

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухов Тимур Александрович

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 12.09.2023 17:26:49

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

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 лабораторных работ
по дисциплине «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И
ЭЛЕКТРОНИКА»

для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника Передача и распределение электрической энергии в системах
электроснабжения

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

1.	Общие сведения по выполнению лабораторных работ по информационно-измерительной технике и электроники	4
2.	Основные правила техники безопасности в лаборатории электротехники и электроники	4
3.	Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ	5
4.	Лабораторная работа № 1. Аналоговые электромеханические измерительные приборы	6
5.	Лабораторная работа № 2. Потенциометры и измерительные мосты	11
6.	Лабораторная работа № 3. Потенциометры и измерительные мосты	15
7.	Лабораторная работа № 4. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы	21
8.	Лабораторная работа № 5. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы	26
9.	Лабораторная работа № 6. Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы	31
10.	Лабораторная работа № 7. Измерения сопротивления изоляции	34
11.	Лабораторная работа №8 Модуляция электрических колебаний	

Общие сведения по выполнению лабораторных работ по информационно-измерительной технике и электронике

Целью работы в лаборатории является углубление и закрепление приобретенных теоретических знаний путем экспериментальной проверки теоретических положений, а также знакомство с электронными компонентами, оборудованием, измерительными приборами и аппаратурой, используемыми в лаборатории.

В результате выполнения лабораторных работ студенты должны приобрести умения и навыки по сборке и исследованию электронных схем и приборов, измерениям электрических величин. Тематика лабораторных работ полностью соответствует содержанию основных разделов курса, изучаемого в высших технических учебных заведениях. В предлагаемом учебном пособии описано семь лабораторных работ. В описании каждой лабораторной работы сформулирована ее цель, изложены основные теоретические положения, описана схема установки для проведения экспериментального исследования, даны рекомендации по проведению опытов и обработке результатов измерений, а также контрольные вопросы.

Основные правила техники безопасности в лаборатории электротехники и электроники

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:

1. 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. После того как схема будет собрана, 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.

Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ

1. 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.

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

3. 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.

Лабораторная работа №1

Аналоговые электромеханические измерительные приборы

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

1.1 Основные теоретические положения

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.

Чтобы угол отклонения α зависел от измеряемой величины, в приборе при повороте подвижной части создаётся противодействующий момент

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

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

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

-для **электромагнитных приборов**:

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

-для **электродинамических приборов**:

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

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).

1.2 Содержание практической части и порядок выполнения 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, представленных на Рис. 1.1а) и Рис. 1.1б);
- произвести измерение активной мощности нагрузки в схеме, представленной на Рис. 1.2;
- произвести измерение $\cos \varphi$, создаваемого нагрузкой, в схемах, представленных на Рис. 1.3 и Рис. 1.4.

Порядок выполнения работы:

1.2.1. Изучить основные теоретические положения.

1.2.2. 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**»; **$R_n=30...150 \text{ Ом}$** . Выполнить не менее 10 измерений, при различных значениях R_n . Результаты измерений занести в таблицу.

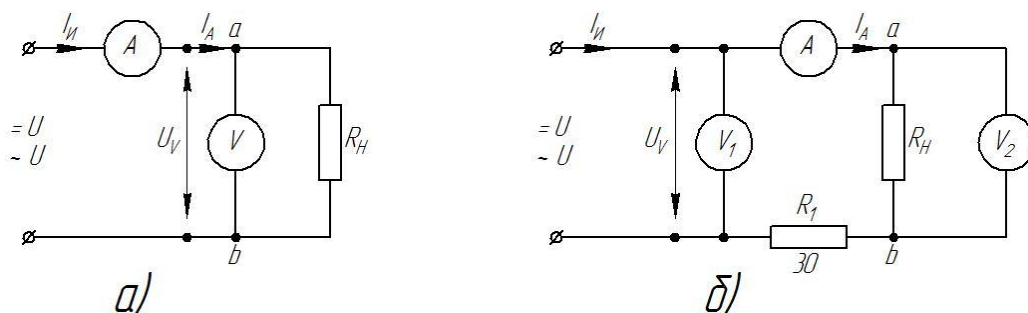


Рис.1.1. Схемы электрические принципиальные для измерения силы тока, протекающего через нагрузку; напряжения на нагрузке и измерения сопротивления нагрузки косвенным методом.

- 1.2.3. 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_н=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.
- 1.2.4. Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V₁ и амперметра на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника переменного напряжения использовать вторичное линейное напряжение трансформаторного блока; **R₁=30 Ом**; **R_н=5...100 Ом**. Выполнить не менее 10 измерений. Результаты занести в таблицу.
- 1.2.5. Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 б) без подключения вольтметра V₁ и амперметра на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве вольтметра V₂ использовать переносной прибор **Э515**, в качестве источника переменного напряжения использовать вторичное линейное напряжение трансформаторного блока; **R₁=30 Ом**; **R_н=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.
- 1.2.6. Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; **R_н=30...50 Ом**, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.
- 1.2.7. Собрать схему, приведённую на Рис. 1.1 а) на стенде «**Электротехника и основы электроники**». В качестве источника постоянного напряжения использовать источник «**=12В**»; **R_н=50...100 кОм**, известное с точностью до второго знака. Измерить сопротивление нагрузки косвенным методом. Результаты занести в таблицу.

- 1.2.8. 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.
- 1.2.9. 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.
- 1.2.10. 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.

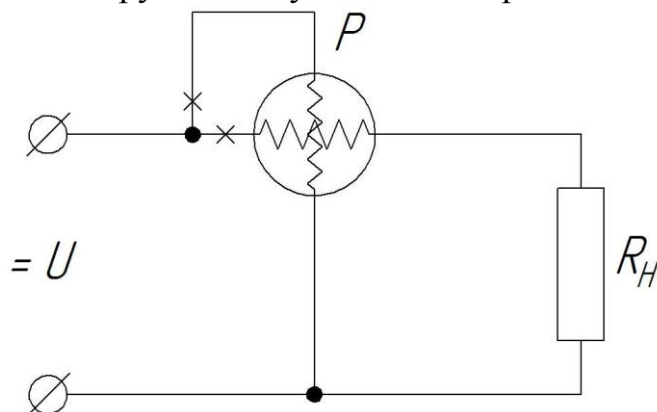


Рис.1.2.Схема электрическая принципиальная измерения активной мощности нагрузки.

- 1.2.11. Собрать схему, приведённую на Рис. 1.3 на стенде «**Теоретические основы электротехники**». В качестве источника переменного напряжения использовать источник 23В; в качестве Z_H – последовательно соединённые $R=100$ Ом и $C_1=100$ мкФ, $C_2=20$ мкФ, $C_3=10$ мкФ. Последовательно меняя конденсаторы произвести измерения $\cos \varphi$ прямым методом. Результаты измерений занести в таблицу.

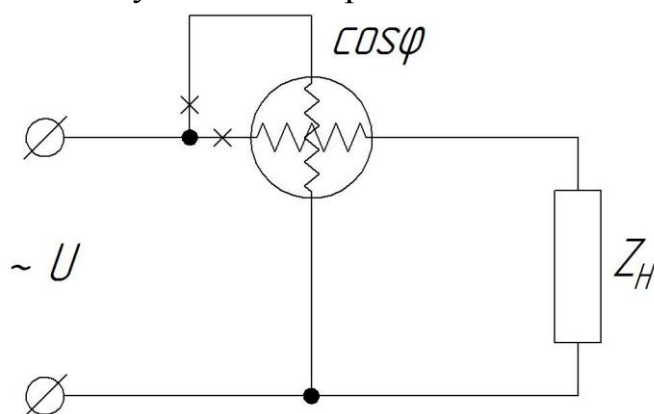


Рис.1.3. Схема электрическая принципиальная измерения $\cos \varphi$ прямым методом

- 1.2.12. 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 $R=100$ 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.

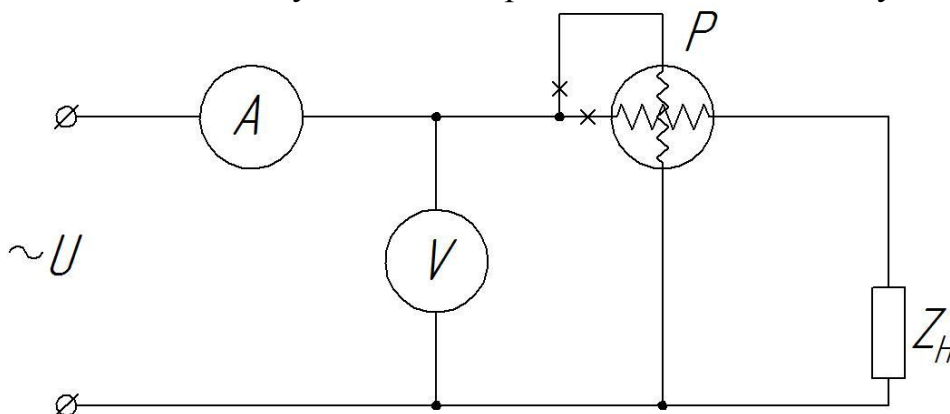


Рис.1.4. Схема электрическая принципиальная измерения $\cos \varphi$ косвенным методом.

1.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Схема измерительные принципиальные.
3. Таблицы опытных данных.
4. Сравнить значения сопротивлений, полученных по результатам измерений в п.п. 1.2.6. и 1.2.7. с известным значением. Сделать вывод о методе измерения.
5. Сравнить значения сопротивлений, полученных по результатам измерений в п.п. 1.2.8. и 1.2.9. с известным значением. Сделать вывод о методе измерения.
6. Сделать общий вывод по лабораторной работе.

1.4 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 ($\cong$) на шкале прибора электромагнитной системы.

Лабораторная работа №2

Потенциометры и измерительные мосты

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

2.1 Основные теоретические положения

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:

$$\dot{I}_{\delta-\varepsilon} = \dot{I}_0 = \frac{\dot{U}_{\delta-\varepsilon \text{ xx}}}{Z_{\text{ex}} + Z_0}$$

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

$$\dot{U}_{\delta-\varepsilon \text{ xx}} = \dot{U} \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} - \frac{Z_3}{Z_3 + Z_4} \right) = \dot{U} \left(\frac{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}{(Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4)} \right)$$

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

$$Z_{\delta-\varepsilon} = Z_{\text{ex}} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} + \frac{Z_3 \cdot Z_4}{Z_3 + Z_4} = \frac{(Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}{(Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4)}$$

$$Z_{\text{ex}} + Z_0 = \dot{U} \frac{Z_0 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_1 \cdot Z_2) \cdot (Z_3 + Z_4) + (Z_3 \cdot Z_4) \cdot (Z_1 + Z_2)}{Z_1 \cdot Z_4 - Z_2 \cdot Z_3}$$

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 имеет место при подборе плеч таким образом, чтобы $\dot{I}_0 = 0$, а это возможно лишь при $Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$.

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:

$$R_1 \cdot R_4 - X_1 \cdot X_4 = R_2 \cdot R_3 - X_2 \cdot X_3$$

$$R_1 \cdot jX_4 + R_4 \cdot jX_1 = R_2 \cdot jX_3 + R_3 \cdot jX_2$$

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

$$z_1 \cdot z_4 = z_2 \cdot z_3,$$

$$\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$$

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 отнoшений, а R_2 в качестве плеча сравнения.

2.2 Содержание практической части и порядок выполнения 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:

2.2.1. Изучить основные теоретические положения.

2.2.2. 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».

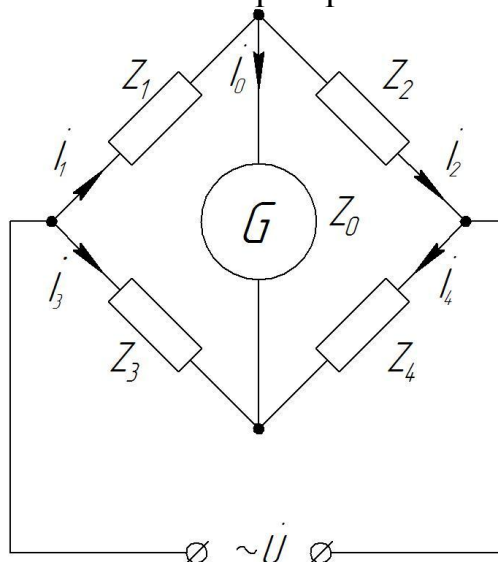


Рис.2.1. Схема электрическая принципиальная одинарного моста

2.2.2.1. Установить:

$R_3 = R_4 = 200 \text{ Ом}$,

R_2 – установлен произвольно,

МУ-62 -200мА,

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

2.2.2.2. Балансируем мостовую схему, вращая курбеля 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 $R_x = R_2$.

2.2.2.3. Установить:

$R_3 = 400 \text{ Ом}$,

Остальные параметры согласно п.2.2.2.1. Балансируя мостовую схему согласно п.2.2.2.2., убеждаемся, что $R_x = 0,5 R_2$.

2.2.2.4. Установить:

$R_4 = 400 \text{ Ом}$,

Остальные параметры согласно п.2.2.2.1. Балансируя мостовую схему согласно п.2.2.2.2., убеждаемся, что $R_x = 2 R_2$.

2.2.3. 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.

2.2.3.1. 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 добиваются такого распределения токов в схеме, 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.

2.2.3.2. Подключить к мосту Винстона отрезок медного провода диаметром 0,1мм и длиной приблизительно 10см. Произвести измерение сопротивления медного провода балансировкой моста согласно п.2.2.3.1.

2.2.3.3. Подключить к мосту Винстона последовательно ряд сопротивлений: 150Ом; 4,6кОм; 22кОм; 122кОм. Произвести измерение этих сопротивлений балансировкой моста согласно п.2.2.3.1.

2.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Принципиальная измерительная мостовая схема.
3. Запись опытных данных.

4. Общий вывод по лабораторной работе.

2.4 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 №3

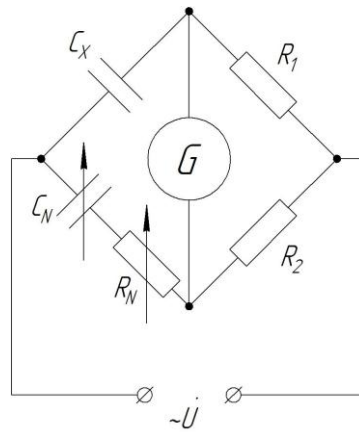
Потенциометры и измерительные мосты

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

3.1 Основные теоретические положения

В лабораторной работе №2 в разделе 2.1. была изложена общая теория мостовых схем, два условия равновесия моста переменного тока и требования к расположению плеч для обеспечения этих условий. Эти требования и определяют различные схемы для измерения физических величин, перечень которых указан в «Цель работы».

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



-характер плеч:

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

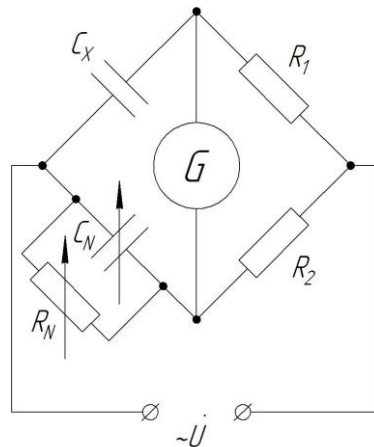
-условие равновесия:

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

-определение измеряемых величин:

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

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



-характер плеч:

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

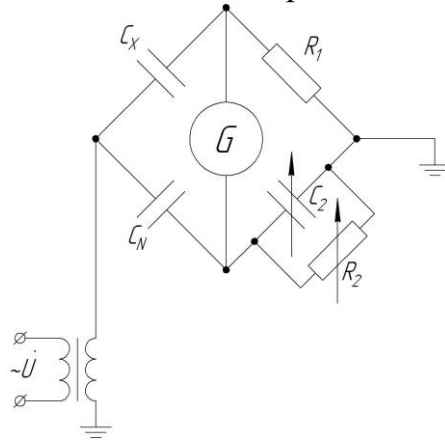
-условие равновесия:

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

-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:

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

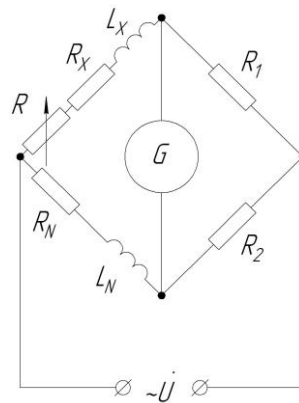
-условие равновесия:

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

-определение измеряемых величин:

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

3.1.4. Схема моста переменного тока для измерения индуктивности катушек с малым активным сопротивлением $R_x \ll R_N$



- характер плеч:

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

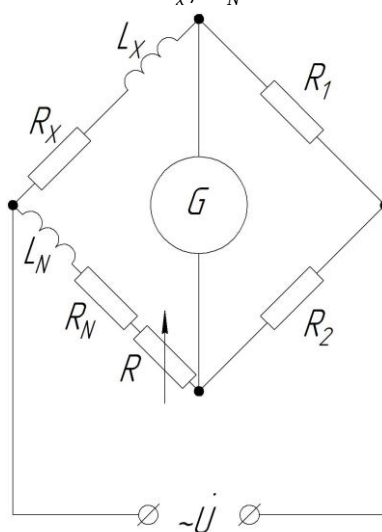
-условие равновесия:

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

-определение измеряемых величин:

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

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



- характер плеч:

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

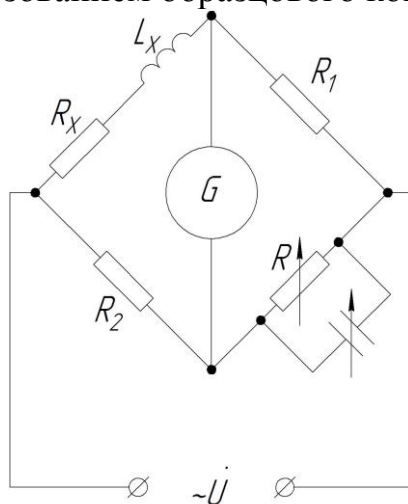
-условие равновесия:

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

-определение измеряемых величин:

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

3.1.6. 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.

3.2 Содержание практической части и порядок выполнения работы

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

3.2.1. Изучить основные теоретические положения.

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

3.2.2.1. 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:

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

3.2.3.1. 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.

3.2.3.2. 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.

3.2.3.3. 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.

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 ($tg\Delta$) конденсатора. Если $tg\Delta < 0,02$, то убедиться, что на дисплее высвечивается схема последовательного соединения. Если $tg\Delta > 0,02$, то убедиться, что на дисплее высвечивается схема параллельного соединения.

3.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Принципиальные электрические схемы измерения различных реактивных параметров.
3. Запись опытных данных.
4. Общий вывод по лабораторной работе.

3.4 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.
5. Приведите схему моста переменного тока для определения потерь в диэлектрике 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.

Лабораторная работа №4

Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы

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

4.1 Основные теоретические положения

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. Подается 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 ве-

личины 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.

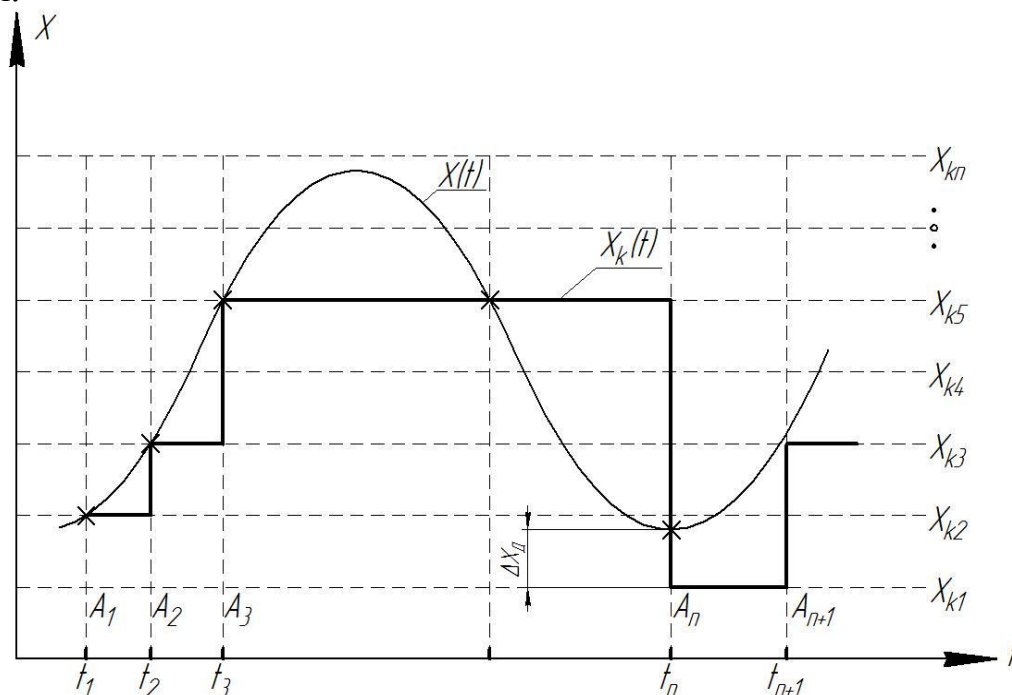


Рис.4.1. Квантование непрерывной измеряемой величины по уровню и дискретизация во времени.

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:

$$\delta = \pm \left[a_0 + b_0 \left(\frac{x_k}{x} - 1 \right) \right],$$

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 отсчётного устройства;

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

4.2. Содержание практической части и порядок выполнения работы

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

4.2.1. Изучить основные теоретические положения.

4.2.2. Ознакомиться с руководством по эксплуатации цифрового мультиметра АРРА - 505.

4.2.2.1. 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.

4.2.2.2. 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:

4.2.3. Измерение напряжения

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

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

-синей функциональной клавишей выбирать 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 AC вычисляется среднеквадратическое значение и определяется частота сигнала.

4.2.4. Измерение силы тока:

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

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

-синей функциональной клавишей выбирать 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 AC вычисляется среднеквадратическое значение и определяется частота сигнала.

4.2.5. Измерение сопротивления

- измерительные провода соединить со входными гнездами COM/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.

4.2.6. Измерение ёмкости

- измерительные провода соединить со входными гнездами COM/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.

4.2.7. Измерение частоты

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

- 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.

4.2.8. 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.

4.2.9. Испытание р-п переходов

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

- переключатель режимов установить в положение $\rightarrow$ ,

- синей функциональной клавишей выбирать режим измерения: $\rightarrow$ »,
- 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.

4.2.10. Звуковой прозвон цепей

- измерительные провода соединить со входными гнездами COM/чёрный и V/красный,
- переключатель режимов установить в положение $\rightarrow$ »,
- синей функциональной клавишей выбирать режим измерения: $\rightarrow$ »,
- подключить щупы измерительных проводов параллельно нагрузке,
- если сопротивление цепи менее 50Ом, включается непрерывный звуковой сигнал.

4.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Принципиальные электрические схемы измерения значения различных физических величин.
3. Запись опытных данных.
4. Общий вывод по лабораторной работе.

4.4. 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 №5

Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы

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

5.1. Основные теоретические положения

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.

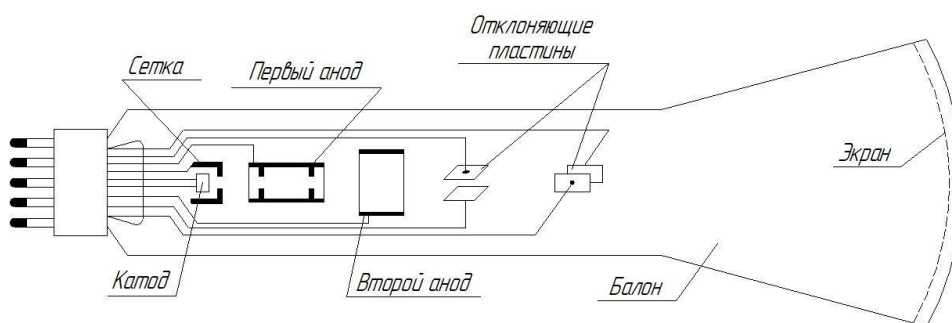


Рис.5.1. Устройство электроннолучевой трубки.

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.

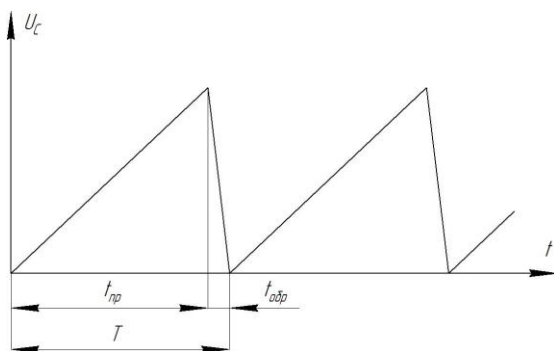


Рис.5.2. Линейно изменяющееся напряжение временной развёртки.

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.

Сдвиг фаз

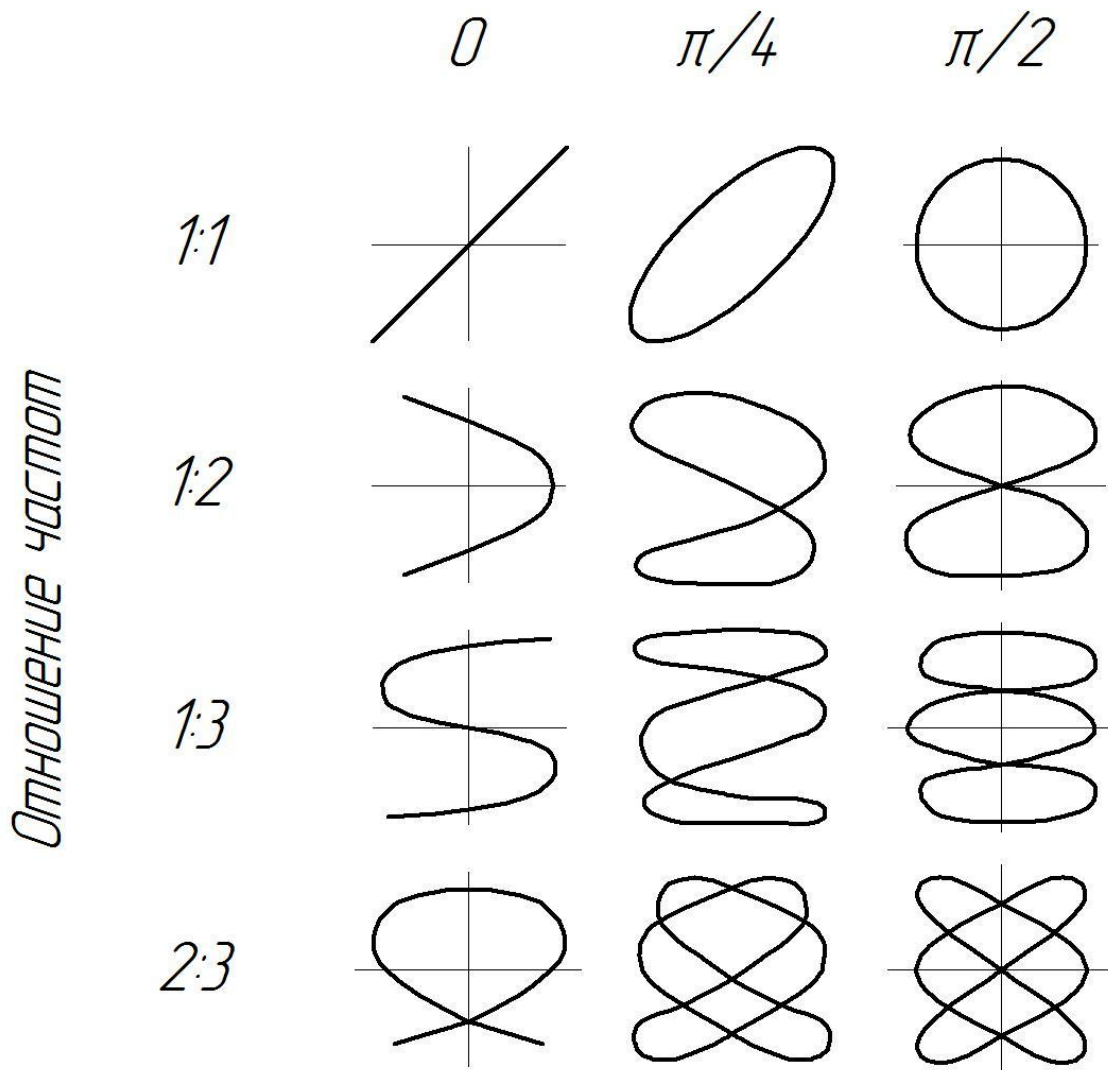


Рис.5.3. Фигуры Лиссажу для нескольких простых случаев соотношения частот и углов сдвига фаз.

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:

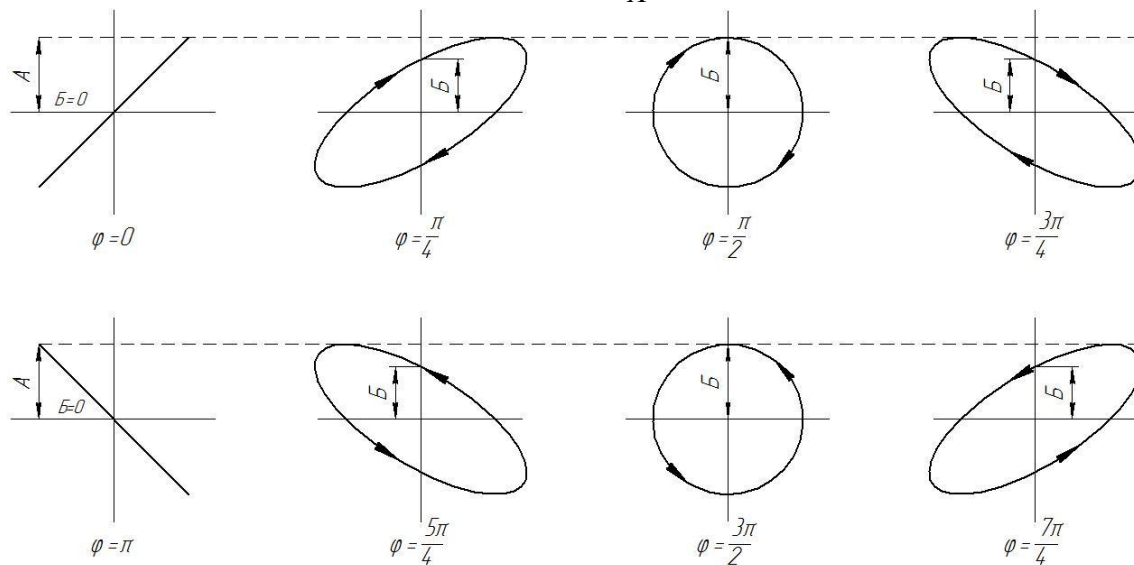
$$f_x = f_0 \frac{m}{n} \pm \Delta f.$$

Знак поправки зависит от направления 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:

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



5.2 Содержание практической части и порядок выполнения работы

В данной лабораторной работе необходимо:

- 5.2.1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с электроннолучевым осциллографом GOS-620FG;
- 5.2.2. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с генератором сигналов низкочастотным ГЗ-112;
- 5.2.3. Определить частоту исследуемого синусоидального колебания;
- 5.2.4. Определить фазовый сдвиг между двумя подаваемыми на входы осциллографа синусоидальными напряжениями;

Порядок выполнения работы:

5.2.5. Изучить основные теоретические положения.

5.2.6. 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.

5.2.7. Включить осциллограф, отрегулировать яркость и фокус лучей соответствующими ручками.

5.2.8. Подать на вход «Х» синусоидальный сигнал «неизвестной» частоты от встроенного генератора GOS-620FG или от **«Блока постоянных и переменных напряжений»** стенда «ТОЭ».

5.2.9. Подать на вход «У» синусоидальный сигнал «ожидаемой» частоты от генератора ГЗ-112 или от **«Блока постоянных и переменных напряжений»** стенда «ТОЭ».

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

5.2.11. 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».

5.2.12. Подать на входы «Х» и «У» осциллографа синусоидальные сигналы одинаковой амплитуды и частоты от **«Блока постоянных и переменных напряжений»** двух стендов «ТОЭ».

5.2.13. Наблюдать на экране осциллографа фигуры Лиссажу.

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

5.2.15. 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).

5.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Структурные электрические схемы измерения частоты и фазового сдвига электрических сигналов с помощью осциллографа.
3. Запись опытных данных.
4. Графическое изображение фигур Лиссажу, полученных в процессе измерения частоты и фазового сдвига электрических сигналов.
5. Графическое определение фазового сдвига двух электрических сигналов.
6. Общий вывод по лабораторной работе.

5.4 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.
7. Какая фигура наблюдается на экране 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.

Лабораторная работа №6

Электронные аналоговые и цифровые измерительные приборы

Цель работы: исследование периодических процессов с помощью электронного осциллографа.

6.1 Основные теоретические положения

Для решения относительно сложных задач регистрации и измерения быстропротекающих электрических процессов рационально использовать осциллографы серии Fluke 190. Так осциллограф Fluke 190 – 204 обладает характеристиками, присущими самому высококлассному оборудованию:

- полоса пропускания до 200 МГц,
- частота выборки реального времени до 2,5 Гвыб/сек на вход,
- режим автоматической синхронизации Connect-and –View™ (подключи и смотри) и полный спектр ручных режимов,
- режим Digital Persistence (цифровое послесвечение) как на аналоговом осциллографе,
- высокая скорость обновления изображения для мгновенного рассмотрения динамического изменения,
- автоматическое сохранение и повторное воспроизведение 100 изображений на экране,
- режим XY (фигуры Лиссажу) для изучения взаимодействия сигналов,
- операции с формами сигналов: сложение, вычитание и умножение,
- анализ частотного спектра с применением быстрого преобразования Фурье.

6.2. Содержание практической части и порядок выполнения работы

В данной лабораторной работе необходимо:

- 6.2.1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с электронным осциллографом Fluke 190 - 204;
- 6.2.2. Определить частоту исследуемого синусоидального колебания;
- 6.2.3. Определить фазовый сдвиг между двумя подаваемыми на входы осциллографа синусоидальными напряжениями;
- 6.2.4. Исследовать и показать на экране форму сигналов выпрямляемого и выпрямленного напряжений двухтактного трёхфазного выпрямителя (схема Ларионова).

Порядок выполнения работы:

6.2.5. Изучить основные теоретические положения.

6.2.6. Подготовить осциллограф к работе:

- подключить датчики к соответствующим входам осциллографа

6.2.7. Включить осциллограф и выбрать режим «XY».

6.2.8. Подать на вход «А» синусоидальный сигнал «неизвестной» частоты от **«Блока постоянных и переменных напряжений»** стенда «ТОЭ».

5.2.9. Подать на вход «В» синусоидальный сигнал «ожидаемой» частоты от генератора ГЗ-112 или от **«Блока постоянных и переменных напряжений»** стенда «ТОЭ».

6.2.10. Изменяя частоту сигнала, подаваемого на вход «В» наблюдать на дисплее осциллографа фигуры Лиссажу.

6.2.11. При помощи клавиши «MANUAL\AUTO» перейти в режим ручного управления.

6.2.12. Манипулируя клавишами «RANGE» и «MODE» получить на дисплее любое удобное изображение.

6.2.13. По форме фигур Лиссажу, представленных на Рис.5.3. и наблюдаемых на дисплее осциллографа определить неизвестную частоту; сравнить её с показанием частотомера.

6.2.14. Подать на входы «А» и «В» осциллографа синусоидальные сигналы одинаковой амплитуды и частоты от **«Блока постоянных и переменных напряжений»** двух стендов «ТОЭ».

6.2.15. Наблюдать на дисплее осциллографа фигуры Лиссажу.

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

6.2.17. 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).

6.2.18. На стенде «ТОЭ» собрать схему трёхфазного двухтактного выпрямителя. Датчики входов «А», «В» и «С» электронного осциллографа подключить соответственно к фазам А, В и С генератора трёхфазного напряжения «24В» **«Блока постоянных и переменных напряжений»** стенда «ТОЭ». Датчик входа «D» осциллографа подключить к выводам «+» и «-» выпрямленного напряжения.

6.2.19. Наблюдать на дисплее осциллографа процесс изменения во времени трёх фаз выпрямляемого напряжения и пульсацию выпрямленного напряжения.

6.2.20. Соблюдая полярность, подключать параллельно выводам «+» и «-» выпрямленного напряжения электролитические конденсаторы 0,01мкФ х 50В; 1мкФ х 50В; 100мкФ х 50В.

6.2.21. Наблюдать на дисплее осциллографа изменение пульсации выпрямленного напряжения.

6.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Структурные электрические схемы измерения частоты и фазового сдвига электрических сигналов с помощью электронного осциллографа.
3. Структурная электрическая схема включения электронного осциллографа для наблюдения (а, при необходимости, измерения) процесса выпрямления переменного напряжения.
4. Запись опытных данных.
5. Графическое изображение фигур Лиссажу, полученных в процессе измерения частоты и фазового сдвига электрических сигналов.
6. Графическое определение фазового сдвига двух электрических сигналов.
7. Сравнение опытных данных п.п.5,6 раздела 6.3. с опытными данными п.п.4,5 раздела 5.3.
8. Графическое изображение изменения во времени трёх фаз выпрямляемого напряжения и пульсации выпрямленного напряжения при подключении трёх конденсаторов различной ёмкости
9. Общий вывод по лабораторной работе.

6.4 Контрольные вопросы

1. В чём заключается принципиальное отличие электроннолучевого и электронного осциллографов.
2. Чем объясняется изменение пульсации выпрямленного напряжения при подключении конденсаторов различной ёмкости.
3. Отличаются ли фигуры Лиссажу, наблюдаемые на экране электроннолучевого и дисплее электронного осциллографов при одинаковой кратности частот, подаваемых на его входы.
4. Каким способом можно передвигать по дисплею электронного осциллографа изображение, представляемого одним каналом, не меняя изображения, представляемого другими каналами.
5. Как изменить масштаб изображения процесса, представляемого одним каналом, не меняя изображения, представляемого другими каналами.
6. Как вывести на дисплей режим измерения.
7. Можно ли использовать электронный осциллограф Fluke 190 – 204 только в качестве измерителя.

Лабораторная работа №7

Измерения сопротивления изоляции

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

7.1 Основные теоретические положения.

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.).



Рис. 7.1. Мегомметр М1101М.



Рис.7.2. Мегомметр с ручным генератором напряжения MEG 912-PI



Рис.7.3. Современный цифровой Мегаомметр Е6-32

Наиболее часто мегомметры применяются для измерения сопротивления изоляции кабелей.

Мегаомметры также используются 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 материа-

лов. По этим значениям вычисляют коэффициенты абсорбции (увлажненности) и поляризации (старения изоляции).

Измерение мегомметром сопротивления изоляции[править | править вики-текст]

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 показаний 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 $KA = R_{60}''/R_{15}''$ 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 статора и ротора синхронного двигателя, нужно измерять разными мегомметрами с различными номинальными напряжениями.

7.2. Содержание практической части и порядок выполнения работы

В данной лабораторной работе необходимо:

- 7.2.1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации и получить навыки работы с мегомметрами;
- 7.2.2. Измерить сопротивление изоляции одножильного медного провода, многожильного медного провода, одножильного алюминиевого провода, многожильного кабеля;
- 7.2.3. 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.
- 7.2.4. Измерить сопротивление изоляции между статорными обмотками трёхфазного электродвигателя и его корпусом, измерить сопротивление изоляции между валом ротора и корпусом этого же электродвигателя.
- 7.2.5. Изучить основные теоретические положения.
- 7.2.6. 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.
- 7.2.7. Измерить сопротивление изоляции многожильного медного провода по методу п.7.2.6.
- 7.2.8. Измерить сопротивление изоляции одножильного алюминиевого провода по методу п.7.2.6.
- 7.2.9. Измерить сопротивление изоляции многожильного кабеля:
 - выводы мегомметра М1101М поочерёдно 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 кабеля и кабельной оболочке этого же кабеля подключать выводы мегомметра Ф4102/2- 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.

7.2.10. 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.

7.2.11. 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.

7.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Запись опытных данных.
3. Сравнение опытных данных измерения сопротивления изоляции различными типами мегомметров.
4. Определение коэффициента абсорбции для каждого объекта измерения и вывод относительно степени влажности изоляции.
5. Общий вывод по лабораторной работе.

7.4 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 увлажнения 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 №8

Модулирование электрических колебаний

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

8.1 Основные теоретические положения.

Биеция. 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.

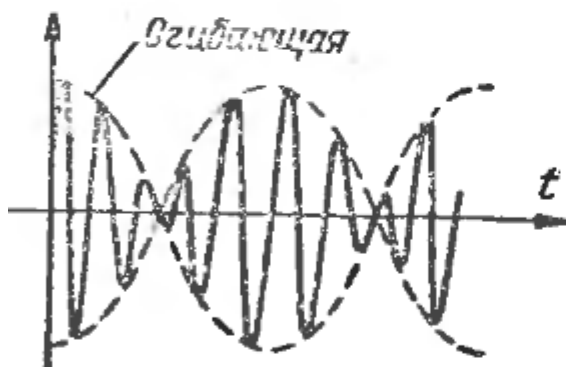


Рис. 8.1. Биеция

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).

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:

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

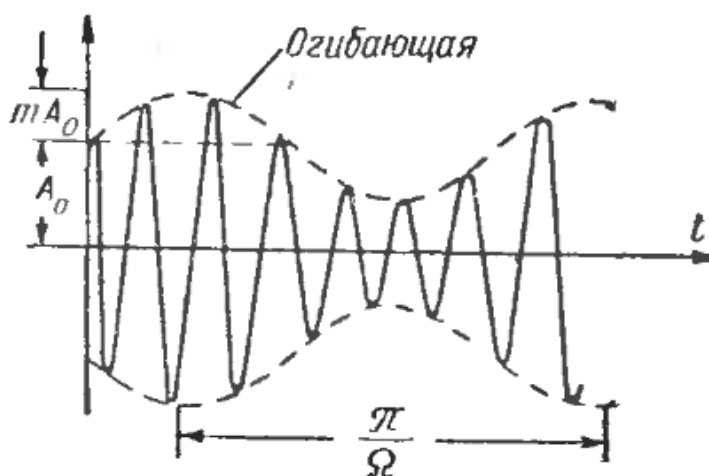


Рис. 8.2. Простейшее амплитудно моделированное колебание

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

8.2. Содержание практической части и порядок выполнения работы

В данной лабораторной работе необходимо:

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

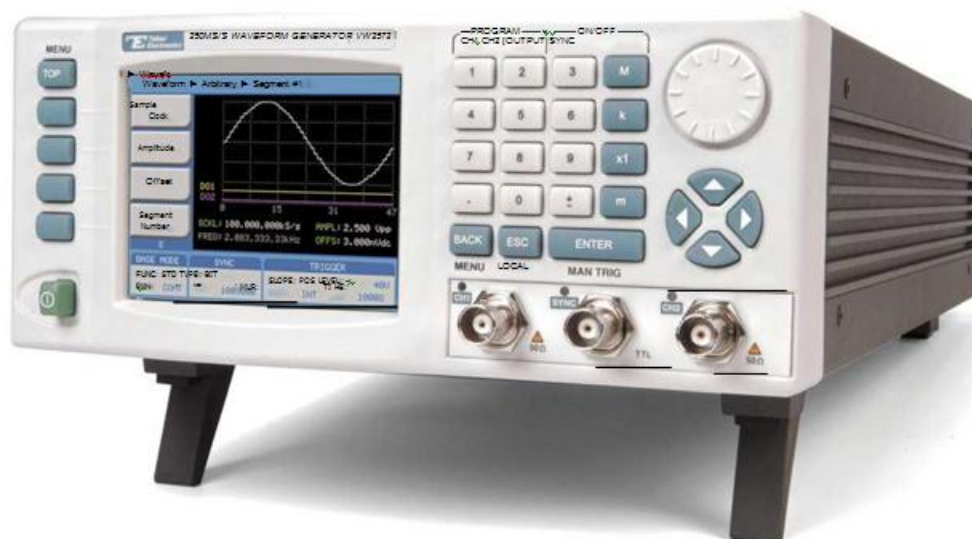


Рис. 8.1. Генератор произвольных электрических колебаний TAVOR WW 2572A



Рис. 8.2. Осциллограф – мультиметр АКИП - 4125/4.

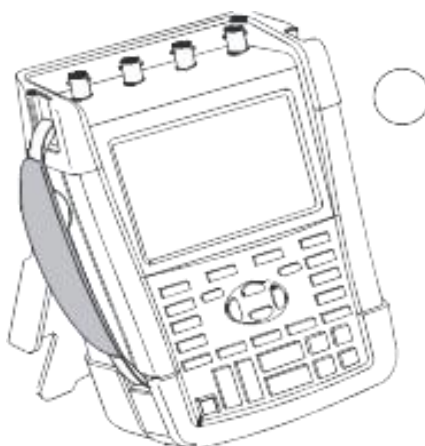


Рис. 8.3. Осциллограф – мультиметр Fluke 190-204.

8.2.2. 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 1МГц.

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.

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.

8.3 Содержание отчёта

1. Основные теоретические положения.
2. Запись опытных данных.
3. Сравнение технических характеристик, используемых в лабораторной работе осциллографов - мультиметров.
4. Определение частоты модулирующего сигнала и глубины модуляции модулированного по амплитуде сигнала.
5. Общий вывод по лабораторной работе.

8.4 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 формулу записи сигнала.
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.

Рекомендуемая литература

1. В.И.Лачин, Н.С. Савелов. Электроника. Изд. «Феникс» 2017 г.
2. Методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиля подготовки «Передача и распределение электрической энергии в системах электроснабжения». СКФУ. 2017.