

ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ НА ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО КУРСУ
«ЭЛЕКТРОАКУСТИКА И РАДИОВЕЩАНИЕ»

для студентов обучающихся по направлениям образования:
5522100 - «Телевидение, радиосвязь, радиовещание»
5522000 - «Радиотехника»
5524400 – «Мобильные системы связи»

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Задания и методические указания по их выполнению.	7
1. Звуковое поле.	7
1.1. Задания на практическое занятие.	7
1.2. Методические указания по выполнению задания.	7
2. Микрофоны	8
2.1. Задание на практическое занятие.	8
2.2. Методические указания по выполнению заданий.	10
3. Громкоговорители.	11
3.1. Задания на практическое занятие	11
3.2. Методические указания по выполнению заданий.	12
4. Акустика помещений	14
4.1. Задания на практическое занятие	14
4.2. Методические указания к выполнению заданий.	15
5. Построение диаграммы уровней	15
5.1. Задания на практическое занятие	15
5.2. Методические указания к выполнению заданий	16
6. Автоматические регуляторы уровня звуковых сигналов	17
6.1. Задания на практическое занятие	17
6.2. Методические указания к выполнению задания	17
7. Цифровая система передачи звуковых сигналов	19
7.1. Задание на практическое занятие	19
7.2. Методические указания к выполнению задания.	20
8. Магнитная запись звука	21
8.1. Задания на практические занятия.	21
8.2. Методические указания к выполнению задания.	22
9. Линии проводного вещания	23
9.1. Задания на практические занятия.	23
9.2. Методические указания к выполнению задания.	23
Литература	25

Введение

«Электроакустика и радиовещание» - один из специальных профилирующих курсов учебного плана подготовки бакалавров по направлениям:

5522100 - «Телевидение, радиосвязь, радиовещание»

5522000 - «Радиотехника»

5524400 – «Мобильные системы связи».

Курс ставит своей целью изучение основ электроакустики и архитектурной акустики, применительно к звуковому и телевизионному вещанию, а также трактов звукового вещания и его оборудования с учетом современных направлений в радиовещании.

Материал практических занятий по курсу «Электроакустика и радиовещание» построен с учетом того, что студенты, прослушав лекции, владеют теоретическими знаниями по данному предмету по каждому из разделов курса. Студент должен повторить данный раздел, обратив внимание на математические выражения, позволяющие произвести расчёт технических характеристик электромеханических преобразователей, акустических характеристик помещений и звукового поля. Студенту необходимо знать метод электромеханических аналогий и на его основе уметь нарисовать и анализировать электрические эквивалентные схемы микрофонов и громкоговорителей по первой части курса «Электроакустика».

При подготовке к практическим занятиям по второй части курса «Радиовещание», студент должен знать разновидности способов обработки звуковых сигналов, способы построения сжимателей, расширителей и ограничителей уровня звуковых сигналов, их амплитудные и регулировочные характеристики. Неотъемлемой частью оборудования тракта формирования программ являются микшерные пульта. Студент должен знать структурную схему микшерного пульта и на ее основе уметь построить диаграмму уровней. К практическому занятию по разделу «магнитная запись звуковых сигналов», студент должен повторить структурную схему магнитофона, особенности головок записи, стирания и воспроизведения, обратив внимание на виды потерь при воспроизведении.

Практические занятия по разделу «Линии и сети проводного вещания» предусматривают получение навыков по расчету вторичных

параметров линии проводного вещания на основе знания электрической эквивалентной схемы линий.

Исходя из жизненной необходимости перехода в ближайшие годы на цифровое радиовещание, практическое занятие по этому разделу курса позволит углубить студентам понимание: частоты дискретизации для трактов первичного и вторичного распределения программ, определения скорости цифрового потока и динамического диапазона при равномерном квантовании и передачи гармонического сигнала; вещательного сигнала без учёта неодинаковой чувствительности слуха человека к составляющим шума разных частот, а также сигнала с различной величиной пик-фактора.

Задания и методические указания по их выполнению.

1. Звуковое поле.

1.1. Задания на практическое занятие.

1. Источник звука малых размеров создаёт звуковую волну частоты $f = 200 \text{ \AA} \ddot{o}$. Определить расстояние от источника звука до приёмника градиента давления, если сила, действующая на приёмник, в поле сферической волны в два раза больше силы, действующей на этот же приёмник в поле плоской волны той же интенсивности, падающей на приёмник под тем же углом θ .
2. Каким должен быть радиус осциллирующего шара, чтобы эффективно излучать такую же нижнюю частоту, что и пульсирующий шар диаметром $a = 0.1 \text{ \AA}$?
3. В некоторой точке поля пульсирующего шара, колеблющегося с частотой $f = 1000 \text{ \AA} \ddot{o}$, отношение реактивного безразмерного коэффициента сопротивления излучения к активному, составляет 0,2. Определить расстояние от центра шара до этой точки.
4. Какова нижняя граничная частота области эффективного излучения пульсирующего и осциллирующего шаров радиуса $a = 0.1 \text{ \AA}$?
5. Определить фазовые сдвиги между давлением и колебательной скоростью частиц среды в звуковых полях пульсирующего и осциллирующего шаров, радиусы которых $a = 0.1 \text{ \AA}$ на частоте $f = 1000 \text{ \AA} \ddot{o}$
6. На какой частоте фазовый сдвиг между давлением и колебательной скоростью частиц среды в звуковом поле пульсирующего шара радиуса $a = 0.1 \text{ \AA}$ будет равен 0,01?

7. Какова нижняя граничная частота области эффективного излучения плоской поршневой диафрагмы радиуса $a = 0.1\lambda$?

8. Определить собственную частоту резонатора Гельмгольца. Резонатор сферический имеет следующие размеры (см. рис.1)

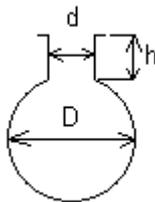


Рис.1. Резонатор Гельмгольца

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D, см	6	6	7	8	9	10	10	15	15	15
d, см	1	2	2	2	2	2	2	2	3	4
h, см	1	1	2	2	2	3	4	4	4	6

1.2. Методические указания по выполнению задания.

Модуль акустической характеристики приемника градиента давления, работающего в поле плоской волны $|\varphi_{ак}| = S \cdot k \cdot d \cdot \cos \theta$ и $|\varphi_{ак}| = S \cdot k \cdot d \cdot \cos \theta \sqrt{1 + \frac{1}{(kr)^2}}$ в поле шаровой волны, где

$$k = 2\pi \frac{f}{c} \text{ - волновое число;}$$

S – площадь диафрагмы;

r – расстояние от приемника до источника.

Границы области эффективного излучения источника звука определяются в зависимости от значений ka:

- 1) пульсирующий шар – $ka = 1$;
- 2) поршень в бесконечном щите – $ka = 1,38$;
- 3) осциллирующий шар – $ka = 1,69$;
- 4) односторонне излучающий поршень – $ka = 1,85$;

осциллирующий поршень – $ka = 2,05$;

где $k = \frac{\omega}{c}$ волновое число;

a – радиус излучателя.

Безразмерные коэффициенты сопротивления излучения для пульсирующего шара $r_R' = \frac{(ka)^2}{1 + (ka)^2}$; X_R'

$$r_R = (ka)/(1+(ka))$$

Угол сдвига фаз между давлением и колебательной скоростью $tg \alpha = \frac{X_R}{r_R} = \frac{1}{ka}$,

где a – радиус шара.

Резонатор Гельмгольца представляет собой акустическую колебательную систему, резонансная частота которой $\omega_{рез} = c \sqrt{\frac{S}{hV}}$, где

c – скорость звука;

S – площадь горла резонатора;

h – высота горла резонатора;

V – внутренний объем резонатора.

2. Микрофоны

2.1. Задание на практическое занятие.

1. Определить стандартный уровень осевой чувствительности микрофона, если при воздействии на него эффективного звукового давления $P = 0.45 \text{ Н/м}^2$ он развивает на нагрузке $|z| = 250 \hat{\text{И}}$ напряжение $U = 2.5 \hat{\text{И}}$.
2. Микрофон, обладающий осевой чувствительностью $E_0 = 0.31 \frac{\hat{\text{И}}}{\hat{\text{И}}}$ на нагрузочном сопротивлении $|z| = 250 \hat{\text{И}}$, развивает стандартный уровень осевой чувствительности $N = -74 \hat{\text{И}}$. Определить звуковое давление в месте расположения микрофона.
3. Определить верхнюю частоту рабочего диапазона частот электродинамического микрофона с подвижной катушкой, если масса подвижной системы $m = 3 \cdot 10^{-3} \hat{\text{И}}$, диаметр диафрагмы $D = 2 \cdot 10^{-6} \hat{\text{И}}$. Частота механического резонанса подвижной системы микрофона $f_0 = 60 \hat{\text{И}}$.
4. Масса подвижной системы электродинамического катушечного микрофона $m = 5 \cdot 10^{-3} \hat{\text{И}}$, площадь рабочей поверхности диафрагмы $S_a = 9 \cdot 10^{-4} \hat{\text{И}}$, длина провода звуковой катушки $l_a = 2 \hat{\text{И}}$, индукция в магнитном зазоре $B = 1.2 \hat{\text{И}}$. Определить ЭДС, возникающую на зажимах микрофона при воздействии на него звукового давления $P = 1 \hat{\text{И}}$ с частотой $f = 1000 \hat{\text{И}}$.
Микрофон с подвижной катушкой-приёмник давления, имеющий согласующий трансформатор с коэффициентом трансформации $n=10$, загружен на согласующую нагрузку. Осевая чувствительность микрофона $E_0 = 5 \cdot 10^{-1} \frac{\hat{\text{И}}}{\hat{\text{И}}}$, индукция в зазоре магнитной цепи $B=1.2 \text{ Тл}$, длина провода звуковой катушки $l=5 \text{ м}$, диаметр диафрагмы $D = 2.5 \cdot 10^{-2} \hat{\text{И}}$, высшая граничная частота рабочего диапазона $f_a = 6000 \hat{\text{И}}$. Определить массу подвижной системы микрофона. Указание: при расчёте использовать приближённую формулу для E_0 , $E_0 = \frac{nBIS}{\omega_a m} \left[\frac{\hat{A}}{\hat{\text{И}}} \right]$.
6. Рассчитать напряжение на входе тракта, первое звено которого является микрофоном при условии, что осевая чувствительность в режиме холостого хода $2 \frac{\hat{\text{И}}}{\hat{\text{И}}}$, звуковое давление, действующее на микрофон $0.8 \hat{\text{И}}$, а отношение сопротивления нагрузки к внутреннему сопротивлению микрофона равно 10, 5, 1 (три варианта).
7. Электродинамический катушечный микрофон развивает стандартный уровень осевой чувствительности $L = -70 \hat{\text{И}}$ при нагрузке на сопротивление $|z| = 250 \hat{\text{И}}$. Определить осевую чувствительность микрофона в режиме холостого хода.

2.2. Методические указания по выполнению заданий.

Чувствительность микрофона – отношение напряжения U на зажимах микрофона к звуковому давлению $P_{зв}$, действующему на микрофон.

$$E = \frac{U}{P_{зв}}$$

Стандартный уровень чувствительности

$$N_{ct} = 20 \lg \left(\frac{U_{ном}}{\sqrt{R_{ном} \cdot P_o}} \right) = 20 \lg \left(\frac{E_{ном}}{\sqrt{R_{ном} \cdot 10^{-3}}} \right), \quad \text{где}$$

$E_{ном} = U_{ном}$ - напряжение на номинальной нагрузке.

Резонансная частота подвижной системы

$$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{mc}}, \quad \text{где}$$

m, c – масса и гибкость подвижной системы.

Напряжения на нагрузке микрофона и в режиме холостого хода связаны между собой следующим соотношением

$$U_n = U_{xx} \frac{z_n}{z_o + z_n}, \quad \text{где}$$

z_n, z_o - сопротивление нагрузки и собственное электрическое сопротивление микрофона.

Верхняя и нижняя частоты рабочего диапазона катушечного микрофона:

$$\omega_i = \frac{1}{\sqrt{mc}}, \quad \omega_A = \sqrt{\omega_i^2 + \frac{4}{mc_o}}, \quad \text{где}$$

$$C_o = \frac{V}{\gamma \cdot P_o \cdot S^2} - \text{гибкость воздуха под диафрагмой,}$$

$P_o = 10^5$ Па – нормальное атмосферное давление,

$\gamma = 1,4$ – показатель адиабаты (для воздуха).

3. Громкоговорители.

3.1. Задания на практическое занятие

- Какова должна быть длина провода звуковой катушки, чтобы при амплитудном значении наводимой в ней ЭДС, равной 10В, амплитуда колебаний конуса при частоте $f = 500 \text{ А} \ddot{o}$ равнялась $x_m = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$. Магнитная индукция в зазоре $B = 1,2 \text{ Тл}$.
- Звуковая катушка электродинамического громкоговорителя намотана дюралюминиевым проводником длиной $l = 10 \text{ м}$ и диаметром $D = 10^{-3} \text{ м}$. При подаче на звуковую катушку напряжения $U_m = 10 \text{ В}$, на нее действует сила $F = 2 \text{ кг}$. Определить магнитную индукцию в зазоре (удельное сопротивление $\delta = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$). Указание: система заторможена.
- Определить внесенные параметры схемы электрического эквивалента конусного электродинамического громкоговорителя, работающего в заглушенном ящике и излучающего частоту 300Гц, если радиус основания конуса $a = 0,1 \text{ м}$, масса подвижной системы $m = 0,01 \text{ кг}$, длина провода звуковой катушки $l = 10 \text{ м}$, магнитная индукция в зазоре $B = 1 \text{ Тл}$ и частота механического резонанса системы $f_0 = 100 \text{ А} \ddot{o}$.
- Определить коэффициент полезного действия громкоговорителя предыдущей задачи на частоте механического резонанса подвижной системы и в области средних частот, если объем проводника звуковой катушки $V = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Удельное сопротивление меди $\delta = 1,75 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
- Определить уровень звукового давления на расстоянии $r = 5 \text{ м}$ по акустической оси громкоговорителя, если осевая чувствительность громкоговорителя $E_{oc} = 1,5 \frac{\text{В}}{\text{А}}$, а потребляемая электрическая мощность $P = 20 \text{ Вт}$.
- Параметры электрической эквивалентной схемы электродинамического громкоговорителя, работающего в бесконечном щите: $R^1 = 2,53 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}$, $L = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$, $N^1 = 10^{-4} \text{ Вб}$. Масса

подвижной системы $m_2 = 3 \cdot 10^{-3} \hat{e}\tilde{a}$. Определить резонансные частоты громкоговорителя и сопротивление излучения r_R , если $R' = 80\hat{i}$.

7. Определить коэффициент акустической трансформации предрупорной камеры, если площадь диафрагмы громкоговорителя, работающего на экспоненциальный рупор длиной 1 м, равна $0,40\text{м}^2$. Критическая частота равна 100Гц и на частоте 1000Гц произведение ka для выходного отверстия рупора равно 3.

Диаметр конуса электродинамического громкоговорителя $D = 0,1\hat{i}$, масса подвижной системы $m = 5 \cdot 10^{-3} \hat{e}\tilde{a}$. Определить полное входное электрическое сопротивление громкоговорителя, работающего в заглушенном ящике на частотах его механического

8. резонанса $f_0 = 100\hat{A}\ddot{o}$ и электромеханического резонанса f , а также на частоте $f = 2000\hat{A}\ddot{o}$, если индукция в зазоре магнитной цепи $B = 1,2\hat{O}\ddot{e}$, а длина провода звуковой катушки $l = 2\hat{i}$, и при этом сопротивление звуковой катушки постоянному току $R = 5\hat{i}$, а индуктивность $z = 3 \cdot 10^{-3} \hat{A}$.
9. Определить критическую частоту экспоненциального рупора, имеющие следующие размеры: диаметр горла 0,05м, диаметр выходного отверстия 0,145м, длина 0,25м.

3.2. Методические указания по выполнению заданий.

Эффективное осевое давление $P_o(r)$ на любом расстоянии r (в метрах) от акустического центра определяется по следующей формуле $P_o(r) = E_{oa} \frac{\sqrt{P}}{2}$, где

P – подводимая электрическая мощность

E_{oa} – абсолютная осевая чувствительность

Исходя из электрической эквивалентной схемы электродинамического громкоговорителя, частота механического резонанса $f_{\text{мех}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L'C'}} = \frac{1}{2\pi(m+m_R) \cdot C}$, частота электромеханического резонанса

$$f_{\text{эл.мех}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC'}}, \text{ где}$$

$L'C'$ – внесенные индуктивность и емкость

C – гибкость подвижной системы громкоговорителя.

Для излучателя, находящегося в бесконечном щите, активная r_R и реактивная X_R составляющие сопротивления излучения будут:

$$r_R = \frac{\rho_o}{2\pi C_o} \omega^2 S^2; \quad X_R = \frac{8}{3} \omega \rho_o a^3 = m_R, \text{ где}$$

ρ_o – удельное сопротивление воздуха, C_o – скорость звука,

$S = \pi a^2$ - площадь (диаграммы) излучателя. Если излучатель находится в закрытом ящике, то

$$r_R = \frac{\rho_o}{4\pi C_o} \omega^2 S^2; \quad X_R = 2 \cdot \omega \cdot \rho_o \cdot a^3 = m_R, \text{ где}$$

m_R – присоединенная масса.

Внесенные параметры громкоговорителя:

$$C' = (m+m_R)/(Bl)^2; \quad L' = (Bl)^2/c; \quad R' = (Bl)^2/r_R$$

$$\text{Коэффициент полезного действия громкоговорителя } \eta = \frac{P_{\text{ак}}}{P_{\text{эн}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = 1 / (1 + (\delta / B^2 V) \cdot r_R^2 + [\omega (m+m_R) - (1 / (\omega c))]^2), \text{ где}$$

V – объем проводника звуковой катушки;

δ – удельное сопротивление проводника звуковой катушки.

$$\text{Активное сопротивление проводника звуковой катушки } R = \frac{\delta \cdot l}{S'}, \text{ где}$$

l, S' – площадь сечения и длина проводника звуковой катушки.

Для экспоненциальных рупорных громкоговорителей (узкогорлых) коэффициент акустической трансформации предрупорной камеры.

$$n = \frac{S_{ex}}{S_o}, \text{ где}$$

S_{ex} – площадь горла рупора

S_o – площадь диафрагмы.

Площади входного отверстия рупора и выходного связаны между собой следующим соотношением,

$$\text{где } S_{вых} = S_{ex} \cdot e^{\beta l}$$

β – коэффициент раскрытия рупора

l – длина рупора

Критическая частота рупора

$$\omega_{кр} = \frac{\beta \cdot c}{2}, \text{ где}$$

c – скорость звука.

4. Акустика помещений

4.1. Задания на практическое занятие

1. Комната имеет размеры 10*6*4 м. Определить среднее статистическое число отражений в единицу времени и среднюю статистическую длину свободного пробега звуковой волны.
2. В помещении с размерами 10*6*4 м действует источник звука с акустической мощностью $P = 4 \cdot 10^{-5}$ Вт. Приняв средний коэффициент поглощения $\alpha = 0,25$, вычислить плотность звуковой энергии в стационарном режиме.
3. Определить акустическую мощность источника звука, который в помещении с размерами 12*8*6 м создает уровень силы звука 80 дБ. Средний коэффициент поглощения α принять равным 0,3.
4. В помещении размером 12*8*5 м время реверберации составляет 1,2 с. Определить средний коэффициент поглощения α по формулам Сэбина и Эйринга.
5. В помещении объемом 5*8*12 м работает источник звука мощностью $P_a = 0,3$ Вт. Определить плотность звуковой энергии в стационарном режиме и график нарастания и затухания звуковой энергии, если $\alpha_{cp} = 0,28$.
6. Определить акустическое отношение на расстоянии 4 м от микрофона в помещении с объемом 360 м³ при среднем времени пробега звуковой волны 0,012 с, если средний коэффициент поглощения $\alpha = 0,2$.

4.2. Методические указания к выполнению заданий.

Пробег сигнала от одного отражения до другого называется свободным пробегом v .

$$v = 4V/S,$$

где V , S – объем и площадь всех поверхностей помещения. Время свободного пробега звуковой волны τ .

$$\tau = 4V/C_0S,$$

где C_0 – скорость звука в воздухе.

Плотность звуковой энергии в стационарном режиме ϵ_m .

$$\epsilon_m = 4PV / C_0 \alpha_{cp} S,$$

где α_{cp} – коэффициент звукопоглощения.

Процесс нарастания и затухания энергии в помещении описывается следующими выражениями:

$$\epsilon_n = \epsilon_m (1 - e^{-C\alpha' S t / 4V})$$

$$\epsilon_z = \epsilon_m e^{-C\alpha' S t / 4V},$$

где $\alpha' = -\ln(1 - \alpha_{cp})$.

Стандартное время реверберации может быть определено по формулам Эйринга

$$T = 0,161V / -S \ln(1 - \alpha_{cp}),$$

И по формуле Сэбина (при малых значениях коэффициента звукопоглощения)

$$T = 0,161V / \alpha_{cp} S$$

Отношение плотности звуковой энергии отраженных звуков к плотности энергии прямого звука называется акустическим отношением R .

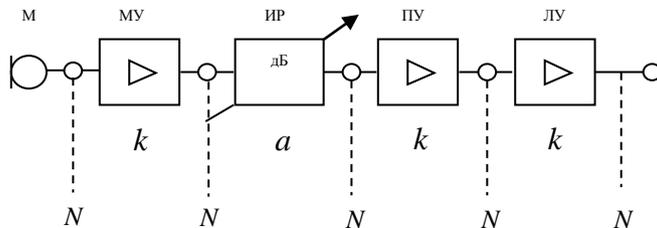
$$R = \varepsilon_{\text{диф}}/\varepsilon_{\text{пр}} = 16 \pi r^2(1-\alpha_{\text{ср}})/\alpha_{\text{ср}}S\Omega,$$

где r – расстояние, на котором определяется звуковое давление;
 Ω – коэффициент осевой концентрации источника звука.

5. Построение диаграммы уровней

5.1. Задания на практическое занятие

Рассчитать и построить диаграммы уровней тракта звукового вещания при работе одного микрофона M , если:



Звуковое давление, равное P , воздействует на микрофон, чувствительность которого E . При этом затухание, вносимое индивидуальным регулятором уровня (ИР), a_1 .

Определить уровни N_1, N_2, N_3 , коэффициенты усиления K_2 и K_3 , затухание a_1 , если:

1. $P = 0,1$ Па; $E = 1,2$ мВ/Па; $N_5 = +17$ дБ; $U_{N4} = 0,775$ В; $K_1 = 44$ дБ;
2. $P = 0,2$ Па; $E = 0,6$ мВ/Па; $N_5 = +15$ дБ; $U_{N4} = 0,6$ В; $K_1 = 40$ дБ;
3. $P = 10$ Па; $E = 2,2$ мВ/Па; $N_4 = -2$ дБ; $U_{N5} = 3$ В;
4. $N_1 = -75$ дБ; $K_1 = 200$ дБ; $N_4 = +1$ дБ; $N_5 = 13$ дБ;
5. $N_1 = -30$ дБ; $K_1 = 100$ дБ; $N_3 = -30$ дБ; $U_{N5} = 4$ В.

5.2. Методические указания к выполнению заданий

Основным оборудованием студийных аппаратных тракта формирования программ являются микшерные пульта, с помощью которых выполняются творческие и технические задачи: регулирование и преобразование электрических сигналов, редактирование и монтаж частей программы.

Приведенная в п. 5.1. структурная схема одной линейки микшерного пульта состоит из: микрофона M , микрофонного усилителя МУ, индивидуального регулятора ИР, промежуточного усилителя ПУ, линейного усилителя ЛУ.

Необходимо определить уровень напряжения на выходе каждого из устройств и определить коэффициенты усиления усилителей и затухание, вносимое индивидуальным регулятором. По результатам расчетов построить диаграмму уровней в децибелах.

Следует помнить, что чувствительность микрофона

$$E = \frac{U}{P},$$

где U – напряжение на выходе микрофона, P – звуковое давление, действующее на микрофон.

Уровень напряжения $N = 20 \lg \frac{U}{U_0}$, где $U_0 = 0,775$ В.

6. Автоматические регуляторы уровня звуковых сигналов

6.1. Задания на практическое занятие

Рассчитать и построить амплитудную или регулировочную характеристику (в зависимости от варианта задания) и определить вид авторегулятора.

1. $K = 100e^{-0,165U_1}$ $U_1 = 0,5$ В, $U_1 = 1,85$ В
2. $K = 115e^{-0,165U_1}$ $U_1 = 0,25$ В, $U_1 = 1,0$ В

3. $K = 75e^{-0,165U_1}$ $U_1 = 0,3 \text{ В}, U_1 = 2,2 \text{ В}$
3. $K = 98e^{-0,115U_1}$ $U_1 = 0,5 \text{ В}, U_1 = 3,1 \text{ В}$
4. $N_2 = N_1 + 1,2(e^{0,115N_1} - 1)$, $N_1 = [-5; 0]$ дБ
5. $N_2 = N_1 + 2(e^{0,115N_1} - 1)$, $N_1 = [-10; 0]$ дБ
6. $N_2 = N_1 \cdot \sqrt{2,2}(e^{0,115N_1} - 1)$, $N_1 = [-10; 0]$ дБ
7. $N_2 = N_1 + \sqrt{3}(e^{0,25N_1} - 1)$, $N_1 = [-5; 0]$ дБ
8. $N_1 = N_2 - N_2(\ln 0,2N_2 - 1)$, $N_2 = [1; 0; 0]$ дБ
9. $N_1 = N_2 - N_2(\ln \sqrt{2}N_2 - 1)$, $N_2 = [0; 5]$ дБ
10. $N_1 = N_2 + N_2(\ln 0,7N_2 - 1)$, $N_2 = [0; 6]$ дБ
11. $N_1 = N_2 + N_2(\ln 0,5N_2 - 1)$, $N_2 = [0; 10]$ дБ

6.2. Методические указания к выполнению задания

Уровни сигналов различных источников регулируются, чтобы создать желаемое соотношение (баланс) громкостей различных инструментов, чтобы весь диапазон уровней оказался в пределах, установленных нормами и правилами технической эксплуатации. Для этих целей используются усилители-ограничители, сжиматели и расширители динамического диапазона. Перечисленные регуляторы отличаются своими амплитудными и регулировочными характеристиками.

Их характеристики имеют следующий вид (рис. 6.1), (рис. 6.2), (рис. 6.3).

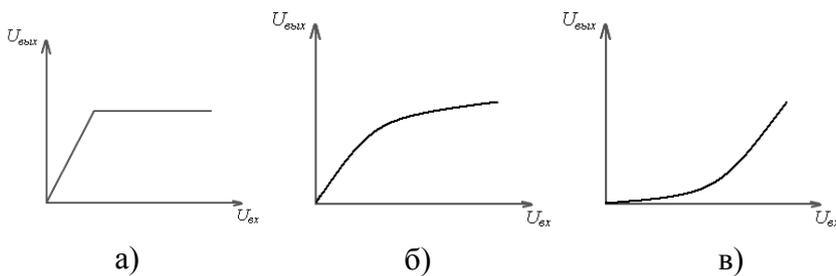


Рис. 6.1. Амплитудные характеристики: а) усилителя-ограничителя; б) сжимателя; в) расширителя.

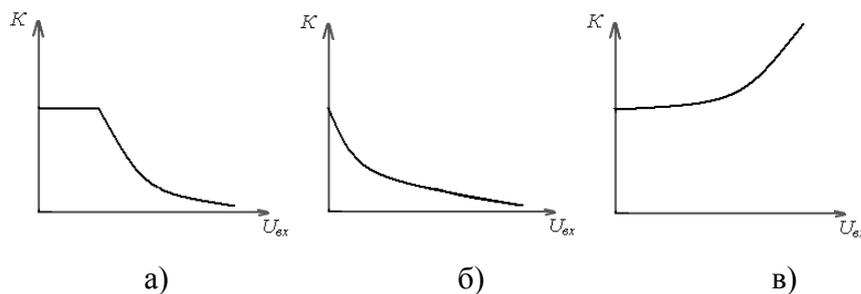


Рис. 6.2. Регулировочные характеристики: а) усилителя-ограничителя; б) сжимателя; в) расширителя.

В зависимости от варианта задания, необходимо рассчитать и построить по 5 точкам (в пределах заданных U_1 или N_1) амплитудную или регулировочную характеристику авторегулятора и определить его вид.

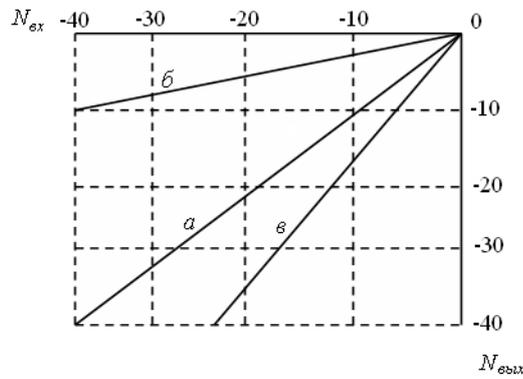


Рис. 6.3. Амплитудные характеристики в логарифмическом масштабе: а) усилителя-ограничителя; б) сжимателя; в) расширителя.

7. Цифровая система передачи звуковых сигналов

7.1. Задание на практическое занятие

Для цифровой системы передачи сигналов с динамическим диапазоном D и верхней частотой спектра f_{ϵ} выбрать:

- количество разрядов аналого-цифрового преобразования m ;
- частоту дискретизации f_{δ} (указать место оборудования в общей структуре ЭКЗВ с данным значением f_{δ}) и определить скорость передачи цифрового потока C и ширину занимаемой полосы частот.

В оборудовании используется равномерное квантование при передаче:

- а) гармонического сигнала
- б) вещательного сигнала без учета неодинаковой чувствительности слуха человека к составляющим шума разных частот
- в) сигнала с пик-фактором равным K .

Примечание: частоту дискретизации выбирать с учетом системных факторов.

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
D , дБ	20	85	90	95	90	80	95	100	80	70	95	90	80
f_{ϵ} , кГц	20	15	20	20	20	15	20	20	15	10	20	15	10
Вид сигнала	а)	а)	а)	в) K=2	в) K=3	в) K=4	б)	б)	б)	б)	в) K=1	в) K=4	в) K=8

7.2. Методические указания к выполнению задания.

В соответствии с теоремой отсчетов В.А. Котельникова неискаженная передача непрерывного (аналогового) сигнала с полосой частот $0 \dots F_{max}$ дискретной последовательностью его отсчетов, возможна только в том случае, если f_{δ} связана с максимальной частотой F_{max} исходного сигнала соотношением $f_{\delta} \geq 2F_{max}$. Скорость цифрового потока $C = mf_{\delta}$, ширина занимаемой полосы частот $\Delta f = 0,7C$.

В трактах формирования программ при $F_{max} = 20$ кГц принято значение $f_{\delta} = 48$ кГц, в лазерных проигрывателях и бытовых магнитофонах $f_{\delta} = 44,1$ кГц.

В трактах первичного и вторичного распределения программ с $F_{max} = 15$ кГц принято значение $f_{\delta} = 32$ кГц.

При равномерном квантовании отношение мощности сигнала к мощности шумов квантования определяется следующей формулой

$$P_c / P_{ш.кв} = 6m - 20 \lg k + 4,8,$$

где k – значение пик-фактора, зависящего от жанра программы и лежит в пределах от 7 до 25 дБ.

При равномерной шкале квантования и гармоническом сигнале, для которого $k = \sqrt{2}$, соотношение С/Ш квантования определяется соотношением

$$P_c / P_{ш.кв} = 6m + 18.$$

Для вещательного сигнала

$$P_c / P_{ш.кв} = 6m - 8,2.$$

Если учесть неодинаковую чувствительность слуха к составляющим шума разных частот для широкополосного звукового сигнала с полосой частот 15 кГц, то

$$P_c / P_{ш.кв} = 6m - 16,7.$$

После обработки звукорежиссером динамический диапазон звукового сигнала обычно не превышает 40 дБ в радиовещании и 50 дБ при высококачественной звукозаписи на компакт-диск.

При 16-разрядном кодировании и частоте дискретизации $f_d = 48$ кГц скорость передачи цифрового потока $C = mf_d$ составляет для монофонического сигнала $C = 16 \cdot 48 = 768$ кбит/с, а для стереофонического соответственно $C = 2(16 \cdot 48) = 1536$ кбит/с.

При $f_d = 44,1$ кГц имеем соответственно $C_{моно} = 705$ кбит/с и $C_{стерео} = 1411,2$ кбит/с.

Частота дискретизации f_d звукового сигнала в телевидении равна 31,25 кГц (2 $f_{строч}$).

В тракте формирования программ в цифровом оборудовании используется 16-разрядный код, а в трактах первичного и вторичного распределения программ 15-разрядный код.

8. Магнитная запись звука

8.1. Задания на практические занятия.

1. Рассчитать величины слойных и контактных потерь головки воспроизведения (в дБ), если частота сигнала f , скорость движения ленты v , толщина магнитного слоя носителя записи d , расстояние от магнитного слоя до головки a (неконтакт)

На сколько дБ изменится величина этих потерь, если скорость движения ленты возрастет в 2 раза.

Номер варианта	V, см/с	f, кГц	d, мкм	a, мкм
1	9,53	10	15	1
2	4,76	6	14	2
3	19,1	15	13	1
4	9,53	12	12	2
5	4,76	10	15	1
6	19,1	16	10	2
7	38,1	13	10	3

Таблица 8.1

2. Рассчитать частоту первого максимума коэффициента волновых потерь, если ширина рабочего зазора воспроизводящей головки $2b$, а скорость движения носителя записи V .

Номер варианта	V, см/с	2b, мкм
1	4,76	9
2	9,53	10
3	19,1	18
4	38,1	15
5	9,53	4
6	19,1	16

Таблица 8.2

8.2. Методические указания к выполнению задания.

Коэффициент $K_a = e^{-2\pi a/\lambda}$ называется коэффициентом контактных потерь, который определяет спад волновой характеристики тракта в области коротких волн за счет неконтакта между воспроизводящей головкой и носителем записи.

Коэффициент контактных потерь может быть вычислен в децибелах.

$$K_a = 54,6 \text{ а} / \lambda$$

Коэффициент слойных потерь $K_d = \frac{1 - e^{-2\pi d/\lambda}}{(2\pi d/\lambda)}$ определяет спад волновой характеристики из-за конечной толщины рабочего слоя носителя.

Толщина магнитного слоя ленты d лежит в пределах 3-16 мкм, а величина неконтакта a в пределах 1-3 мкм.

Длина волны определяется по формуле

$$\lambda = \frac{V}{f}, \text{ где}$$

V - скорость движения носителя.

Коэффициент щелевых потерь $K_{\delta} = (\sin 2\pi \frac{\delta}{\lambda}) / 2\pi \frac{\delta}{\lambda}$, где δ - половина ширины рабочего зазора воспроизводящей головки.

При $2\delta = \lambda$ происходит минимум отдачи, а при $\delta = \lambda$ максимум отдачи воспроизводящей головки, что видно из рис 8.1.

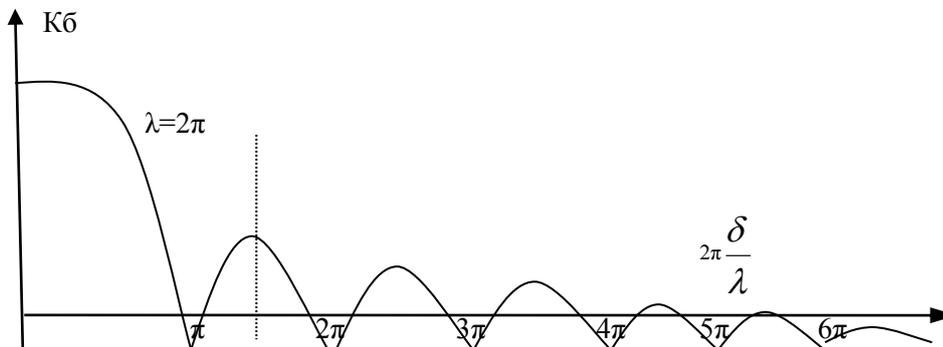


Рис8.1. График коэффициента щелевых потерь.

9. Линии проводного вещания

9.1. Задания на практические занятия.

1. Проверить, какая из двух линий является электрически короткой и вычислить для нее затухание и входное сопротивление, если заданы сопротивление проводов Z , длина L , сопротивление нагрузки Z_H , проводимость Y

- | | | | | | |
|----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 1) $z_1=15,6;$ | $z_2=21,4;$ | $l_1=4\text{км};$ | $l_2=6\text{км};$ | $z_{H1}=78,7;$ | $z_{H2}=108,6;$ |
| $y_1=0,00045;$ | $y_2=0,0004.$ | | | | |
| 2) $Z_1=18,4;$ | $z_2=24,3;$ | $l_1=6,5\text{км};$ | $l_2=3,3\text{км};$ | $z_{H1}=116,8;$ | $Z_{H2}=98,2;$ |
| $y_1=0,0008;$ | $y_2=0,0009.$ | | | | |
| 3) $Z_1=41,3;$ | $Z_2=43,5;$ | $l_1=4,5\text{км};$ | $l_2=9,7\text{км};$ | $Z_{H1}=178,9;$ | $Z_{H2}=141,1;$ |
| $y_1=0,00062;$ | $y_2=0,00062.$ | | | | |

2. Линия длиной L имеет волновое сопротивление $Z_{\text{в}}$ и коэффициент распространения γ . Определить затухание, вносимое линией и входное сопротивление линии, считая линию равномерно нагруженной.

- | | | |
|--------------------|------------------------------|---------------|
| 1) $L=8\text{км};$ | $Z_{\text{в}}=162\text{ом};$ | $\gamma=0,21$ |
| 2) $L=5\text{км};$ | $Z_{\text{в}}=231\text{ом};$ | $\gamma=0,32$ |
| 3) $L=4\text{км};$ | $Z_{\text{в}}=196\text{ом};$ | $\gamma=0,28$ |
| 4) $L=6\text{км};$ | $Z_{\text{в}}=182\text{ом};$ | $\gamma=0,25$ |

9.2. Методические указания к выполнению задания.

При решении задач по данному разделу курса необходимо обратить внимание на электрическую эквивалентную схему линии, ее первичные и вторичные параметры.

Линия считается электрически короткой, если для нее выполняются условия $|\gamma L| \ll 1;$ $L < \frac{\lambda}{4}.$

Коэффициент распространения $\gamma = \sqrt{z \cdot y}$

Выходное сопротивление электрически короткой линии

$$Z_{\text{вх}} = \frac{1}{yL - \frac{L}{Z_H}}$$

Затухание, вносимое электрически короткой линией

$$a = 20 \lg \left| 1 + Z \frac{L^2}{2z_H} + \frac{\gamma^2 L^2}{2} \right|$$

Для равномерно нагруженной линии: вносимое затухание

$$a=20\lg |\operatorname{ch} \gamma L|;$$

входное сопротивление

$$Z_{\text{вх}}=Z_{\text{д}} \operatorname{cth} \gamma L,$$

где $Z_{\text{в}}$ - волновое сопротивление

$$Z_{\text{в}}=\sqrt{(R + j\omega L) \setminus (G + j\omega C)},$$

где R, L, C, G -первичные параметры линии.

Литература

- Ковалгин. Ю. А. Электроакустика и радиовещание. Учебное пособие для вузов. М: Радио и связь, 1999.
- Гитлиц. М. В. «Радиовещание и электроакустика». Учебник для вузов. М: Радио и связь, 1989.
- Зупаров М. З, Катунин Г. Л. Электроакустика. Учебное пособие – ТУИТ, 2005
- Зупаров М. З. «Радиоэшиттириш», ТУИТ, 2005.
- Горон И. Е. Радиовещание. Учебник для вузов. М: связь, 1979.
- Сапожков М. А. Электроакустика. Учебник для вузов. М:Связь, 1977.

ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ НА ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОАКУСТИКА И РАДИОВЕЩАНИЕ»

для студентов обучающихся по направлениям образования:

5522100 - «Телевидение, радиосвязь, радиовещание»

5522000 - «Радиотехника»

5524400 – «Мобильные системы связи»

Рассмотрено и рекомендовано к печати на заседании кафедры ТВ и РВ
от «10.01.08» протокол № 26

Рассмотрено на НМС ТУИТ для тиражирования (прот № от)

Составитель ст. преп. Кропивницкая Л.Н.

Отв. редактор зав. каф. ТВ и РВ

к.т.н., доц. Махмудов Э.Б.

Корректор Павлова С.И.

Формат 60x84. Заказ № . Тираж .
Отпечатано в Издательско полиграфическом
центре «ALOQASHI» при ТУИТ
г. Ташкент, ул. Амир Темура, 108.