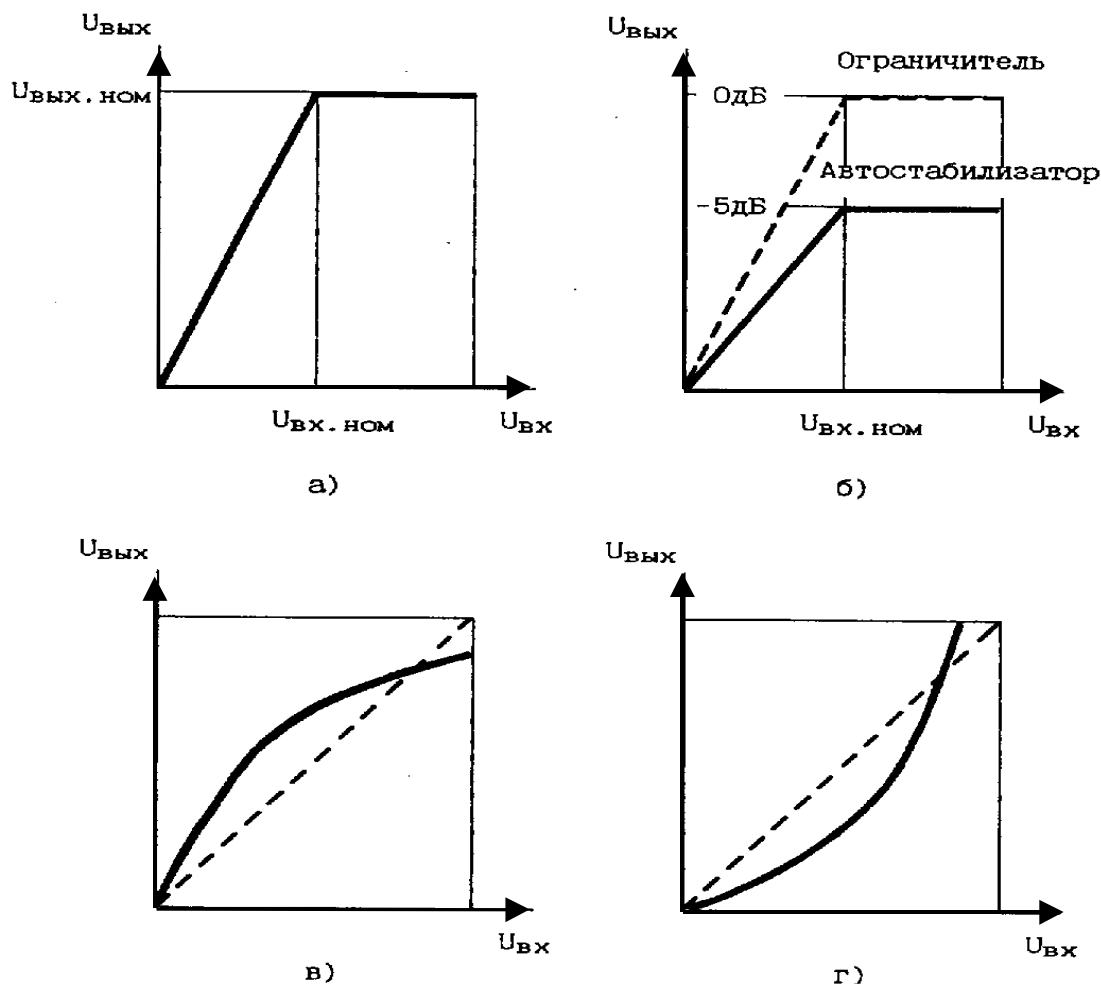


Рис.1. Амплитудные характеристики ограничителя (а), автостабилизатора (б), компрессора (в) и экспандера (г)

*Амплитудная характеристика экспандера* (расширителя) обратная характеристике компрессора (рис.1,г) и компенсирует искажения, вносимые в сигнал компрессором.

Система, состоящая из последовательно включенных компрессора и экспандера, называется *компандером* и используется для шумоподавления.

*Частотная обработка* выполняется корректорами (набором фильтров), изменяющих спектры сигналов во всем звуковом диапазоне частот. Различают следующие типы корректоров: фильтры плавного подъема и спада, фильтры среза, фильтры присутствия, эквалайзеры (графические корректоры) и пр.

*Фильтры плавного подъема и спада АЧХ* (рис.2) позволяют звукорежиссеру изменять в широких пределах спектральные характеристики отдельных источников в области нижних и верхних частот звукового диапазона. Обычно с помощью таких фильтров можно регулировать сигнал на крайних частотах до + 20 дБ плавно или ступенями и тем самым добиваться наиболее

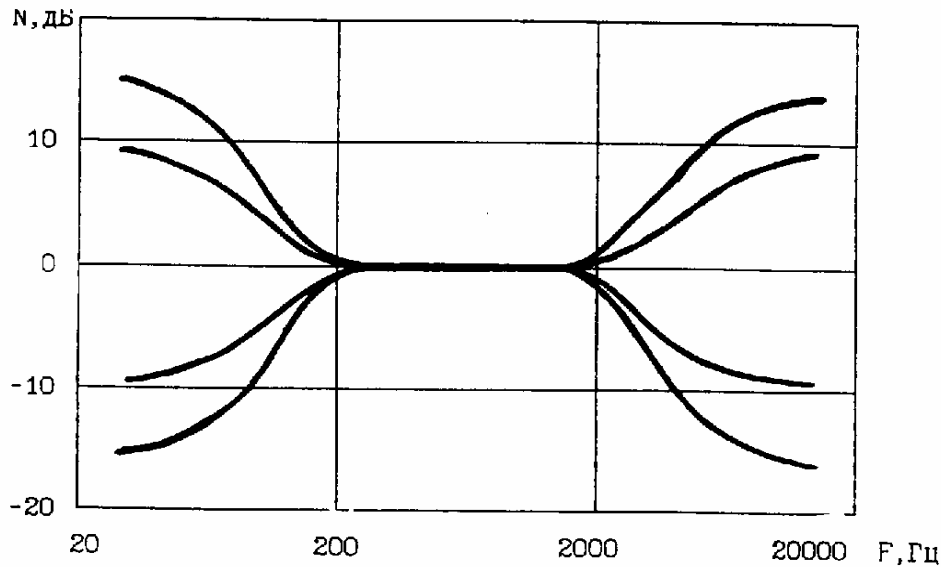


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики корректора плавного подъема и спада АЧХ

естественного звучания при некоторых акустических дефектах студии, несовершенстве микрофонов и пр. Можно выделить или подавить отдельные участки спектра, можно подчеркнуть характерные оттенки исполнения, изменить в значительной степени характер звучания, чтобы придать ему новизну и оригинальность. Узкополосные режекторные фильтры позволяют очистить фонограмму от тональной помехи. Субъективно применение любого фильтра воспринимается как изменение тембра первичного сигнала.

*Устройства спецэффектов* - это ревербераторы, линии задержки, гармонайзеры и другие устройства. Их используют для временной обработки сигналов.

Средства и аппараты, которые служат для создания искусственной реверберации, можно классифицировать следующим образом: эхокамерные, магнитные, листовые (пластинчатые), пружинные и цифровые. Цифровые ревербераторы и линии задержки в настоящее время являются самыми перспективными, обладают наибольшими технологическими возможностями.

Простейший магнитный ревербератор представляет собой магнитофон с раздельными головками записи и воспроизведения (рис.3). Входной сигнал

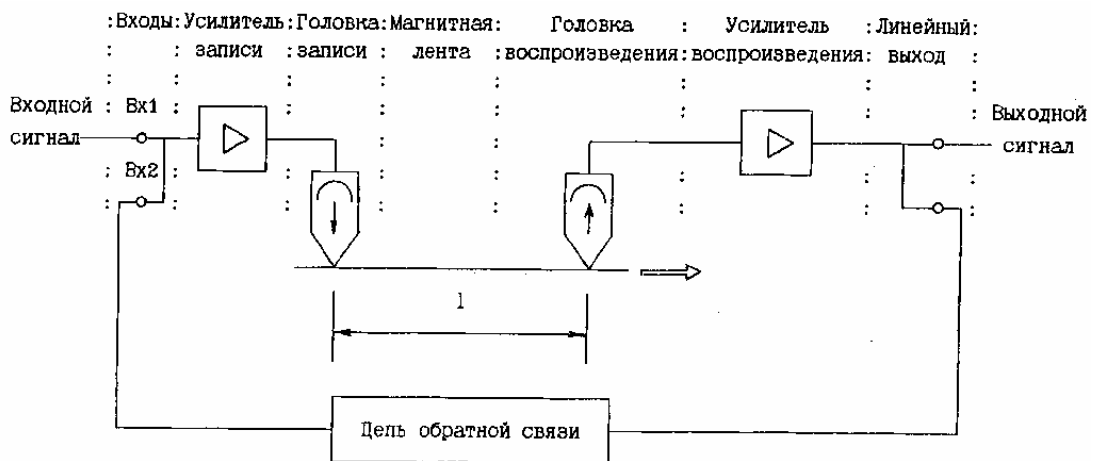


Рис. 3. Функциональная схема простейшего магнитного ревербератора

через усилитель записи подается на головку записи и записывается на магнитную ленту. При движении ленты этот сигнал воспроизводится головкой воспроизведения, усиливается и через цепь обратной связи снова подается на вход магнитофона.

**Время реверберации магнитного ревербератора определяется по формуле**

$$T = 3t / (-\lg kq) , \quad (1)$$

где  $t = l/v$  - время задержки;  $k$  - модуль коэффициента передачи тракта записи-воспроизведения магнитофона;  $q$  - модуль коэффициента обратной связи;  $l$  - расстояние между головками;  $v$  - скорость движения ленты.

## Лабораторная работа №5

### Изучение устройств динамической и частотной обработки сигналов звукового вещания

*Процесс выполнения лабораторной работы включает в себя.*

1. Снятие амплитудных характеристик безинерционного и инерционного АРУР и визуальную оценку вносимых ими нелинейных искажений.

2. Субъективную оценку влияния фильтров плавного подъема и спада АЧХ на характер звучания радиопередачи и снятие их амплитудно-частотных характеристик.

3. Субъективную оценку подавления тональной помехи с помощью режекторного фильтра и снятие его амплитудно-частотной характеристики.

В состав аппаратурного комплекса для проведения наблюдений и измерений входят:

генератор звуковой частоты ГЗ-118;

осциллограф С1-83;

вольтметры ВЗ-38;

радиоприемник "Блюз";

режекторный фильтр;

акустическая система;

безинерционный авторегулятор уровня (расположен на панели "Ограничитель");

инерционный авторегулятор уровня (расположен на панели "Компрессор");

фильтры плавного подъема и спада АЧХ (расположены на панели, отмеченной знаком, аналогичным по форме рис.2);

смеситель сигналов (расположен на панели "Смеситель");

усилитель мощности (расположен на панели "УМ").

### Принцип проведения измерений

Снятие амплитудных характеристик АРУР  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$  при  $f_{\text{сигн}} = \text{const}$  производится по схеме, приведенной на рис.4.

Синусоидальное напряжение  $U_{\text{вх}}$  подается на вход авторегулятора с выхода генератора звуковой частоты. Его уровень контролируется вольтметром

1. К выходу авторегулятора подключен осциллограф, с помощью которого производится визуальная оценка вносимых авторегулятором нелинейных искажений. Уровень напряжения на выходе АРУР контролируется вольтметром

2. Снятие амплитудных характеристик производится путем увеличения напряжения на выходе генератора от некоторой минимальной до максимальной величины с одновременной фиксацией показаний вольтметров 1 и 2.

На панели инерционного АРУР расположен переключатель "РЕЖИМ". В положении "1" этого переключателя вместо авторегулятора включается обычный резистивный усилитель, в котором при превышении определенного уровня входного сигнала наступает режим ограничения "сверху" или "снизу". Наблюдение с помощью осциллографа искажений данного вида позволяет убедиться в необходимости использования АРУР.

Снятие амплитудно-частотных характеристик фильтров плавного подъема и спада АЧХ

$U_{\text{вых}} = f(f_{\text{сигн}})$  при  $U_{\text{вх}} = \text{const}$

производится по схеме, приведенной на рис. 5.

В процессе проведения измерений частота генератора изменяется в пределах диапазона звуковых частот, при этом величина напряжения на выходе генератора поддерживается постоянной с помощью вольтметра 1. Напряжение на выходе фильтров измеряется с помощью вольтметра 2. Осциллограф служит для визуального контроля напряжения на выходе фильтров.

Аналогичным образом снимается АЧХ режекторного фильтра.

Проведение субъективной оценки подавления тональной помехи с помощью режекторного фильтра производится по схеме, изображенной на рис.6.

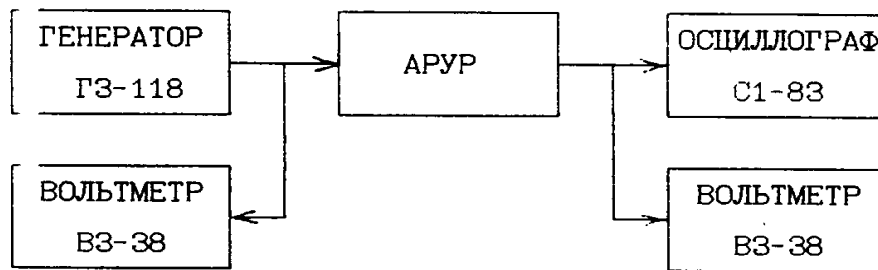


Рис. 4. Структурная схема установки для снятия амплитудной характеристики АРУР

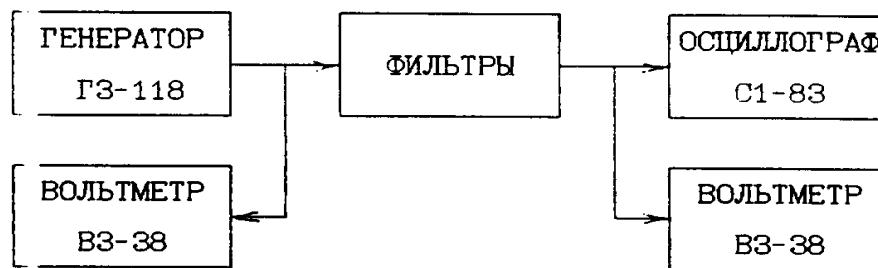


Рис. 5. Структурная схема установки для снятия амплитудно-частотных характеристик фильтров плавного подъема и спада АЧХ и режекторного фильтра

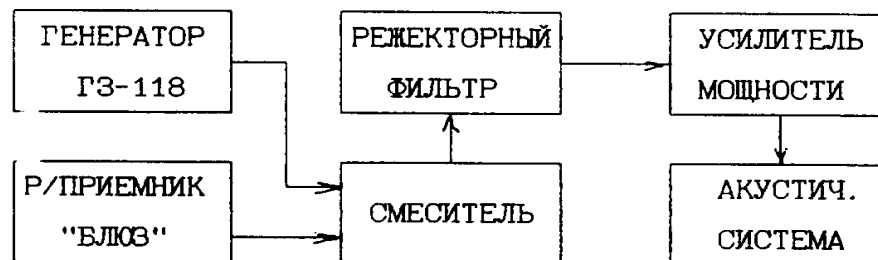


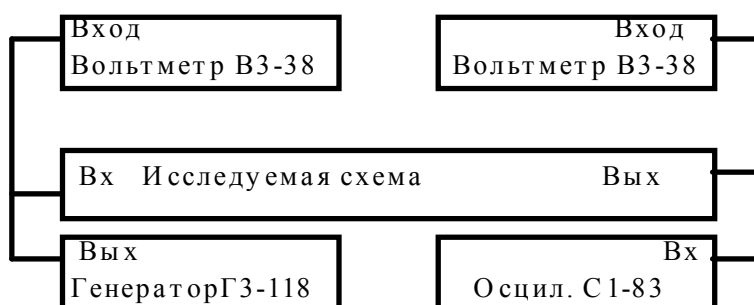
Рис. 6. Структурная схема установки для субъективной оценки подавления тональной помехи с помощью режекторного фильтра



На один вход смесителя подается полезный сигнал с выхода радиоприемника. На другой вход смесителя подается помеха в виде тонального напряжения с выхода генератора звуковой частоты. С выхода смесителя сумма полезного сигнала и помехи подается на вход усилителя мощности и прослушивается через акустическую систему. При определенной настройке режекторного фильтра удается значительно ослабить прослушивание помехи.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовка аппаратуры к работе
  - 1.1. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.7).



**Рис 7** Схема соединения установки для снятия амплитудных характеристик АРУР и амплитудно-частотных характеристик фильтров

Для этого:

- соединить выход звукового генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") с входом вольтметра 1 ВЗ-38 и с разъемом "ВХ" на панели "Ограничитель";
- соединить вход вольтметра 2 ВЗ-38 с разъемом "ВЫХ" на панели "Ограничитель" и с входом осциллографа.

1.2. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить в положение "60".

1.3. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и двух вольтметров ВЗ-38. Включить электропитание лабораторной установки.

2. Снятие амплитудных характеристик безинерционного и инерционного АРУР.

2.1. Установить частоту генератора ГЗ-118 1000 Гц. При помощи ручки "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателя "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" постепенно повышать напряжение на входе ограничителя. При помощи вольтметров 1 и 2 замерять величину напряжений на входе  $U_{вх}$  и на выходе  $U_{вых}$  ограничителя. Полученные данные занести в таблицу 1.

**Примечание.** Значения напряжений, при которых производятся измерения, необходимо выбрать самостоятельно таким образом, чтобы явно прослеживалась зависимость  $U_{вых}$  от  $U_{вх}$  (см. рис.1).

Таблица 1 (2)

Амплитудная характеристика безинерционного АРУР (ограничителя)

Напряжение на входе АРУР $U_{вх}$ , В					
Напряжение на выходе АРУР $U_{вых}$ , В					

2.2. С помощью осциллографа проследить изменение формы напряжения на выходе ограничителя при повышении напряжения на его входе.

2.3. По данным таблицы 1 построить амплитудную характеристику безинерционного АРУР.

Сделать необходимые выводы.

2.4. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить в положение "60".

2.5. Подключить к контрольно-измерительной аппаратуре панель "Компрессор" согласно схеме (рис.7).

Для этого:

- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВХ" на панели "Ограничитель" и подключить ее к разъему "ВХ" на панели "Компрессор";

- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВЫХ" на панели "Ограничитель" и подключить ее к разъему "ВЫХ" на панели "Компрессор".

2.6. Переключатель "РЕЖИМ" на панели "Компрессор" установить в положение "2".

**2.7. По методике, описанной в п. 2.1, снять амплитудную характеристику инерционного АРУР. Полученные данные занести в таблицу 2, по форме аналогичную таблице 1.**

2.8. С помощью осциллографа проследить изменение формы напряжения на выходе инерционного АРУР при повышении напряжения на его входе.

2.9. По данным таблицы 2 построить амплитудную характеристику инерционного АРУР.

Сделать необходимые выводы.

2.10. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить в положение "60".

2.11. Переключатель "РЕЖИМ" на панели "Компрессор" установить в положение "1". Увеличивая напряжение на выходе генератора проследить с помощью осциллографа изменение формы сигнала на выходе усилительного резистивного каскада. Добиться явного ограничения сигнала "сверху" и "снизу".

Сделать необходимые выводы.

2.12. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить в положение "60".

3. Снятие амплитудно-частотных характеристик фильтров плавного подъема и спада АЧХ и режекторного фильтра.

3.1. Подключить к контрольно-измерительной аппаратуре панель фильтров плавного подъема и спада АЧХ согласно схеме (рис.7). Для этого:

- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВХ" на панели "Компрессор" и подключить ее к разъему "ВХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ;

- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВЫХ" на панели "Компрессор" и подключить ее к разъему "ВЫХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ;

3.2. При помощи ручки "РЕГ.ВЫХОДА" и переключателя "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" звукового генератора ГЗ-118 по вольтметру 1 ВЗ-38 установить напряжение на выходе генератора (на входе фильтров)  $U_{вх} = 1,0$  В. Далее в процессе снятия АЧХ поддерживать это напряжение постоянным на всех частотах генератора.

3.3. Регуляторы "НЧ" и "ВЧ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ установить в крайнее левое положение.

3.4. Изменять частоту генератора  $f_{ген}$  от 20 Гц до 20 кГц и при помощи вольтметра 2 измерять напряжение  $U_{вых}$  на выходе фильтров плавного подъема и спада АЧХ для каждого значения частоты. Значения частоты  $f_{ген}$  и напряжения  $U_{вых}$  занести в таблицу 3.

Примечание. Значения частоты, на которых производится измерение необходимо выбрать в пределах от 20 Гц до 20 кГц самостоятельно таким образом, чтобы явно прослеживалась зависимость  $U_{вых}$  от  $f_{ген}$ .

3.5. Рассчитать и занести в таблицу 3 значения амплитудно-частотной характеристики фильтров плавного подъема и спада АЧХ.

Таблица 3 (4, 5)

**Амплитудно-частотная характеристика фильтров плавного подъема и спада АЧХ**

Частота генератора $f_{ген}$ , Гц	20	.....	20000
Напряжение на выходе фильтров $U_{вых}$ , В			
Нормированное значение напряжения на выходе фильтров $U_{вых}/U_{вых.макс}$			
Значение АЧХ, дБ $I_z=20LgU_{вых}/U_{вых.макс}$			

3.6. Регуляторы "НЧ" и "ВЧ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ установить в крайнее правое положение.

3.7. По методике, описанной в п. 3.4., снять амплитудно-частотную характеристику фильтров плавного подъема и спада АЧХ. Полученные данные занести в таблицу 4, по форме аналогичную таблице 3.

3.8. По данным таблиц 3 и 4 в одних и тех же координатных осях построить амплитудно-частотные характеристики фильтров плавного подъема и спада АЧХ для обоих крайних положений регуляторов.

3.9. Подключить к контрольно-измерительной аппаратуре панель режекторного фильтра согласно схеме (рис.7). Для этого:

- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ и подключить ее к разъему "ВХ" на панели режекторного фильтра;

- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВЫХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ и подключить ее к разъему "ВЫХ" на панели режекторного фильтра.

3.10. Переключатель "ЧАСТОТА kHz" на панели режекторного фильтра установить в положение "1". Ручки "ГРУБО" и "ПЛАВНО" - в среднее положение.

3.11. По методике, описанной в п.3.4., снять АЧХ режекторного фильтра. Полученные данные занести в таблицу 5, по форме аналогичную таблице 3.

3.12. По данным таблицы 5 построить амплитудно-частотную характеристику режекторного фильтра.

3.13. Выключить электропитание осциллографа и вольтметров.

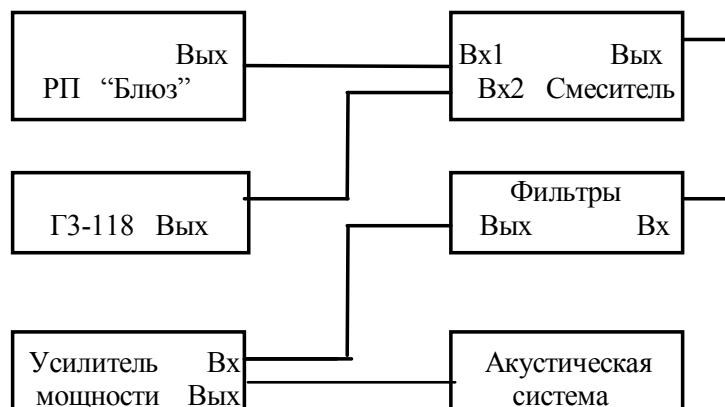
4. Оценка влияния фильтров плавного подъема и спада АЧХ и режекторного фильтра на характер звучания радиопередачи

4.1. Подключить акустическую систему к выходу радиоприемника "Блюз".

Включить радиоприемник "Блюз" согласно инструкции по его эксплуатации (см. Приложение) и настроить радиоприемник на любую (лучше - передающую

музыку) радиостанцию, принимаемую с хорошим качеством сигнала. Регулятор тембра радиоприемника установить в крайнее правое положение.

4.2. Подготовить лабораторную установку для оценки влияния фильтров плавного подъема и спада АЧХ на характер звучания радиопередачи. Для этого соединить ее элементы согласно схеме (рис.8):



**Рис 8. Схема соединения элементов установки для оценки влияния фильтров плавного подъема и спада АЧХ и режекторного фильтра на характер звучания радиопередачи**

- соединить разъем "ВХ1" смесителя с выходом радиоприемника "Блюз". Ручку потенциометра "ВХ1" смесителя установить в среднее положение;

- соединить выход звукового генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") с разъемом "ВХ2" смесителя. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить в положение "60". Ручку потенциометра "ВХ2" смесителя установить в среднее положение;

- соединить выход смесителя (разъем "ВЫХ") с разъемом "ВХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ;

- соединить разъем "ВЫХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ с входом усилителя мощности (разъем "ВХ" на панели "УМ"). Регулятор громкости "РГ" усилителя мощности установить в среднее положение;

- отключить акустическую систему от выхода радиоприемника и подключить ее к выходу усилителя мощности.

Примечание. В качестве источника сигнала вместо радиоприемника "Блюз" может быть использован магнитофон "Орбита". В этом случае разъем "ВХ1" смесителя должен быть соединен с разъемом "ЛИН. ВЫХ." на панели "Магнитофон "Орбита" МПК-108С".

4.3. Через акустическую систему прослушать звучание радиопередачи. Регулятором громкости "РГ" усилителя мощности, регулятором громкости радиоприемника, регулятором "ВХ1" смесителя установить удобный для контроля уровень громкости звука (желательно указанные регуляторы установить в положение, близкое к среднему).

4.4. Поворачивая регуляторы "НЧ" и "ВЧ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ до упора влево, а затем до упора вправо оценить качество и окраску звучания радиопередачи. Сделать необходимые выводы.

4.5. Подготовить лабораторную установку для оценки влияния режекторного фильтра на характер звучания радиопередачи.

Для этого:

- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ и подключить ее к разъему "ВХ" на панели режекторного фильтра;
- отключить вилку соединительного шнура от разъема "ВЫХ" на панели фильтров плавного подъема и спада АЧХ и подключить ее к разъему "ВЫХ" на панели режекторного фильтра;
- переключатель "ЧАСТОТА kHz" на панели режекторного фильтра установить в положение "200".

4.6. Подать на вход N2 смесителя помеху в виде тонального напряжения с выхода генератора звуковой частоты. Для этого:

- установить частоту генератора ГЗ-118 1000 Гц;
- при помощи ручки "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателя "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить такое напряжение на его выходе, при котором на фоне радиопередачи достаточно явно прослушивается;
- помеха в виде тона частотой 1000 Гц. При необходимости воспользоваться регулятором "ВХ2" смесителя.

4.7. Переключатель "ЧАСТОТА kHz" на панели режекторного фильтра установить в положение "1". Оценить на слух качество подавления помехи. Регуляторами "ГРУБО" и "ПЛАВНО" на панели режекторного фильтра добиться наибольшего подавления помехи.

4.8. Отключить тональную помеху, выключив электропитание генератора ГЗ-118. Оценить качество и окраску звучания радиопередачи при различных положениях переключателя "ЧАСТОТА kHz" на панели режекторного фильтра. Сделать необходимые выводы.

## Лабораторная работа №6

### Изучение работы магнитного ревербератора

Процесс выполнения лабораторной работы складывается из следующих этапов:

1. Субъективная оценка звучания радиопередачи при наличии искусственно получаемой реверберации в зависимости от скорости движения магнитной ленты и глубины обратной связи в схеме магнитного ревербератора.
2. Измерение величин, необходимых для расчета времени магнитной реверберации.
3. Расчет времени магнитной реверберации.

#### Принцип проведения измерений

Изучение работы простейшего магнитного ревербератора производится с помощью катушечного магнитофона "Орбита" МПК-108С (рис.1)

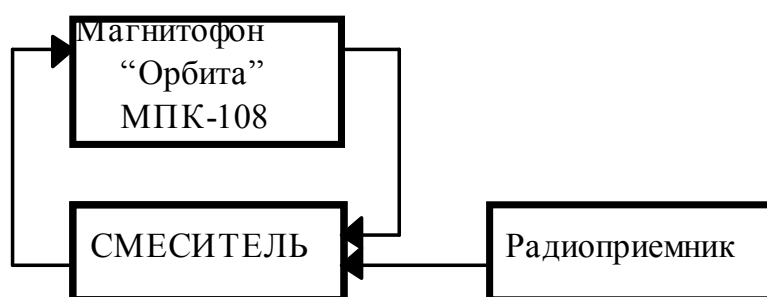


Рис. 1. Структурная схема установки для изучения магнитного ревербератора с отдельными головками записи и воспроизведения. Источником входного сигнала служит радиоприемник "Блюз". В качестве цепи регулируемой обратной связи используется смеситель сигналов, разъемы и органы регулировки которого расположены на лицевой панели лабораторной установки.

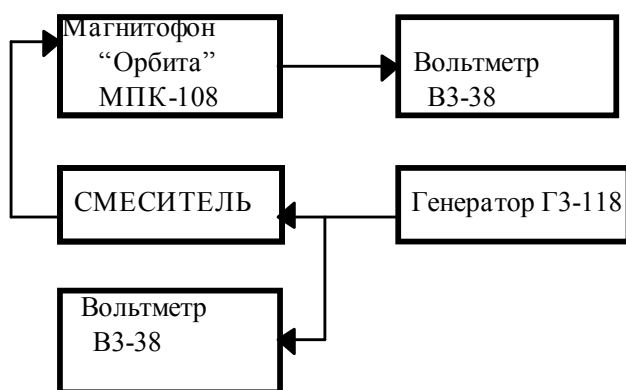


Рис.2. Структурная схема установки для измерения коэффициента передачи магнитного ревербератора

При такой схеме соединения элементов магнитного ревербератора уровень реверберации зависит от положения регуляторов входных сигналов смесителя и уровня записи магнитофона.

Определение величины  $k_q$  (произведения коэффициента передачи тракта записи-воспроизведения магнитофона на коэффициент обратной связи) производится по схеме, приведенной на рис.2.

С достаточной степенью точности

$$k_q = U_2 / U_1 ,$$

где  $U_2$  и  $U_1$  - показания вольтметров 2 и 1 соответственно.

### Порядок выполнения работы

#### 1. Подготовка аппаратуры к работе

1.1. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.3). Для этого:



Рис. 11. Схема соединения элементов установки для изучения магнитного ревербератора

- соединить вход магнитофона "Орбита" (разъем "ВХ. УНИВ." на панели "Магнитофон "Орбита" МПК-108С") с выходом смесителя (разъем "ВЫХ");

- соединить разъем "ЛИН. ВЫХ" на панели "Магнитофон "Орбита" МПК-108С" с разъемом "ВХ2" смесителя.

- ручку потенциометра "ВХ2" смесителя повернуть влево до упора; соединить разъем "ВХ1" смесителя с выходом радиоприемника "Блюз". Ручку потенциометра "ВХ1" смесителя установить в среднее положение;

- включить электропитание лабораторной установки.

1.2. Подключить акустическую систему к выходу радиоприемника "Блюз".

Включить радиоприемник "Блюз" согласно инструкции по его эксплуатации (см. Приложение) и настроить радиоприемник на любую радиостанцию, принимаемую с хорошим качеством сигнала.

1.3. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "19".

Включить электропитание магнитофона кнопкой "СЕТЬ". При этом загорится информационное табло люминисцентного индикатора уровня и счетчика расхода ленты.

Для включения магнитофона, ранее отключившегося от сети автоматически, необходимо кнопку "СЕТЬ" нажать дважды.

1.4. Заправить магнитофон "Орбита" лентой без записи. Для этого:

- установить на подающий подкатушечный узел катушку с лентой без записи, на приемный подкатушечный узел - пустую катушку;

- оттянув на себя и повернув фиксаторы подкатушечных узлов, зафиксировать положение катушек;



– свободный конец ленты (40-50) см протянуть и, пропустив конец ленты в прорезь пустой катушки, поворачивать ее против часовой стрелки до появления участка с магнитным слоем у ведущего вала. Это предотвратит возможное срабатывание автостопа при наличии на конце магнитной ленты отрезка цветной ракордной ленты, проследить, чтобы лента при заправке не была перекручена.

1.5. Включить левый канал магнитофона нажатием кнопки "ЛЕВ".

1.6. Включить универсальный вход магнитофона нажатием кнопки "ВХОД УНИВ."

2. Ознакомление с работой магнитного ревербератора.

2.1. Отключить акустическую систему от выхода радиоприемника и подключить ее к выходу левого канала усилителя мощности магнитофона "Орбита" (разъем "ВЫХ. ЛЕВ" на панели "Структурная схема магнитофона "Орбита" МПК-108С").

2.2. Включить магнитофон "Орбита" в режим "ЗАПИСЬ-ПАУЗА". Для этого последовательно нажать кнопки "ЗАПИСЬ" и "ВОСПР", отпустив кнопку "ЗАПИСЬ" последней. При этом загорится индикатор над кнопкой "ЗАПИСЬ" и включится режим "ПАУЗА", о чем свидетельствует мигание индикатора "ПАУЗА" над кнопкой "ПАУЗА".

2.3. Установить номинальный уровень записи. Для этого: нажать кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД";

– регулятор "УРОВЕНЬ ЗАПИСИ" левого канала (ручка малого диаметра) установить в такое положение, при котором в моменты наибольшего уровня сигнала загорается сегмент "0dB" индикатора уровня, но не горят оранжевые сегменты, указывающие на превышение оптимального уровня. При необходимости воспользоваться регулятором "ВХ1" смесителя.

2.4. Через акустическую систему прослушать звучание радиопередачи. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука.

2.5. Включить магнитофон "Орбита" в режим "ЗАПИСЬ". Для этого нажать кнопку "ПАУЗА". Лента начнет двигаться, а индикатор над кнопкой "ПАУЗА" погаснет.

2.6. Произвести сравнение качества звучания радиопередачи, поступающей на вход магнитофона "Орбита", и этой же передачи, записанной и воспроизводимой в процессе записи. Для этого отжать кнопку "КОНТРОЛЬ ВХОД". Через акустическую систему прослушать фонограмму, воспроизводимую в процессе записи на магнитофоне "Орбита".

2.7. Поворачивая ручку регулятора "ВХ2" смесителя по часовой стрелке, ввести в работу цепь обратной связи магнитного ревербератора.

Продолжая поворачивать ручку по часовой стрелке, увеличить время реверберации. Оценить на слух изменение окраски звучания фонограммы.

2.8. Регулятором "ВХ2" добиться достаточно отчетливого эффекта реверберации.

Разомкнуть цепь обратной связи ревербератора. Для этого вынуть вилку соединительного шнура из разъема "ВХ2" смесителя. Убедиться в наличии заметного на слух "эха".

Восстановить цепь обратной связи, вставив обратно вилку шнура в разъем "ВХ2" смесителя.

2.9. Вынимая вилку соединительного шнура из разъема "ВХ2" смесителя и вставляя ее обратно, произвести сравнение звучания радиопередачи при

включенном и выключенном ревербераторе для различных положений регулятора обратной связи (ручка "ВХ2" смесителя).

2.10. Оценить влияние уровня записи магнитофона на время реверберации. Для этого медленно поворачивать вправо-влево регулятор "УРОВЕНЬ ЗАПИСИ" левого канала (ручка малого диаметра). При регулировке уровня записи поддерживать неизменную громкость звучания фонограммы регулятором "ГРОМКОСТЬ".

2.11. Выключить режим записи магнитофона "Орбита" нажатием кнопки "СТОП".

2.12. Переключатель скорости движения ленты магнитофона установить в положение "9".

2.13. Повторить операции, описанные в п.п.2.2.-2.10. при скорости движения ленты 9 см/с. Режим записи магнитофона не выключать!

2.14. Сделать выводы по результатам субъективной оценки звучания фонограммы при выполнении п.п.2.7.-2.13.

3. Измерение коэффициента передачи магнитного ревербератора

3.1. Регуляторами уровня записи магнитофона и "ВХ2" смесителя добиться достаточно отчетливого эффекта реверберации.

В дальнейшем при выполнении п.3 указанные регулировки не изменять!

3.2. Соединить элементы лабораторной установки согласно схеме (рис.4).

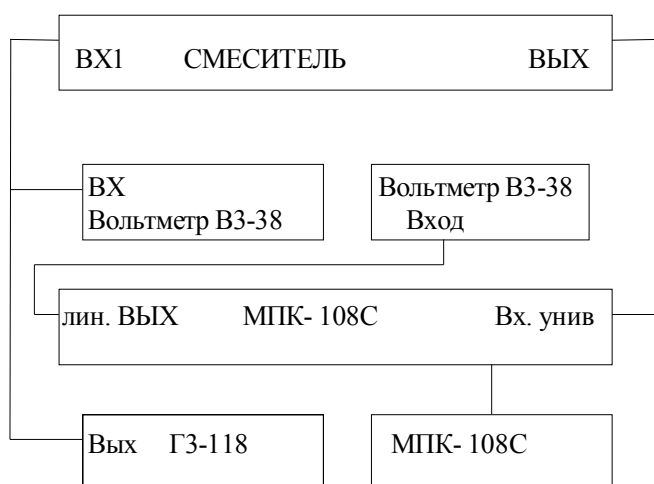


Рис.4.Схема соединения элементов установки для измерения коэффициента передачи магнитного ревербератора

Для этого:

- соединить выход звукового генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫ ХОД II") с входом вольтметра 1 ВЗ-38 и с разъемом "ВХ2" смесителя;

- соединить вход вольтметра 2 ВЗ-38 с линейным выходом магнитофона (разъем "ЛИН. ВЫХ." на панели "Магнитофона ОРБИТА МПК-108С");

- соединить вход магнитофона "Орбита" (разъем "ВХ. УНИВ." на панели "Магнитофона "Орбита" МПК-108С") с выходом смесителя (разъем "ВЫХ");

3.3. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" генератора установить в положение 60 .

3.4. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и двух вольтметров ВЗ-38.

3.5. Установить частоту генератора ГЗ-118 1000 Гц. При помощи ручки "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателя "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" установить такое напряжение на выходе генератора, при котором загорается сегмент "0dB"

индикатора уровня сигнала в магнитофоне, но не горят оранжевые сегменты, указывающие на превышение оптимального уровня. Через акустическую систему прослушать тон частотой 1000 Гц. Ручкой "ГРОМКОСТЬ" левого канала (малого диаметра) установить удобный для контроля уровень громкости звука. Записать напряжение на выходе звукового генератора (на входе магнитофона)  $U_1$ .

3.6. При помощи вольтметра 2 измерить напряжение  $U_2$  на линейном выходе магнитофона. Записать величину  $U_2$ .

3.7. Рассчитать коэффициент передачи магнитного ревербератора  
 $k_d = U_2 / U_1$ .

3.8. Повторить операции, описанные в п.п. 3.1.-3.7. при скорости движения ленты 19 см/с.

3.9. Выключить режим записи магнитофона "Орбита" нажатием кнопки "СТОП".

3.10. Выключить электропитание магнитофона, генератора, вольтметров и лабораторной установки.

4. Расчет времени реверберации магнитного ревербератора.

4.1. Аккуратно сняв крышку, закрывающую головки магнитофона, измерить немагнитической линейкой расстояние  $l$  между центрами записывающей и воспроизводящей головок.

4.2. Рассчитать время реверберации магнитного ревербератора для скорости движения магнитной ленты 9,53 см/с и 19,05 см/с по формуле (1).

#### **Контрольные вопросы**

1. Что такое динамическая обработка сигналов?
2. Для чего необходима динамическая обработка сигналов?
3. Что такое ограничитель уровня?
4. Что такое Автостабилизация уровня?
5. Понятие компрессора?
6. Понятие частотной обработки сигнала?
7. Виды частотной обработки сигнала?
8. Что такое ревербератор?
9. Виды ревербераторов?

## ПРИЛОЖЕНИЕ. Включение и настройка радиоприемника "БЛЮЗ"

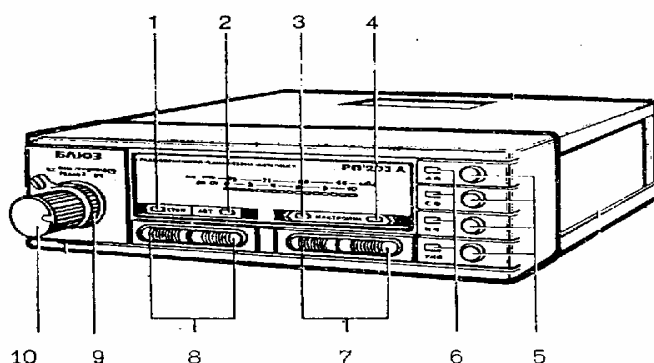


Рис.1. Общий вид приемника.

Подключите антенну к гнезду антенного входа приемника. Для включения приемника поверните регулятор громкости ВКЛ/ГРОМКОСТЬ (поз.10) по часовой стрелке до появления легкого щелчка. При этом появится свечение шкалы приемника и подсветка его органов управления.

В приемнике предусмотрены два режима настройки - автоматический и ручной (полуавтоматический). Выбор режима настройки осуществляется нажатием кнопки АВТ. (поз. 8) и сопровождается в режиме автоматической настройки свечением индикатора АВТ. (поз. 2).

При включении питания приемника приоритетом обладает режим автоматической настройки в диапазоне УКВ в направлении возрастания принимаемой частоты. Выбор диапазона частот осуществляется нажатием одной из кнопок ДВ, СВ, КВ, УКВ (поз. 5) и сопровождается свечением светового индикатора соответствующего диапазона (поз. 6); выбор направления настройки (реверс) - нажатием кнопки НАСТРОЙКА (поз. 7) и сопровождается свечением соответствующего светового индикатора НАСТРОЙКА (поз. 3 или 4).

Работа в режиме автоматической настройки обеспечивает последовательный обзор выбранного диапазона.

При настройке на частоту каждой из принимаемых станций происходит кратковременная фиксация этой частоты в течение (8-3) с, после чего происходит дальнейшая автоматическая настройка приемника в том же направлении. Автоматическая подстройка частоты (АПЧ) в режиме автоматической настройки отключена.

Для прослушивания желаемой станции нужно во время кратковременной фиксации нажать кнопку СТОП (поз. 8). При этом включится система АПЧ, появится свечение светового индикатора СТОП (поз. 1) и выключится световой индикатор НАСТРОЙКА (поз. 3 или 4).

Для продолжения обзора в режиме автоматической настройки нажмите кнопку НАСТРОЙКА (поз. 7), исходя из желаемого направления настройки. При этом начнет светиться соответствующий световой индикатор направления настройки НАСТРОЙКА (поз. 3 или 4), выключится световой индикатор СТОП (поз.1) и отключится система АПЧ.

Для работы в режиме ручной настройки нажмите кнопку АВТ (поз. 8). При этом световые индикаторы АВТ и НАСТРОЙКА (поз. 2, 3 или 4) выключатся. Поиск в режиме ручной настройки осуществляется при нажатии кнопки НАСТРОЙКА (поз. 7), при этом появляется свечение светового индикатора НАСТРОЙКА (поз. 3 или 4). Система АПЧ в процессе ручной

настройки отключена. Прекращение нажатия кнопки НАСТРОЙКА (поз. 7) фиксирует частоту настройки.

Для включения АПЧ при фиксации настройки на станцию в режиме ручной настройки нажмите кнопку СТОП (поз. 8), при этом появится свечение светового индикатора СТОП (поз. 1).

Для перевода приемника из режима ручной настройки в режим автоматической настройки нажмите кнопку АВТ (поз. 8), при этом появится свечение светового индикатора АВТ (поз. 2) и начнется автоматическая перестройка приемника в приоритетном направлении.

Для изменения направления настройки (реверса) в любом из режимов следует пользоваться кнопками НАСТРОЙКА (поз. 7). Процесс настройки приемника в любом из режимов происходит циклично с автоматическим переходом, в зависимости от направления перестройки, на начало или, соответственно, на конец шкалы при завершении каждого цикла.

Выключение приемника производится поворотом регулятора ВКЛ/ГРОМКОСТЬ (поз. 10) против часовой стрелки до появления легкого щелчка. Свечение шкалы и световых индикаторов и подсветка органов управления приемником при этом исчезают.

## АКУСТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ И ИХ ВОСПРИЯТИЕ

Человек ощущает звук в чрезвычайно широком диапазоне звуковых давлений (или интенсивностей). Одной из опорных величин этого диапазона является стандартный порог слышимости. Под ним условились понимать эффективное значение звукового давления, создаваемое гармоническим звуковым колебанием  $F = 1000$  Гц, едва слышимым человеком со средней чувствительностью уха. Порогу слышимости соответствует интенсивность звука  $I_{зв.о} = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> или звуковое давление  $p_{зв.о} = 2 \cdot 10^{-5}$  Па. Верхний предел определяется значениями  $I_{зв} = 1$  Вт/м<sup>2</sup> и  $p_{зв} = 20$  Па, при которых при восприятии звука наступает болевое ощущение (стандартный порог болевого ощущения). В области звуковых давлений, существенно превышающих стандартный порог слышимости, величина слухового ощущения  $E$  и амплитуда звукового давления (или интенсивности звука) связаны по закону психофизики, сформулированному Фехнером:

$$\log(p_{зв} / E = q p_{зв.о}),$$

где  $q$  - некоторая постоянная.

Из этого выражения следует, что величина ощущения  $E$  пропорциональна не амплитуде внешнего раздражителя, а логарифму отношения  $p_{зв} / p_{зв.о}$ . Поэтому звуковое давление и интенсивность звука часто оценивают в логарифмических единицах по отношению к порогу слышимости:

$$N_a = 20 \lg(p_{зв} / p_{зв.о}) = 10 \lg(I_{зв} / I_{зв.о}),$$

а найденное значение  $N_a$  называют абсолютным акустическим уровнем.

Порог слышимости зависит от частоты (рис. 1).

Порог слышимости существенно зависит от условий прослушивания: в тишине или же на фоне шума (или другого мешающего звука). В последнем случае порог слышимости повышается. Это говорит о том, что помеха маскирует полезный сигнал. Количественно это повышение порога слышимости полезного сигнала в присутствии мешающего выражают уровнем маскировки

$$M = N_{аш} - N_a,$$

где  $N_{аш}$  и  $N_a$  - уровни порога слышимости в присутствии шума (или другой помехи) и в тишине. При существенном превышении уровня мешающего звука над полезным последний может оказаться неслышимым.

Явление маскировки проявляется по-разному в зависимости от отношения уровней и спектральных особенностей полезного сигнала и помехи. В любом случае кривые маскировки расположены значительно выше кривой, соответствующей абсолютному порогу слышимости тона (рис. 2).

Из анализа кривых для разных частот маскирующего тона следует, что высокие тона малого уровня маскируются низкими громкими тонами, а низкие тона малого уровня высокими громкими тонами не маскируются.

При достаточно больших уровнях громкости проявляются нелинейные свойства слуха, вследствие чего весьма сложными оказываются зависимости порога слышимости тона при его маскировке чистым тоном. Так, например, если частота измерительного тона близка к основной, удвоенной или утроенной частоте маскирующего тона, то слышны биения в широком диапазоне изменения уровней (рис. 2).

Уровень ощущения неточно характеризует субъективное ощущение. Введено понятие уровня громкости  $N_{гр}$ , измеряемого в фонах. За уровень громкости любого звука принимают уровень в децибелах равногромкого с ним чистого тона частотой 1000 Гц. При оценке громкости используют метод

сравнения испытуемого звучания с эталоном - тоном частотой 1000 Гц .  
Уровень громкости в фонах совпадает с числом децибел, оценивающим уровень

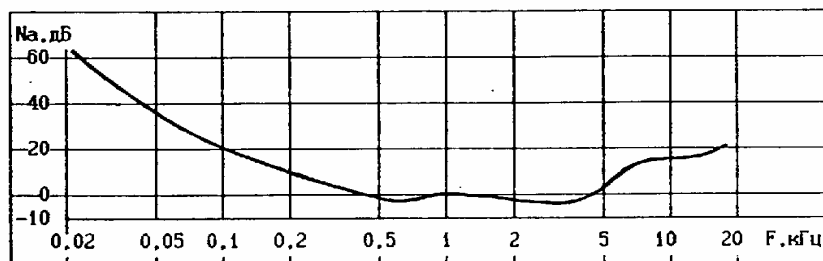


Рис.1. Зависимость порога слышимости от частоты

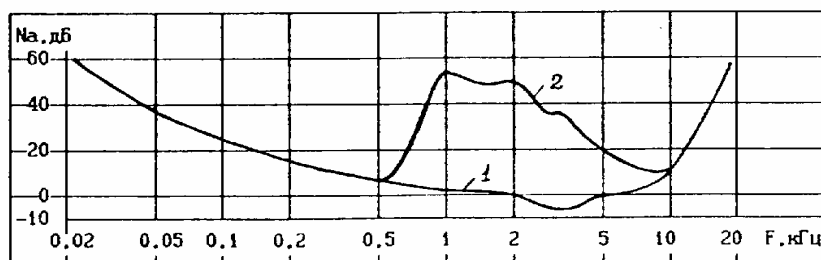


Рис.2. Зависимость порога слышимости от частоты при его маскировке тоном частотой 1000 Гц: 1 - уровень порога слышимости в тишине; 2 - уровень порога слышимости в присутствии маскирующего тона

эталонного звука

$$N_{гр} = 20 \lg (p_{зв.эт} / p_{зв.о})$$

при условии, что оба звучания (испытуемое и эталонное) при их попеременном предъявлении слушателю оцениваются как равногромкие.

На рис.3 показаны кривые равной громкости (изофоны). Параметром семейства кривых является уровень громкости  $N_{гр}$ , измеренный в фонах.

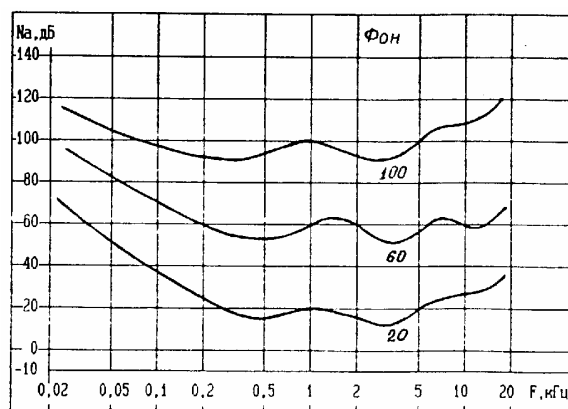


Рис.3. Кривые равной громкости



## Лабораторная работа №7

### Снятие зависимости порога слышимости от частоты

Структурная схема аппаратного комплекса для проведения измерений показана на рис.4.

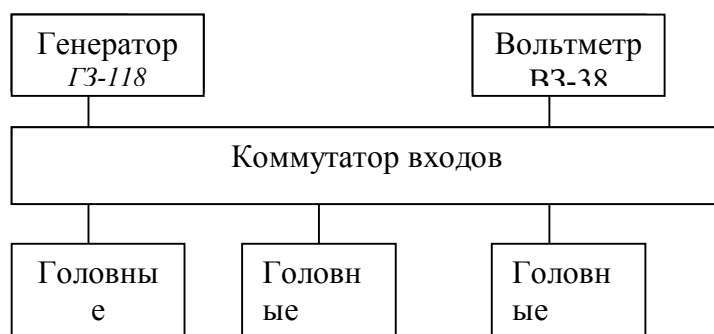


Рис. 4. Структурная схема аппаратного комплекса для снятия зависимости порога слышимости от частоты.

Участники измерений надевают головные телефоны ТДС-15 (в данном случае они используются в монофоническом режиме) и подключают их к гнездам для подключения головных телефонов, расположенным под столешницей установки.

Технические характеристики телефонов ТДС-15 (по техническим условиям завода-изготовителя), необходимые для дальнейших расчетов:

- уровень звукового давления на частоте 500 Гц при мощности сигнала  $P_{\text{тел}} = 2 \text{ мВт}$ , 94 дБ;
- номинальное сопротивление  $R_{\text{ном}} = 16 \text{ Ом}$ ;
- типовая частотная характеристика звукового давления показана на рис.5.

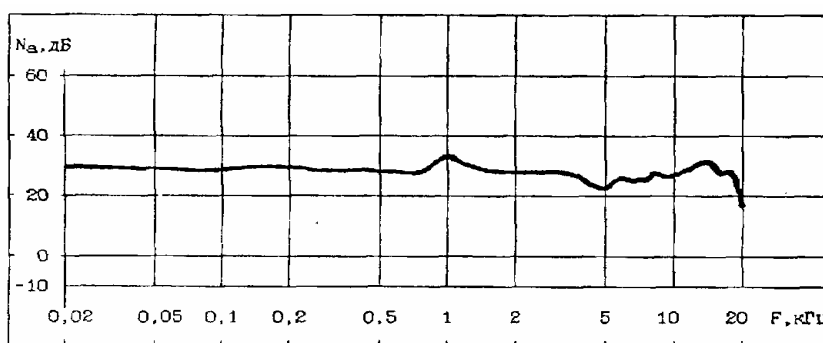


Рис.5. Частотная характеристика звукового давления телефонов ТДС - 15

### Принцип проведения измерений

На головные телефоны участников измерений с генератора ГЗ-118 подается гармоническое напряжение звуковой частоты. Участники измерений плавно увеличивают напряжение на телефонах от 0 В до некоторого значения, при котором каждый участник начинает слышать тон. Указанное значение напряжения заносится в таблицу и является основой для вычисления порога слышимости на частоте проведения измерения.

Измерения повторяются на нескольких частотах в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц . Поскольку результаты измерений зависят от субъективных особенностей восприятия звука, поэтому каждый участник фиксирует их индивидуально. Сравнение полученных данных производится в конце выполнения лабораторной работы.

В процессе проведения вычислений порога слышимости учитываются параметры телефонов и неравномерность их частотной характеристики.

### Порядок выполнения работы

**ВНИМАНИЕ!** Все измерения в данной работе проводятся при соблюдении тишины в лаборатории.

#### 1. Подготовка аппаратуры к работе

##### 1.1. Произвести соединение аппаратуры согласно схеме (рис.4).

Для этого:

- головные телефоны участников измерений подключить к гнездам для подключения головных телефонов, расположенным под столешницей лабораторной установки;

- выход генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") подключить к разъему "ВХ1" "Коммутатора входов";

- вход вольтметра ВЗ-38 соединить с разъемом "ВЫХ" на панели "Коммутатор входов".

1.2. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" установить в положение "60".

1.3. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и вольтметра ВЗ-38.

#### 2. Проведение измерений.

2.1. Переключатель "Коммутатор входов" поставить в положение 1. При этом головные телефоны и вольтметр подключаются к выходу генератора ГЗ-118.

2.2. Установить частоту  $F$  генератора равной первому значению частоты, указанному в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость порога слышимости от частоты

Частота тона, Гц	20	40	.....	16000	20000
Напряжение на телефонах $U_1(F), В$					
Уровень порога слышимости $N_a$ , дБ					

2.3. Плавно увеличивая напряжение на выходе генератора при помощи ручки "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателя "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" по вольтметру ВЗ-38 установить такое напряжение на телефонах  $U_1(F)$ , при котором участник измерения начинает слышать тональный звук. Записать полученное значение  $U_1(F)$  во вторую строку таблицы 1.

2.4. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" установить в положение "60".

2.5. Повторить операции, описанные в п.п. 2.3.-2.4. для других частот, указанных в верхней строке таблицы 1.

#### 3. Обработка результатов измерений

3.1. Определить уровень порога слышимости  $N_\alpha$  для каждой из частот, указанных в таблице 1, по формуле

$$N_\alpha(F) = 20Lg \frac{U_1(F)}{U(500)} + N(F) - N(500) + 94 ,$$

где  $U(500)$  - напряжение тонального сигнала частотой 500 Гц, которое необходимо подать на телефон для создания звукового давления 94 дБ:

$$U(500) = \sqrt{(P_{\text{тел}} * R_{\text{н о м}})}$$

$N(500)$  - звуковое давление (дБ), создаваемое телефоном на частоте 500 Гц, определяемое по частотной характеристике звукового давления (рис.5);  $N(F)$  - то же для частоты  $F$ . Полученные данные занести в таблицу 1.

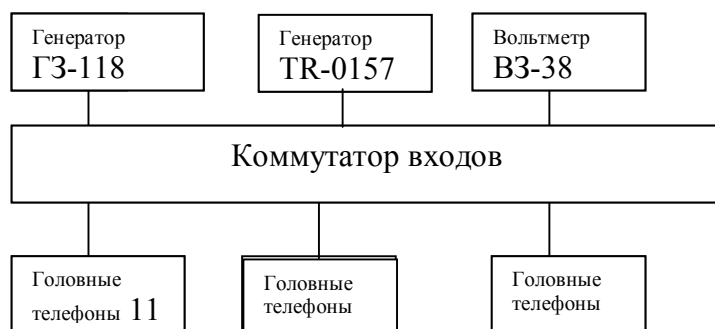
3.2. По данным таблицы 1 построить зависимость уровня порога слышимости  $N_\alpha$  от частоты  $F$ . Графики, полученные участниками измерений, сравнить между собой и с графиком, изображенным на рис.1.

Сделать необходимые выводы.

## Лабораторная работа №8

### Изучение явления маскировки звука

Структурная схема аппаратного комплекса для проведения измерений показана на рис1.

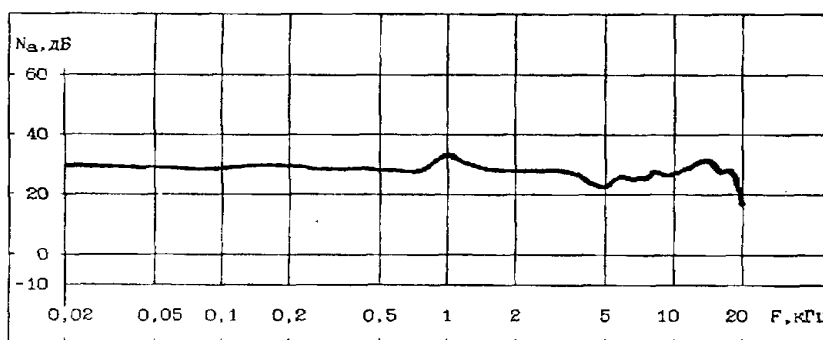


*Рис. 1. Структурная схема аппаратного комплекса для изучения явления маскировки звука и снятия зависимости звукового давления равной громкости от частоты.*

Участники измерений надевают головные телефоны ТДС-15 (в данном случае они используются в монофоническом режиме) и подключают их к гнездам для подключения головных телефонов расположенным под столешницей установки.

Технические характеристики телефонов ТДС-15 (по техническим условиям завода-изготовителя), необходимые для дальнейших расчетов:

- уровень звукового давления на частоте 500 Гц при мощности сигнала  $P_{\text{тел}} = 2 \text{ мВт}$ , 94 дБ;
- номинальное сопротивление  $R_{\text{ном}} = 16 \text{ Ом}$ ;
- типовая частотная характеристика звукового давления показана на рис2.



*Рис.2. Частотная характеристика звукового давления.*

### Принцип проведения измерений

В процессе проведения измерений используются два генератора звуковой частоты: один является источником маскирующего тона, другой источником измерительного тона. На головные телефоны участников измерений подаются оба тона одновременно.

Путем повышения уровня напряжения измерительного тона от 0 В до некоторого минимального напряжения, при котором измерительный тон начинает прослушиваться на фоне маскирующего звука, фиксируется и заносится в таблицу напряжение, соответствующее порогу слышимости при наличии маскировки.

Поскольку вольтметр подключен непосредственно к входу головных телефонов, измерение уровня напряжения маскирующего тона производится при выключенном измерительном тоне, и наоборот.

Измерения повторяются на нескольких частотах в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц.

Результаты измерений зависят от особенностей восприятия звука, поэтому каждый участник фиксирует их индивидуально. Сравнение полученных данных производится в конце выполнения лабораторной работы.

процессе проведения вычисления порога слышимости при наличии маскирующего тона учитываются параметры телефонов и неравномерность их частотной характеристики.

### Порядок выполнения работы

**ВНИМАНИЕ!** Все измерения в данной работе проводятся при соблюдении тишины в лаборатории.

#### 1. Подготовка аппаратуры к работе

##### 1.1. Произвести соединение аппаратуры согласно схеме (рис.1).

Для этого:

- головные телефоны участников измерений подключить к гнездам для подключения головных телефонов, расположенным под столешницей лабораторной установки;
- выход генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") подключить к разъему "ВХ.1" на панели "Коммутатор входов";
- выход генератора TR-0157 "АТТ.ОУТ" блока "AUDIO GENERATOR" подключить к разъему "ВХ. 2" на панели "Коммутатор входов";
- вход вольтметра ВЗ-38 соединить с разъемом "ВЫХ." на панели "Коммутатор входов".

##### 1.2. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора.

Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" установить в положение "60".

##### 1.3. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и вольтметра ВЗ-38.

1.4. На блоке "AUDIO GENERATOR" прибора TR-0157 все кнопки переключателя "FREQU.RANGE" отжать. Нажатием кнопки "MAINS" включить электропитание прибора TR-0157. При этом загорится индикаторная лампочка в правом верхнем углу лицевой панели прибора.

#### 2. Измерение порога слышимости тона при его маскировке тоном частотой $F_{ш} = 1000$ Гц и уровнем $N_{ш} = 60$ дБ

2.1. Головные телефоны и вольтметр подключить к выходу генератора TR-0157, поставив переключатель "Коммутатор входов" в положение 2.

2.2. Ручкой "FREQUENCY" и кнопочным переключателем "FREQU.RANGE" установить на выходе "АТТ.ОУТ" генератора "AUDIO GENERATOR" TR-0157 частоту маскирующего тона  $F_{ш} = 1000$  Гц .

2.3. По показаниям вольтметра ВЗ-38 ступенчатым переключателем "ATTENUATOR dB" и малой ручкой плавного регулятора "ATTENUATOR" (в нажатом положении) установить напряжение на телефонах  $U_2$ , соответствующее уровню  $N_{ш} = 60$  дБ :

$$U_2 = U(500) \cdot 10^{-k},$$

$$\text{где } k = \frac{94 - N_{ш} + N(F_{ш}) - N(500)}{20},$$

$U(500)$  - напряжение тонального сигнала частотой 500 Гц, которое необходимо подать на телефон для создания звукового давления 94 дБ;

$N(500)$  - звуковое давление (дБ), создаваемое телефоном на частоте 500 Гц, определяемое по частотной характеристике звукового давления (рис.5);  $N(F_{ш})$  - то же для частоты  $F_{ш}$ .

2.4. Установить частоту  $F$  измерительного тона, вырабатываемого генератором ГЗ-118, равной первому значению частоты, указанному в таблице 2.

2.5. На головные телефоны и вольтметр подать тональные сигналы одновременно с выходов двух генераторов. Для этого переключатель "Коммутатор входов" поставить в положение "1 + 2".

2.6. Плавно увеличивая напряжение на выходе генератора ГЗ-118 ручкой "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателем "ОСЛАБЛЕНИЕ дБ", зафиксировать его на том уровне, когда участник измерения начинает слышать измерительный тон.

2.7. Не изменяя положение ручек регулировки выходного напряжения генератора ГЗ-118, перевести переключатель "Коммутатор входов" в положение "1". При этом головные телефоны и вольтметр оказываются подключенными только к генератору ГЗ-118.

Записать в таблицу 2 показание вольтметра  $U_1(F)$ .

2.8. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ дБ" установить в положение "60".

2.9. Повторить операции, описанные в п.п. 2.4.-2.8. для других частот, указанных в таблице 2.

3. Измерение порога слышимости тона при его маскировке тоном а)  $F_{ш} = 1000$  Гц,  $N_{ш} = 80$  дБ ; б)  $F_{ш} = 2000$  Гц  $N_{ш} = 60$  дБ; в)  $F_{ш} = 2000$  Гц,  $N_{ш} = 80$  дБ  
Измерения проводятся по методике, изложенной в п.2. Полученные данные необходимо занести в таблицы, аналогичные по форме таблице 2.

4. Обработка результатов измерений

4.1. Определить уровень порога слышимости  $N_{ш}$  для каждой из частот, указанных в таблице 2, по формуле:

$$N_{ш}(F), \text{ дБ} = 20Lg \frac{U_1(F)}{U(500)} + N(F) - N(500) + 94,$$

где  $N(F)$  - звуковое давление (дБ), создаваемое телефоном на частоте  $F$ , определяемое по частотной характеристике звукового давления (рис.5).

Полученные данные занести в таблицу 2.

4.2. Аналогично определить уровень порога слышимости по результатам, полученным в п.3.

4.3. По данным таблиц в одних и тех же координатных осях построить зависимость порога слышимости тона при его маскировке чистым тоном различных частот и уровней.

4. Графики, полученные участниками измерений сравнить между собой и с графиками.

Сделать необходимые выводы.

## Лабораторная работа №9

### Построение кривых равной громкости

Структурная схема аппаратного комплекса для проведения измерений показана на рис.1.



Рис.1. Структурная схема аппаратного комплекса.

Участники измерений надевают головные телефоны ТДС-15 (в данном случае они используются в монофоническом режиме) и подключают их к гнездам для подключения головных телефонов, расположенным под столешницей установки.

Технические характеристики телефонов ТДС-15 (по техническим условиям завода-изготовителя), необходимые для дальнейших расчетов:

- уровень звукового давления на частоте 500 Гц при мощности сигнала  $P_{\text{тел}} = 2 \text{ мВт}$ , 94 дБ;
- номинальное сопротивление  $R_{\text{ном}} = 16 \text{ Ом}$ ; типовая частотная характеристика звукового давления показана на рис.2.

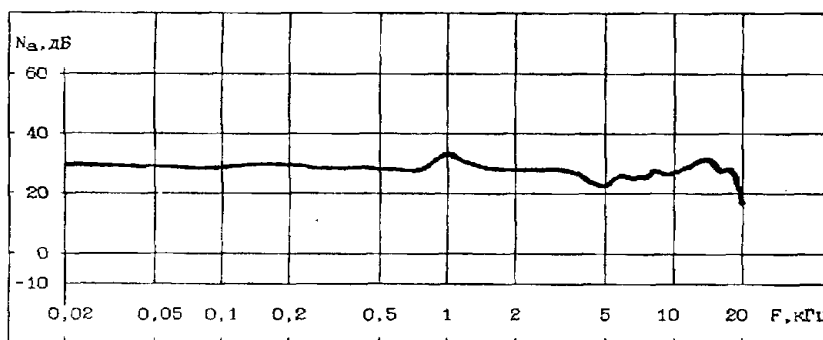


Рис.2. Характеристика звукового давления.

#### Принцип проведения измерений

Чтобы определить уровень громкости какого либо звука, достаточно взять чистый тон 1000 Гц (эталонный тон) и изменять его уровень до тех пор, пока его громкость не будет на слух одинаковой с громкостью определяемого звука. При этом искомая величина уровня громкости этого звука будет численно равна уровню эталонного тона 1000 Гц.

Для построения кривых равной громкости измерения проводятся в обратном порядке. Эталонный тон 1000 Гц подается с одного из генераторов звуковой частоты и его уровень поддерживается неизменным в процессе



проведения одной серии измерений. С другого генератора подается тональное напряжение на частоте измерения. Участники измерений попеременно подключают головные телефоны к выходу одного и другого генераторов и постепенно изменяют напряжение измеряемого тона до тех пор, пока громкость сравниваемых тонов не станет одинаковой на слух. Указанное значение напряжения фиксируется по показаниям вольтметра, заносится в таблицу и является основой для вычисления звукового давления, громкость которого равна громкости эталонного тона.

Измерения повторяются на нескольких частотах в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц. Поскольку результаты измерений зависят от субъективных особенностей восприятия звука, поэтому каждый участник фиксирует их индивидуально. Сравнение полученных данных производится в конце выполнения лабораторной работы.

В процессе проведения вычислений звукового давления равной громкости учитываются параметры телефонов и неравномерность их частотной характеристики.

### Порядок выполнения работы

**ВНИМАНИЕ!** Все измерения в данной работе проводятся при соблюдении тишины в лаборатории.

#### 1. Подготовка аппаратуры к работе

1.1. Произвести соединение аппаратуры согласно схеме (рис.1). Для этого:

- головные телефоны участников измерений подключить к гнездам для подключения головных телефонов, расположенным под столешницей лабораторной установки;

- выход генератора ГЗ-118 (разъем "ВЫХОД II") подключить к разъему "ВХ 1" на панели "Коммутатор входов";

- выход генератора TR-0157 "ATT.OUT" блока "AUDIO GENERATOR" подключить к разъему "ВХ 2" на панели "Коммутатор входов";

- вход вольтметра ВЗ-38 соединить с разъемом "ВЫХ" на панели "Коммутатор входов".

1.2. Ручку "РЕГ. ВЫХОДА" генератора ГЗ-118 повернуть влево до упора. Переключатель "ОСЛАБЛЕНИЕ dB" установить в положение "60".

1.3. Включить электропитание генератора ГЗ-118 и вольтметра ВЗ-38.

1.4. На блоке "AUDIO GENERATOR" прибора TR-0157 все кнопки переключателя "FREQU.RANGE" отжать. Нажатием кнопки "MAINS" включить электропитание прибора TR-0157. При этом загорится индикаторная лампочка в правом верхнем углу лицевой панели прибора.

2. Снятие зависимости звукового давления равной громкости от частоты для  $N_{гр} = 20$  фон.

2.1. Переключатель "Коммутатор входов" поставить в положение "2". При этом головные телефоны участников измерения и вольтметр подключаются к генератору TR-0157.

2.2. Ручкой "FREQUENCY" и кнопочным переключателем "FREQU.RANGE" установить на выходе "ATT.OUT" генератора "AUDIO GENERATOR" TR-0157 частоту тона 1000 Гц.

2.3. По показаниям вольтметра ВЗ-38 ступенчатым переключателем "ATTENUATOR dB" и малой ручкой плавного регулятора "ATTENUATOR" (в нажатом положении) установить напряжение на телефонах U<sub>2</sub>, соответствующее уровню  $N_{гр} = 20$  фон:

$$U_2 = U(500) \cdot 10^{-\kappa},$$

$$\text{где } \kappa = \frac{94 - N_{гр} + N(1000) - N(500)}{20},$$

$U(500)$  - напряжение тонального сигнала частотой 500 Гц, которое необходимо подать на телефон для создания звукового давления 94 дБ

$$U(500) = \sqrt{P_{\text{тел}} \cdot R_{\text{ном}}}$$

$N(500)$  - звуковое давление (дБ), создаваемое телефоном на частоте 500 Гц, определяемое по частотной характеристике звукового давления (рис.2);  $N(1000)$  - то же для частоты 1000 Гц .

2.4. Установить частоту  $F$  генератора ГЗ-118 равной первому значению частоты, указанному в таблице 3.(подобная аблице2)

2.5. Плавно увеличивая напряжение на выходе генератора ГЗ-118 ручкой "РЕГ. ВЫХОДА" и переключателем "ОСЛАБЛЕНИЕ дВ" и попеременно переводя переключатель "Коммутатор входов" из положения "1" в положение "2" и обратно, добиться того, чтобы звучание тональных сигналов от генератора ГЗ-118 и от генератора TR-0157 воспринималось как равногромкое.

2.6. Записать во вторую строку таблицы 3 то значение напряжения на телефонах  $U_1(F)$ , при котором обеспечивается равногромкое звучание разнотональных сигналов от генераторов ГЗ-118 и TR-0157. Указанное напряжение считывается с вольтметра ВЗ-38 при установке переключателя "Коммутатор входов" в положение "1" .

2.7. Изменяя частоту генератора ГЗ-118, повторить измерения для других частот  $F$ , указанных в таблице 3, по методике, описанной в п.п. 2.4. - 2.6.

3. Снятие кривой равной громкости для  $N_{гр} = 60$  фон.

Методика проведения измерений и вычислений изложена в п. 2. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу1

Таблица 1.

Зависимость звукового давления равной громкости от частоты для  $N_{гр}=20$  фон

Частота тона, Гц	20	40	.....	16000	20000
Напряжение на телефонах $U_1(F)$ , В					
Звуковое давление $N_a$ , дБ					

4. Обработка результатов измерений

4.1. Для всех частот  $F$  рассчитать звуковое давление, соответствующее  $N_{гр} = 20$  фон по формуле:

$$N_{\text{аи}}(F), \text{ дБ} = 20Lg \frac{U_1(F)}{U(500)} + N(F) - N(500) + 94$$

где  $N(F)$  - звуковое давление (дБ), создаваемое телефоном на частоте  $F$ , определяемое по частотной характеристике звукового давления (рис.5).

Результаты расчетов занести в третью графу таблицы 3.

4.2. Аналогично п.4.1. для всех частот  $F$  определить звуковое давление, соответствующее  $N_{гр} = 60$  фон .

4.3. По данным таблиц построить кривые равной громкости для  $N_{гр} = 20$  фон и для  $N_{гр} = 60$  фон. Построение произвести в одних и тех же координатных осях.

4.4. Графики, полученные участниками измерений, сравнить между собой и с графиками, изображенными на рис.3.

Сделать необходимые выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Понятие порога слышимости?
2. Что такое стандартный порог слышимости?
3. В чем проявляется звучание сигнала ниже или выше порога слышимости?
4. От чего зависит порог слышимости?
5. Что происходит с порогом слышимости, если существует фон?
6. В чем проявляется явление маскирования сигнала?
7. Свойства человеческого уха?
8. Что такое уровень громкости?
9. Что такое равногромкое звучание?