

Лабораторная работа №13. Аналоговые электромеханические измерительные приборы

Цель работы: Измерение тока, напряжения, мощности, $\cos \varphi$ электромеханическими измерительными приборами.

Основы теории:

Как известно, аналоговыми измерительными приборами называют приборы, показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины. Эти приборы отличаются относительной простотой, дешевизной, высокой надёжностью, разнообразием применения и выпускаются до класса точности 0,05.

Электромеханические приборы принадлежат к классу аналоговых и состоят из двух основных частей: измерительной цепи и измерительного механизма.

Измерительная цепь служит для преобразования измеряемой величины в другую, непосредственно воздействующую на измерительный механизм.

В измерительном механизме электрическая энергия преобразуется в механическую энергию перемещения подвижной части.

Момент, возникающий в приборе под действием измеряемой величины и поворачивающий подвижную часть в сторону возрастающих показаний однозначно должен определяться измеряемой величиной x и в общем случае должен зависеть от угла поворота α подвижной части:

$$M = F(x, \alpha).$$

Для электромеханических приборов может быть написано общее выражение вращающего момента, вытекающее из уравнений Лагранжа второго рода, являющихся общими уравнениями динамики системы:

$$M = \frac{dW_e}{d\alpha},$$

где W_e - энергия электромагнитного поля, сосредоточенная в измерительном механизме.

По способу создания вращающего момента электромеханические приборы подразделяются на следующие основные группы: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и др.

$$M_{\alpha} = W \cdot \alpha,$$

где W зависит только от свойств упругого элемента (спиральных пружин или тонких нитей).

Зависимость между углом отклонения и током:

-для **магнитоэлектрических приборов** может быть представлена выражением

$$W \cdot \alpha = B \cdot s \cdot w \cdot I; \text{ отсюда } \alpha = \frac{B \cdot s \cdot w}{W} I,$$

-для **электромагнитных приборов**:

$$W \cdot \alpha = \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d\alpha}; \text{ отсюда } \alpha = \frac{1}{2W} I^2 \frac{dL}{d\alpha},$$

-для **электродинамических приборов**:

$$W \cdot \alpha = I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{dM_{1 \leftrightarrow 2}}{d\alpha}; \text{ отсюда } \alpha = \frac{1}{W} I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{dM_{1 \leftrightarrow 2}}{d\alpha}.$$

На основании вышеизложенного не представляет труда составить принципиальные измерительные схемы для измерения:

- тока и напряжения прямым методом (Рис. 1.1),
- электрического сопротивления косвенным методом (Рис. 1.1),
- активной мощности прямым методом (Рис. 1.2),
- $\cos \varphi$ прямым методом (Рис. 1.3),
- $\cos \varphi$ косвенным методом (Рис. 1.4).

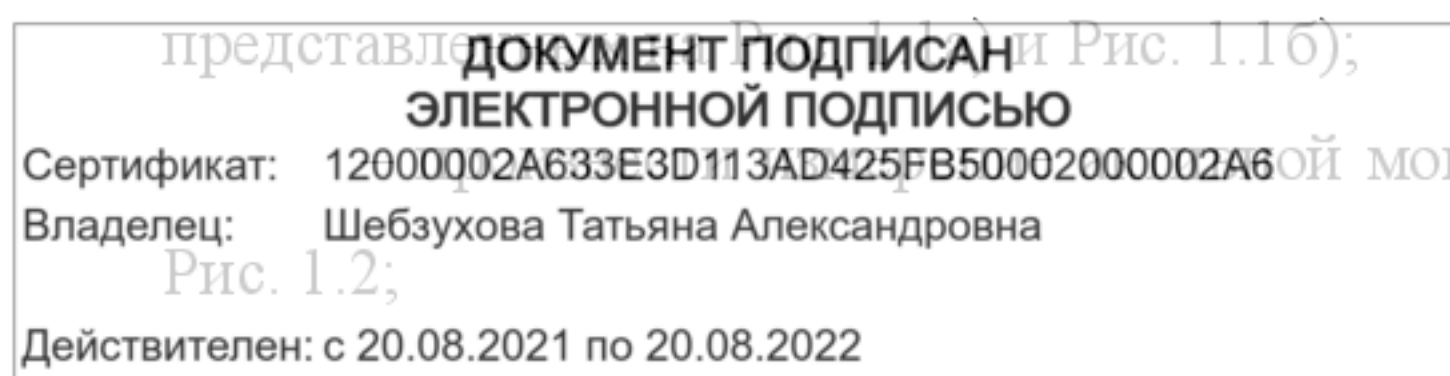
Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

- произвести измерение силы постоянного тока, протекающего через нагрузку, в схеме, представленной на Рис. 1.1 а);
- произвести измерение напряжения переменного тока на нагрузке (между точками «а» и «в») в схемах, представленных на Рис. 1.1 б);
- произвести измерение сопротивления нагрузки косвенным методом в схемах,



– произвести измерение $\cos \varphi$, создаваемого нагрузкой, в схемах, представленных на Рис. 1.3 и Рис. 1.4.

Порядок выполнения работы:

Изучить основные теоретические положения.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) без подключения вольтметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; **$R_H=30...150$ Ом**. Выполнить не менее 10 измерений, при различных значениях R_H . Результаты измерений занести в таблицу.

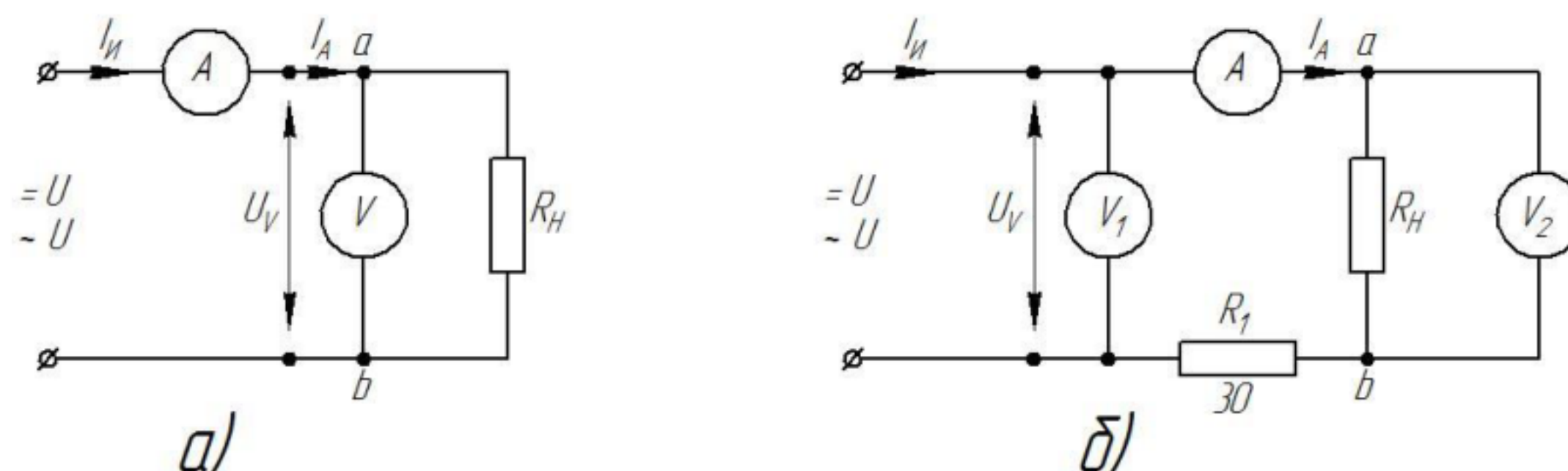


Рисунок 1.1. Схемы электрические принципиальные для измерения силы тока, протекающего через нагрузку, напряжения на нагрузке и измерения сопротивления нагрузки косвенным методом.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) без подключения вольтметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве амперметра использовать переносной прибор **M253**, в качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; **$R_H=30...150$ Ом**. Выполнить не менее 10 измерений, правильно выбирая предел в соответствии с результатами, полученными в п. 1.2.2. Результаты занести в таблицу с указанием выбранного предела измерений.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_1 и амперметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве источника переменного напряжения использовать вторичное линейное напряжение трансформаторного блока; **$R_1=30$ Ом; $R_H=5...100$ Ом**. Выполнить не менее 10 измерений. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_1 и амперметра на стенде «Электротехника и основы электроники». В качестве вольтметра V_2 использовать переносной прибор **Э515**, в качестве источника переменного напряжения использовать вторичное линейное напряжение трансформаторного блока; **$R_1=30$ Ом;**

$R_H=5...100$ Ом. Выполнить не менее 10 измерений, правильно выбирая предел в соответствии с результатами, полученными в п. 1.2.4. Результаты занести в таблицу с указанием выбранного предела измерений.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=30...50$ Ом, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=50...100$ кОм, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_2 и сопротивления R_1 на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=30...50$ Ом, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V_2 и сопротивления R_1 на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; $R_H=50...100$ кОм, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.2 на стенде «**Теоретические основы электротехники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=15В**». Последовательно подключая в качестве нагрузки $R_H=100, 150, 220, 330$ Ом, произвести измерение активной мощности нагрузки. Результаты измерений занести в таблицу

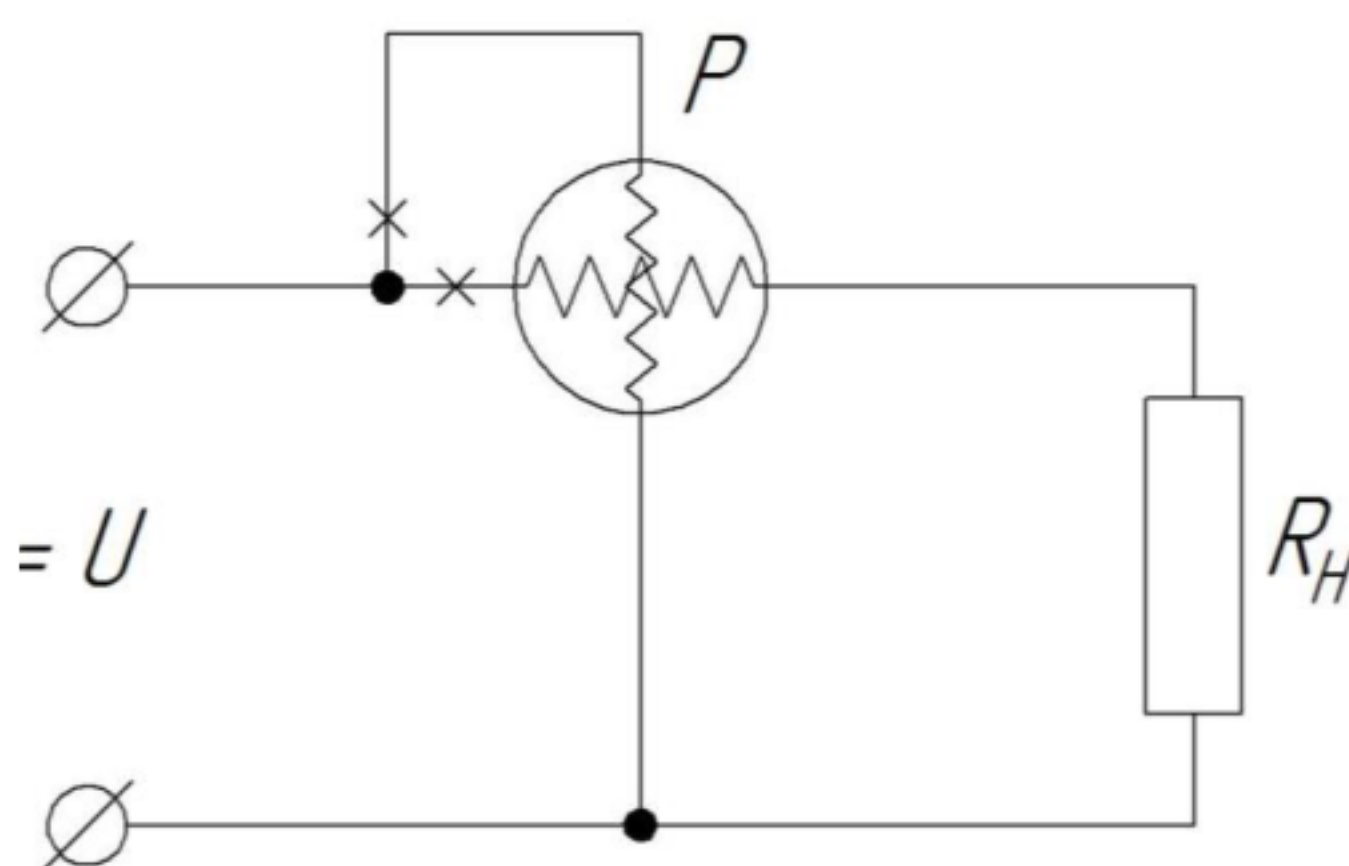


Рисунок 1.2. Схема электрическая принципиальная измерения активной мощности нагрузки.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
в качестве Z_H – последовательно соединённые $R=100$ Ом и $C_1=100\mu\text{кФ}$, $C_2=20\mu\text{кФ}$, C_3
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$=10\text{мкФ}$. Последовательно меняя конденсаторы произвести измерения $\cos\varphi$ прямым методом. Результаты измерений занести в таблицу.

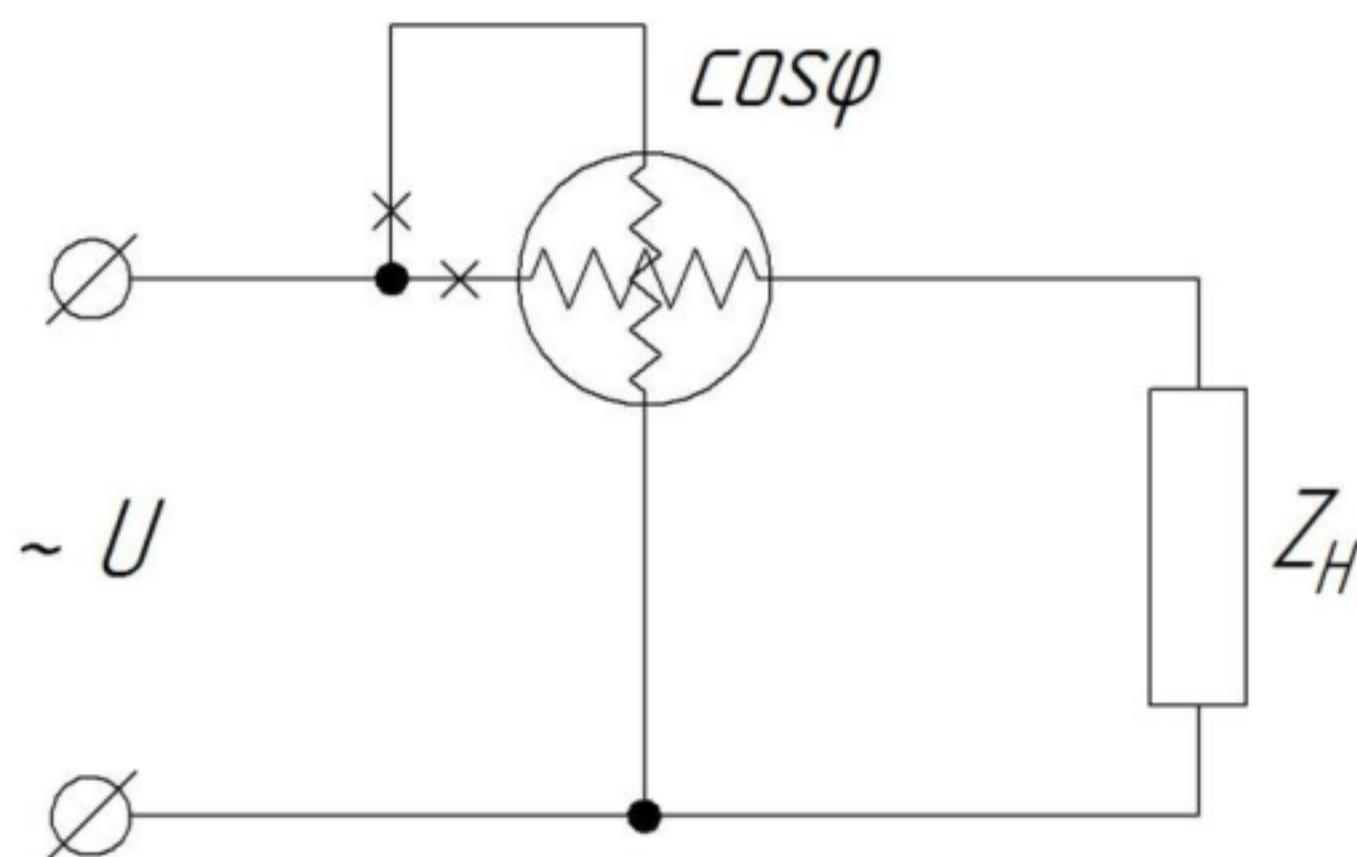


Рисунок 1.3. Схема электрическая принципиальная измерения $\cos\varphi$ прямым методом

Собрать схему, приведённую на Рис. 1.4 на стенде «**Теоретические основы электротехники**». В качестве источника переменного напряжения использовать источник 23В; в качестве Z_H – последовательно соединённые $R=100\text{ Ом}$ и $C_1=100\text{мкФ}$, $C_2=20\text{мкФ}$, $C_3=10\text{мкФ}$. Последовательно меняя конденсаторы произвести измерения $\cos\varphi$ косвенным методом. Результаты измерений занести в таблицу.

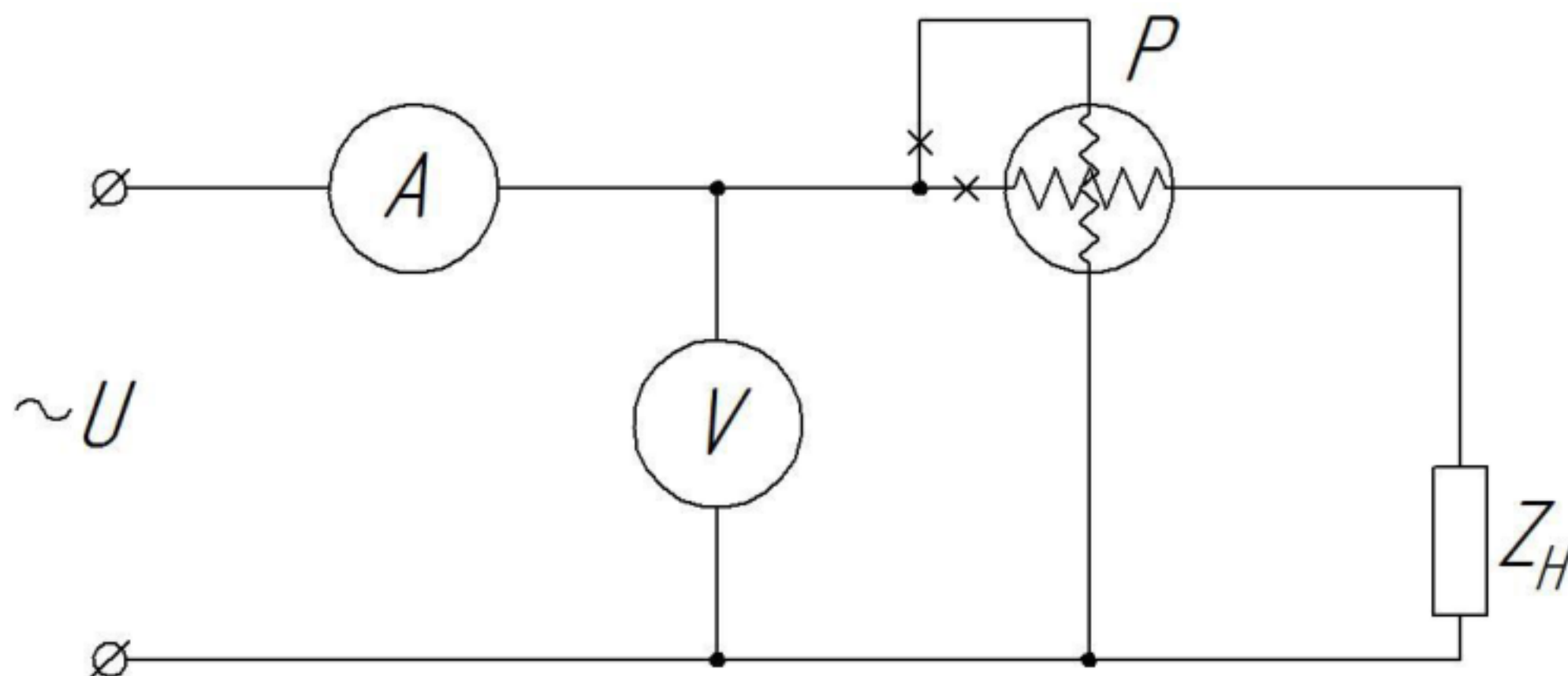


Рис.1.4. Схема электрическая принципиальная измерения $\cos\varphi$ косвенным методом.

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

2. Краткие теоретические сведения;
3. Описание используемого оборудования и материалов;

5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какие измерительные приборы относятся к классу аналоговых.
2. Поясните принцип работы измерительных приборов магнитоэлектрической системы.
3. Поясните принцип работы измерительных приборов электромагнитной системы.
4. Поясните принцип работы измерительных приборов электродинамической системы.
5. Опишите устройство измерительного прибора магнитоэлектрической системы.
6. Опишите устройство измерительного прибора электромагнитной системы.
7. Опишите устройство измерительного прибора электродинамической системы.
8. Какие физические величины позволяют измерять приборы соответственно магнитоэлектрической, электромагнитной и электродинамической системы.
9. Что означает значок (*) на клеммах ваттметра электродинамической системы.
10. Что означает значок ($\equiv$) на шкале прибора электромагнитной системы.

Лабораторная работа №14. Потенциометры и измерительные мосты

Цель работы: Измерение активного сопротивления 4-х плечным мостом постоянного тока.

Основы теории:

Мостовые схемы широко применяются в электроизмерительной технике для измерения сопротивления, индуктивности, ёмкости, добротности катушек, взаимной индуктивности, угла потерь конденсаторов, частоты.

На основе мостовых схем строятся приборы для измерения неэлектрических величин – температуры, малых перемещений и т.д.

Схема одинарного моста приведена на Рис. 2.1. В диагональ «б-г», называемую выходной, включается нагрузка (гальванометр или, в общем случае, нуль-индикатор) с сопротивлением Z_0 .

Ток в диагонали моста наиболее рационально можно рассчитать методом эквивалентного генератора:

$$\dot{I}_{б-г} = \dot{I}_0 = \frac{\dot{U}_{б-г \text{ хх}}}{Z_{вх} + Z_0}$$

Напряжение между точками «б» и «г» моста $U_{б-г \text{ хх}}$ при разомкнутой диагонали можно определить на основании второго закона Кирхгофа:

$$\dot{U}_{б-г \text{ хх}} = \dot{U} \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - \frac{Z_3}{Z_3 + Z_4} \right) = \dot{U} \left(\frac{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}{(Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4)} \right)$$

Входное сопротивление моста $Z_{вх}$ при разомкнутых ЭДС относительно точек «б» и «г» определяется выражением:

$$Z_{б-г} = Z_{вх} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + \frac{Z_3 \cdot Z_4}{Z_3 + Z_4} = \frac{(Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}{(Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4)}$$
$$Z_{вх} + Z_0 = \dot{U} \frac{Z_0 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}$$

Таким образом:

$$\dot{I}_0 = \dot{U} \frac{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}{Z_0 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}$$

Равновесие моста достигается при подборе плеч таким образом, чтобы $\dot{I}_0 = 0$, а

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Т.к. $Z_1 = R_1 + jX_1$; $Z_2 = R_2 + jX_2$; $Z_3 = R_3 + jX_3$; $Z_4 = R_4 + jX_4$, то, подставив выражения комплексных сопротивлений в уравнение равновесия моста, получим два равенства для мнимых и вещественных членов:

$$\begin{aligned} R_1 \cdot R_4 - X_1 \cdot X_4 &= R_2 \cdot R_3 - X_2 \cdot X_3 \\ R_1 \cdot jX_4 + R_4 \cdot jX_1 &= R_2 \cdot jX_3 + R_3 \cdot jX_2 \end{aligned}$$

Наличие двух уравнений равновесия свидетельствует о необходимости регулирования не менее двух параметров моста переменного тока для достижения его равновесия.

Комплексные сопротивления плеч моста могут быть представлены и в показательной форме:

$$Z_1 = z_1 \cdot e^{j\varphi_1}; Z_2 = z_2 \cdot e^{j\varphi_2}; Z_3 = z_3 \cdot e^{j\varphi_3}; Z_4 = z_4 \cdot e^{j\varphi_4}.$$

Тогда равновесие моста возможно при

$$z_1 \cdot e^{j\varphi_1} \cdot z_4 \cdot e^{j\varphi_4} = z_2 \cdot e^{j\varphi_2} \cdot z_3 \cdot e^{j\varphi_3}$$

или

$$\begin{aligned} z_1 \cdot z_4 &= z_2 \cdot z_3, \\ \varphi_1 + \varphi_4 &= \varphi_2 + \varphi_3 \end{aligned}$$

Последнее условие ($\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$) указывает при каком расположении плеч, в зависимости от их характера, можно уравновесить мост. Если смежные плечи, например третье и четвёртое, имеют чисто активные сопротивления R_3 и R_4 , т.е. $\varphi_3 = \varphi_4 = 0$, то два других смежных плеча (первое и второе) должны иметь – одно индуктивный, а другое ёмкостный характер. Если противоположные плечи имеют чисто активный характер, то одно из двух противоположных должно иметь индуктивный характер, а другое – ёмкостный.

Эти требования и определяют различные схемы для измерения физических величин, перечень которых приведён в начале основных теоретических положений к данной лабораторной работе.

При измерении активного сопротивления уравнение равновесия приобретает вид:

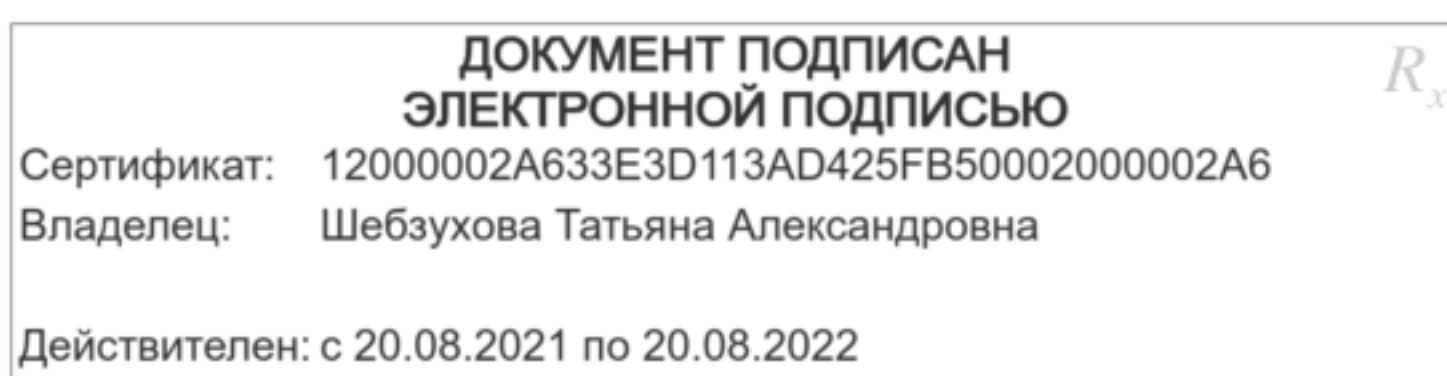
$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3,$$

откуда:

$$R_1 = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4}.$$

Если R_1 – измеряемое сопротивление R_x , то:

$$R_x = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4}.$$



Принято называть и, соответственно, использовать R_3 и R_4 в качестве плеч отношений, а R_2 в качестве плеча сравнения.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

- произвести измерение активного сопротивления с помощью мостовой схемы, собранной на стенде,
- получить практический опыт работы с универсальным мостом Винстона.

Порядок выполнения работы:

Изучить основные теоретические положения.

Собрать на стенде «**Теоретические основы электротехники**» схему Рис.2.1., где: R_1 – измеряемое сопротивление (например 500 Ом), R_2 – магазин сопротивлений Р 33, R_3 и R_4 – магазины сопротивлений Р 34, G - измерительный прибор МУ-62, U – регулируемый источник напряжения 0...15В блока «Генератора постоянных напряжений».

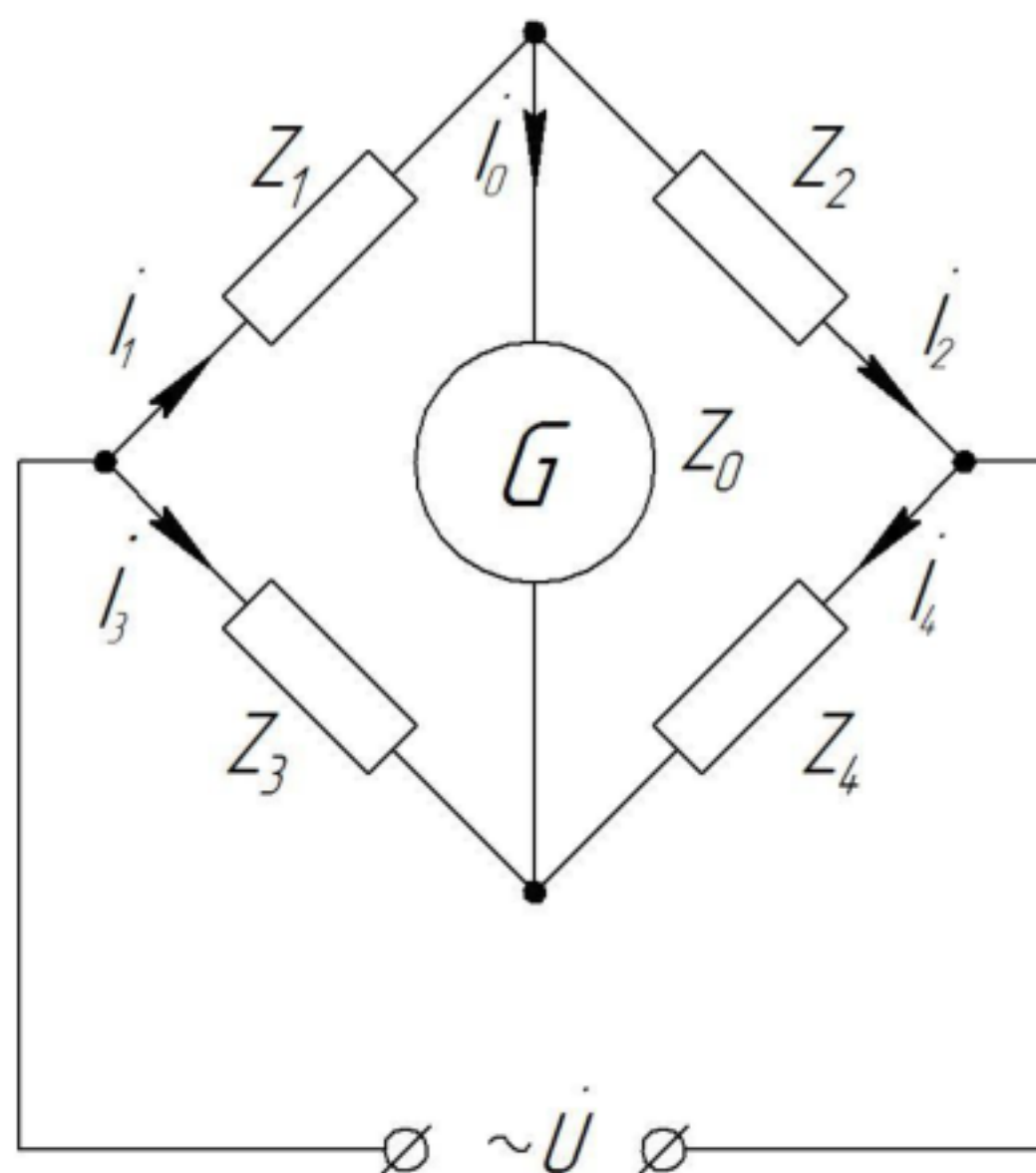


Рисунок 2.1. Схема электрическая принципиальная одинарного моста

Установить:

$$R_3 = R_4 = 200 \text{ Ом},$$

R_2 – установить произвольно,

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

U – плавно повышать напряжение до регистрации измерительным прибором тока $I_0 = 50 \dots 75 \text{ мА}$.

Балансируем мостовую схему, вращая курбелли магазина R_2 :

если при увеличении номинала сопротивлений ток I_0 возрастает, то номинал сопротивлений уменьшаем, пока ток через прибор станет равным нулю;

если при уменьшении номинала сопротивлений ток I_0 возрастает, то номинал сопротивлений увеличиваем, пока ток через прибор станет равным нулю;

при нулевых показаниях прибора убеждаемся, что $R_x = R_2$.

Установить:

$R_3 = 400 \text{ Ом}$,

убеждаемся, что $R_x = 0,5 R_2$.

Установить:

$R_4 = 400 \text{ Ом}$,

Мост Винстона представляет собой переносной лабораторный прибор, предназначенный для определения повреждений в воздушных электролиниях и кабельных сетях, а также для измерения сопротивлений.

Все измерения проводятся на постоянном токе по нулевому методу путём уравнивания моста при помощи плеч сопротивления с использованием в качестве нуль-индикатора чувствительного стрелочного гальванометра с нулём в середине шкалы. Метод моста применяется главным образом при лабораторных измерениях, где требуется высокая точность.

Балансировка осуществляется следующим образом:

на плечах отношений R_3 и R_4 подбираются сопротивления с десятичными соотношениями (1:10; 1:100; 1:1000 или другие),

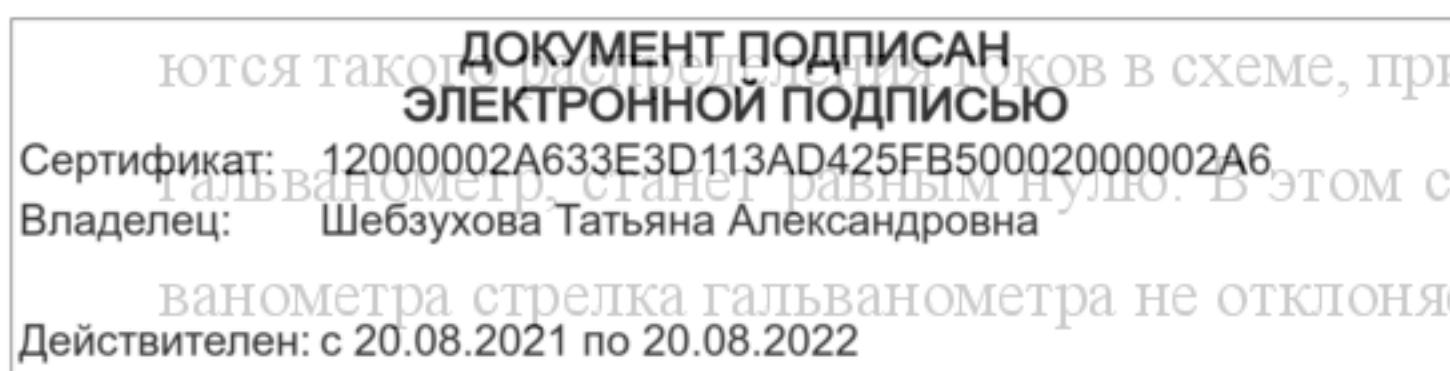
на плече сравнения R_2 подбирается для начала сопротивление, предположительно равное измеряемому, разделённое на отношение R_3/R_4 ,

замыкается ключ батареи и, кратковременно нажимая ключ гальванометра, наблюдают за стрелкой гальванометра,

если стрелка гальванометра обнаруживает резко выраженное стремление отклониться от нулевой отметки шкалы – это значит, что взятое в магазине R_2 сопротивление значительно отличается от измеряемого,

изменяя сопротивление магазина R_2 и меняя отношение R_3/R_4 , постепенно добива-

ются такому соотношению плеч, при котором ток в диагонали моста, содержащем гальванометр, станет равным нулю. В этом случае при замыкании ключей батареи и гальванометра стрелка гальванометра не отклоняется.



когда условия распределения тока в схеме будут достигнуты, значение измеряемого сопротивления определится по известной формуле моста.

Подключить к мосту Винстона отрезок медного провода диаметром 0,1 мм и длиной приблизительно 10 см. Произвести измерение сопротивления медного провода балансировкой моста.

Подключить к мосту Винстона последовательно ряд сопротивлений: 150 Ом; 4,6 кОм; 22 кОм; 122 кОм. Произвести измерение этих сопротивлений балансировкой моста.

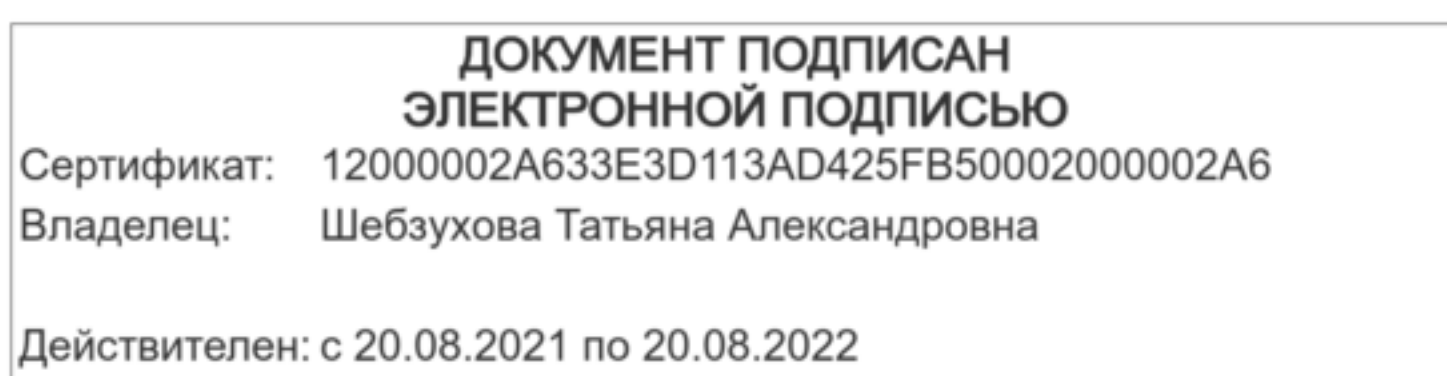
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Приведите основное уравнение мостовой измерительной схемы.
2. Назовите ряд чисел, как результат деления R_3/R_4 , наиболее приемлемых в процессе измерения сопротивлений мостовым методом.
3. Можно ли при измерении активных сопротивлений питать мостовую схему переменным током.
4. Изложите порядок балансировки мостовой схемы.
5. Изложите порядок балансировки одинарного измерительного моста.
6. Что ограничивает верхний номинал сопротивлений, измеряемых мостовым методом.
7. Что ограничивает нижний номинал сопротивлений, измеряемых мостовым методом.

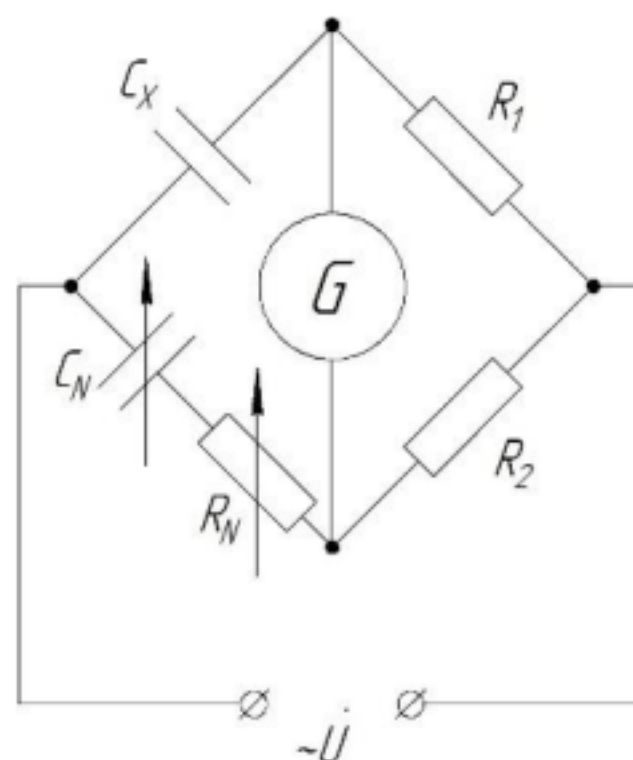


Лабораторная работа №15. Потенциометры и измерительные мосты

Цель работы: Измерение индуктивности и добротности катушек и ёмкости конденсаторов 4-х плечным мостом переменного тока.

Основы теории:

Схема моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего малыми потерями:



-характер плеч:

$$Z_1 = R_x + j \frac{1}{\omega \cdot C_x}, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R_N + j \frac{1}{\omega \cdot C_N}, \quad Z_4 = R_2,$$

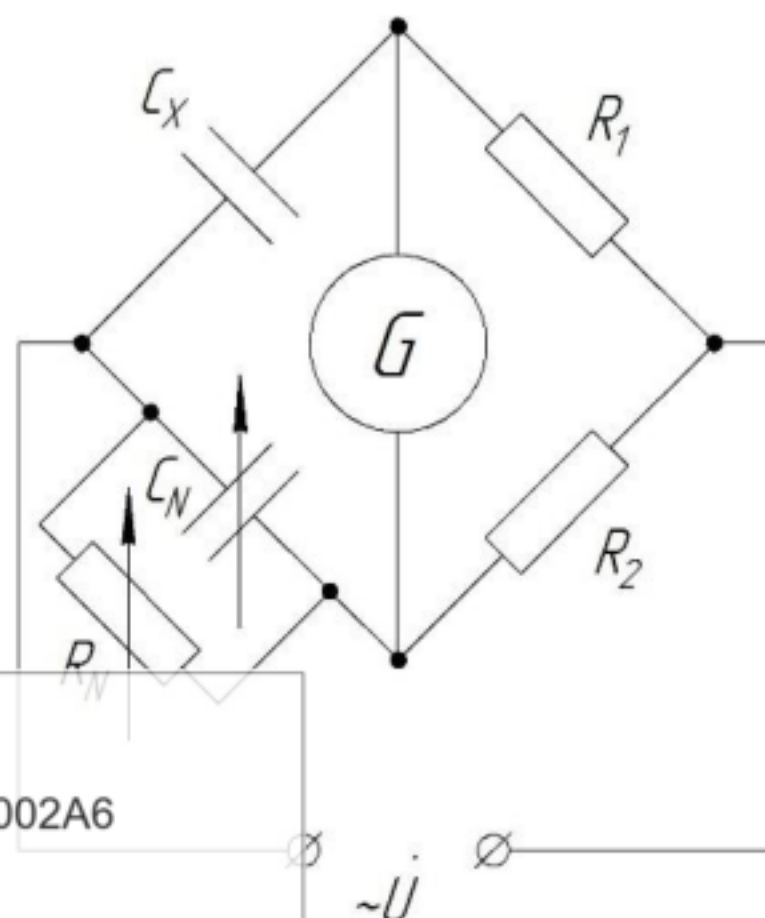
-условие равновесия:

$$\left(R_x + j \frac{1}{\omega \cdot C_x} \right) \cdot R_2 = \left(R_N + j \frac{1}{\omega \cdot C_N} \right) \cdot R_1,$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_N \cdot \frac{R_1}{R_2}, \quad C_x = C_N \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad \operatorname{tg} \Delta = \omega \cdot R_x \cdot C_x = \omega \cdot R_N \cdot C_N.$$

Схема моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего большими потерями:



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

-характер плеч:

$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + j\omega \cdot C_x}, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_N} + j\omega \cdot C_N}, \quad Z_4 = R_2,$$

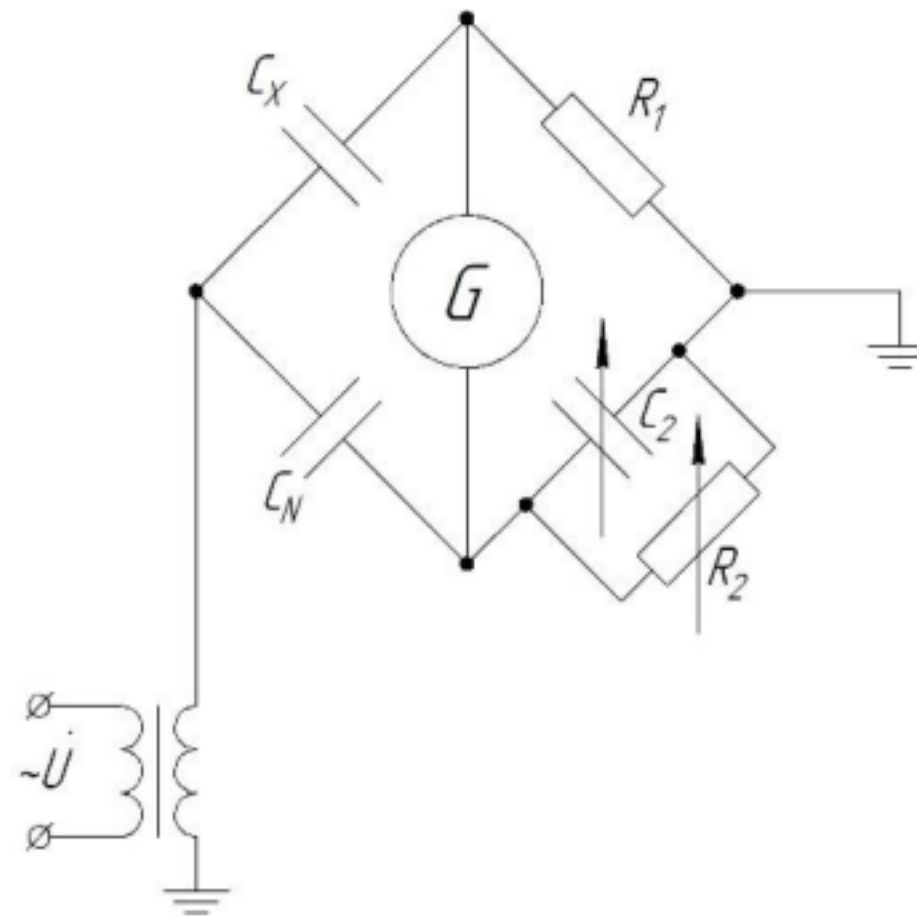
-условие равновесия:

$$\frac{R_2}{\frac{1}{R_x} + j\omega \cdot C_x} = \frac{R_1}{\frac{1}{R_N} + j\omega \cdot C_N},$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_N \cdot \frac{R_1}{R_2}, \quad C_x = C_N \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad \operatorname{tg} \Delta = \frac{1}{\omega \cdot R_x \cdot C_x} = \frac{1}{\omega \cdot R_N \cdot C_N}.$$

3.1.3. Схема моста переменного тока для определения потерь в диэлектрике:



-характер плеч:

$$Z_1 = R_x + j \frac{1}{\omega \cdot C_x}, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = j \frac{1}{\omega \cdot C_N}, \quad Z_4 = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega \cdot C_2},$$

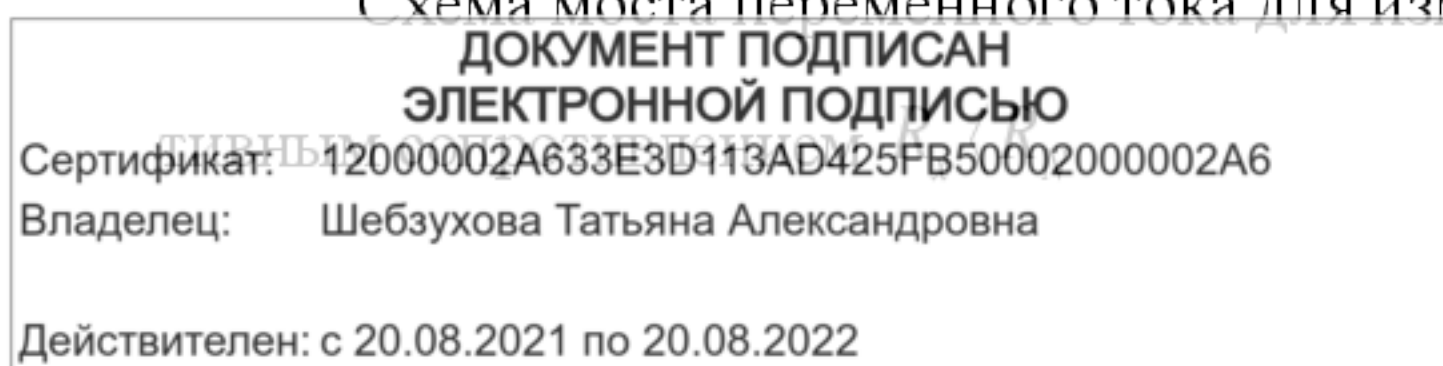
-условие равновесия:

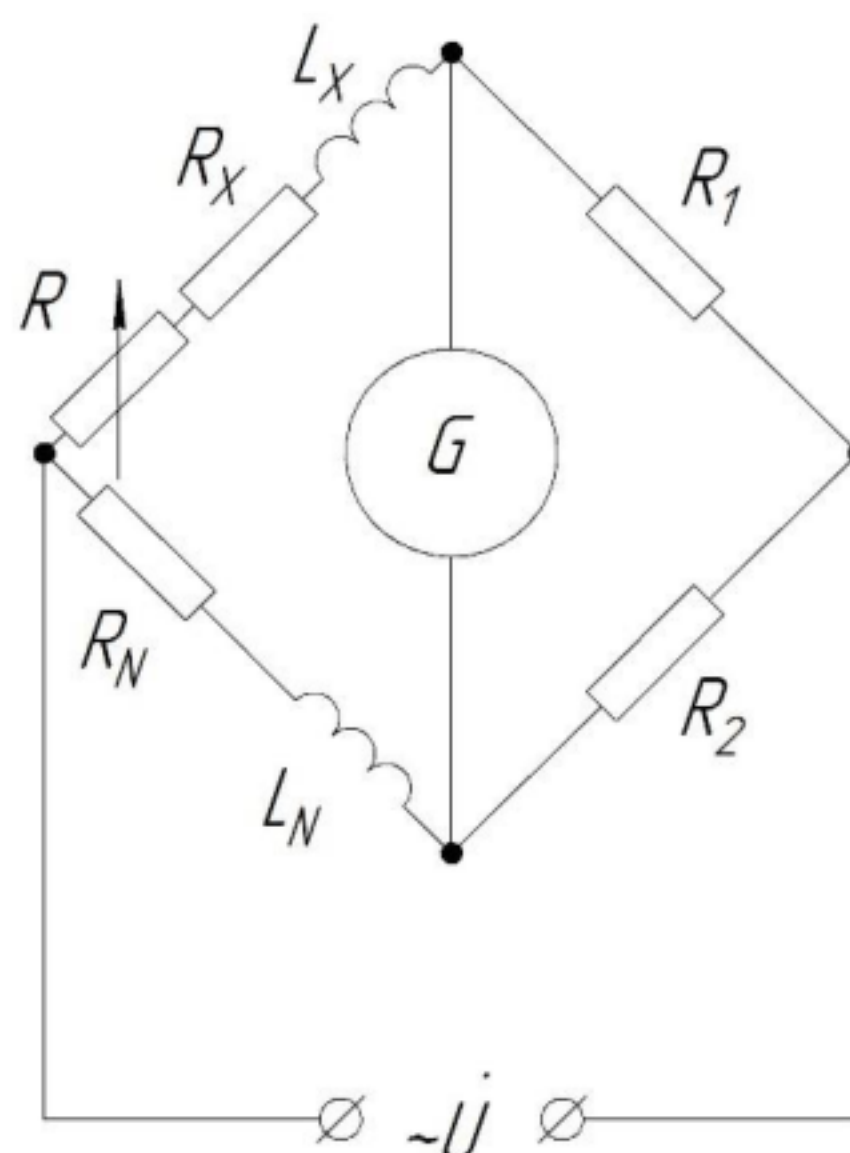
$$\frac{R_x + \frac{1}{j\omega \cdot C_x}}{R_1} = \frac{1}{j\omega \cdot C_N} \left(\frac{1}{R_2} + j\omega \cdot C_2 \right),$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_1 \cdot \frac{C_2}{C_N}, \quad C_x = C_N \cdot \frac{R_2}{R_1}, \quad \operatorname{tg} \Delta = \omega \cdot R_x \cdot C_x.$$

Схема моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с малым ак-





- характер плеч:

$$Z_1 = R + R_x + j\omega \cdot L_x, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R_N + j\omega \cdot L_N, \quad Z_4 = R_2,$$

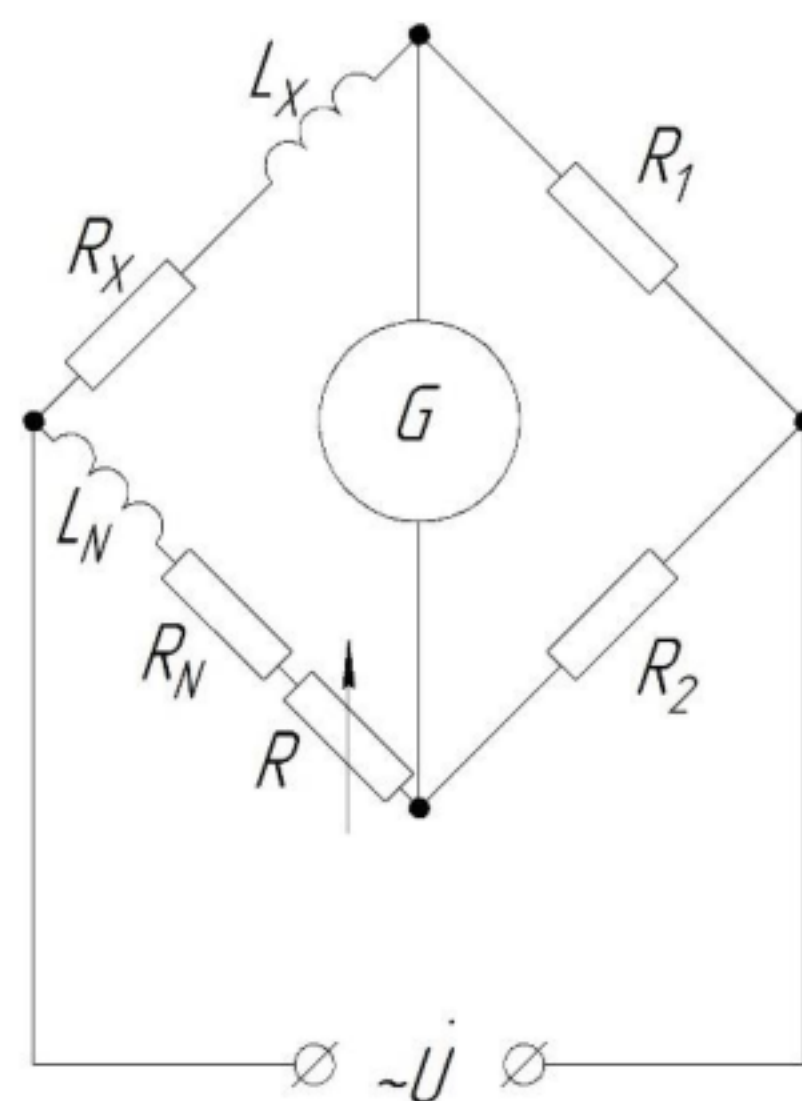
-условие равновесия:

$$(R + R_x + j\omega \cdot L_x) \cdot R_2 = (R_N + j\omega \cdot L_N) \cdot R_1,$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = R_N \cdot \frac{R_1}{R_2} - R, \quad L_x = L_N \cdot \frac{R_1}{R_2}.$$

Схема моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с большим активным сопротивлением $R_x \gg R_N$



- характер плеч:

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

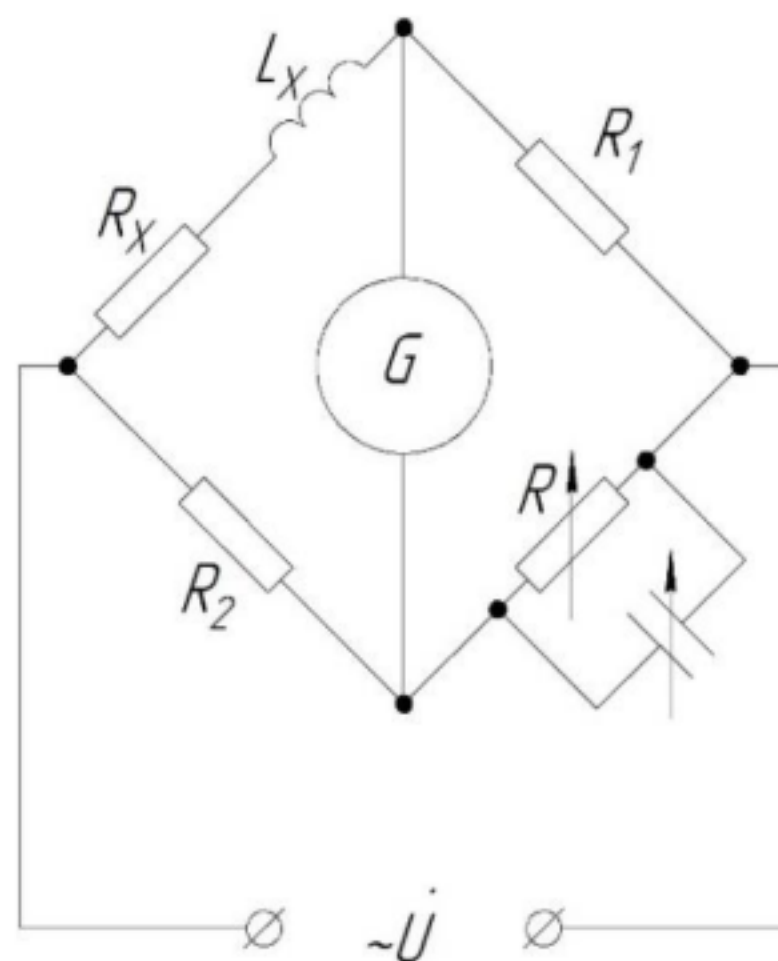
$$Z_1 = R + R_N + j\omega \cdot L_N, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R + R_N + j\omega \cdot L_N, \quad Z_4 = R_2,$$

$$(R_x + j\omega \cdot L_x) \cdot R_2 = (R + R_N + j\omega \cdot L_N) \cdot R_1,$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = (R_N + R) \cdot \frac{R_1}{R_2} - R, \quad L_x = L_N \cdot \frac{R_1}{R_2}.$$

Схема моста переменного тока для определения индуктивности и добротности катушек с использованием образцового конденсатора:



- характер плеч:

$$Z_1 = R_x + j\omega \cdot L_x, \quad Z_2 = R_1, \quad Z_3 = R_2, \quad Z_4 = \frac{R}{1 + j\omega \cdot C},$$

-условие равновесия:

$$\frac{(R_x + j\omega \cdot L_x) \cdot R}{1 + j\omega \cdot C \cdot R} = R_1 \cdot R_2,$$

-определение измеряемых величин:

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R}, \quad L_x = C \cdot R_1 \cdot R_2.$$

По полученным значениям R_x и L_x или C и R определяют добротность катушки:

$$Q = \frac{\omega \cdot L_x}{R_x} = \omega \cdot C \cdot R,$$

На основании вышеизложенного перед непосредственным измерением следует произвести предварительные расчёты ожидаемых значений элементов моста переменного тока.

Указание по технике безопасности:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

при выполнении лабораторных работ приведены

Указания по выполнению лабораторной работы:

При выполнении данной лабораторной работы необходимо получить навыки измерения параметров резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности с помощью измерителя иммитанса Е7-15.

Изучить основные теоретические положения.

Ознакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации ИЗМЕРИТЕЛЯ ИММИТАНСА Е7-15.

Измеритель иммитанса предназначен для измерения иммитансных параметров электрорадиокомпонентов: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности.

Прибор измеряет следующие параметры:

- ёмкость (C);
- индуктивность (L);
- сопротивление (R);
- проводимость (G);
- фактор потерь (D)
- добротность (Q).

Порядок выполнения работы:

Разместить прибор на лабораторном стенде, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

Установить органы управления, настройки и подключения в исходное положение согласно «Техническому описанию и инструкции по эксплуатации 2.724.014 ТО»

Для проведения измерения достаточно подключить измеряемый объект к зажимам прибора и установить нужный режим измерения.

Подключить к зажимам прибора любой резистор из набора стенда «ТОЭ». Установить ПАРАМЕТР «R|G». Установить ПРЕДЕЛ «АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР». Прибор выдаст на дисплее значение сопротивления резистора.

Установить ПРЕДЕЛ «ФИКС». Изменяя номер предела, добиться условия, когда прибор выдаст на дисплее значение проводимости резистора. Сравнить полученные данные с номиналом резистора.

Подключить к зажимам прибора любую катушку индуктивности из набора стенда «ТОЭ». Установить ПАРАМЕТР «L|C». Установить ПРЕДЕЛ «АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР». Установить ЧАСТОТА «100Гц». Прибор выдаст на дисплее значение индуктивности

катушки **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Установить ЧАСТОТА «1кГц». Прибор выдаст на дисплее значение индуктивности катушки. Убедиться, что значения индуктивностей одной и той же катушки на разных частотах различны.

Установить ПАРАМЕТР «D|Q». Прибор выдаст на дисплее значение добротности катушки. Сравнить полученные данные с номиналом катушки индуктивности.

3.2.3.4. Подключить к зажимам прибора любой конденсатор из набора стенда «ТОЭ». Установить ПАРАМЕТР «L|C». Установить ПРЕДЕЛ «АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР». Прибор выдаст на дисплее значение ёмкости конденсатора. Сравнить полученные данные с номиналом конденсатора.

Установить ПАРАМЕТР «D|Q». Прибор выдаст на дисплее значение тангенса угла потерь конденсатора. Если 0,02 то убедиться, что на дисплее высвечивается схема последовательного соединения. Если 0,02 то убедиться, что на дисплее высвечивается схема параллельного соединения.

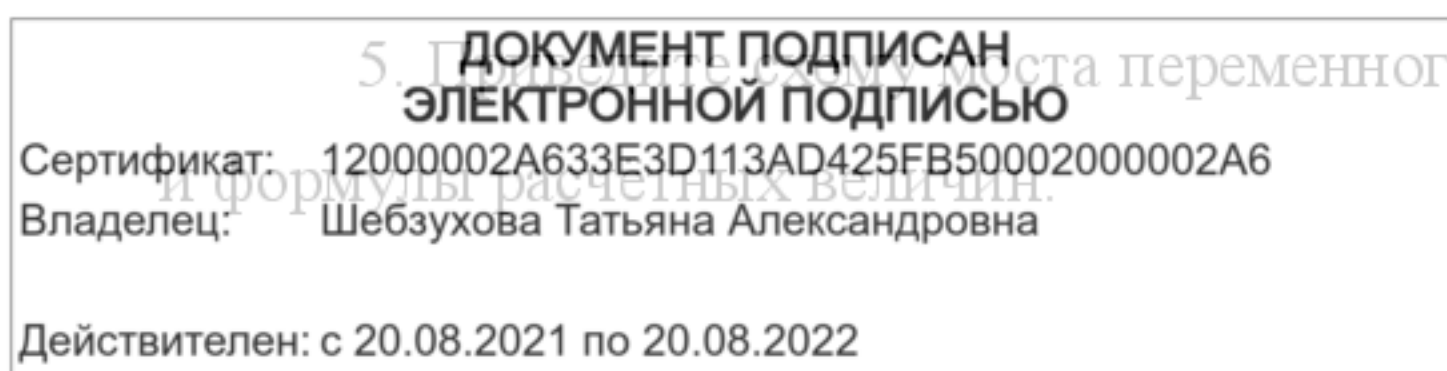
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Приведите векторную диаграмму конденсатора с малыми диэлектрическими потерями.
2. Приведите векторную диаграмму конденсатора с большими диэлектрическими потерями.
3. Приведите схему моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего малыми потерями и формулы расчётных величин.
4. Приведите схему моста переменного тока для измерения ёмкости конденсатора, обладающего большими потерями и формулы расчётных величин.



6. Приведите схему моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с малым активным сопротивлением и формулы расчётных величин.

7. Приведите схему моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с большим активным сопротивлением и формулы расчётных величин.

8. Приведите схему моста переменного тока для определения индуктивности и добротности катушек с использованием образцового конденсатора и формулы расчётных величин.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №16. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы

Цель работы: Измерение тока, напряжения, сопротивления, частоты электронными измерительными приборами.

Основы теории:

Цифровыми измерительными приборами (ЦИП) называются приборы, автоматически вырабатывающие дискретные сигналы измерительной информации, показания которых представляются в цифровой форме. В цифровых приборах в соответствии со значением измеряемой величины образуется код, а затем в соответствии с кодом измеряемая величина представляется на отсчётном устройстве в цифровой форме. Код выдаёт аналогоцифровой преобразователь (АЦП) в соответствии со значением измеряемой величины. Подаётся код в ЭВМ, автоматическое устройство или регистрирующее отсчётное устройство, которое отражает значение измеряемой величины в цифровой форме.

Для образования кода непрерывная измеряемая величина дискретизируется во времени и квантуется по уровню.

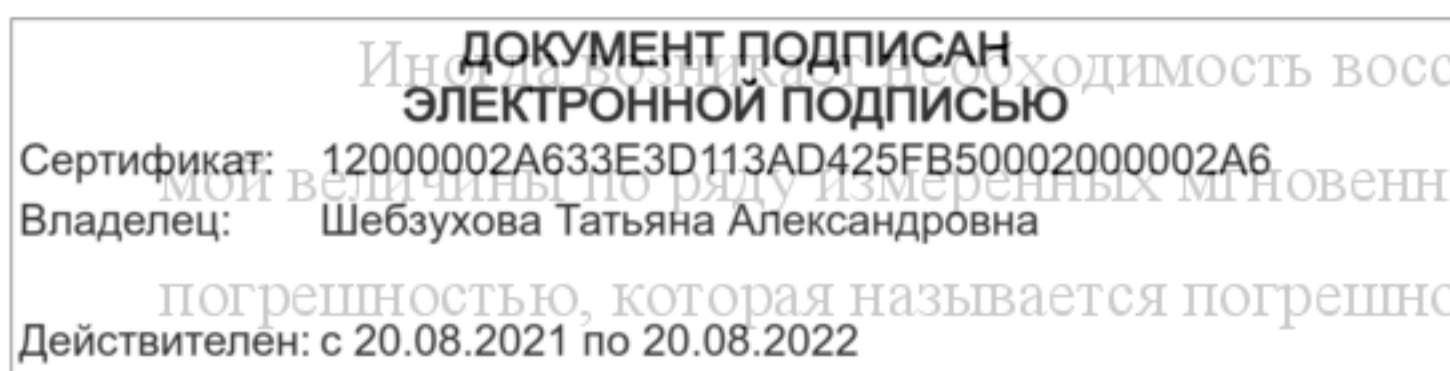
Дискретизацией непрерывной во времени величины $x(t)$ называется операция преобразования $x(t)$ в прерывную во времени, т.е. в величину, значения которой отличны от нуля и совпадают с соответствующими значениями $x(t)$ только в определённые моменты времени. Промежуток между двумя соседними моментами времени дискретизации называется шагом дискретизации.

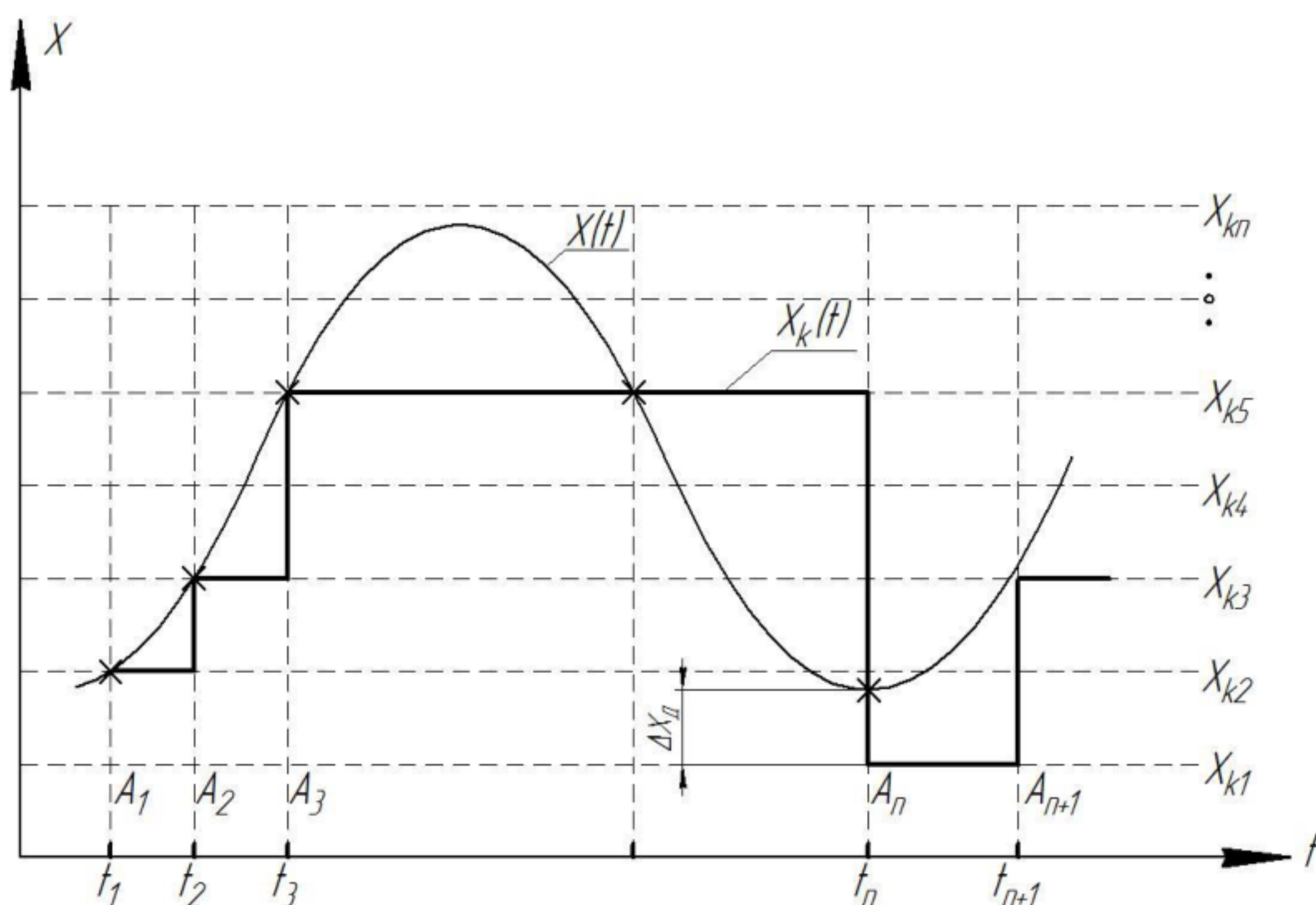
Квантованием по уровню непрерывной величины $x(t)$ называется операция преобразования $x(t)$ в квантованную величину $x_k(t)$. Квантованная величина - величина, которая может принимать в заданном диапазоне определённое значение. Фиксированные значения квантованной величины называются уровнями квантования. Разность между двумя ближайшими уровнями называется ступенью, или шагом квантования.

Квантование непрерывной измеряемой величины по уровню и дискретизация во времени представлены на Рис. 4.1.

Как видно из рисунка в результате квантования измеряемой величины по уровню возникает погрешность дискретности, т.к. в большинстве случаев измерений имеется разность между показаниями ЦИП и значениями измеряемой величины в моменты измерений.

Иногда возникает необходимость восстановить все значения непрерывной измеряемой величины по ряду измеренных мгновенных значений. Практически это возможно, но с погрешностью, которая называется погрешностью аппроксимации.





Квантование непрерывной измеряемой величины по уровню и дискретизация во времени.

Если ЦИП и АЦП предназначены для получения результатов измерений, по которым будут восстанавливаться все промежуточные непрерывные значения измеряемой величины, то быстродействие таких приборов и преобразователей выбирается с учётом допустимой погрешности аппроксимации и характера изменения измеряемой величины.

Выбор ЦИП для измерения конкретной величины производится с учётом основных характеристик цифровых приборов:

-предел основной допускаемой погрешности:

где:

- x_k –верхний предел диапазона измерений;

- a_0 и b_0 – постоянные числа, которые для ЦИП нормируются и выбираются из определённого ряда по ГОСТ 13600-XX.

Класс точности ЦИП определяется совокупностью $a_0 \setminus b_0$.

-**диапазон измерений** - область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности прибора;

-**порог чувствительности** - наименьшее изменение измеряемой величины, вызывающее изменение показаний прибора;

-**разрешающая способность** – значение одной единицы младшего разряда отсчёт-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

-быстродействие – число измерений, выполняемых прибором с нормируемой погрешностью в единицу времени.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

При выполнении данной лабораторной работы необходимо получить навыки измерения электрических величин и параметров с помощью цифрового мультиметра АРРА - 505.

Изучить основные теоретические положения.

Ознакомиться с руководством по эксплуатации цифрового мультиметра АРРА - 505.

Цифровой мультиметр АРРА – 505 является многофункциональным прибором и предназначен для:

- измерения постоянного и переменного напряжения,
- измерения постоянного и переменного тока,
- измерения сопротивления,
- измерения ёмкости,
- измерения частоты,
- измерения температуры и т.д.

Цифровой мультиметр АРРА – 505 обладает следующими функциональными возможностями:

- испытание р-п переходов,
- звуковая прозвонка цепей,
- цифровая шкала,
- линейная шкала,
- авто и ручное переключение диапазонов и т.д.

Порядок выполнения работы:

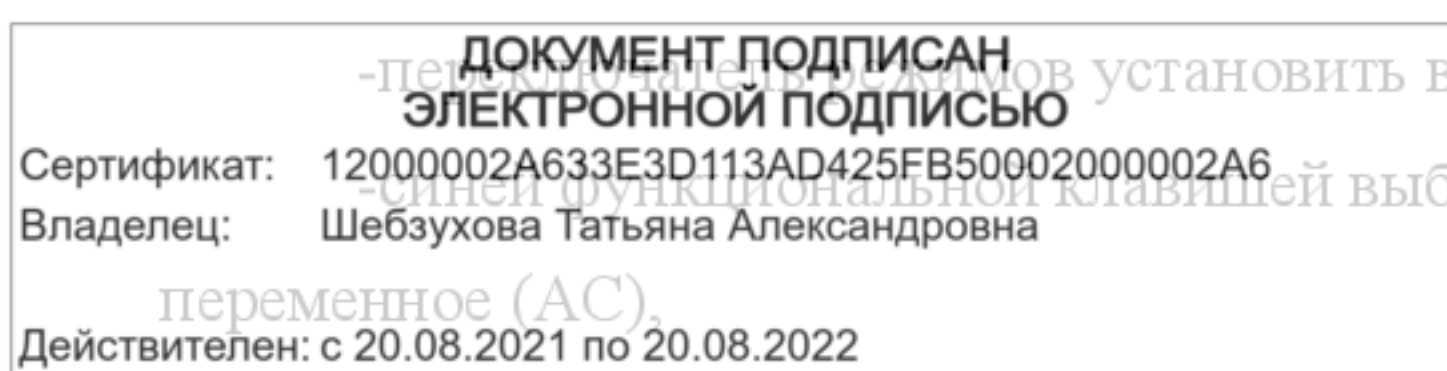
Измерение напряжения

-измерительные провода соединить со входными гнездами СОМ/чёрный и V/красный,

-переключатель диапазонов установить в положение mV(меньше 200 мВ) или V,

-синей функциональной клавишей выбрать режим измерения: постоянное (DC) или

переменное (AC).



- подключая щупы измерительных проводов параллельно источникам питания **«Блока постоянных и переменных напряжений»** стенда **«ТОЭ»** считывать результат с экрана ЖК-дисплея в аналоговой и цифровой форме.

Обратить внимание, что в режиме АС вычисляется среднеквадратическое значение и определяется частота сигнала.

Измерение силы тока:

-измерительные провода соединить со входными гнездами СОМ/чёрный и А или мА/красный,

-переключатель режимов установить в положение mA(меньше 200 мА) или А,

-синей функциональной клавишей выбрать режим измерения: постоянное (DC) или переменное (AC),

- подключая щупы измерительных проводов последовательно (в разрыв цепи) электрических схем, собранных от источников питания **«Блока постоянных и переменных напряжений»** стенда **«ТОЭ»** считывать результат с экрана ЖК-дисплея в аналоговой и цифровой форме.

Обратить внимание, что в режиме АС вычисляется среднеквадратическое значение и определяется частота сигнала.

Измерение сопротивления

-измерительные провода соединить со входными гнездами СОМ/чёрный и V/красный,

-переключатель режимов установить в положение Ω ,

-синей функциональной клавишей выбрать режим измерения Ω ,

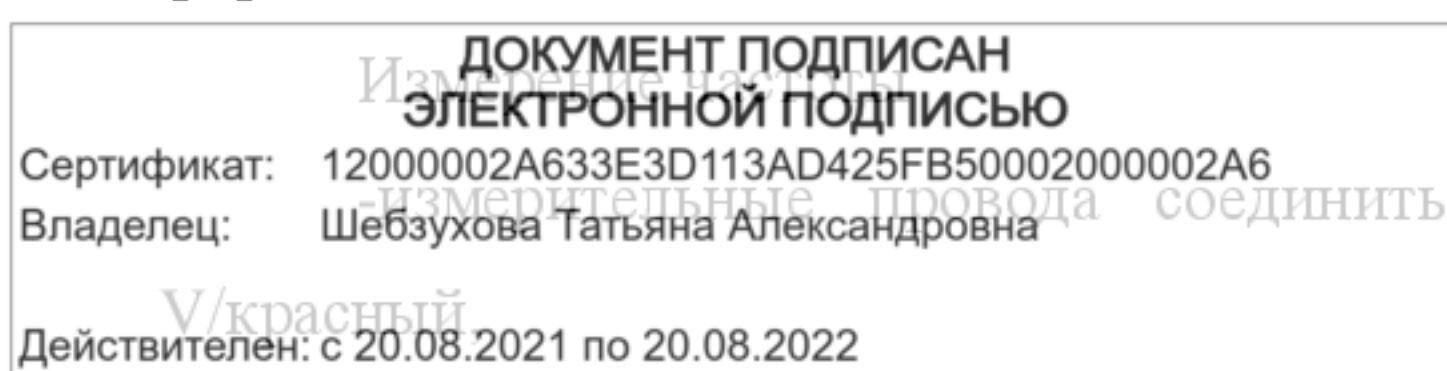
-последовательно подключая щупы измерительных проводов параллельно выводам набора резисторов стенда **«ТОЭ»** считывать результат с экрана ЖК-дисплея в цифровой форме.

Измерение ёмкости

-измерительные провода соединить со входными гнездами СОМ/чёрный и V/красный,

-переключатель режимов установить в положение **C** ,

-последовательно подключая щупы измерительных проводов параллельно выводам набора конденсаторов стенда **«ТОЭ»** считывать результат с экрана ЖК-дисплея в цифровой форме.



со входными гнездами СОМ/чёрный и

- переключатель режимов установить в положение Hz\DF,
- синей функциональной клавишей выбрать режим измерения Hz (частота), DF (коэфф. заполнения),

- последовательно подключая щупы измерительных проводов параллельно переменным источникам питания «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ» и, изменяя частоту сигнала, считывать результат с экрана ЖК-дисплея в цифровой форме.

Обратить внимание, что одновременно с измерением частоты определяется период следования сигнала.

Измерение температуры

- к входным гнездам подключить адаптер термопары: COM\ - и V \+ . Через адаптер подключить термопару К-типа,

- переключатель режимов установить в положение C° / F° ,

- синей функциональной клавишей выбрать шкалу измерений: C° или F° ,

- датчик температуры поместить в измеряемую среду,

- считать результат с экрана ЖК-дисплея.

Испытание р-п переходов

- измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,

- переключатель режимов установить в положение $\rightarrow \Omega$,

- синей функциональной клавишей выбрать режим измерения: $\rightarrow \Omega$,

- подключить щупы измерительных проводов параллельно нагрузке,

- считать результат с экрана ЖК-дисплея:

- прямое включение р-п перехода: исправен при показаниях 0,4...0,9В; неисправен при показаниях 0 (короткое замыкание) или OL (обрыв);

- обратное включение р-п перехода: исправен при показаниях OL;

- неисправен при других показаниях.

Звуковой прозвон цепей

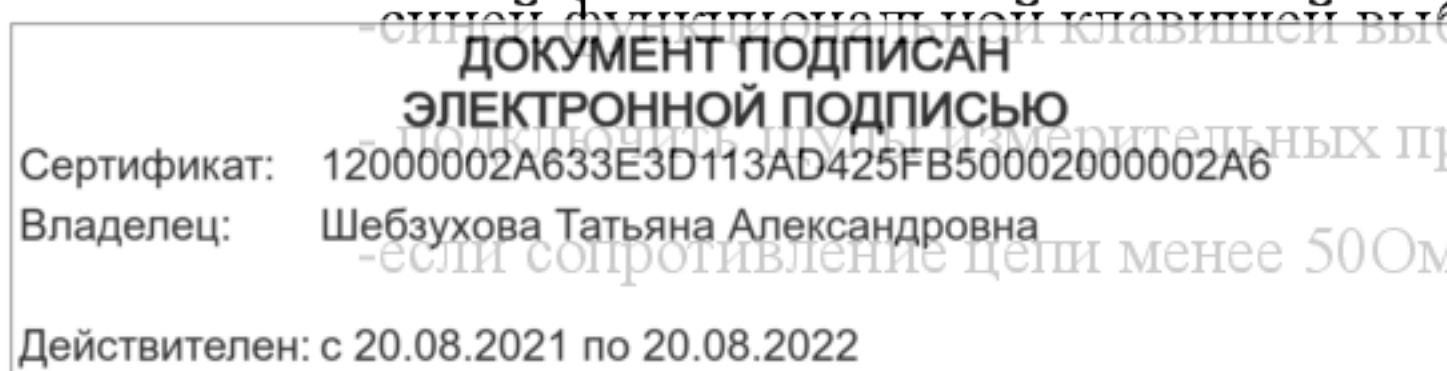
- измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,

- переключатель режимов установить в положение $\rightarrow \Omega$,

- синей функциональной клавишей выбрать режим измерения: $\rightarrow \Omega$,

- подключить щупы измерительных проводов параллельно нагрузке,

- если сопротивление цепи менее 50Ом, включается непрерывный звуковой сигнал.



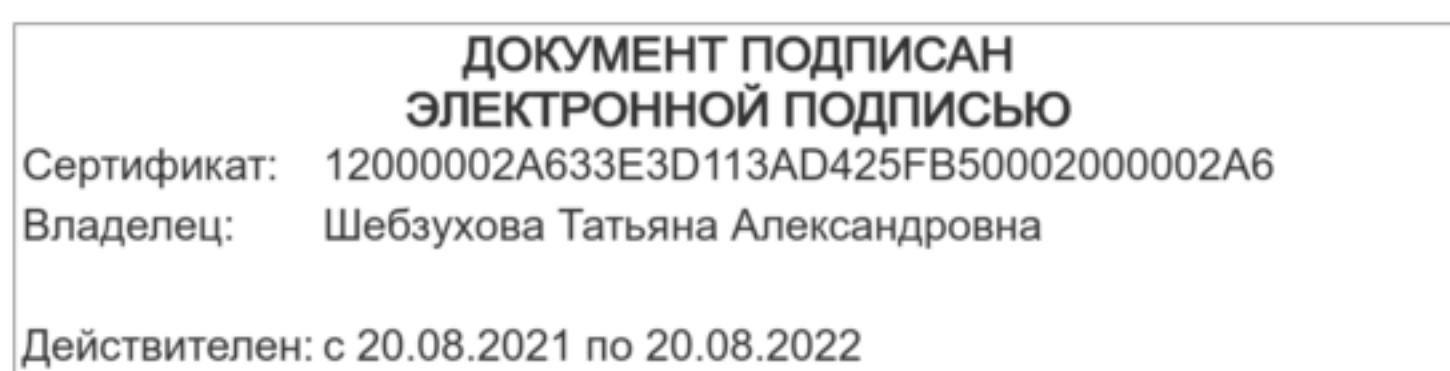
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы принципиальные особенности построения ЦИП.
2. Объясните необходимость дискретизации непрерывной во времени измеряемой величины $x(t)$ для её дальнейшего преобразования в АЦП.
3. Объясните необходимость квантования по уровню непрерывной во времени измеряемой величины $x(t)$ для её дальнейшего преобразования в АЦП.
4. Чем определяется порог чувствительности ЦИП.
5. Приведите формулу основной допускаемой погрешности ЦИП.
6. Чем определяется быстродействие ЦИП.
7. Чем определяется разрешающая способность ЦИП.
8. Каковы основные преимущества ЦИП перед аналоговыми и электромеханическими измерительными приборами.



Лабораторная работа №17. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы

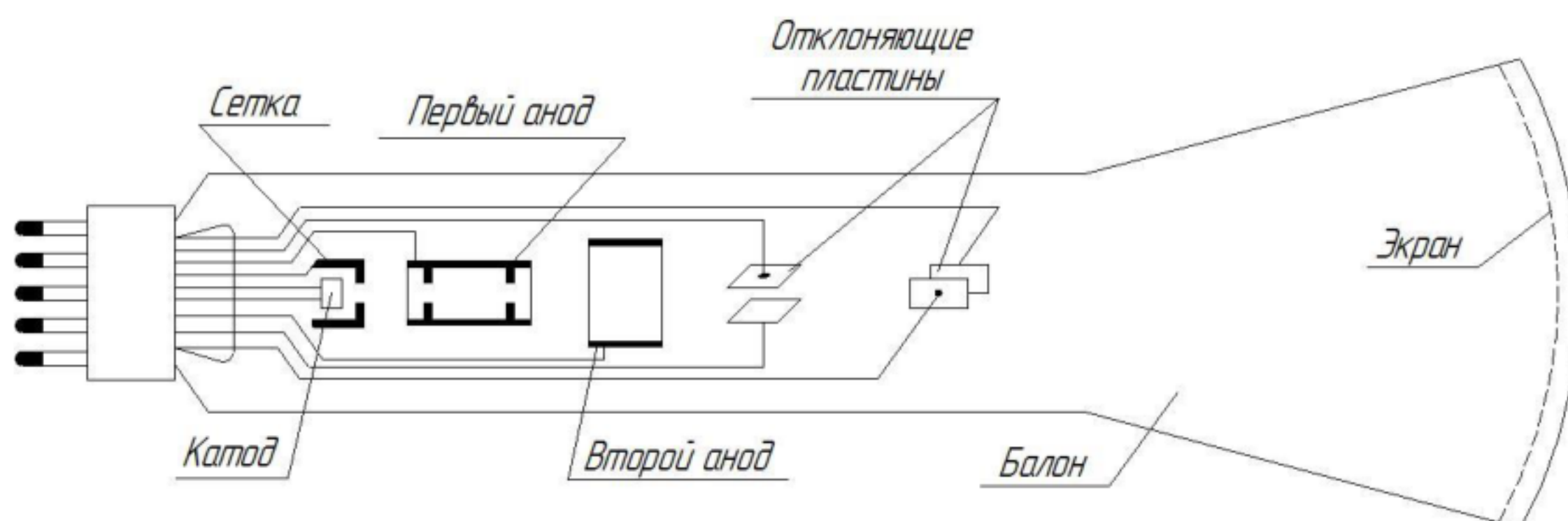
Цель работы: Исследование периодических процессов с помощью электронно-лучевого осциллографа.

Основы теории:

В основу работы электроннолучевого осциллографа положено управление движением пучка электронов воздействием на него исследуемым напряжением.

Для этого в его схеме предусматриваются устройства, обеспечивающие стабильность его характеристик, коррекцию амплитудных и фазовых погрешностей, периодическую калибровку чувствительности и масштаба времени и другие меры, улучшающие метрологические характеристики прибора.

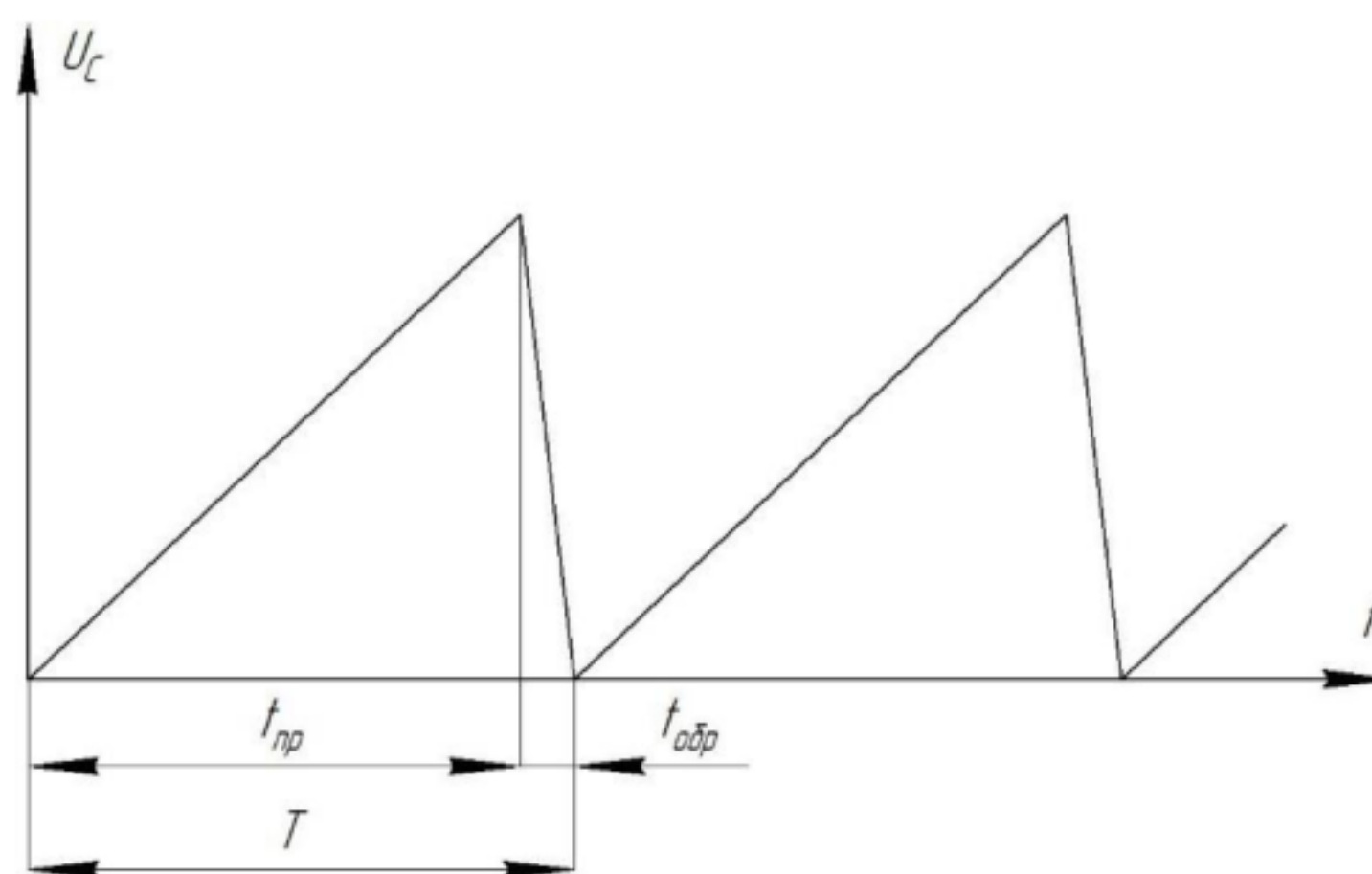
Центральным измерительным узлом осциллографа является электроннолучевая трубка, преобразующая значение исследуемого напряжения в перемещение электронного луча. Устройство электроннолучевой трубки схематично представлено на Рис. 5.1.



Устройство электроннолучевой трубки.

Для наблюдения и фотографирования исследуемого напряжения во времени используют линейную временную развёртку, позволяющую непосредственно наблюдать на экране кривую исследуемого напряжения в прямоугольной системе координат. Для чего на горизонтально отклоняющую пару пластин подают линейно изменяющееся напряжение, график изменения которого представлен на Рис. 5.2. Меняя частоту генератора развёртки, добиваются синхронизации частот, т.е. такого соотношения частот развёртки и сигнала, при котором изображение получается неподвижным.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	



Линейно изменяющееся напряжение временной развёртки.

Электроннолучевой осциллограф является универсальным измерительным прибором с очень широкой областью применения.

В данной лабораторной работе будет рассмотрено его применение для измерения частоты и фазы при сравнении двух колебаний синусоидальной формы методом фигур Лиссажу.

Подавая на одну из пар пластин синусоидальное напряжение определённой частоты, а на другую – исследуемое напряжение, можно в ряде случаев по виду фигуры Лиссажу судить о частоте и сдвиге фазы неизвестного напряжения. На Рис. 5.3. показаны фигуры Лиссажу для нескольких простых случаев соотношения частот и углов сдвига фаз. Определение частоты этим способом основано на том, что любая фигура Лиссажу вписывается в прямоугольник, стороны которого соответственно равны удвоенным амплитудам складываемых колебаний. Отношение числа касаний неподвижной фигуры на экране с одной из вертикальных сторон прямоугольника n к числу касаний той же фигуры с одной из горизонтальных его сторон m характеризует кратность частот сравниваемых колебаний.

Если напряжение измеряемой частоты f_x подано на вход Y осциллографа, а напряжение неизвестной частоты f_0 – на вход X, то получим соотношение

$$\frac{f_x}{f_0} = \frac{m}{n}, \text{ из которого определяем частоту } f_x.$$

Иногда добиться неподвижности фигуры Лиссажу трудно вследствие нестабильности сравниваемых частот. Измерив частоту вращения фигуры Δf , можно внести поправку:

$$f_x = f_0 \frac{m}{n} \pm \Delta f.$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

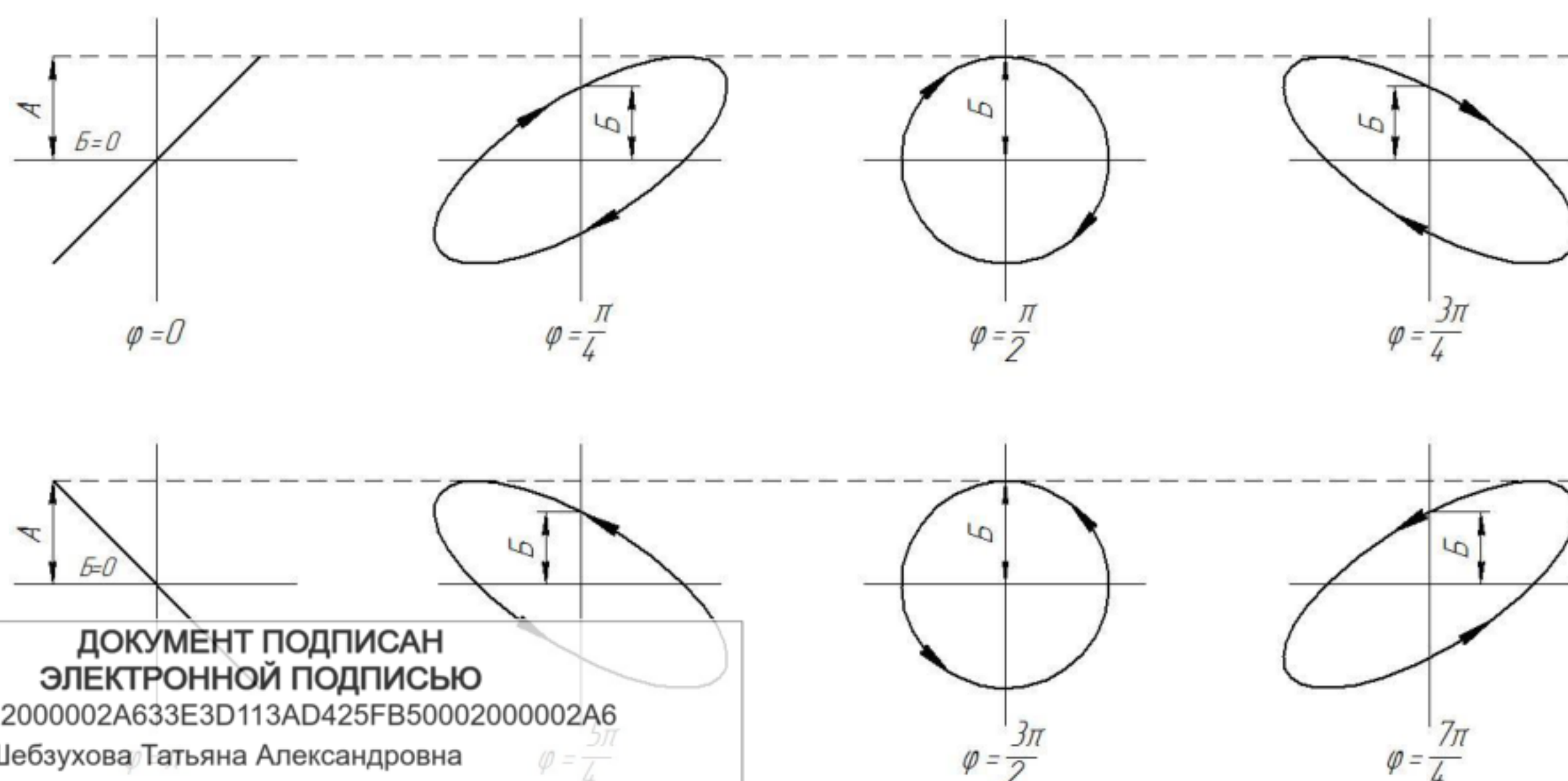
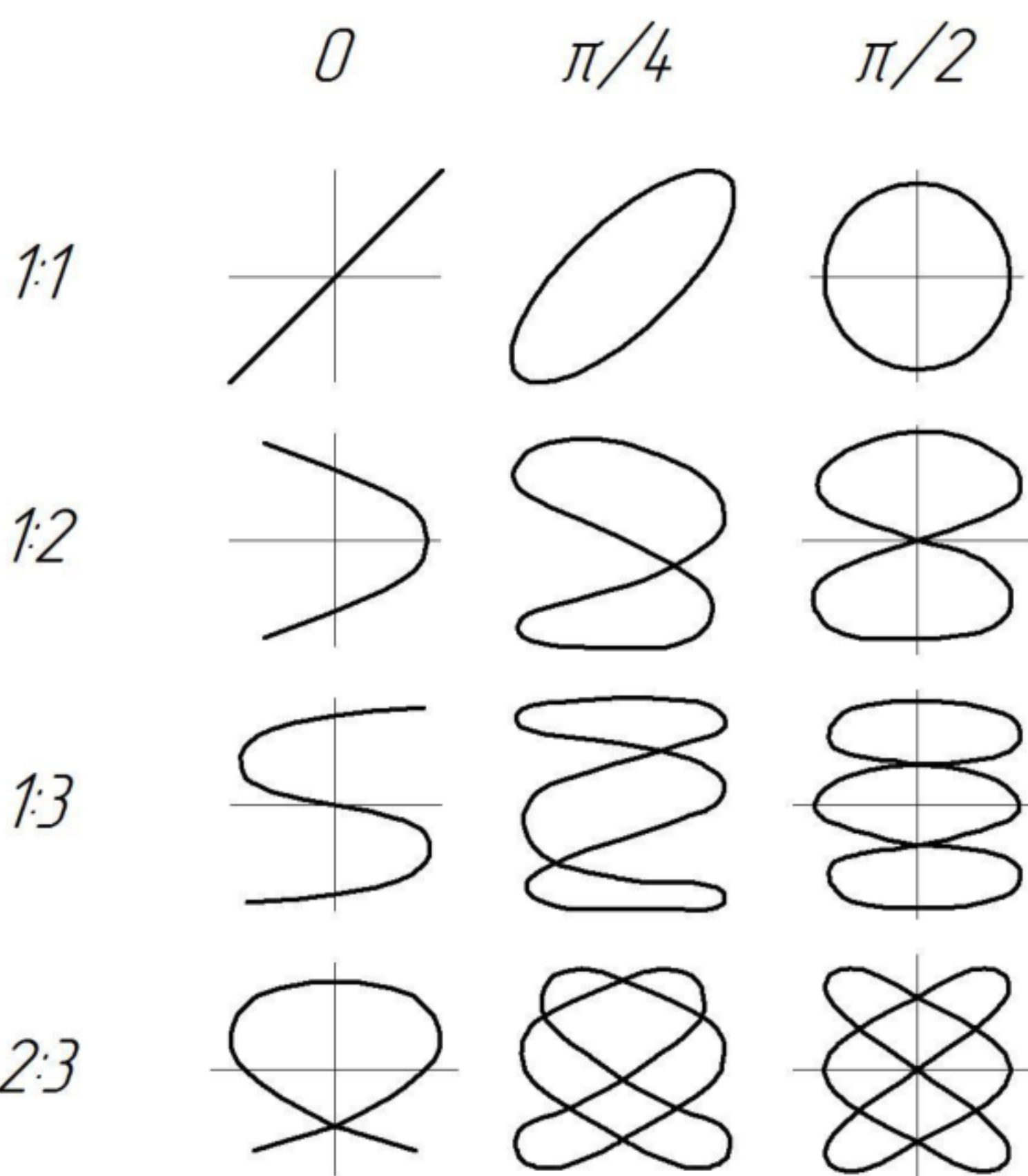
вращения фигуры.

С помощью фигур Лиссажу можно измерить сдвиг фаз между двумя напряжениями. На Рис. 5.4. представлены фигуры Лиссажу, которые могут быть получены на экране осциллографа при подаче на два его входа двух синусоидальных колебаний одинаковой частоты и амплитуды, но отличающихся по фазе. Если на полученной осциллограмме построить оси, как это показано на Рис. 5.4., то искомый сдвиг фаз определится из соотношения:

$$\varphi = \arcsin \frac{B}{A}.$$

Сдвиг фаз

Отношение частот



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
 Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с электроннолучевым осциллографом GOS-620FG;

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с генератором сигналов низкочастотным ГЗ-112;

Определить частоту исследуемого синусоидального колебания;

Определить фазовый сдвиг между двумя подаваемыми на входы осциллографа синусоидальными напряжениями;

Порядок выполнения работы:

Изучить основные теоретические положения.

Подготовить осциллограф к работе:

- ручку «INTEN - Яркость» установить в крайнее левое положение,
- ручку «TIME/DIV - Развёртка» установить в положение «X-Y»,
- переключатель «SOURCE - Источник» установить в положение «LINE - синхронизация развёртки от сети»,
- переключатель «TRIGGER MODE – Выбор режима запуска развёртки» установить в положение «AUTO – автоколебательный режим»,
- переключатель «VERTIKAL MODE – Режим усилителя» установить в положение «DUAL – два сигнала на экране»,
- переключатель «AS-GND-DS – закрытый вход-вход отключён-открытый вход» установить в положение «AS» или «DS»,
- положение остальных ручек и переключателей выбирается в зависимости от цели и задач исследования.

Включить осциллограф, отрегулировать яркость и фокус лучей соответствующими ручками.

Подать на вход «X» синусоидальный сигнал «неизвестной» частоты от встроенного генератора GOS-620FG или от «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда

«ТОЭ». ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

112 или от «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ».
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Изменяя частоту сигнала, подаваемого на вход «Y» наблюдать на экране осциллографа фигуры Лиссажу.

По форме фигур Лиссажу, представленных на Рис.5.3. и наблюдаемых на экране осциллографа определить неизвестную частоту; сравнить её с показанием частотомера, если сигнал подавался от «Блока постоянных и переменных напряжений» стенда «ТОЭ».

Подать на входы «X» и «Y» осциллографа синусоидальные сигналы одинаковой амплитуды и частоты от «Блока постоянных и переменных напряжений» двух стендов «ТОЭ».

Наблюдать на экране осциллографа фигуры Лиссажу.

По форме фигур Лиссажу, представленных на Рис.5.4. и наблюдаемых на экране осциллографа определить фазовый сдвиг между двумя подаваемыми сигналами.

Для изменения фазового сдвига между двумя подаваемыми сигналами «качнуть» частоту одного из них (на короткое время незначительно изменить её, а затем установить прежнее её значение).

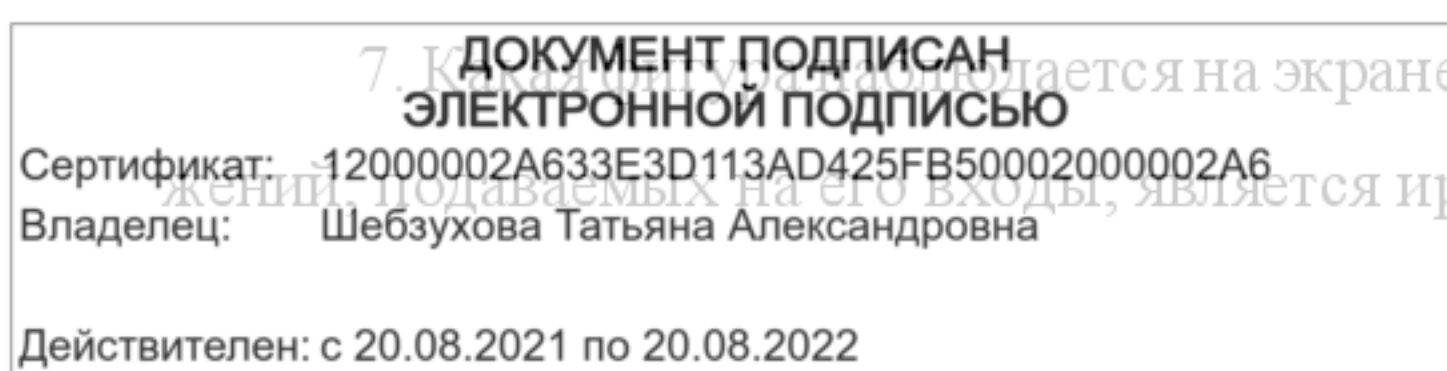
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите принцип работы электроннолучевого осциллографа.
2. Опишите принцип работы электроннолучевой трубки.
3. Что представляет собой процесс синхронизации осциллографа.
4. Как правильно выбрать масштаб развёртки и масштаб амплитуды исследуемого сигнала.
5. Что представляют собой фигуры Лиссажу.
6. Как получить изображение фигур Лиссажу на экране осциллографа, если отношение частот напря-



осциллографа, если отношение частот напряжений подаваемых на его входы, является иррациональным числом.

8. Какая фигура наблюдается на экране осциллографа, если напряжения, подаваемые на его входы, совпадают по частоте и по фазе.

9. Какая фигура наблюдается на экране осциллографа, если напряжения, подаваемые на его входы, совпадают по частоте, но отличаются по фазе на 90 градусов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №18. Измерения сопротивления изоляции

Цель работы: Измерение сопротивления изоляции проводниковых материалов и электрических машин.

Основы теории:

Мегомметр, мегаомметр— прибор для измерения больших значений сопротивлений. Отличается от омметра тем, что измерение сопротивления производится на высоких напряжениях, которые прибор сам и генерирует (обычно 100, 500, 1000 или 2500 вольт).

В приборах старых конструкций (Рис.7.1. и Рис.7.2.) для получения напряжений обычно используется встроенный механический генератор, работающий по принципу динамомашины. В настоящее время мегомметры также выполняются в виде электронных устройств, работающих от батарей (Рис.7.3.).



Мегомметр M1101M.



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Мегомметр с ручным генератором напряжения MEG 912-PI



Современный цифровой Мегаомметр Е6-32

Наиболее часто мегаомметры применяется для измерения сопротивления изоляции кабелей.

Мегаомметры также используется для измерения высокого сопротивления изолирующих материалов (диэлектриков) проводов и кабелей, разъёмов, трансформаторов, обмоток электрических машин и других устройств, а также для измерения поверхностных и объёмных сопротивлений изоляционных материалов. По этим значениям вычисляют коэффициенты абсорбции (увлажненности) и поляризации (старения изоляции).

Измерение мегомметром сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции характеризует ее состояние в данный момент времени и не является стабильным, так как зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются температура и влажность изоляции в момент проведения измерения.

В ГОСТ 183-XX нормы сопротивления изоляции не определены, так как абсолютных критериев минимально допустимого сопротивления изоляции не существует. Они могут быть установлены в стандартах на конкретные виды машин или в ТУ с обязательным указанием температуры, при которой должны проводиться измерения, и методов пересчета по-

Документ подписан
Электронной подписью
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

казании приборов, если измерения проводились при иной температуре обмоток.

Измерения проводятся мегомметром, номинальное напряжение которого выбирается в зависимости от номинального напряжения обмотки. Для обмоток с номинальным напряжением до 500 В (660) В применяют мегомметры на 500 В, для обмоток с напряжением до 3000 В — мегомметры на 1000 В, для обмоток с номинальным напряжением 3000 В и более — мегомметры на 2500 В и выше.

Степень увлажнённости изоляции определяется не только по показаниям прибора в момент отсчета, но и характером изменения показания мегомметра в процессе измерения, которое проводят в течение 1 мин. Запись показаний прибора делают через 15 с (обычное время установления показаний) после начала измерения ($R_{15''}$) и в конце измерения — через 60 с после начала ($R_{60''}$). Отношение этих показаний $K_A = R_{60''}/R_{15''}$ называют коэффициентом абсорбции. Его значение определяется отношением тока поляризации к току утечки через диэлектрик — изоляцию обмотки. При влажной изоляции коэффициент абсорбции близок к 1. При сухой изоляции R_{60} на 30-50 % больше, чем R_{15} .

Мегомметром измеряется также сопротивление изоляции термопреобразователей, заложенных в машины, и проводов, соединяющих термопреобразователи с панелью выводов.

Сопротивление этой изоляции измеряется по отношению к корпусу и к обмоткам машины. Она не рассчитана на работу при высоких напряжениях, поэтому измерение ее сопротивления должно проводиться прибором с номинальным напряжением не выше 250 В.

Помимо сопротивления изоляции обмоток при проведении испытаний на месте установки машины измеряют также сопротивление изоляции подшипников, которая устанавливается для предотвращения протекания подшипниковых токов в машинах со стоячковыми подшипниками.

Таким образом, сопротивление изоляции разных обмоток одной и той же машины, имеющих разное номинальное напряжение, например обмоток ста-тора и ротора синхронного двигателя, нужно измерять разными мегомметрами с различными номинальными напряжениями.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с мегомметрами;

Измерить сопротивление изоляции одножильного медного провода, многожильного медного провода, одножильного алюминиевого провода, многожильного кабеля;

Измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и магнитопроводом, измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и его корпусом; измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора.

Измерить сопротивление изоляции между статорными обмотками трёхфазного электродвигателя и его корпусом, измерить сопротивление изоляции между валом ротора и корпусом этого же электродвигателя.

Изучить основные теоретические положения.

Измерить сопротивление изоляции одножильного медного провода:

-выводы мегомметра М1101М подключить к медной жиле и изоляции одножильного медного провода,

-вращая ручку встроенного генератора в течение 60 сек., произвести измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,

- к медной жиле и изоляции этого же одножильного медного провода подключить выводы мегомметра Ф402/2;

- удерживая кнопку подачи высокого напряжения в течение 60 сек., произвести измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,

-по той же, что и для Ф4102/2 методике произвести измерение сопротивления изоляции мегомметром Е6-24.

Измерить сопротивление изоляции многожильного медного провода по методу п.7.2.6.

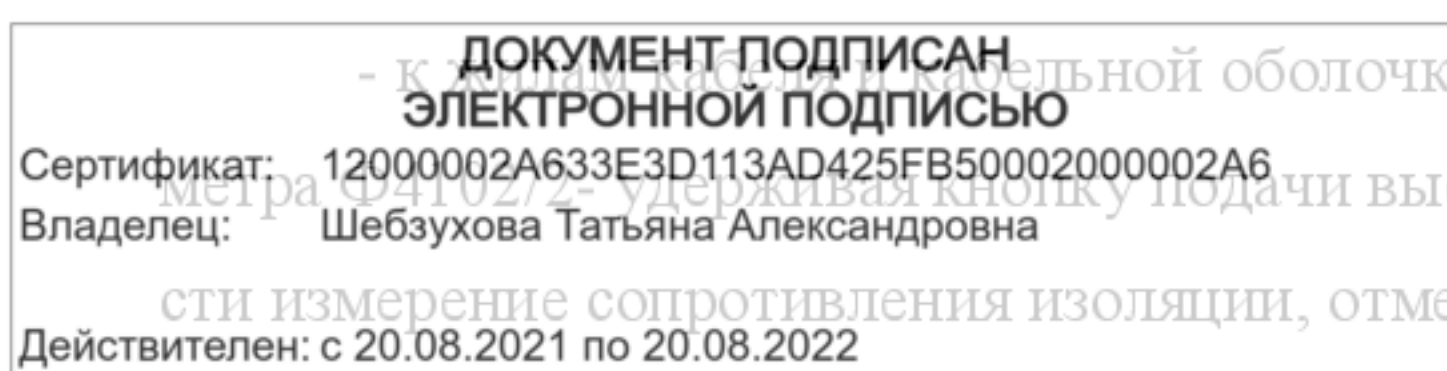
Измерить сопротивление изоляции многожильного кабеля:

- выводы мегомметра М1101М поочередно подключать к жилам кабеля и кабельной оболочке.

-вращая ручку встроенного генератора в течение 60 сек., произвести измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,

- к жилам и кабельной оболочке этого же кабеля подключать выводы мегомметра Ф4102/2- удерживая кнопку подачи высокого напряжения в течение 60 сек., произве-

сти измерение сопротивления изоляции, отмечая её значения через каждые 15 сек.,



- по той же, что и для Ф4102/2 методике произвести измерение сопротивления изоляции мегомметром Е6-24.

По освоенной методике измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и магнитопроводом, измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора и его корпусом; измерить сопротивление изоляции между обмотками ВН и НН трансформатора.

По освоенной методике измерить сопротивление изоляции между статорными обмотками трёхфазного электродвигателя и его корпусом, измерить сопротивление изоляции между валом ротора и корпусом этого же электродвигателя.

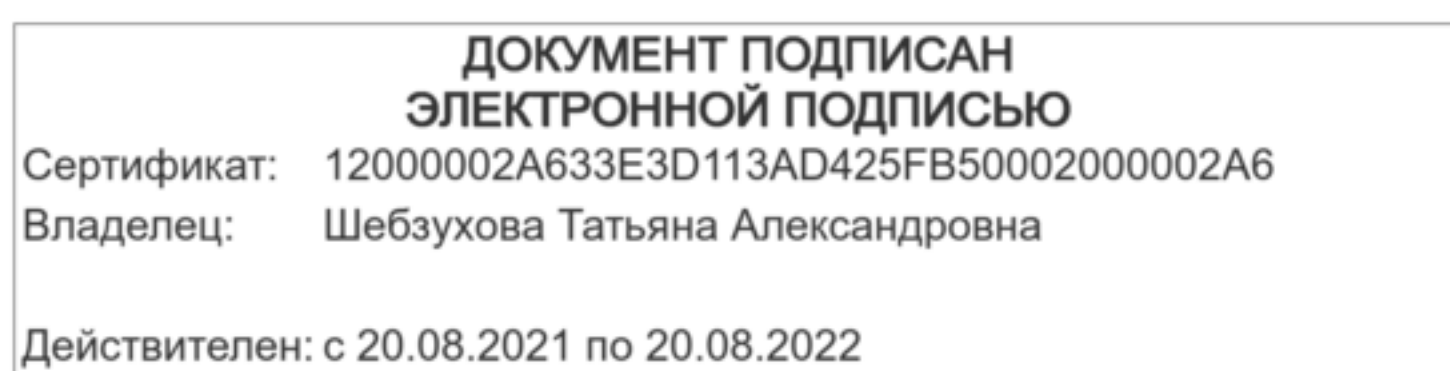
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Опишите устройство электромеханического мегомметра.
2. Опишите устройство электронного мегомметра.
3. Приведите векторную диаграмму токов, протекающих через диэлектрик, при приложении к нему переменного синусоидального напряжения.
4. Каким образом оценить степень увлажнённости изоляции при измерении её сопротивления.
5. Почему для измерения сопротивления изоляции требуется столь длительное время
6. Существует ли принципиальная разница между методами измерения сопротивления изоляции электромеханическими и электронными мегомметрами.
7. Каково значение напряжения, прикладываемого к диэлектрику или электроаппарату, при измерении его сопротивления изоляции.



Лабораторная работа №19. Модулирование электрических колебаний

Цель работы: Получение модулированных электрических колебаний и определение параметров модуляции.

Основы теории:

Биения. Колебательный процесс, получающийся в результате сложения двух синусоидальных колебаний с равными амплитудами A и близкими, но не равными частотами ω_1 и ω_2 , даёт колебание, которое называется биением.

Пусть $f(t) = A \cdot \sin \omega_1 t + A \sin \omega_2 t$

Используя известное тригонометрическое преобразование

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha - \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2}$$

$f(t)$ представляем следующим образом:

$$f(t) = 2A \cos \Omega t \cdot \sin \omega \cdot t, \text{ где}$$

$$\Omega = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \text{ и } \omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2},$$

Причём $\Omega \ll \omega$.

График результирующего колебания представлен на Рис.8.1.

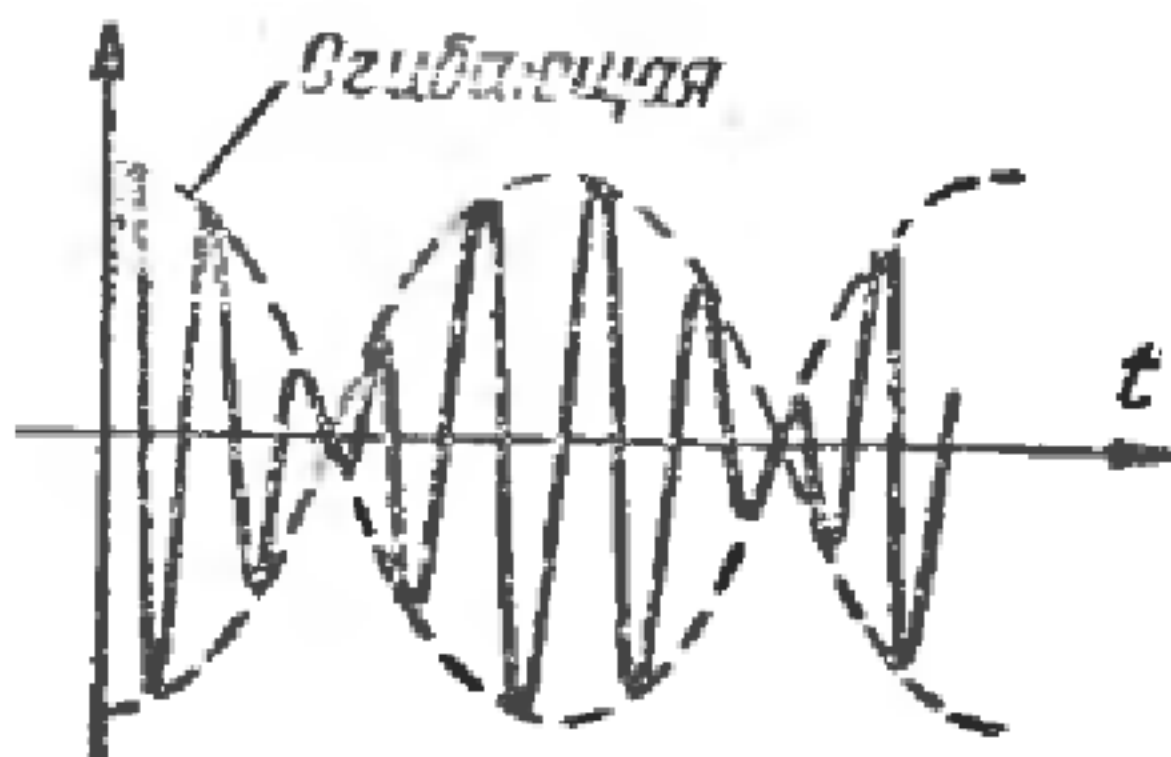


Рис. 8.1. Биения

Возникновение биений при сложении двух синусоидальных колебаний с равными амплитудами и близкими, но не равными частотами используется на практике в различных целях, в частности как средство, позволяющее установить, что складываемые колебания имеют неодинаковые частоты (например при настройке колебательных контуров).

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Модулированные колебания. Модулированным колебанием $f(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ называется колебание, в котором амплитуда A , частота ω , фаза φ , или и те и другие вместе изменяются во времени.

Колебание, в котором изменяется только амплитуда A , а угловая частота ω и фаза φ неизменны, называется колебанием, модулированным по амплитуде.

Колебание с изменяющейся угловой частотой ω , но неизменными амплитудой A и фазой φ называют колебанием, модулированным по частоте.

Колебание, в котором изменяется только фаза φ , а амплитуда A и угловая частота ω неизменны, называют колебанием, модулированным по фазе.

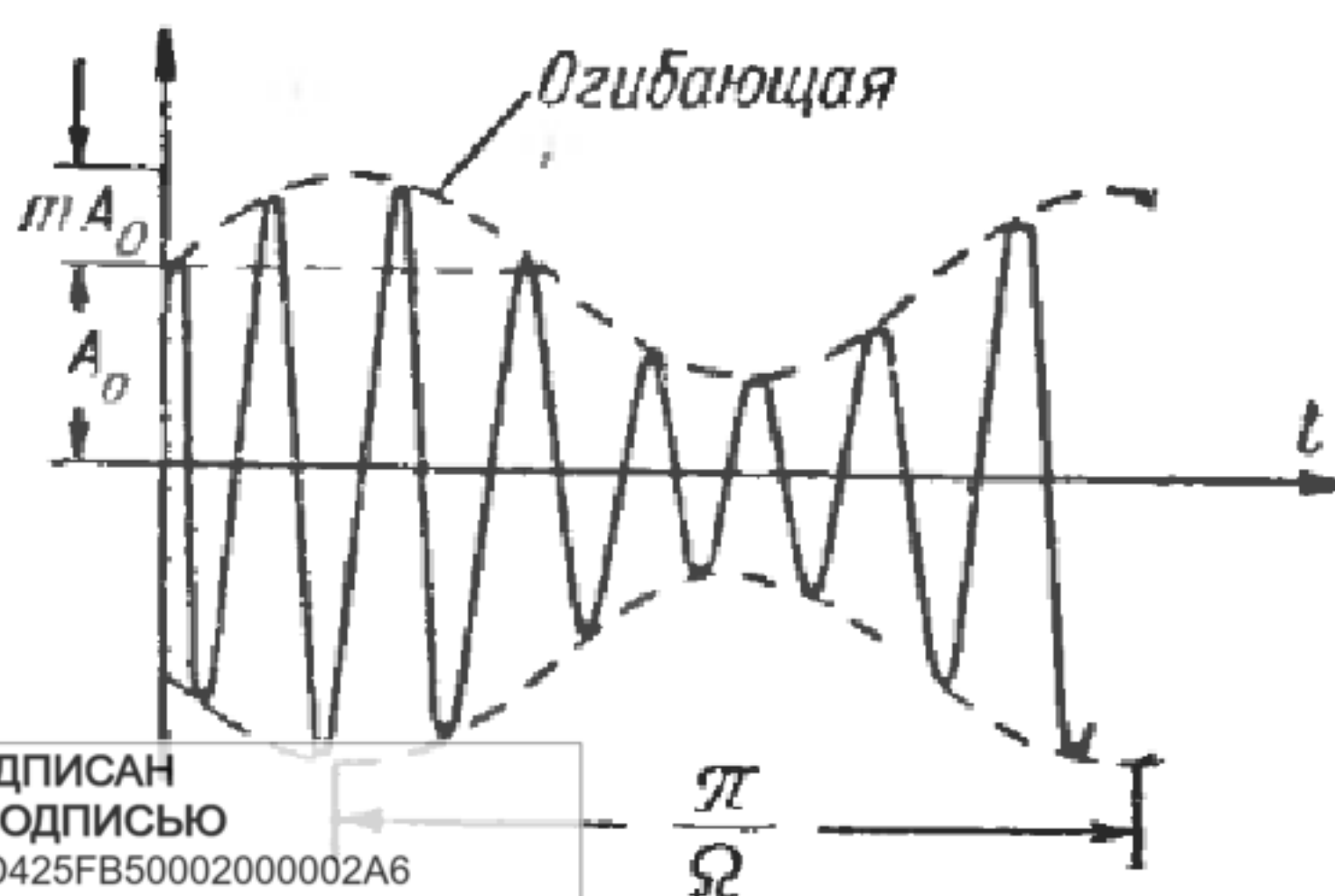
Простейшим амплитудно - моделированным колебанием является колебание, в котором амплитуда моделирована по закону синуса: $f(t) = A_0 (1 + m \cdot \sin \Omega t) \cdot \sin(\omega t + \varphi)$, где $\Omega \ll \omega$; m называют глубиной модуляции, как правило $m < 1$. График такого колебания представлен на Рис. 8.2.; на нём огибающая показана пунктиром.

Воспользовавшись известным тригонометрическим тождеством

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \sin(\alpha + \beta),$$

колебание $f(t) = A_0 (1 + m \cdot \sin \Omega t) \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ можно представить в виде суммы трёх колебаний:

$$f(t) = A_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi) + \frac{m \cdot A_0}{2} \cdot \cos[(\omega - \Omega) \cdot t + \varphi] - \frac{m \cdot A_0}{2} \cdot \cos[(\omega + \Omega) \cdot t + \varphi]$$



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Рис. 8.2. Простейшее амплитудно моделированное колебание

Частоту ω называют несущей, а частоты $(\omega - \Omega)$ и $(\omega + \Omega)$ боковыми частотами.

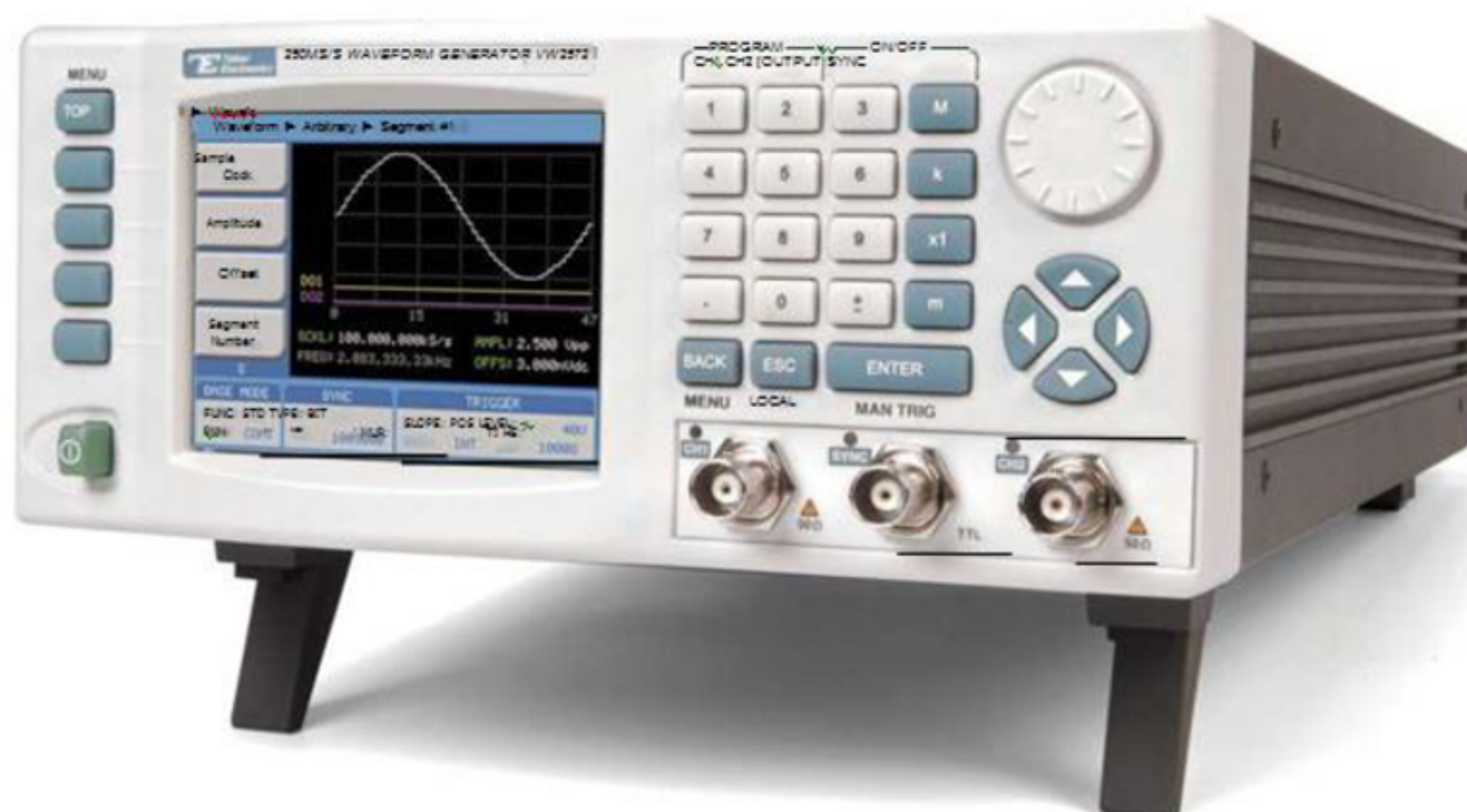
Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

В данной лабораторной работе необходимо:

Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с генератором произвольных электрических колебаний TAVOR WW 2572A и осциллографами – мультиметрами Fluke 190-204 и АКИП - 4125/4.

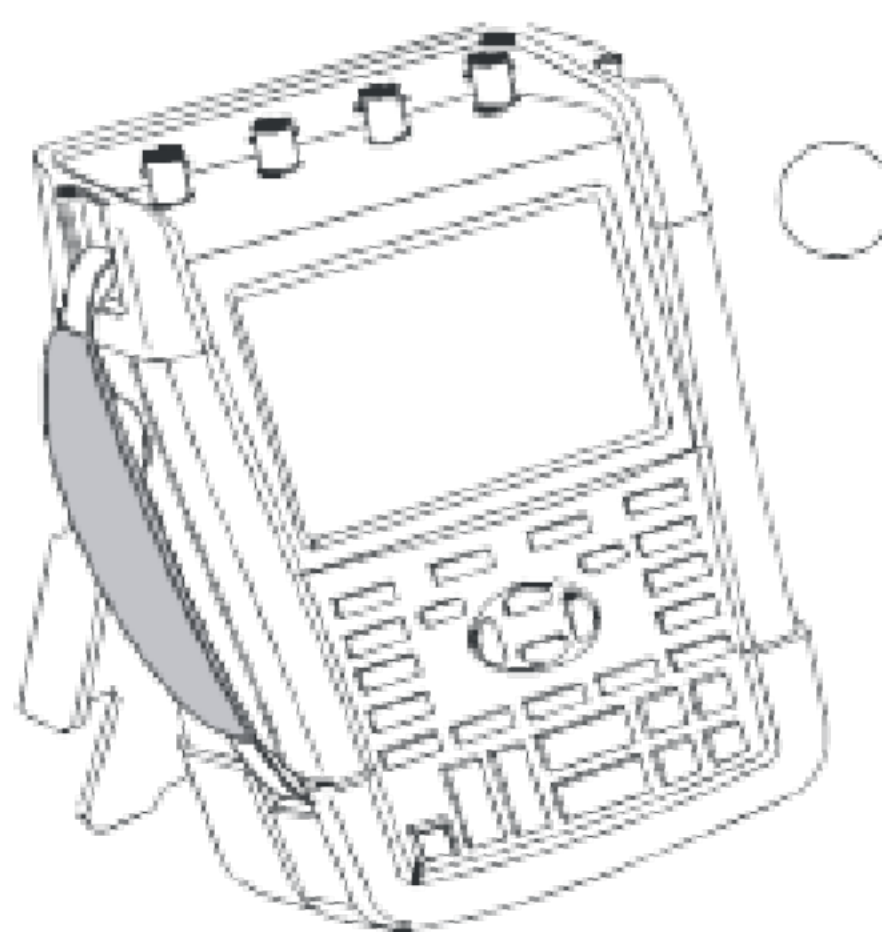


Генератор произвольных электрических колебаний TAVOR WW 2572A



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Осциллограф – мультиметр АКИП - 4125/4.



Осциллограф – мультиметр Fluke 190-204.

На генераторе произвольных электрических колебаний TAVOR WW 2572A получить модулированное по амплитуде электрическое колебание, используя первоначальные заводские настройки.

Для чего, войдя в меню, в качестве формы сигнала выбрать сигнал модулированный; вид модуляции - амплитудная. Частоту модулирующего сигнала и глубину модуляции оставить первоначальными.

Далее через меню в качестве выхода установить канал №1 и включить его.

Подключить к каналу №1 генератора канал №1 осциллографа - мультиметра АКИП – 4125/4.

Наблюдать на дисплее осциллографа – мультиметра модулированный по амплитуде сигнал.

Убедиться по показанию осциллографа – мультиметра, что несущая частота составляет 1 МГц.

8.2.3. Отключить от генератора осциллограф – мультиметр АКИП – 4125/4 и подключить к каналу №1 генератора канал А осциллографа - мультиметра Fluke 190-204.

Наблюдать на дисплее осциллографа – мультиметра модулированный по амплитуде сигнал.

Изменяя частоту модулирующего сигнала от 10 кГц до 200 кГц наблюдать на дисплее осциллографа – мультиметра модулированный по амплитуде сигнал.

Произвести зарисовку графика модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204 при частотах модулирующего сигнала 10 кГц, 100 кГц и 200 кГц.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

8.2.4. При частоте модулирующего сигнала 200 кГц изменяя глубину модуляции от 10% до 100% наблюдать на дисплее осциллографа – мультиметра модулированный по амплитуде сигнал.

Произвести зарисовку графика модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204 при глубине модуляции 10%, 50%, 100%.

8.2.5. Зарисовав график модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204, определить установленную преподавателем частоту модулирующего сигнала.

8.2.6. Зарисовав график модулированного по амплитуде сигнала с дисплея осциллографа – мультиметра Fluke 190-204, определить установленную преподавателем глубину модуляции.

8.2.7. Отключить от генератора осциллограф – мультиметр Fluke 190-204 и подключить к каналу №1 генератора канал №1 осциллографа - мультиметра АКИП – 4125/4.

Повторить действия п.п. 8.2.3. и 8.2.4. с использованием осциллографа - мультиметра АКИП – 4125/4 без зарисовки графиков колебаний.

8.2.8. Произвести отключение используемых в лабораторной работе приборов.

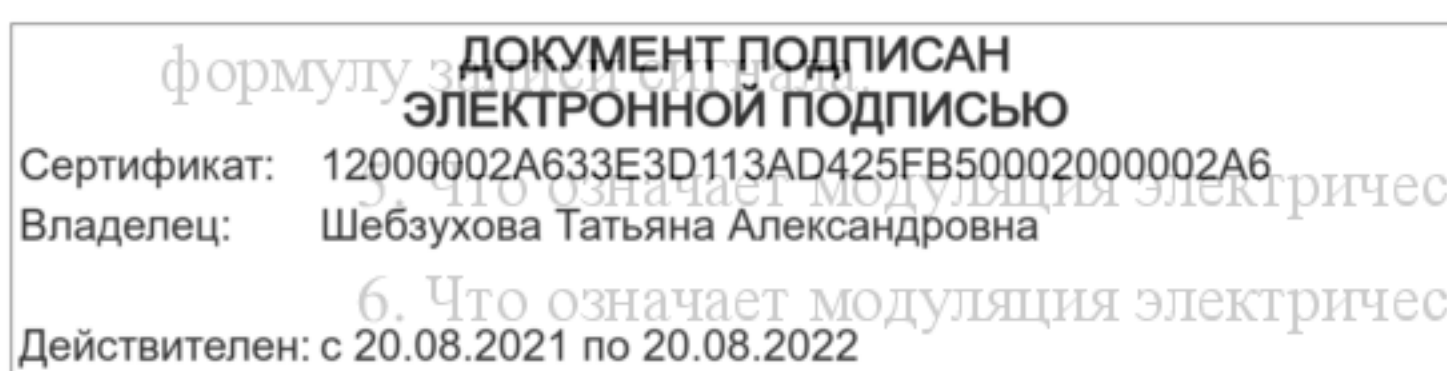
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое биение.
2. Представить график биения и математическую формулу записи сигнала.
3. Что представляет собой процесс модуляции электрического сигнала.
4. Представить график модулированного по амплитуде сигнала и математическую



5. Что означает модуляция электрического сигнала по частоте.
6. Что означает модуляция электрического сигнала по фазе.

7. Описать приёмы работы с генератором произвольных электрических колебаний TAVOR WW 2572A.

8. Описать приёмы работы с осциллографом – мультиметром Fluke 190-204.

9. Описать приёмы работы с осциллографом – мультиметром АКИП – 4125/4.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1.2 Перечень основной литературы:

1. Шошин, Е. Л. Электроника. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / Е. Л. Шошин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 238 с. — ISBN 978-5-4497-0508-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100742.html>

2. Электроника : учебное пособие / В. И. Никулин, Д. В. Горденко, С. В. Сапронов, Д. Н. Резеньков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 198 с. — ISBN 978-5-4497-0520-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94213.html>

5.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника : учебно-методическое пособие / К. П. Латышенко. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 209 с. — ISBN 978-5-4487-0458-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79677.html>

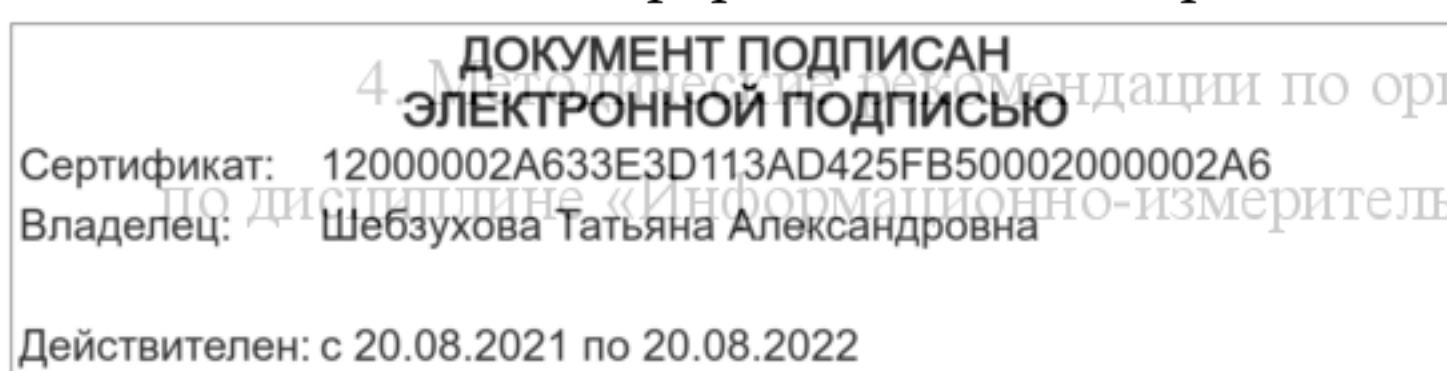
2. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебное пособие / А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. — ISBN 978-5-9729-0346-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86566.html>

5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».

2. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным работам по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».

3. Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».



4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».

5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Указание по технике безопасности

До начала работы студенты обязаны изучить правила техники безопасности при работе с электроустановками. Об изучении правил техники безопасности и получении инструктажа студенты расписываются в специальном журнале. Студенты, не изучившие правила техники безопасности и не прошедшие инструктаж, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

Учебная группа (или подгруппа) разбивается на бригады, число которых указывается преподавателем, а состав бригад комплектуется студентами на добровольных началах. Список группы (подгруппы), разбитой на бригады, староста предоставляет преподавателю, ведущему лабораторные занятия.

Каждая из бригад выполняет лабораторную работу в соответствии с графиком, находящемся в лаборатории.

Перед каждым занятием студент обязан подготовиться к выполнению лабораторной работы по данному методическому пособию и рекомендуемой литературе. Перед началом работы преподаватель проверяет знания студентов по содержанию выполняемой работы. Плохо подготовленные студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Работая в лаборатории, необходимо соблюдать следующие правила:

К выполнению лабораторной работы следует приступать только после полного уяснения ее содержания и получения допуска к ней.

2. Начинать работу следует с ознакомления с приборами и оборудованием, применяемыми в данной работе.

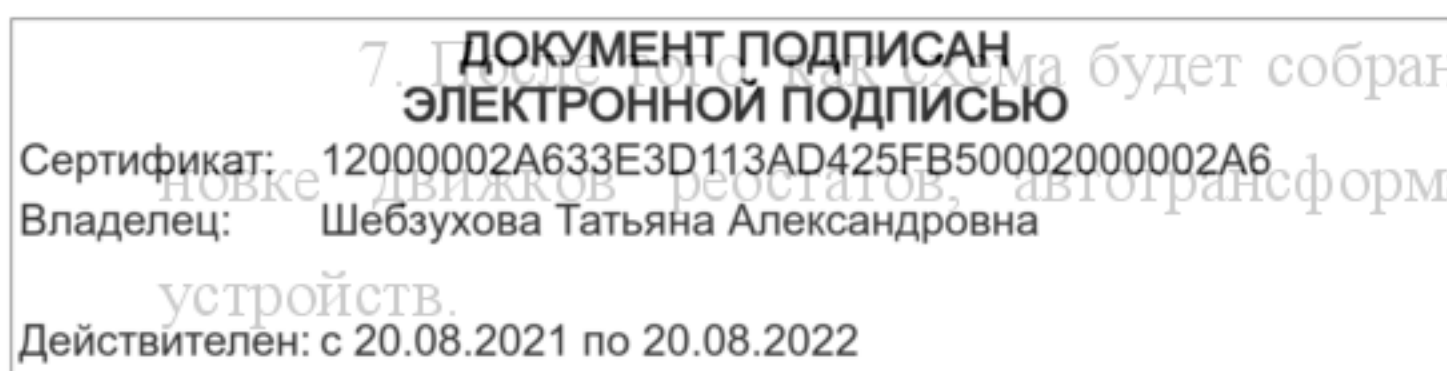
3. На лабораторном столе должны находиться только предметы, необходимые для выполнения данной работы.

4. Расположение аппаратуры на рабочем столе должно быть таким, чтобы схема соединений получилась наиболее простой, наглядной и работа с аппаратурой была удобной.

5. Желательно, чтобы схему собирал один из членов бригады, а другие контролировали.

6. При сборке сложных схем следует вначале соединить главную, последовательную цепь, начиная сборку от одного зажима источника тока и заканчивая на другом, а затем уже подключить параллельные цепи.

7. При сборке сложной схемы необходимо убедиться в правильной установке движков реостатов, автотрансформаторов и рукояток других регулирующих устройств.



8. Собранная схема обязательно должна быть проверена преподавателем или старшим лаборантом и только с их разрешения может быть включена под напряжение.

9. При включении схемы особое внимание следует обратить на показания амперметров и других измерительных приборов. В случае резкого движения стрелки амперметра к концу шкалы схему необходимо немедленно отключить от источника напряжения.

10. Необходимо бережно относиться к аппаратуре, используемой в работе. Обо всех замеченных неисправностях или повреждениях студент должен немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.

11. После выполнения работы студент обязан, не разбирая схемы показать полученные данные преподавателю. Если результаты измерений верны, то преподаватель их подписывает. Эксперимент с неправильными результатами следует повторить.

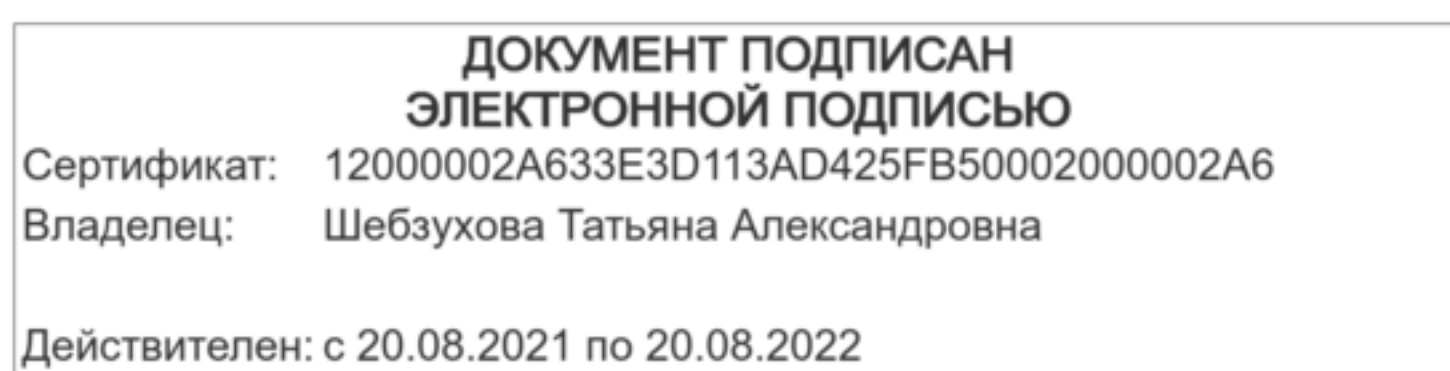
12. Схему следует разбирать только после ее отключения от сети.

13. Категорически запрещается:

- трогать руками оголенные провода и части приборов, находящиеся под напряжением, даже если оно невелико;
- производить изменения в схеме при подключенном источнике питания;
- заменять или брать оборудование, или приборы с других рабочих мест
- без разрешения преподавателя или лаборанта;
- отходить от приборов и машин, находящихся под напряжением или оставлять схему под напряжением при обработке результатов измерений;
- перегружать приборы током или напряжением, превышающим номинальное значение.

Проверку наличия, подаваемого к схеме или элементам схемы напряжения необходимо производить только контрольной лампочкой или вольтметром, соблюдая правила техники безопасности.

При работе в лаборатории следует строго соблюдать меры предосторожности, так как электрический ток, проходящий через тело человека, величиной в 0,025 А уже является опасным для жизни.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению расчетно-графической работы
по дисциплине «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЭЛЕКТРО-
НИКА»

для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель, задачи и реализуемые компетенции дисциплины	
2.	Формулировка задания и ее объем	
3.	Общие требования к написанию и оформлению работы	
4.	Рекомендации по выполнению задания	
5.	План-график выполнения задания	
6.	Критерии оценивания работы	
7.	Порядок защиты работы	
8.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
8.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освое- ния дисциплины	
8.2	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обу- чающихся по дисциплине	
8.3	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины	

Введение

Одним из основных видов занятий по курсу дисциплины «Информационно-измерительная техника и электроника» является выполнение контрольной работы. Предлагаемые в методическом указании задания охватывают весь основной материал курса и соответствуют утвержденной программе.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель, задачи и реализуемые компетенции дисциплины

Цель дисциплины является освоение принципов действия полупроводниковых приборов, усилительных, импульсных, логических, цифровых и преобразовательных устройств и основным особенностям их использования в электротехнических и электромеханических установках, освоение современных средств и методов электрических измерений, обработки и представления их результатов.

Задачи дисциплины является в результате изучения дисциплины специалист должен приобрести умение четко представлять принцип действия электронных элементов и устройств, экспериментальным путем определить их параметры и характеристики, а также оценивать технико-экономическую эффективность применения этих устройств, оптимально выбрать средство измерения для поставленной задачи измерения, выполнить измерение, обработать и надлежащим образом представить его результаты.

При выполнении контрольной работы реализуются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-4 _{ОПК-4} Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств.	Знает основные характеристики, классификацию и принцип действия электронных приборов и устройств. Владеет навыками демонстрирования понимания принципа действия электронных устройств.
	ИД-6 _{ОПК-4} Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.	Умеет применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.
ОПК-6 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам	ИД-1 _{ОПК-6} Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.	Знает основные средства измерения электрических и неэлектрических величин. Умеет проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
 Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

		Владеет навыками выбора и использования средств измерения электрических и неэлектрических величин.
--	--	--

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2. Формулировка задания и ее объем

Задание №1

Для транзистора, указанного в варианте задачи (таблица 1), по входной и выходным характеристикам определить для заданной рабочей точки следующие динамические параметры: входное сопротивление, коэффициент усиления базового тока, выходную проводимость. Начертить названные характеристики транзистора с построениями, соответствующими расчёту параметров. На выходных характеристиках построить линию допустимой мощности в коллекторной цепи.

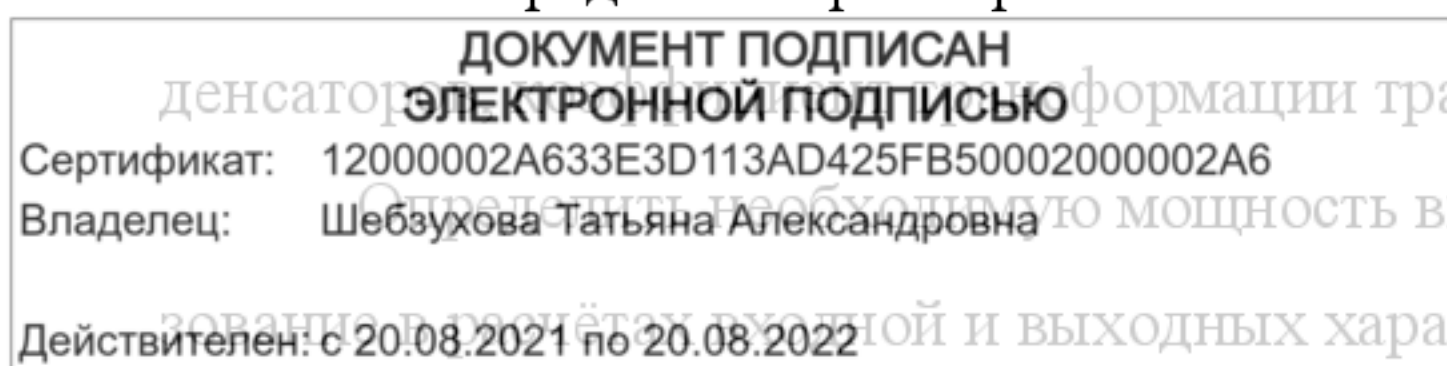
Таблица 1

№ вар.	Тип транзистора	НРТ		№ вар.	Тип транзистора	НРТ	
		U _к , В	I _к , мА			U _к , В	I _к , мА
1	КТ312А	10	20	16	КТ312В	7,5	25
2	КТ333А	4	0,6	17	КТ803А	30	2500
3	КТ803А	40	1700	18	КТ814	6	550
4	КТ809А	5	800	19	КТ818А	4	6000
5	КТ815	5	650	20	КТ601А	30	20
6	КТ819А	8	5300	21	КТ215Б	4	0,4
7	КТ203	20	3	22	КТ215Д	8	1,2
8	КТ215Е	7	0,8	23	КТ301	6	3
9	КТ611А	90	30	24	КТ611А	60	20
10	КТ630А	15	50	25	КТ802А	50	2800
11	КТ802А	30	2800	26	КТ809А	4	1300
12	КТ301	12	4,5	27	КТ333А	3	0,7
13	КТ312Б	10	35	28	КТ312Б	8	32
14	КТ333Г	5	0,85	29	КТ818А	8	6500
15	КТ803А	50	2800	30	КТ802А	50	2800

При отсутствии характеристики в заданной точке воспользоваться интерполяцией.

Задание №2

В соответствии с данными каскада, указанными в таблице 2 начертить принципиальную схему каскада, выполнить его расчёт, выбрав тип транзистора, напряжение источника питания и определив параметры элементов схемы (сопротивления резисторов, ёмкости конденсаторов, коэффициент трансформации трансформатора).



Определить необходимую мощность входного сигнала. Проиллюстрировать использование расчётов входной и выходных характеристик выбранного транзистора.

Таблица 2.

№ вар.	Мощность нагрузки, Вт	Е _к В	Сопрот. нагрузки, Ом	Диапазон частот, кГц	Режим транзистора	№ вар.	Мощность нагрузки, Вт	Е _к В	Сопрот. нагрузки Ом	Диапазон частот, кГц	Режим транзистора
1	0,05	48	5000	1000	А	16	3,6	24	320	15	АВ
2	0,005	36	150	200	А	17	1,2	60	240	750	А
3	9	12	8	500	АВ	18	0,02	5	140	1000	А
4	3	15	50	20	АВ	19	48	12	1,5	400	АВ
5	0,03	27	3000	400	А	20	12	12	75	200	АВ
6	0,6	48	350	500	А	21	0,25	90	3300	2000	А
7	36	12	2	200	АВ	22	0,05	9	1500	500	А
8	4,8	24	540	50	АВ	23	3,6	24	80	400	АВ
9	0,06	24	670	5000	А	24	15	12	78	20	АВ
10	0,25	48	200	250	А	25	0,6	100	1650	1000	А
11	4,8	48	60	50	АВ	26	0,02	12	6000	400	А
12	8	12	40	15	АВ	27	6,25	24	50	200	АВ
13	0,02	12	500	10000	А	28	25	12	32	50	АВ
14	1,2	27	1000	400	А	29	0,2	75	3200	400	А
15	15	12	4,8	1000	АВ	30	0,03	27	10000	2000	А

Задание №3

В соответствии с заданием, указанным в таблице 3, начертить принципиальную схему генератора, рассчитать параметры элементов схемы, сделать описание работы генератора. Построить графики выходного сигнала, напряжений на входах операционного усилителя и напряжения на конденсаторе.

Таблица 3

№ вар.	Тип генератора	Параметры сигнала		№ вар.	Тип генератора	Параметры сигнала	
		Частота	Сквужность			Частота	Сквужность
1	1	50	2	16	1	50	2
2	1	50	4	17	1	100	4
3	1	200	10	18	1	100	8
4	1	200	2	19	1	200	5
5	1	500	50	20	1	200	4
6	1	500	5	21	1	400	10
7	1	100	100	22	1	400	2
8	1	400	2	23	1	500	20
9	1	1000	2	24	1	500	2

Сертификат:

12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец:

Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

10	1	1000	2	25	1	1000	50
11	1	5000	20	26	1	1000	2
12	1	5000	2	27	1	5000	100
13	1	10000	50	28	1	5000	8
14	1	10000	2	29	1	10000	5
15	1	50	100	30	1	10000	2

Тип генератора: 1 – автогенератор прямоугольных импульсов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

3. Общие требования к написанию и оформлению работы

Основные требования к работе

При выполнении и оформлении контрольной по ГОСТу надо учитывать общие требования, которые предъявляются к работе:

- студент должен придерживаться заданной тематики;
- запрещено менять тему самостоятельно без обращения к преподавателю;
- при оформлении работы нужно учитывать нормы и ГОСТы;
- контрольная выполняется на основании не менее семи источников, выбранных автором;
- работа должна быть авторской, в ней должны содержаться собственные выводы студента;
- текст контрольной должен иметь объем не менее 7 листов.

Оформление по ГОСТу текста контрольной

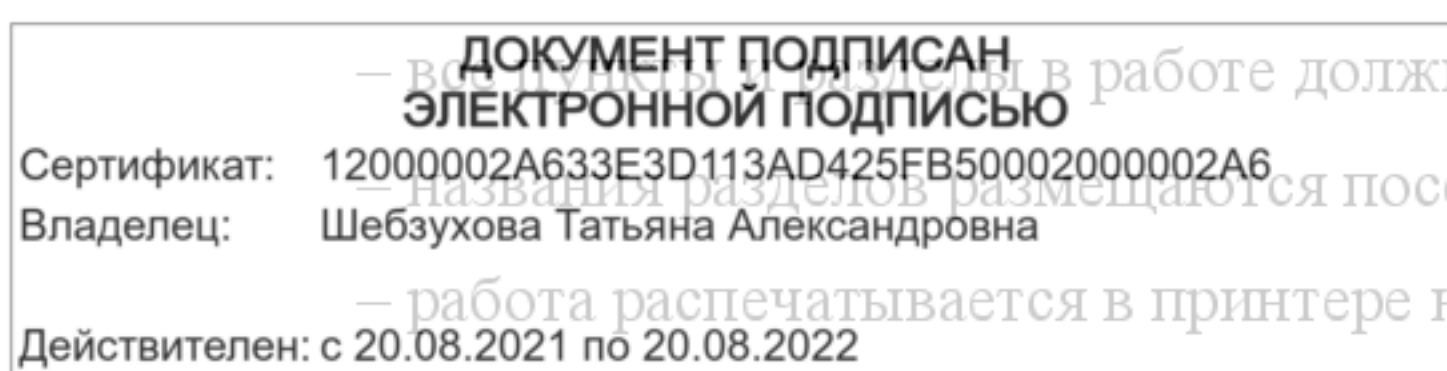
Когда работа выполнена, ее необходимо привести в соответствующий вид согласно ГОСТам:

- контрольную набирают в Word или другом текстовом редакторе с аналогичным функционалом;
- при наборе нужно использовать шрифт Times New Roman;
- интервал между строк — полуторный;
- размер шрифта — 14;
- текст выравнивается по ширине;
- в тексте делают красные строки с отступом в 12,5 мм;
- нижнее и верхнее поля страницы должны иметь отступ в 20 мм;
- слева отступ составляет 30 мм, справа — 15 мм;
- контрольная всегда нумеруется с первого листа, но на титульном листе номер не ставят;
- номер страницы в работе всегда выставляется в верхнем правом углу;
- заголовки работы оформляются жирным шрифтом;
- в конце заголовков точка не предусмотрена;
- заголовки набираются прописными буквами;

– все заголовки и подзаголовки в работе должны быть пронумерованы арабскими цифрами;

– названия разделов размещаются посередине строки, подразделы — с левого края;

– работа распечатывается в принтере на листах А4;



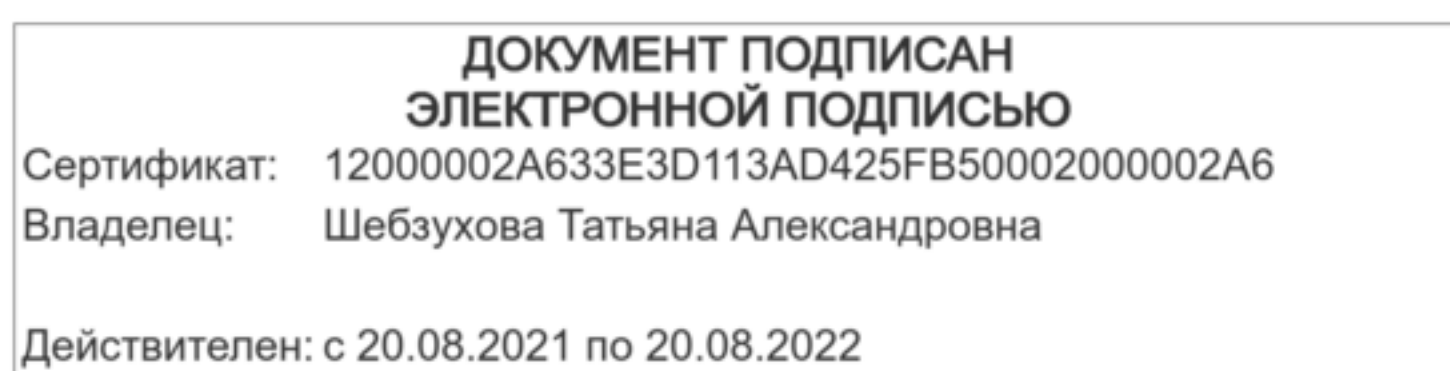
– текст должен располагаться только на одной стороне листа.

Работа имеет такую структуру:

1. Титульный лист;
2. Оглавление и введение;
3. Основной текст и расчет контрольной;
4. Заключительная часть работы;
5. Перечень использованной литературы и источников;
6. Дополнения и приложения.

Если в работе есть приложения, о них надо упоминать в оглавлении.

Ссылки нумеруются арабскими цифрами, при этом учитывают структуру работы (разделы и подразделы).



4. Рекомендации по выполнению задания

Указание к решению задачи №1

Под динамическими параметрами транзистора понимают отношение приращений токов и напряжений вблизи той или иной рабочей точки на характеристиках транзистора. Поскольку характеристики транзисторов не линейны, то значения динамических параметров одного и того же транзистора будут различными для разных рабочих точек. Для определения динамических параметров пользуются входными и выходными характеристиками, полученными экспериментально. В данной задаче требуется найти динамические параметры транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером. По входным характеристикам определяют следующие параметры:

$h_{11} = \Delta U_{ЭБ} / \Delta i_B$ при $U_{КЭ} = \text{const}$ – входное динамическое сопротивление,

$h_{12} = \Delta U_{ЭБ} / \Delta U_{КЭ}$ при $i_B = \text{const}$ – коэффициент обратной связи по напряжению.

По выходным характеристикам определяют параметры:

$h_{21} = \Delta i_K / \Delta i_B$ при $U_{КЭ} = \text{const}$ – коэффициент передачи тока (коэффициент усиления базового тока),

$h_{22} = \Delta i_K / \Delta U_{КЭ}$ при $i_B = \text{const}$ – выходную проводимость.

Здесь: i_K – ток коллектора,

i_B – ток базы,

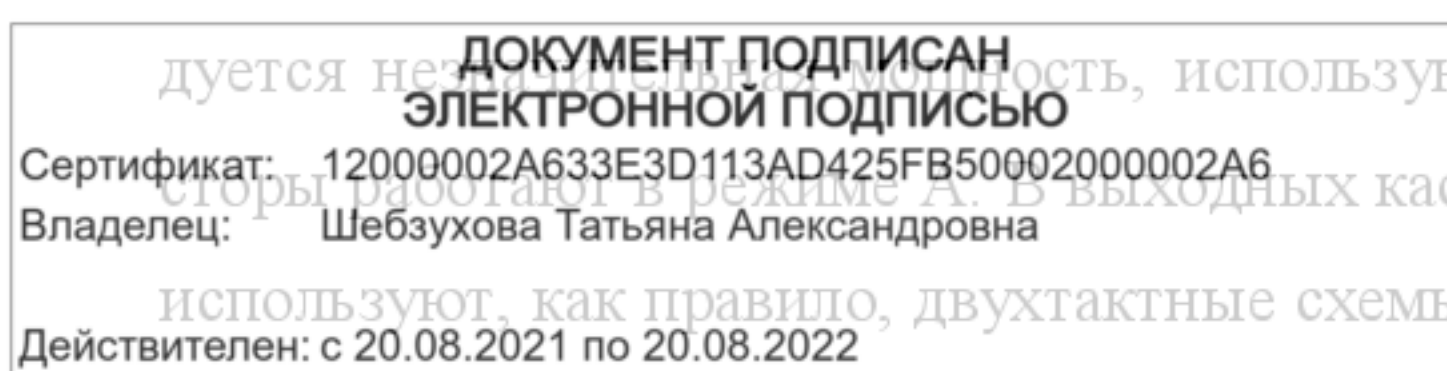
$U_{ЭБ}$ – напряжение между эмиттером и базой,

$U_{КЭ}$ – напряжение между коллектором и эмиттером.

Приращения перечисленных величин берут вблизи заданной рабочей точки. Характеристики транзисторов имеются в приложениях к настоящим методическим указаниям, их можно взять также из справочников по полупроводниковым приборам. Решая задачу, характеристики следует перерисовать в масштабе, на чертеже отметить взятые для вычислений приращения. Параметр h_{11} следует определять по входной характеристике, снятой при $U_{КЭ} > 0$.

Указание к решению задачи №2

Выбор схемы усилителя определяется рядом факторов, основными из которых являются: мощность нагрузки, сопротивление нагрузки, диапазон усиливаемых частот, требования к уровню нелинейных искажений. В каскадах предварительного усиления, где расхо-



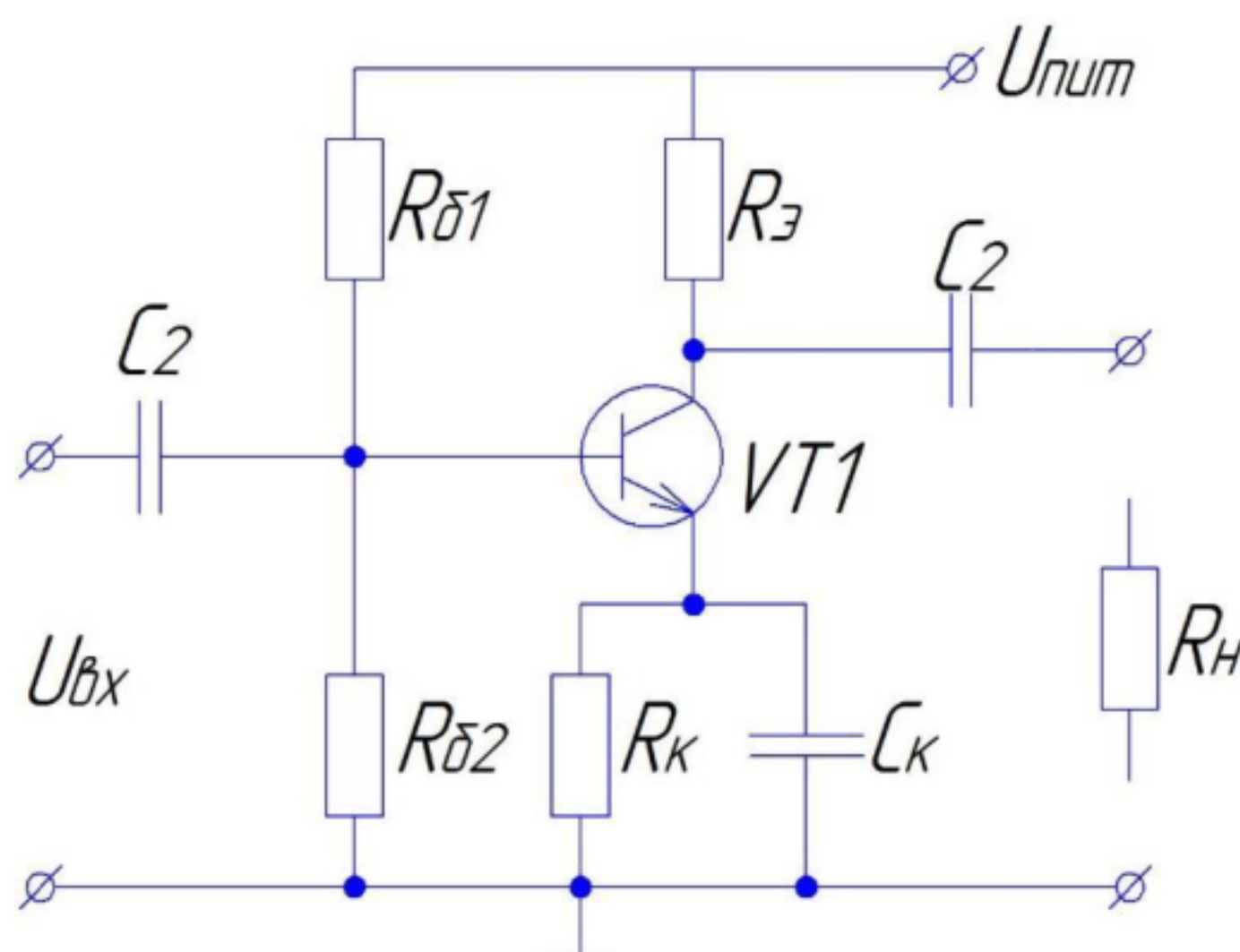
дится незначительная мощность, используются одноконтурные схемы, в которых транзисторы работают в режиме А. В выходных каскадах при мощности нагрузки более 1 – 2 Вт используют, как правило, двухтактные схемы усиления, имеющие более высокий к.п.д.. В

двухтактных схемах транзисторы работают в режиме В, либо в режиме АВ, обеспечивающем меньший уровень нелинейных искажений за счёт исключения работы на существенно нелинейном начальном участке входной характеристики. Наиболее распространёнными являются схемы усилителей с общим эмиттером, т.к. позволяют усиливать и ток, и напряжение. В выходных каскадах при малых сопротивлениях нагрузки, когда не требуется усиления напряжения, применяют двухтактные бестрансформаторные схемы с общим коллектором. Схемы с общей базой используют при повышенных требованиях к уровню нелинейных искажений. Во всех случаях более предпочтительными являются бестрансформаторные схемы, как более дешёвые, имеющие больший к.п.д. и меньшие габариты и массу. Трансформаторы в схемах используют при необходимости согласования выходного сопротивления каскада с сопротивлением нагрузки.

Ниже приводится несколько вариантов схем каскадов усилителей с описанием их применения и методикой их расчёта. Студент должен самостоятельно в соответствии с вариантом задания выбрать ту или иную схему.

Однотактная бестрансформаторная схема с общим эмиттером.

Схема каскада представлена на рис. 1.



При заданной малой мощности нагрузки и её относительно высоком омическом сопротивлении выбираю схему усилителя однотактную, без трансформаторную с общим эмиттером.

Для выбора транзистора определяю его предельные параметры:

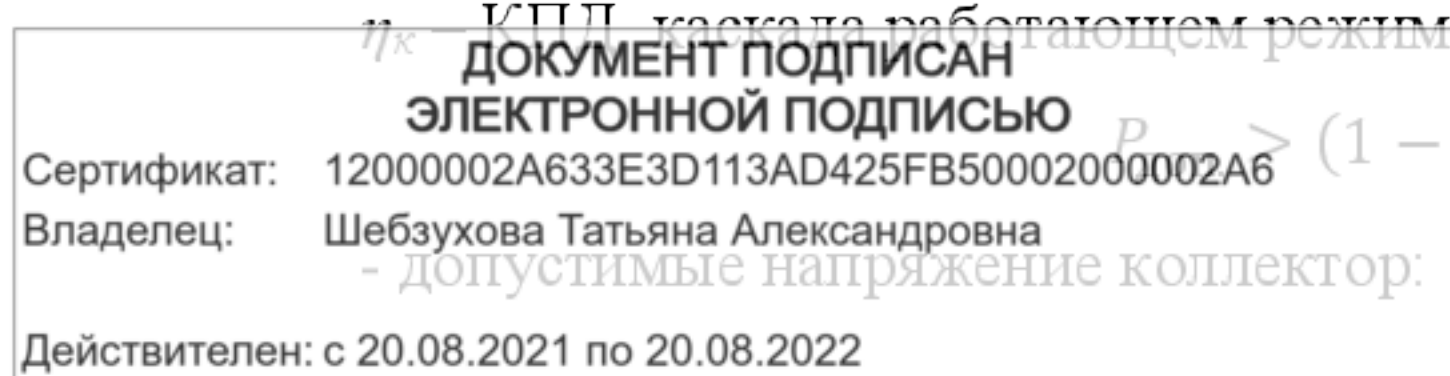
- предельная мощность, рассеиваемая коллектором:

$$P_{\text{доп}} > (1 - \eta_k) P_n,$$

где η_k - КПД каскада, работающего в режиме А принимаем равным 0,32, тогда:

$$P_{\text{доп}} > (1 - 0,32) \cdot 0,005$$

- допустимое напряжение коллектор:



$$U_{kmax} = \sqrt{2 \cdot P_H \cdot R_H}$$

- эмиттер и ток коллектора:

$$I_{kmax} = \sqrt{2 \cdot \frac{P_H}{R_H}}, I_{kmax}$$

Входные и выходные ВАХ этого транзистора приведены в приложение №1

На семействе выходных характеристик определяют начальную рабочую точку

Через точку с координатами $U_k = E_k, I_k = 0$ и НРТ провожу линии нагрузки по постоянному току. Мысленно интерполируем линию нагрузки до точки $U_k = E_k$

Определим сумму сопротивлений в цепи коллектор эмиттер:

$$R_k + R_э = \frac{E_k}{I_{kmax}} = \frac{36}{8.2 \cdot 10^{-3}} = 4390 \text{ [Ом]}$$

Напряжение на сопротивлении эмиттера $U_{Rэ}$ принимаем равным $U_{Rэ} = 0,15 \cdot E_k$

Учитываем что $I_э \cong I_k$ тогда, получим:

$$R_э = \frac{U_{Rэ}}{I_{кн}}$$

$$R_k = \frac{E_k}{I_{кн}} - R_э$$

Максимальный ток базы, соответствующий минимальному коэффициенту передачи базового тока в схеме с ОЭ для выбранного транзистора:

$$I_{бmax} = \frac{I_{кн}}{\beta_{min}} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{25} = 160 \text{ [μA]}$$

Ток делителя (R_1/R_2) принимаем равным 0.95 максимального тока базы.

$I_d = 0.95 I_{бmax} = 0.95 \cdot 160 \cdot 10^{-6} = 152 \cdot 10^{-6} \text{ [A]}$, откуда

$$R_1 + R_2 = \frac{E_k}{I_d} = \frac{36}{152 \cdot 10^{-6}} = 236842 \text{ [Ом]}$$

По входной ВАХ транзистора определяю напряжение $U_{эб}$, которое обеспечивает ток базы, соответствующий выходной характеристике, на которой расположена НРТ.

Необходимое напряжение, снимаемое с делителя для обеспечения выбранного режима работы:

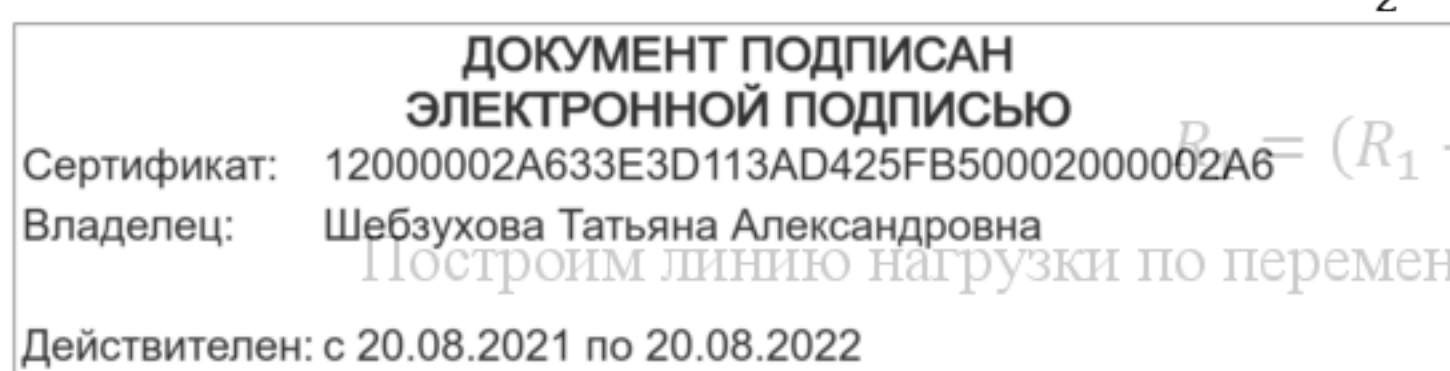
$$U_{R2} = U_{эб} + U_{Rэ}$$

Откуда

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{I_d}$$

$$R_1 = (R_1 + R_2) - R_2$$

Построим линию нагрузки по переменному току.



Определяем $R_{\text{перем}}$

$$R_{\text{перем}} = \frac{R_K \cdot R_H}{R_K + R_H}$$

Линия нагрузки у нас пройдет через точку с координатами. Линия $LH_{\text{перем}}$ должна располагаться в пределах активной зоны выходных характеристик.

Для того, чтобы выходной сигнал каскада был достаточным для работы нагрузки, необходимо, чтобы выполнялось условие

$$U_{\text{кн}} + (I_{\text{кн}} \cdot R_{\text{перем}}); I_{\text{к}} = 0 \text{ и НРТ}$$

$$U_{\text{кн}} + I_{\text{кн}} \cdot R_{\text{перем}}$$

Определим входное сопротивление по входной ВАХ транзистора рис.2

$$R_{\text{вх}} = \frac{\Delta U_{\text{ЭБ}}}{\Delta I_{\text{Б}}}$$

Найдем емкости конденсаторов:

$$x_{c1} = (0.01 \dots 0.05) \cdot R_{\text{вх}} = \frac{1}{\omega \cdot C_1}$$

Указание к решению задачи №3

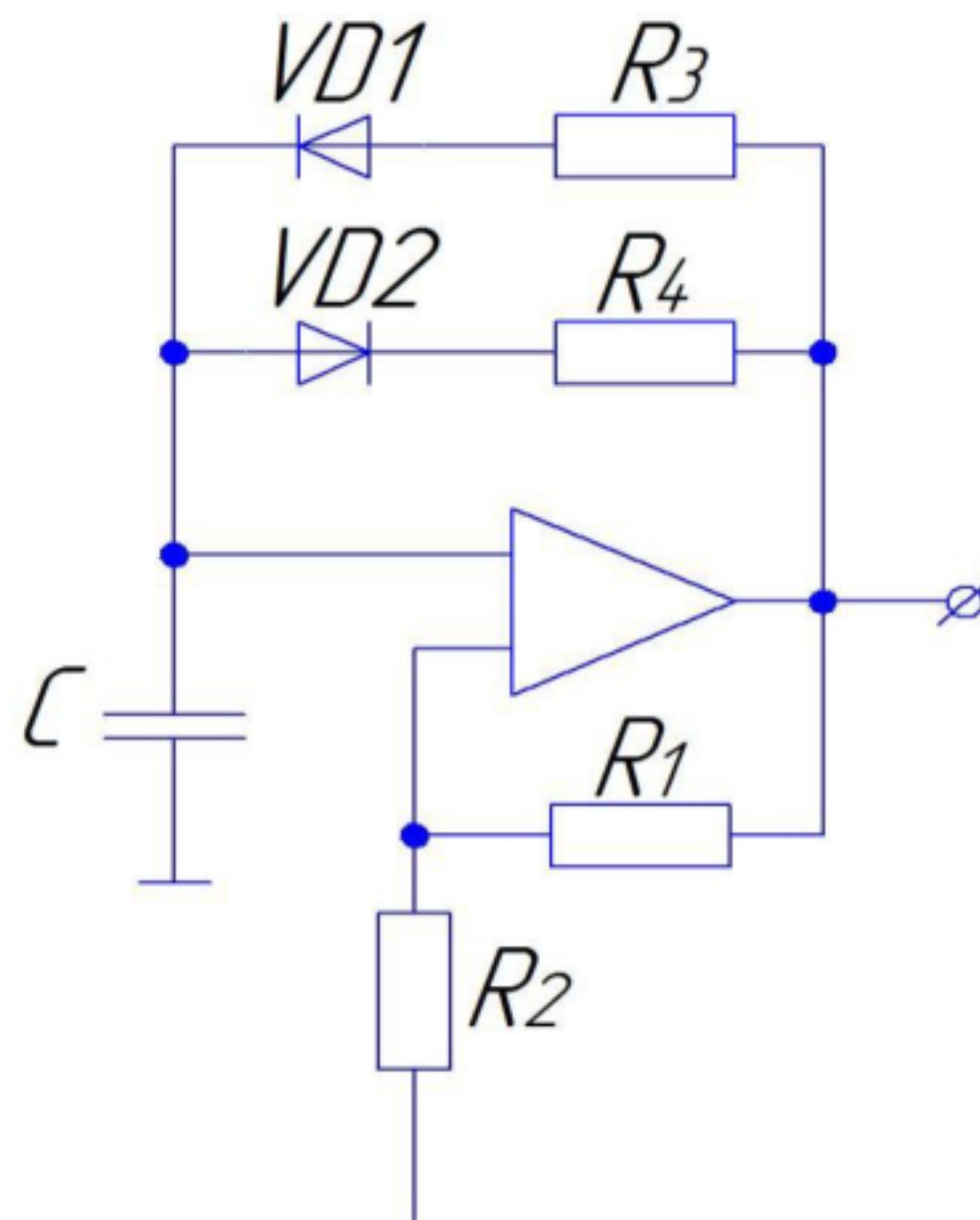


Рисунок 2 – Схема принципиального усилителя

Параметры цепи положительной ОС

$$\gamma = R_2(R_1 + R_2)$$

Напряжение источника питания выбираем равным $\pm 15 \text{ В}$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\pm U = \gamma \cdot E$$

Определим период следования импульсов:

$$T = \frac{1}{f}[\text{с}]$$

Найдем длительность импульсов из соотношения:

$$Q = \frac{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}}{t_{\text{и}}} = \frac{T}{t_{\text{и}}}$$

Откуда

$$t_{\text{и}} = \frac{T}{Q}$$

Вычислим длительность паузы:

$$t_{\text{п}} = T - t_{\text{и}}$$

Постоянная времени заряда конденсатора (цепь R_3C):

$$\tau_1 = \frac{t_{\text{и}}}{\ln \frac{1+\gamma}{1-\gamma}}$$

Примем емкость конденсатора равной 0,1 мкФ, определяем:

$$R_3 = \frac{\tau_1}{C}$$

$$\tau_2 = \frac{t_{\text{п}}}{\ln \frac{1+\gamma}{1-\gamma}}$$

Определим сопротивление резистора R_4 :

$$R_4 = \frac{\tau_2}{C}$$

Т.к. первый импульс (его длительность) обусловлена тем, что он формируется при заряде конденсатора от 0 до $+U$, то:

$$t_{\text{и1}} = \tau_1 \cdot \ln \frac{1}{1-\gamma}$$

Т.к. $\pm U_{\text{вых макс}} \approx \pm E$, тогда определим R_2 по формуле параметров делительной цепи ($\gamma = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$)

$$R_2 = \gamma(R_1 + R_2)$$

5. План-график выполнения задания

Работа над расчетно-графической работой может быть представлена в виде выполнения следующих этапов:

№ п/п	Наименование этапа	Сроки выполнения
1.	Получения задания	На первом практическом занятии
2.	Первичная консультация с преподавателем	На первом практическом занятии
3.	Работа с информационными источниками	В течении семестра
4.	Написание контрольной работы	В течении семестра
5.	Предоставление контрольной работы на кафедру	В течении семестра
6.	Защита контрольной работы	На последнем практическом занятии

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

6. Критерии оценивания работы

В целях повышения качества выполняемых расчетно-графических работ преподаватель руководствуется следующими критериями оценивания письменных работ студентов.

Оценка «зачтено (отлично)» выставляется, если студент:

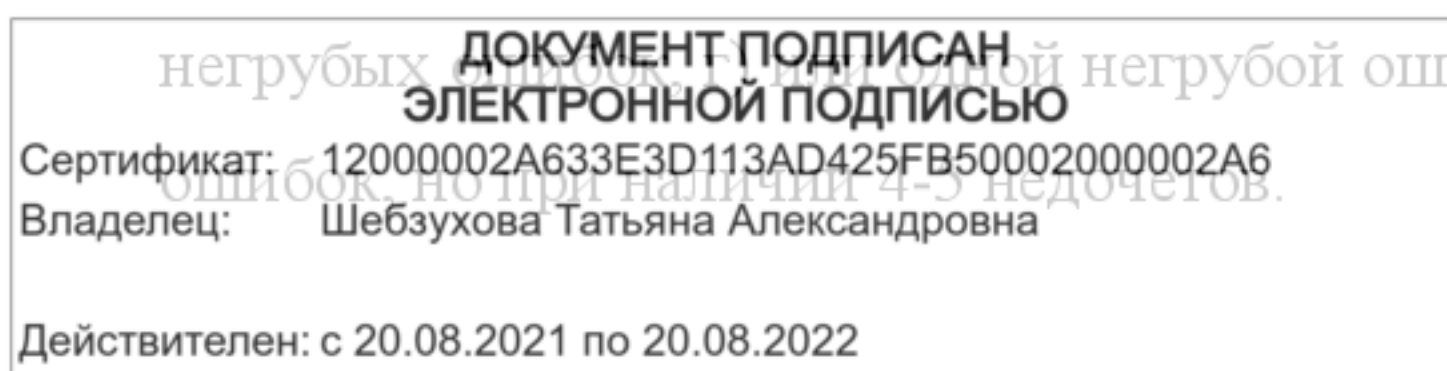
- представил расчетно-графическую работу в установленный срок и оформил ее в строгом соответствии с изложенными требованиями;
- использовал рекомендованную и дополнительную учебную и страноведческую литературу;
- при выполнении упражнений показал высокий уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, проявил творческий подход при ответе на вопросы, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие выводы;
- выполнил работу грамотно с точки зрения поставленной задачи, т.е. без ошибок и недочетов или допустил не более одного недочета.

Оценка «зачтено (хорошо)» выставляется, если студент:

- представил расчетно-графическую работу в установленный срок и оформил ее в соответствии с изложенными требованиями;
- использовал рекомендованную и дополнительную литературу;
- при выполнении упражнений показал хороший уровень знания лексико-грамматического и страноведческого материала по заданной тематике, практически правильно сформулировал ответы на поставленные вопросы, представил общее знание информации по проблеме;
- выполнил работу полностью, но допустил в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.

Оценка «зачтено (удовлетворительно)» выставляется, если студент:

- представил работу в установленный срок, при оформлении работы допустил незначительные отклонения от изложенных требований;
- показал достаточные знания по основным темам контрольной работы;
- использовал рекомендованную литературу;
- выполнил не менее половины работы или допустил в ней а) не более двух грубых ошибок, б) или не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) или не более двух-трех негрубых ошибок, г) или не более одной грубой ошибки и трех недочетов, д) или при отсутствии



Оценка «незачтено (неудовлетворительно)» выставляется:

- когда число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «зачтено (удовлетворительно)» или если правильно выполнено менее половины работы;
- если студент не приступал к выполнению работы или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

7. Порядок защиты работы

Написанная студентом расчетно-графическая работа сдается на кафедру в срок для рецензирования. Студент защищает расчетно-графическую работу до экзамена (зачета) перед преподавателем. Без защиты РГР студент к экзамену (зачету) не допускается.

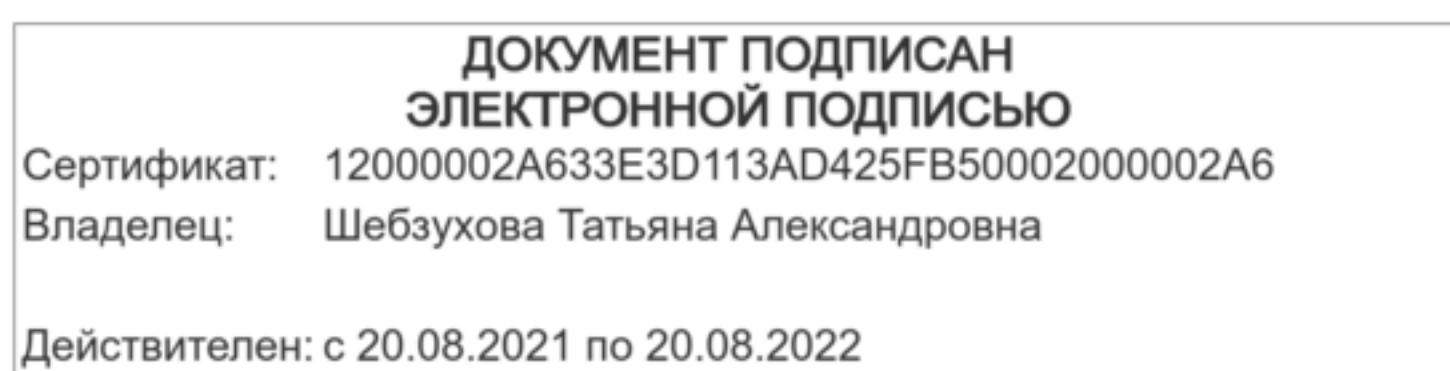
Работа не допускается к защите, если она не носит самостоятельного характера, списана из литературных источников или у других авторов, если основные вопросы не раскрыты, изложены схематично, фрагментарно, в тексте содержатся ошибки, научный аппарат оформлен неправильно, текст написан небрежно.

В ходе защиты контрольной работы задача студента — показать углубленное понимание вопросов конкретной темы, хорошее владение материалом по теме.

Защита расчетно-графической работы может проходить в различных формах по усмотрению преподавателя:

- в форме индивидуальной беседы студента с руководителем по основным положениям работы;
- в форме индивидуальной защиты в присутствии всей группы студентов;
- в форме групповой защиты – одновременной защиты контрольной работы по одному направлению. В этом случае каждый следит за ходом рассуждений товарищей, дополняет, уточняет их, что, несомненно, усиливает работу мысли и способствует развитию экономического мышления.

Любая форма защиты контрольной работы учит отстаивать свою точку зрения, убедительно аргументировать ее, что способствует перерастанию знаний в убеждения.



8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.2 Перечень основной литературы:

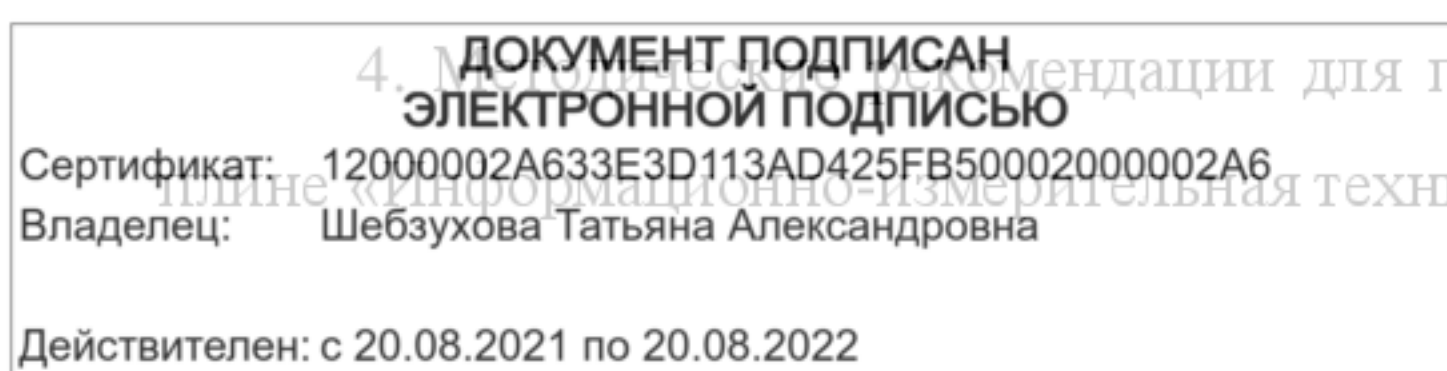
1. Шошин, Е. Л. Электроника. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / Е. Л. Шошин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 238 с. — ISBN 978-5-4497-0508-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100742.html>
2. Электроника : учебное пособие / В. И. Никулин, Д. В. Горденко, С. В. Сапронов, Д. Н. Резеньков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 198 с. — ISBN 978-5-4497-0520-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94213.html>

8.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника : учебно-методическое пособие / К. П. Латышенко. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 209 с. — ISBN 978-5-4487-0458-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79677.html>
2. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебное пособие / А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. — ISBN 978-5-9729-0346-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86566.html>

8.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».
3. Методические рекомендации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».



**8.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет,
необходимых для освоения дисциплины**

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЭЛЕКТРО-
НИКА»

для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

- Введение
- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Информационно-измерительная техника и электроника»
 - 2 План-график выполнения самостоятельной работы
 - 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
 - 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
 - 5 Методические указания по подготовке к расчетно-графической работе
 - 6 Методические указания по подготовке к экзамену
 - 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

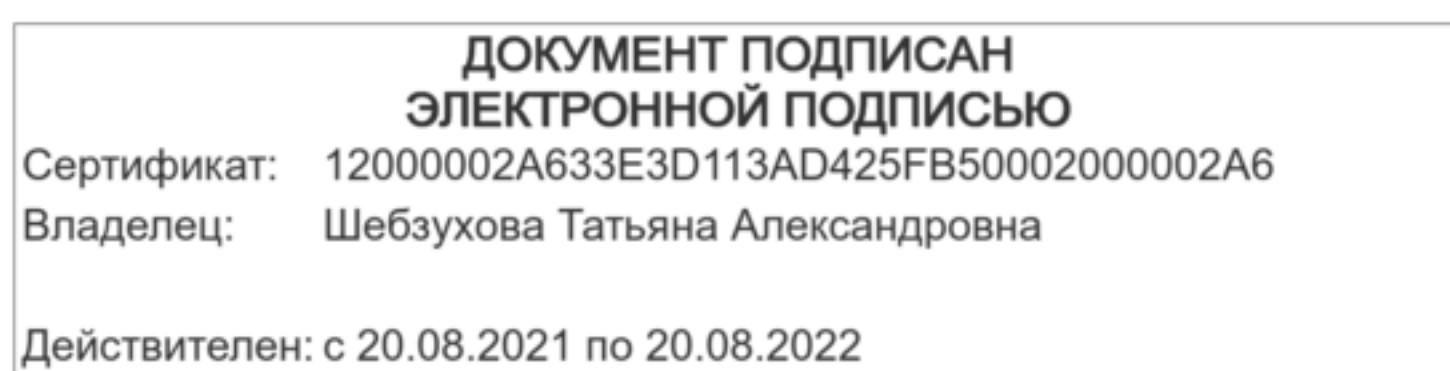
Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.



Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Информационно-измерительная техника и электроника»

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

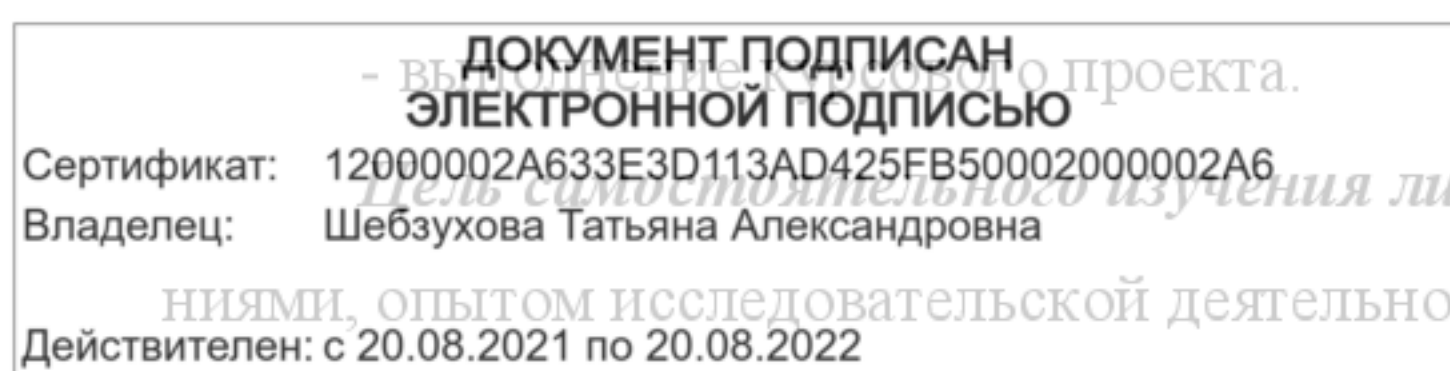
Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;



Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения расчетно-графической работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовой работы.

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-4 _{ОПК-4} Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств.	Знает основные характеристики, классификацию и принцип действия электронных приборов и устройств. Владеет навыками демонстрации понимания принципа действия электронных устройств.
	ИД-6 _{ОПК-4} Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.	Умеет применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.
ОПК-6 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-6} Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.	Знает основные средства измерения электрических и неэлектрических величин. Умеет проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность. Владеет навыками выбора и использования средств измерения электрических и неэлектрических величин.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
5 семестр					
ОПК-4 ИД-4 _{ОПК-4} ИД-6 _{ОПК-4} ОПК-6 ИД-1 _{ОПК-6}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-18	Собеседование	2,295	0,255	2,55
	Подготовка к лекциям	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	3,645	0,405	4,05
	Выполнение расчетно-графической работы	Собеседование	13,5	1,5	15
Итого за 5 семестр:			24,3	2,7	27
6 семестр					
ОПК-4 ИД-4 _{ОПК-4} ИД-6 _{ОПК-4} ОПК-6 ИД-1 _{ОПК-6}	Самостоятельное изучение литературы по темам №19-27	Собеседование	4,86	0,54	5,4
	Подготовка к лекциям	Собеседование	1,215	0,135	1,35
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	3,645	0,405	4,05
Итого за 6 семестр:			12,15	1,35	13,5
Итого:			36,45	4,05	40,5

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
5 семестр			
1.	Практическое занятие № 3	6 неделя	25
2.	Лабораторное занятие № 5	10 неделя	15
3.	Практическое занятие № 8	16 неделя	15
	Итого за 5 семестр		55
6 семестр			
4.	Практическое занятие № 10	6 неделя	25
5.	Лабораторное занятие № 16	10 неделя	15
6.	Практическое занятие № 14	16 неделя	15
	Итого за 6 семестр		55
	Итого		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

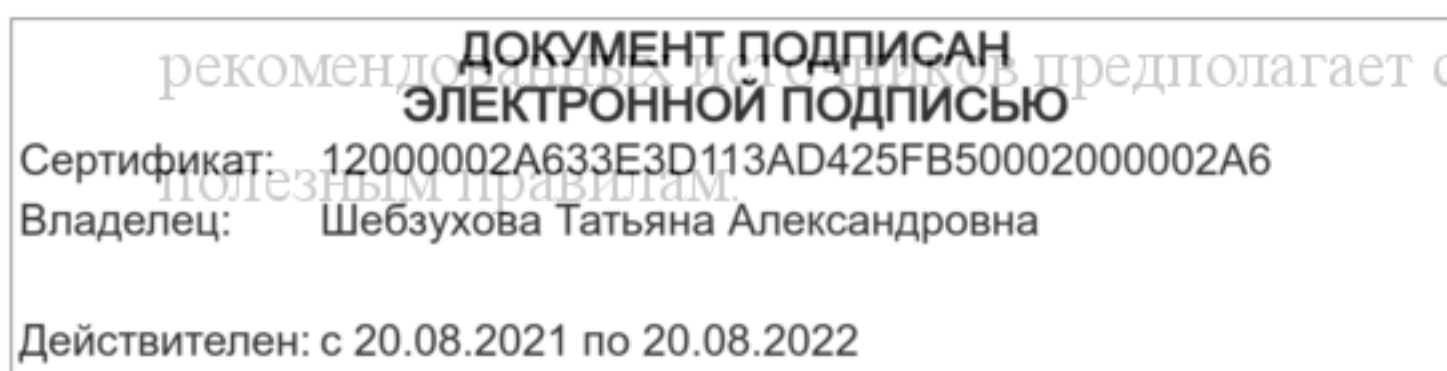
Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение

рекомендованной литературы предполагает следование нескольким несложным, но весьма



Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

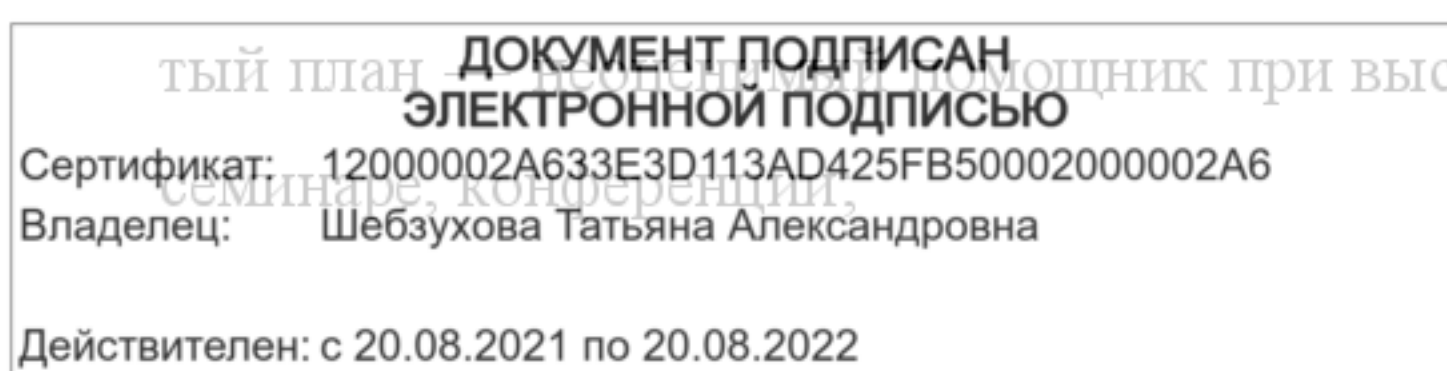
Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Разверну-

тый план — эффективный помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции.



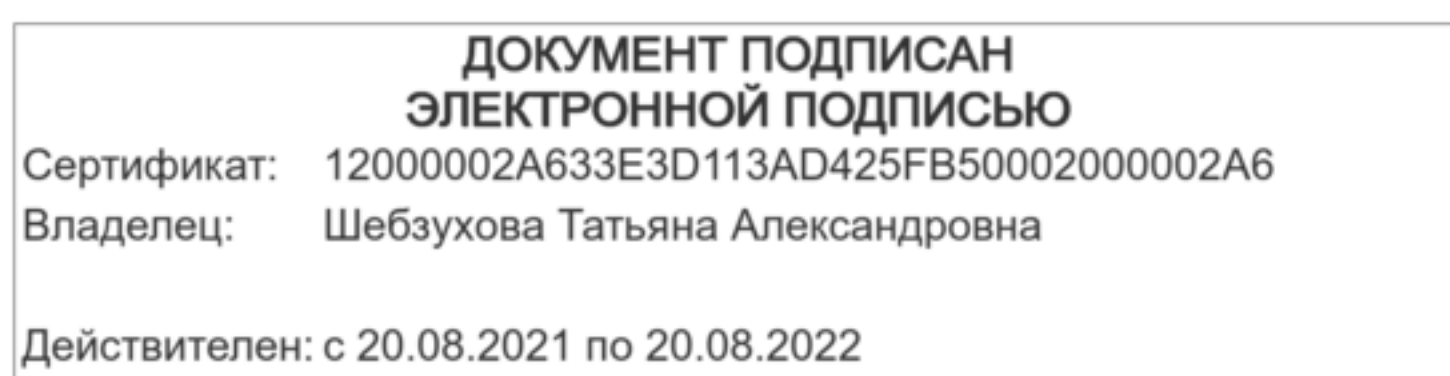
— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.



Методические указания по подготовке к расчетно-графической работе

Расчетно-графическая работа – это самостоятельная письменная работа студента, которая должна показать не только его владение теоретическим материалом, но и продемонстрировать практические умения проводить расчеты.

Цели выполнения к расчетно-графической работы заключаются:

- закрепить и систематизировать теоретические знания и практические навыки студента;
- научить работать с литературой – изучать, анализировать информацию из научных источников;

При выполнении контрольной работы реализуются следующие компетенции:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-4 _{ОПК-4} Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств.	Знает основные характеристики, классификацию и принцип действия электронных приборов и устройств. Владеет навыками демонстрационного понимания принципа действия электронных устройств.
	ИД-6 _{ОПК-4} Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.	Умеет применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов.
ОПК-6 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	ИД-1 _{ОПК-6} Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.	Знает основные средства измерения электрических и неэлектрических величин. Умеет проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность. Владеет навыками выбора и использования средств измерения электрических и неэлектрических величин.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Методические указания по подготовке к экзамену

Изучение дисциплины «Информационно-измерительная техника и электроника» завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

На консультации перед экзаменом студентов знакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Вопросы к экзамену

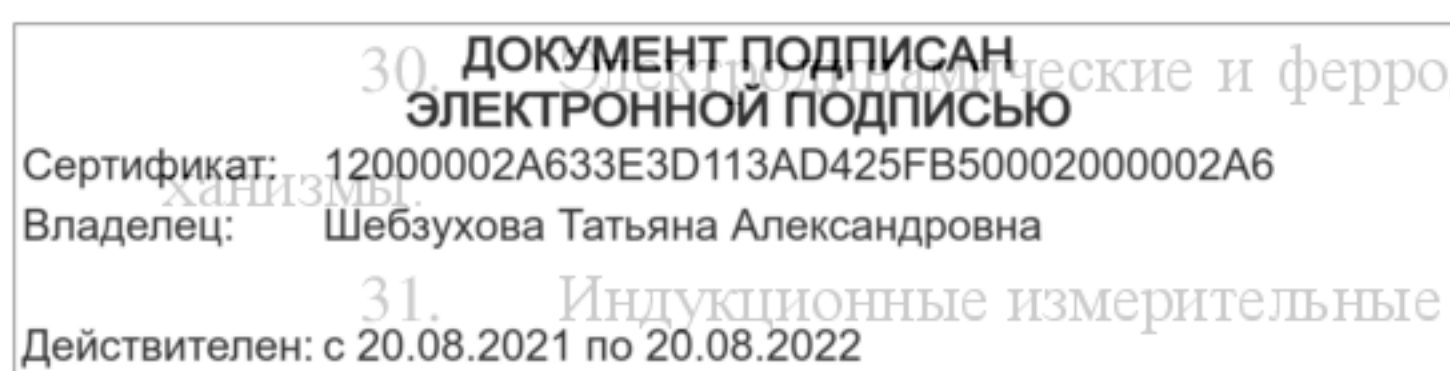
1. Полупроводниковые материалы. Примесная проводимость полупроводников. Физические процессы на границе p-n перехода.
2. Полупроводниковый диод. Конструкции диодов. Вольт-амперная характеристика.
3. Пробой p-n перехода. Виды пробоя. Стабилитроны. Характеристика стабилитрона. Простейший параметрический стабилизатор напряжения.
4. Выпрямители. Схемы однофазного однополупериодного и однофазного двухполупериодного выпрямителей. Среднее и действующее значения выпрямленного напряжения.
5. Схемы трехфазного однополупериодного выпрямителя. Форма кривой выпрямленного напряжения. Среднее значение выпрямленного напряжения.
6. Схемы трехфазного двухполупериодного выпрямителя. Форма кривой вы-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

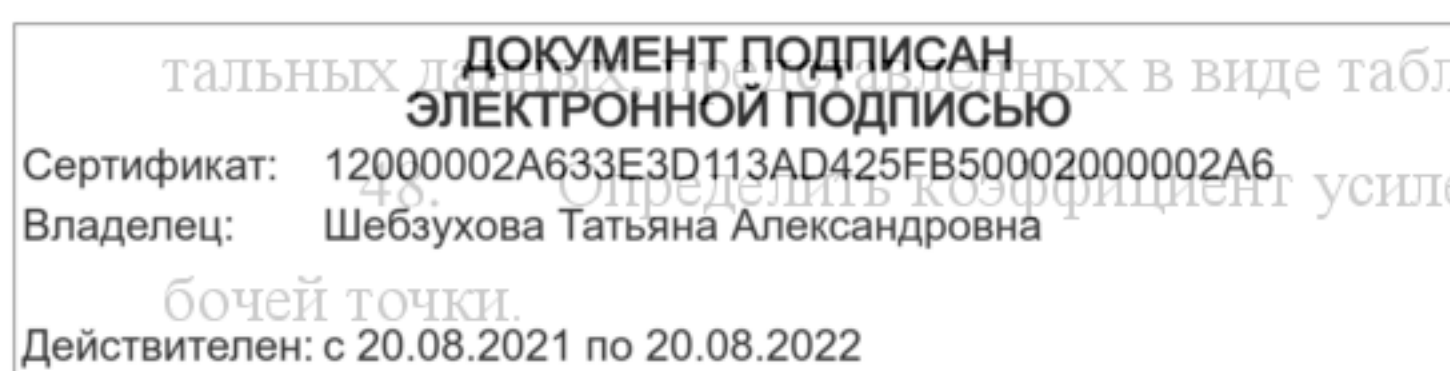
прямленного напряжения, их среднее значение.

Схемы вторичных источников питания, их сравнительные характеристики.

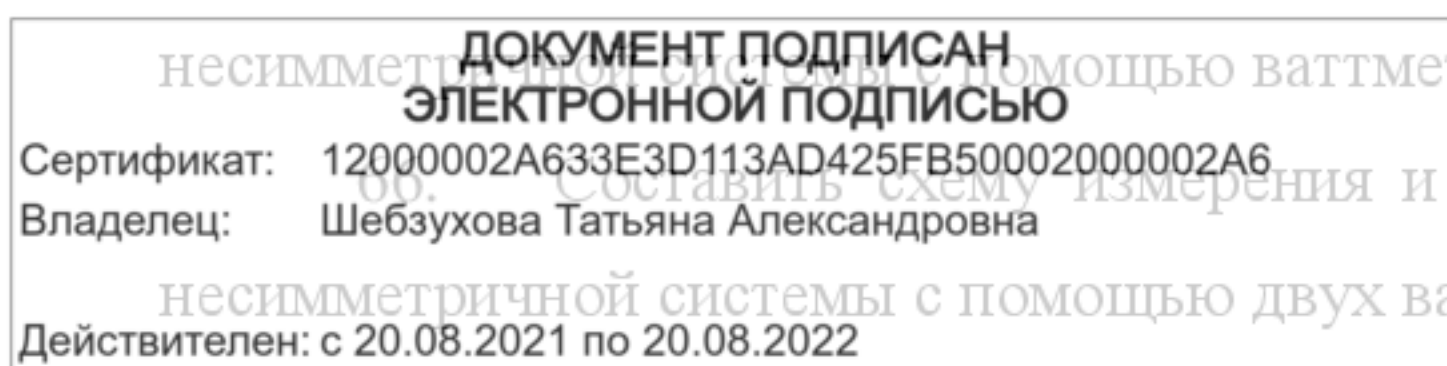
8. Биполярные транзисторы. Конструкция, физические процессы, статические коэффициенты передачи эмиттерного и базового токов.
9. Три возможные схемы включения биполярного транзистора, их возможности и свойства.
10. Полевые транзисторы. Конструкция и физические процессы в полевом транзисторе с управляемым переходом.
11. Тиристоры. Конструкция и физические процессы в тиристорах. Оптоэлектронные приборы.
12. Классификацию усилителей. Основные параметры усилителей.
13. Обратные связи в усилителях.
14. Режимы работы каскадов усилителей в зависимости от положения НРТ.
15. Усилители постоянного тока. Причины возникновения дрейфа нуля.
16. Усилители переменного тока. Усилители мощности.
17. Операционные усилители.
18. Генераторы. Определения, классификация, условия самовозбуждения.
19. Генератор прямоугольных импульсов на операционном усилителе.
20. Устройства цифровой электроники, их преимущества перед аналоговыми устройствами.
21. Комбинационные интегральные схемы.
22. Триггеры.
23. Основные понятия и определения информационно-измерительной техники: эталон, мера, измерительный прибор, единица измерения, система единиц.
24. Погрешности измерения и их классификация (систематические, случайные, промахи).
25. Законы распределения погрешностей (нормальный закон распределения Гаусса, закон распределения Стьюдента).
26. Методы измерения электрических и неэлектрических величин (прямой, косвенный, совместный, метод непосредственной оценки).
27. Электромеханические измерительные приборы. Уравнение Лагранжа II рода, как общее выражение для определения вращающего момента.
28. Магнитоэлектрические измерительные приборы и механизмы
29. Электромагнитные измерительные приборы и механизмы.



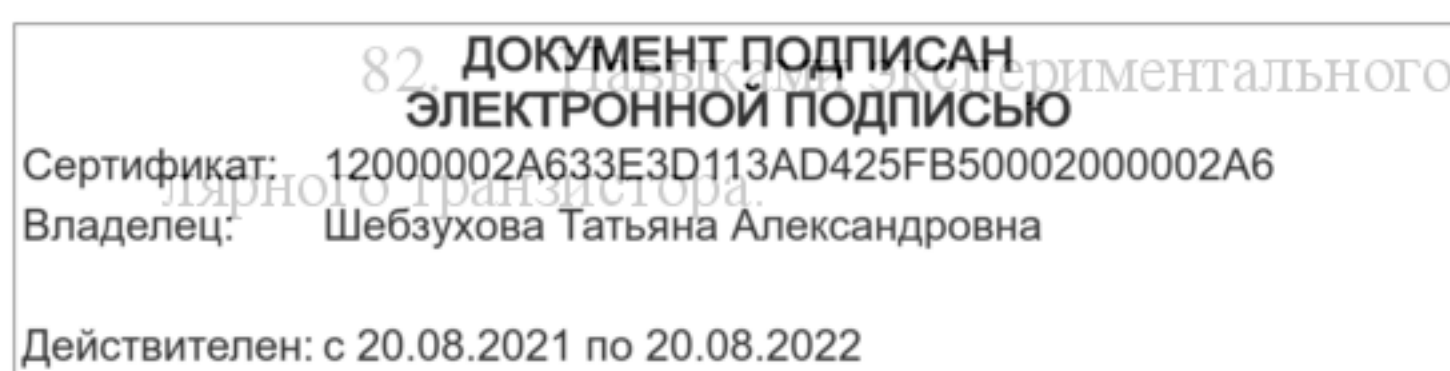
32. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы.
33. Потенциометры. Измерительные мосты.
34. Методы электрических измерений неэлектрических величин.
35. Информационно-измерительные системы. Измерительные системы. Телеизмерительные системы. Системы автоматического контроля. Системы распознавания образов.
36. Построить вольт-амперную характеристику силового диода на основе экспериментальных данных.
37. Построить вольт-амперную характеристику стабилитрона на основе экспериментальных данных.
38. Определить напряжение стабилизации и диапазон тока стабилизации стабилитрона на основе экспериментальных данных.
39. Рассчитать допустимую нагрузку на данный тип стабилитрона.
40. Определить постоянные составляющие тока и напряжения, обратное напряжение, а также действующие значения тока и напряжения однофазного однократного выпрямителя.
41. Определить постоянные составляющие тока и напряжения, обратное напряжение, а также действующие значения тока и напряжения трёхфазного однократного выпрямителя.
42. Определить постоянные составляющие тока и напряжения, обратное напряжение, а также действующие значения тока и напряжения однофазного двухтактного выпрямителя.
43. Определить постоянные составляющие тока и напряжения, обратное напряжение, а также действующие значения тока и напряжения трёхфазного двухтактного выпрямителя.
44. Произвести выбор трансформатора вторичного источника питания для известной активной нагрузки.
45. Построить входные и выходные характеристики биполярного транзистора на основе экспериментальных данных.
46. Определить h -параметры биполярного транзистора на основе экспериментальных данных, представленных в графическом виде.
47. Определить h -параметры биполярного транзистора на основе эксперимен-



49. Рассчитать h -параметры биполярного транзистора, представленного в виде четырёхполосника.
50. Определить предельно допустимые характеристики биполярного транзистора по полученным экспериментальным данным.
51. Определить крутизну полевого транзистора с р-п переходом на основе экспериментальных данных, представленных в графическом виде.
52. Определить крутизну полевого транзистора МДП-типа на основе экспериментальных данных, представленных в графическом виде.
53. Построить вольт-амперную характеристику тиристора на основе экспериментальных данных.
54. Рассчитать параметры однотактного безтрансформаторного каскада усилителя переменного тока с общим эмиттером.
55. Рассчитать параметры однотактного трансформаторного каскада усилителя мощности.
56. Рассчитать параметры двухтактного трансформаторного каскада усилителя мощности.
57. Рассчитать параметры двухтактного безтрансформаторного каскада усилителя мощности.
58. Рассчитать параметры каскада усилителя однополярных импульсов.
59. Рассчитать параметры каскада усилителя двухполярных импульсов.
60. Рассчитать параметры простейшего автогенератора прямоугольных импульсов на операционном усилителе.
61. Произвести обработку результатов измерения сопротивления на основе полученных экспериментальных данных.
62. Рассчитать параметры шунта для амперметра магнитоэлектрической системы с пределом измерения $50\mu\text{A}$ для измерения постоянного тока 10A .
63. Рассчитать добавочное сопротивление для вольтметра магнитоэлектрической системы с пределом измерения $50\mu\text{A}$ для измерения напряжения постоянного тока с пределами 10V , 100V , 1000V .
64. Составить схему измерения и рассчитать активную мощность трёхфазной симметричной системы с помощью ваттметра активной мощности.
65. Составить схему измерения и рассчитать активную мощность трёхфазной несимметричной системы с помощью двух ваттметров активной мощности.

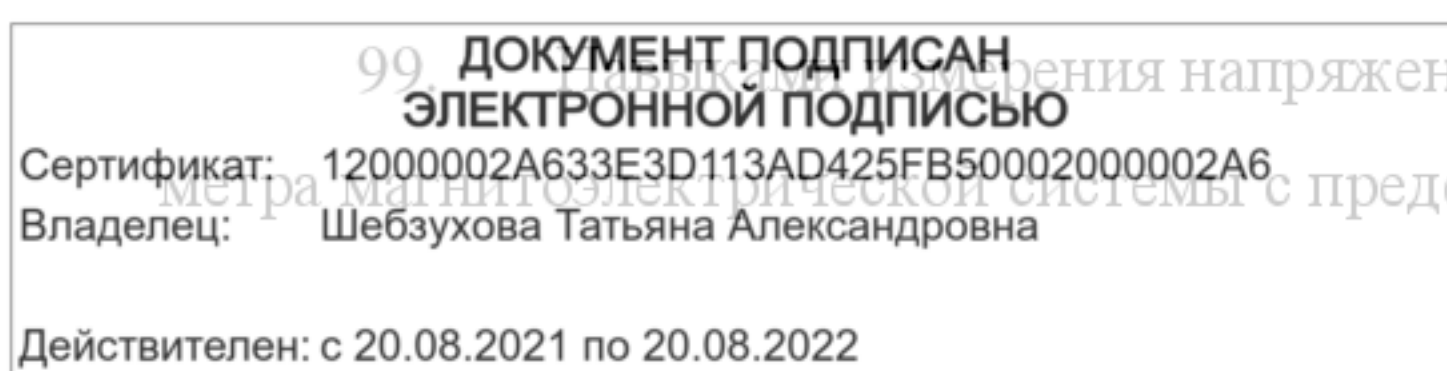


67. Составить схему измерения и рассчитать активную мощность трёхфазной симметричной системы с помощью двух ваттметров активной мощности.
68. Составить схему измерения активного сопротивления с помощью четырёх-плечного моста и рассчитать ток в диагонали гальванометра.
69. Составить схему измерения индуктивности катушки с помощью четырёх-плечного моста переменного тока и рассчитать ток в диагонали гальванометра.
70. Составить схему измерения ёмкости конденсатора с помощью четырёхплечного моста переменного тока и рассчитать ток в диагонали гальванометра.
71. Навыками снятия вольт-амперной характеристики силового диода.
72. Навыками снятия вольт-амперной характеристики стабилитрона.
73. Навыками получения экспериментальных данных для определения напряжения стабилизации стабилитрона.
74. Навыками получения экспериментальных данных для определения тока стабилизации стабилитрона.
75. Навыками получения экспериментальных данных для определения допустимой нагрузки на стабилитрон.
76. Навыками экспериментального определения постоянных составляющих тока, напряжения, обратного напряжения, а также действующих значений тока и напряжения однофазного однократного выпрямителя.
77. Навыками экспериментального определения постоянных составляющих тока, напряжения, обратного напряжения, а также действующих значений тока и напряжения трёхфазного однократного выпрямителя.
78. Навыками экспериментального определения постоянных составляющих тока, напряжения, обратного напряжения, а также действующих значений тока и напряжения однофазного двухтактного выпрямителя.
79. Навыками экспериментального определения постоянных составляющих тока, напряжения, обратного напряжения, а также действующих значений тока и напряжения трёхфазного двухтактного выпрямителя.
80. Навыками экспериментальной проверки трансформатора вторичного источника питания для известной активной нагрузки.
81. Навыками экспериментального определения входных характеристик биполярного транзистора.



определения выходных характеристик бипо-

83. Навыками экспериментального определения коэффициента усиления биполярного транзистора для данной рабочей точки.
84. Навыками сборки схемы и определения параметров биполярного транзистора, включённого по схеме с общей базой.
85. Навыками сборки схемы и определения параметров биполярного транзистора, включённого по схеме с общим коллектором.
86. Навыками сборки схемы и определения предельно допустимых параметров биполярного транзистора.
87. Навыками получения экспериментальных данных для определения крутизны полевого транзистора МДП-типа.
88. Навыками получения экспериментальных данных для определения крутизны полевого транзистора с р-п переходом.
89. Навыками сборки электрической схемы для снятия вольт-амперной характеристики тиристора.
90. Навыками определения величины управляющего напряжения открытия тиристора.
91. Навыками сборки электрической схемы однотактного безтрансформаторного каскада усилителя переменного тока с общим эмиттером.
92. Навыками экспериментального определения коэффициента усиления однотактного безтрансформаторного каскада усилителя переменного тока с общим эмиттером.
93. Навыками сборки электрической схемы однотактного трансформаторного каскада усилителя мощности.
94. Навыками экспериментального определения коэффициента усиления однотактного трансформаторного каскада усилителя мощности.
95. Навыками сборки электрической схемы двухтактного безтрансформаторного каскада усилителя мощности.
96. Навыками экспериментального определения коэффициента усиления двухтактного безтрансформаторного каскада усилителя мощности.
97. Навыками сборки электрической схемы простейшего автогенератора прямоугольных импульсов на операционном усилителе.
98. Навыками измерения электрического тока силой 1 А с помощью амперметра магнитоэлектрической системы с пределом измерения 50 мА.



100. Навыками измерения активной мощности трёхфазной несимметричной системы с помощью ваттметров активной мощности.

101. Навыками измерения активной мощности трёхфазной несимметричной системы с помощью двух ваттметров активной мощности.

102. Навыками измерения реактивной мощности трёхфазной симметричной системы с помощью двух ваттметров активной мощности.

103. Навыками сборки схемы и измерения активного сопротивления с помощью четырёхплечного моста.

104. Навыками сборки схемы и измерения индуктивности катушки с помощью четырёхплечного моста переменного тока.

105. Навыками сборки схемы и измерения ёмкости конденсатора с помощью четырёхплечного моста переменного тока.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

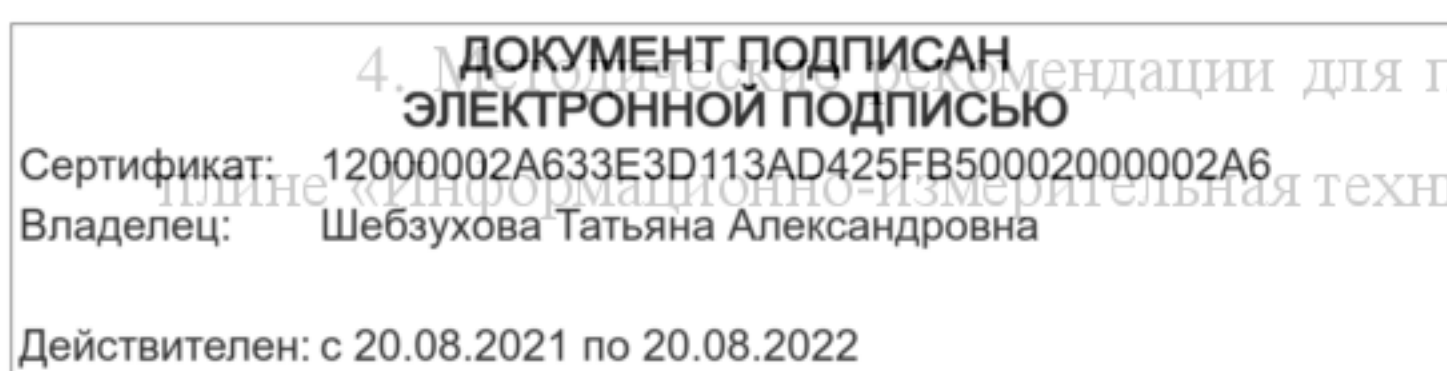
1. Шошин, Е. Л. Электроника. Полупроводниковые приборы : учебное пособие / Е. Л. Шошин. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 238 с. — ISBN 978-5-4497-0508-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/100742.html>
2. Электроника : учебное пособие / В. И. Никулин, Д. В. Горденко, С. В. Сапронов, Д. Н. Резеньков. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 198 с. — ISBN 978-5-4497-0520-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94213.html>

Перечень дополнительной литературы:

1. Латышенко, К. П. Метрология и измерительная техника : учебно-методическое пособие / К. П. Латышенко. — 2-е изд. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 209 с. — ISBN 978-5-4487-0458-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79677.html>
2. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебное пособие / А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. — ISBN 978-5-9729-0346-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/86566.html>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».
3. Методические рекомендации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Информационно-измерительная техника и электроника».



Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022