

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Казанский государственный аграрный университет»**

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ. Часть 1

Практикум

для выполнения лабораторных и самостоятельных работ
обучающимися по направлению 35.03.06 «Агроинженерия»



Казань, 2021

УДК 53.083

ББК 30.1

Составители: Иванов Б.Л., Халиуллин Д.Т., Лушнов М.А., Дмитриев А.В.

Рецензенты:

Директор ООО «Дамилк-Агро» Г.Р. Рахмеева

Доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» Р.Р. Шайхутдинов

Практикум рассмотрен и одобрен:

Решением заседания кафедры машин и оборудования в агробизнесе
Казанского ГАУ (протокол №6 18.01.2021 г.)

Решением методической комиссии ИМ и ТС Казанского ГАУ
(протокол №5.25.01.2021 г.)

Иванов, Б.Л. Электрические измерения. Часть 1: практикум для
выполнения лабораторных и самостоятельных работ/ Б.Л. Иванов,
Д.Т. Халиуллин, М.А. Лушнов// Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2021. – 32 с.

Практикум по дисциплине «Электрические измерения» предназначен для
выполнения лабораторных и самостоятельных работ обучающимися по
направлению 35.03.06 «Агроинженерия».

В практикуме приведены материалы, раскрывающие методы и принцип
работы приборов для измерения различных физических величин.
Рассматриваются функциональное назначение и общее устройство
измерительных приборов.

Практикум содержит теоретическое обоснование, задания и методику
выполнения лабораторных работ, контрольные вопросы по каждой работе. В
практикуме приведены требования к материально-техническому обеспечению
лаборатории, руководство по технике безопасности при работе в лабораториях,
перечень рекомендуемой литературы.

УДК 53.083

ББК 30.1

© Казанский государственный аграрный университет 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Техника безопасности при эксплуатации учебного стенда	4
Подготовка и порядок выполнения работ	4
Устройство и принцип работы стенда	5
Лабораторная работа №1. Исследование шунта	6
Лабораторная работа №2. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.....	9
Лабораторная работа №3. Измерительные датчики тока и напряжения на эффекте холла.....	13
Лабораторная работа №4. Статические и динамические характеристики датчиков температуры	18
Лабораторная работа №5. Статические характеристики тахогенератора и энкодера	25
Лабораторная работа №6. Изучение принципа работы бесконтактных датчиков выключателей.....	28
Библиографический список	31

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УЧЕБНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд «Технологические датчики» НТЦ-05.05 предназначен для использования в качестве учебного оборудования при проведении лабораторных работ по дисциплине «Электрические измерения».

По степени защиты человека от поражения электрическим током, стенд относится к классу 1 в соответствии с требованиями ГОСТ 26104-89.

Перед выполнением лабораторных работ студент обязан пройти вводный инструктаж и расписаться в журнале по технике безопасности. Студенты, не прошедшие вводный инструктаж, к работе не допускаются, а при нарушении правил техники безопасности отстраняются от выполнения лабораторной работы.

Перед выполнением лабораторных работ необходимо внимательно изучить схемы стенда и ознакомиться с устройством лабораторной установки.

Категорически запрещается прикасаться к оборудованию стенда кроме органов, управления и диагностики, вынесенных на лицевую панель стойки электрооборудования.

При работе с переносными приборами необходимо соблюдение мер безопасности, предусмотренных инструкцией по технике безопасности.

При обнаружении любой неисправности незамедлительно прекратить работу на стенде и обратиться к преподавателю или обслуживающему персоналу.

ПОДГОТОВКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Перед началом работы необходимо тщательно изучить и подробно ознакомиться со схемой предстоящей лабораторной работы.

Начертить принципиальную схему работы в тетради. После этого вычертить монтажную схему с указанием мест подключения перемычек или составить таблицу соединений, согласно которой будет производиться коммутация элементов данной лабораторной работы.

Сборку схем производить только при отключенной питающей сети. После окончания сборки схемы проверить правильность соединений в соответствии с схемами, прилагаемыми к лабораторным работам. Убедиться в отсутствии коротких замыканий в монтаже схемы. После чего обратиться к преподавателю за разрешением на проведение лабораторной работы.

Провести опыты и полученные результаты записать в тетради. Экспериментальная часть работы считается выполненной после просмотра и утверждения отчета преподавателем.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Лицевая панель стенда (рисунок 1) разбита на группы в соответствии с тематикой проводимых работ. Стенд позволяет проводить работы по изучению и снятию характеристик датчиков тока и напряжения, датчиков температуры, датчиков линейного перемещения, бесконтактных датчиков-выключателей, датчиков углового положения и датчиков давления. В качестве измерительного оборудования в комплекте со стендом используются мультиметры.

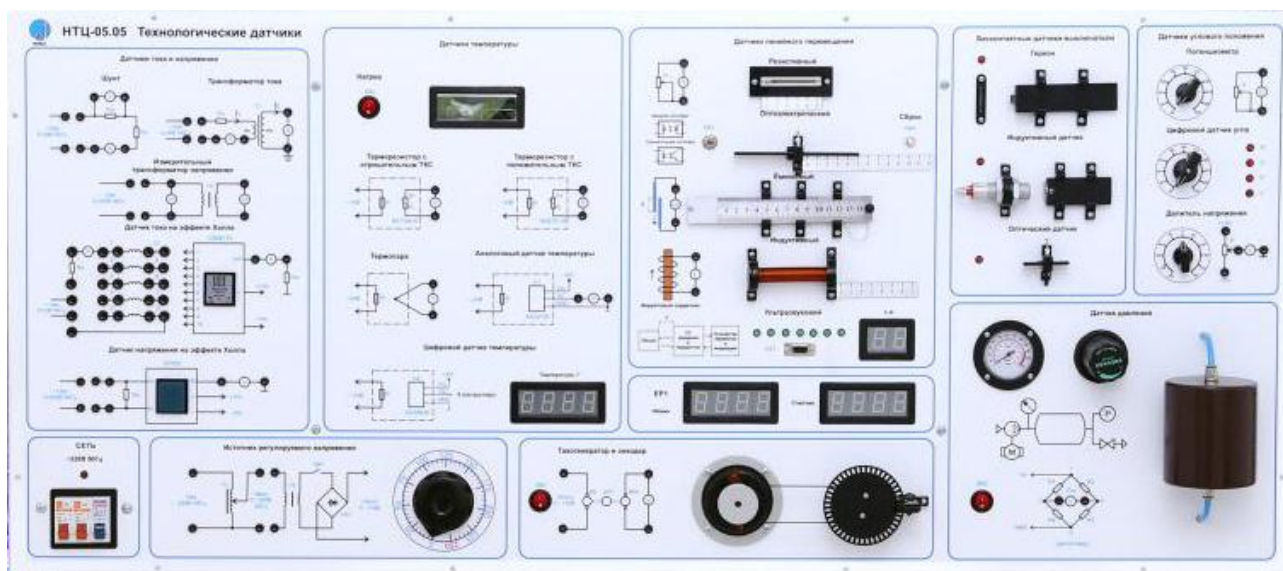


Рисунок 1 – Общий вид стенда

Для исследования датчиков тока и напряжения в стенде используется ЛАТР (лабораторный автотрансформатор) с диапазоном регулирования 0...220 В. Для исследования датчиков температуры в качестве нагревательного элемента используется резистор ПЭВ мощностью 50 Вт. Для исследования датчиков линейного перемещения к каждому датчику прилагается линейка. Для контроля над работой бесконтактных датчиков-выключателей в стенде установлены светодиоды. Регулирование скорости вращения электродвигателя, приводящего в движение тахогенератор с установленным на нем кодовым диском, производится с помощью ЛАТРа через понижающий трансформатор и выпрямитель. В качестве датчиков углового положения применяются переменные резисторы и галетный переключатель. Для исследования датчика давления в стенде используется воздушный компрессор, манометр и регулятор давления.

Лабораторная работа №1

Тема: Исследование шунта

1.1 Цель работы

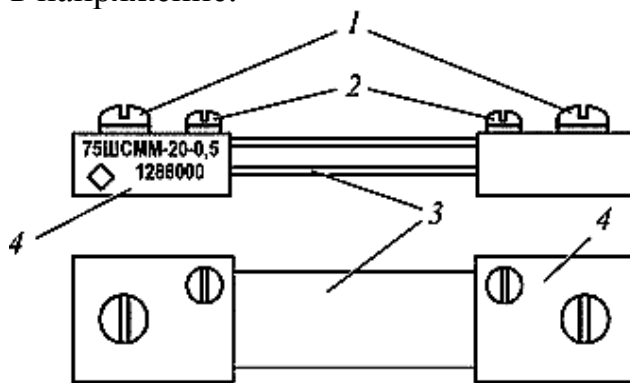
Изучить методы измерения значений силы тока и напряжения в исследуемой цепи, определения зависимости предела измерения электроизмерительных приборов от значения шунтирующего сопротивления.

1.2 Краткие теоретические сведения

В электрических цепях для измерения напряжения и силы тока применяются электроизмерительные приборы, имеющие внутреннее сопротивление. Внутреннее сопротивление влияет на параметры измерительных приборов в исследуемой цепи. При измерении силы тока, амперметр необходимо подключать в цепь последовательно, чтобы ток проходил через нее. Наличие внутреннего сопротивления амперметра приводит к повышению общего сопротивления на исследуемом участке цепи, вследствие чего сила тока в цепи с амперметром меньше чем сила тока без него. Поэтому чем ниже внутреннее сопротивление амперметра, тем меньше происходит изменение силы тока на исследуемом участке цепи.

Шунт – устройство, которое позволяет электрическому току протекать в обход какого-либо участка схемы, обычно представляет собой низкоомный резистор, катушку или проводник.

Шунт (рисунок 1.1) является простейшим измерительным преобразователем тока в напряжение.



1 – зажимы токовые; 2 – зажимы потенциальные; 3 – пластины манганиновые;
4 – наконечники медные

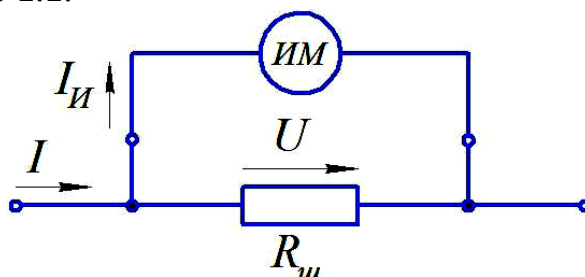
Рисунок 1.1 – Схема наружного шунта

Измерительный шунт характеризуется номинальным значением входного тока $I_{ном}$ и номинальным значением выходного напряжения $U_{ном}$. Их отношение определяет номинальное сопротивление шунта (1.1):

$$R_{ш} = \frac{U_{ном}}{I_{ном}}, \quad (1.1)$$

Шунты применяются для расширения пределов измерения измерительных механизмов по току, при этом большую часть измеряемого тока

пропускают через шунт, а меньшую – через измерительный механизм. Шунты имеют небольшое сопротивление и применяются, главным образом, в цепях постоянного тока с магнитоэлектрическими измерительными механизмами. Схема соединения и использования измерительного механизма с шунтом представлена на рисунке 1.1.



I – Входной ток; $I_{И}$ – Ток измеряемый; U – Напряжение; $R_{ш}$ – Сопротивление шунта;
 $ИМ$ – Измерительный механизм

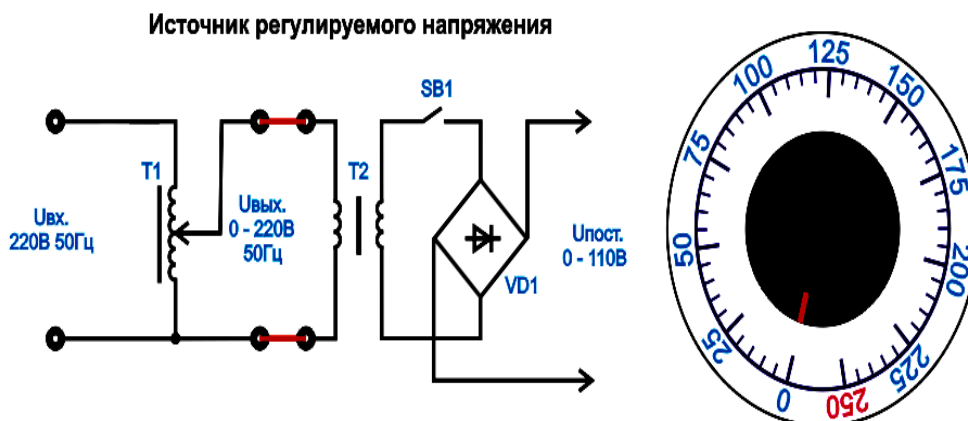
Рисунок 1.1 - Схема соединения измерительного механизма с шунтом

1.3 Порядок выполнения работы

1.3.1 Исследование шунта.

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50Гц.

Собрать с помощью перемычек схему источника регулируемого напряжения как на рисунке 1.5.



$U_{вх}$ – Входное напряжение; $U_{вых}$ – Выходное напряжение; $U_{пост.}$ – Вторичное напряжение; T_1 – ЛАТР; T_2 – Трансформатор; SB_1 – Кнопка включения; VD_1 – Диодный мост

Рисунок 1.5 – Схема включения источника регулируемого напряжения

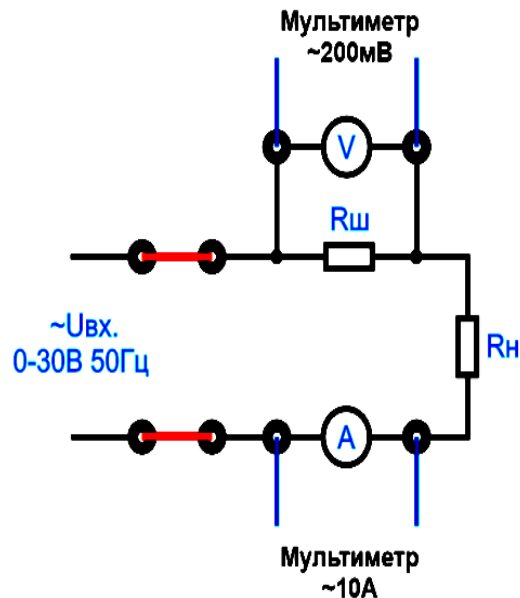
Собрать с помощью перемычек схему для исследования шунта (рисунок 1.6). Подключить мультиметры. На одном выставить предел измерений 200 мВ переменного напряжения, на другом предел измерения 10 А переменного тока.

Плавно повышать входное напряжение переводом ручки источника регулируемого напряжения по часовой стрелки от 0 до 30 В, при этом регистрировать значения напряжения $U_{ш}$ и тока $I_{н}$ по мультиметрам.

Для справки: в качестве источника регулируемого напряжения в стенде используется ЛАТР T_1 с диапазоном регулирования от 0 – 220 В. На выход ЛАТРа подключен трансформатор T_2 с тремя вторичными обмотками –

первая на 110В для питания электродвигателя М1, вторая на 30В для питания схем исследования шунта и трансформатора тока, третья на 12В для питания схемы исследования датчика тока на эффекте Холла. Регулируя напряжение на ЛАТРе, мы изменяем входное напряжение и выходное на трансформаторе Т2. В данной лабораторной работе диапазон регулирования напряжения для исследования шунта от 0 до 30В.

Полученные данные занести в таблицу 1.1.



$U_{вх}$ – Входное напряжение; V – Вольтметр; $R_{ш}$ – Сопротивление шунта;
 $R_{н}$ – Сопротивление цепи; A – Амперметр

Рисунок 1.6 – Схема исследования шунта

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Таблица 1.1 – Экспериментальные данные

$U_{вх}, В$	$U_{ш}, мВ$	$I_{н}, А$	$I_{ш}, А$
0			
5			
10			
15			
20			
25			
30			

С помощью закона Ома найти значения тока, протекающего через шунт (Сопротивление шунта 100 мОм):

$$I_{ш} = \frac{U_{ш.м}}{R_{ш.м}}, \quad (1.2)$$

По окончании работы, перевести регулятор ЛАТРа в крайнее левое положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить все перемычки и мультиметры.

1.4 Контрольные вопросы:

1. Что такое шунт?
2. Виды шунтов?
3. Каким образом шунт позволяет изменить предел измерения электроизмерительных приборов?
4. Почему шунт для расширения предела измерения амперметра включается параллельно амперметру, а шунт для расширения предела измерения вольтметра – последовательно вольтметру?

1.5 Задания для выполнения самостоятельных работ:

1. Используя литературу [1-4] описать в письменном виде классификацию датчиков тока и напряжения.
2. Сравнить расчетные значения тока шунта с полученными во время эксперимента. Написать соответствующие выводы.
3. Построить статическую характеристику напряжения шунта $U_{ш} = f(U_{вх})$.
4. Определите действительное значение напряжения в цепи, если вольтметр показывает 125 В, величина добавочного сопротивления – 150 кОм.

Лабораторная работа №2

Тема: Измерительные трансформаторы тока и напряжения

2.1 Цель работы

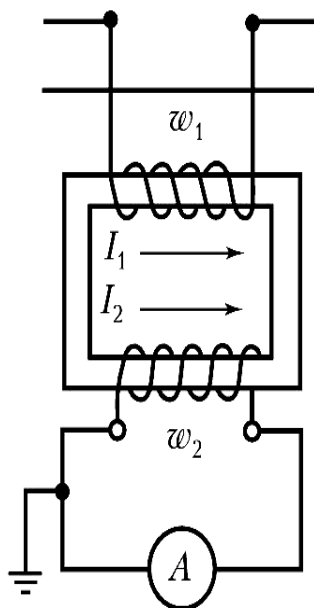
Изучить принцип работы трансформаторов тока и напряжения, исследовать их статические характеристики.

2.2 Краткие теоретические сведения

Трансформатор тока – трансформатор, первичная обмотка которого подключена к источнику тока, а вторичная обмотка замыкается на измерительные или защитные приборы, имеющие малые внутренние сопротивления.

Измерительный трансформатор тока – трансформатор, предназначенный для преобразования тока до значения, удобного для измерения. Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в цепь с измеряемым переменным током, а во вторичную включаются измерительные приборы. Ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока, пропорционален току, протекающему в его первичной обмотке (рисунок 2.1).

Трансформаторы тока широко используются для измерения электрического тока и в устройствах релейной защиты электроэнергетических систем, в связи, с чем на них накладываются высокие требования по точности. Трансформаторы тока обеспечивают безопасность измерений, изолируя измерительные цепи от первичной цепи с высоким напряжением, часто составляющим сотни киловольт.



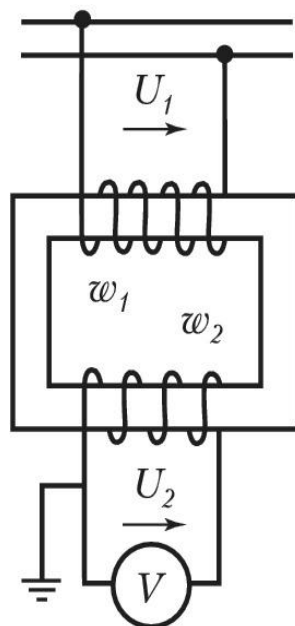
I_1 – Ток первичной обмотки; I_2 – Ток вторичной обмотки; W_1 – Первичная обмотка;
 W_2 – Вторичная обмотка; A – Амперметр

Рисунок 2.1 – Схема включения трансформатора тока

К трансформаторам тока предъявляются высокие требования по точности. Как правило, трансформатор тока выполняют с двумя и более группами вторичных обмоток: одна используется для подключения устройств защиты, другая, более точная – для подключения средств учёта и измерения (например, электрических счётчиков).

Измерительные трансформаторы напряжения используют главным образом для подключения электроизмерительных приборов в цепи переменного тока высокого напряжения. При этом электроизмерительные приборы оказываются изолированными от цепей высокого напряжения, что обеспечивает безопасность работы обслуживающего персонала. Кроме того, измерительные трансформаторы дают возможность расширять пределы измерения приборов, т. е. измерять большие токи и напряжения с помощью сравнительно несложных приборов, рассчитанных для измерения малых токов и напряжений. В ряде случаев измерительные трансформаторы служат для подключения к цепям высокого напряжения обмоток реле, обеспечивающих защиту электрических установок от аварийных режимов.

Трансформаторы напряжения служат для включения вольтметров, а также других приборов, реагирующих на значение напряжения (например, катушек напряжения ваттметров, счетчиков, фазометров и различных реле). Трансформатор напряжения выполняют в виде двухобмоточного понижающего трансформатора (рисунок 2.2). Для обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала вторичную обмотку тщательно изолируют от первичной и заземляют. Условное обозначение трансформатора напряжения такое же, как двухобмоточного трансформатора.



U_1 – Измеряемое напряжение; U_2 – Вторичное напряжение; W_1 – Первичная обмотка;
 W_2 – Вторичная обмотка; V – Вольтметр

Рисунок 2.2 – Схема включения измерительного трансформатора напряжения

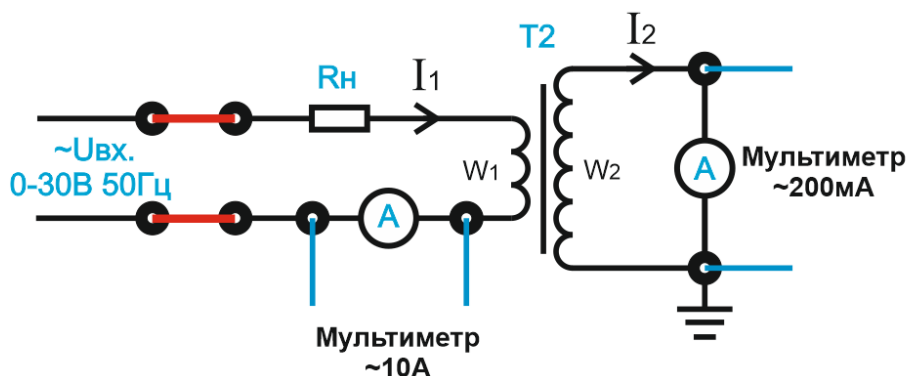
Так как сопротивления обмоток вольтметров и других приборов, подключаемых к трансформатору напряжения, велики, то он практически работает в режиме холостого хода.

2.3.1 Исследование трансформатора тока

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220В, 50Гц.

Собрать с помощью перемычек схему источника регулируемого напряжения как на рисунке 1.7.

Собрать с помощью перемычек схему для исследования трансформатора тока (рисунок 2.3). Подключить мультиметры. На одном выставить предел измерений 200 мА переменного тока, на другом предел измерения 10 А переменного тока.



$U_{вх}$ – Входное напряжение; $R_{ш}$ – Сопротивление шунта; R_H – Сопротивление цепи;
 I_1 – Ток первичной обмотки; I_2 – Ток вторичной обмотки; W_1 – Первичная обмотка;
 W_2 – Вторичная обмотка; A – Амперметр; T_2 – Трансформатор

Рисунок 2.3 – Схема исследования трансформатора тока

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Плавно повышать входное напряжение переводом ручки источника регулируемого напряжения по часовой стрелки от 0 до 30В, при этом регистрировать значения тока I_1 и тока I_2 по мультиметрам. Сопротивление нагрузки $R_n = 100 \text{ Ом}$

Полученные данные занести в таблицу 2.1.

Необходимо построить статическую характеристику $I_2 = f(I_1)$.

По окончании работы, перевести регулятор ЛАТРа в крайнее левое положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить все перемычки и мультиметры.

Таблица 2.1 – Экспериментальные данные

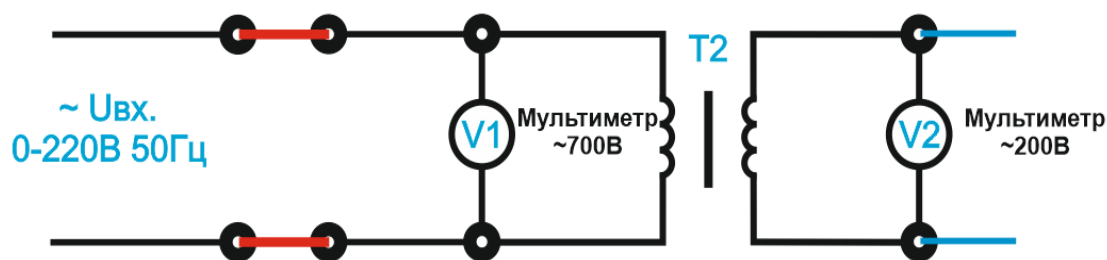
$U_{\text{вх}}, \text{ В}$	$I_1, \text{ А}$	$I_2, \text{ А}$	$U_{\text{вх}}, \text{ В}$
0			
5			
10			
15			
20			
25			
30			

2.3.2 Исследование измерительного трансформатора напряжения

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220В, 50Гц.

Собрать с помощью перемычек схему источника регулируемого напряжения как на рисунке 2.4.

Собрать с помощью перемычек схему для исследования трансформатора напряжения (рисунок 8). Подключить мультиметры. На одном выставить предел измерений 700В переменного напряжения, на другом предел измерения 200В переменного напряжения.



$U_{\text{вх}}$ – Входное напряжение; V1, V2 – Вольтметры; Т2 – Трансформатор

Рисунок 2.4 – Схема исследования измерительного трансформатора напряжения

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Плавно повышать входное напряжение переводом ручки источника регулируемого напряжения по часовой стрелки от 0 до 220В, при этом регистрировать значения напряжения U_1 и тока U_2 по мультиметрам.

Полученные данные занести в таблицу 2.2.

По окончании работы, перевести регулятор ЛАТРа в крайнее левое положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить все перемычки и мультиметры.

Таблица 2.2 – Экспериментальные данные

$U_1, В$	$U_2, В$
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	
200	
220	

2.4 Контрольные вопросы:

1. Что такое трансформатор тока?
2. Что такое измерительный трансформатор тока?
3. Что такое измерительный трансформатор напряжения?
4. Объясните принцип действия измерительного трансформатора тока.
5. Объясните принцип действия измерительного трансформатора напряжения.

2.5 Задания для выполнения самостоятельных работ:

1. Используя литературу [1-4] описать в письменном виде классификацию датчиков тока и напряжения.
2. Построить статическую характеристику силы тока вторичной обмотки трансформатора $I_2 = f(I_1)$.
3. Построить статическую характеристику напряжения трансформатора $U_2 = f(U_1)$.

Лабораторная работа №3

Тема: Измерительные датчики тока и напряжения на эффекте холла

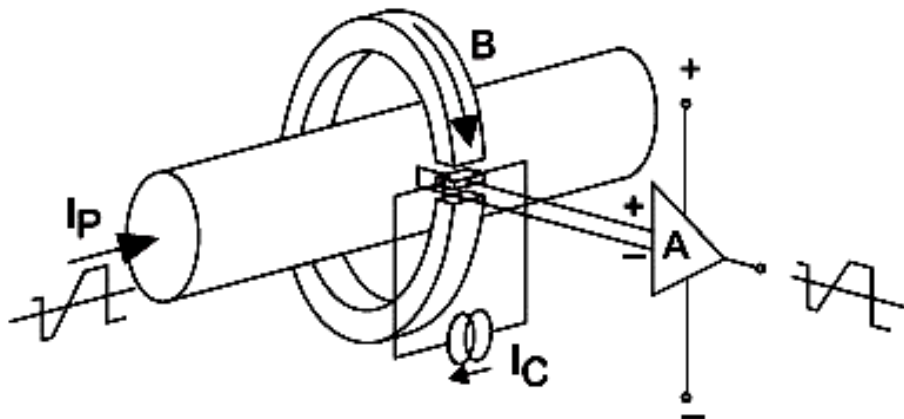
3.1 Цель работы

Изучить принцип работы датчиков тока и напряжения на эффекте Холла, исследовать их статические характеристики.

3.2 Краткие теоретические сведения

Датчики тока на эффекте Холла предназначены для измерения постоянного или переменного токов с гальванической развязкой силовой цепи и цепей контроля.

Конструкция датчиков тока (рисунок 3.1) включает в себя магнитопровод с зазором и компенсационной обмоткой, датчик Холла и электронную плату обработки сигналов. Магниточувствительный датчик Холла закреплен в зазоре магнитопровода и соединен с входом электронного усилителя.



I_p – Первичный ток; I_c – Измеряемый ток; B – Магнитная индукция; A – Амперметр

Рисунок 3.1 – Принцип действия датчика тока на эффекте Холла

При протекании измеряемого тока по шине, охватываемой магнитопроводом, в последнем наводится магнитная индукция. Датчик Холла, реагирующий на возникшее магнитное поле, вырабатывает напряжение, пропорциональное величине наведенной магнитной индукции. Выходной сигнал с датчика усиливается электронным усилителем и подается в компенсационную обмотку. В результате, по обмотке течет компенсационный ток, пропорциональный измеряемому току по величине и соответствующий ему по форме.

Линейные датчики Холла могут быть использованы в составе измерителей силы тока в пределах от 250 мА до тысяч ампер. Важнейшим достоинством таких датчиков является полное отсутствие электрической связи с измеряемой цепью. Линейные датчики позволяют измерять постоянные и переменные токи, в том числе токи довольно высокой частоты. Если линейный датчик Холла расположен вблизи проводника с током, то выходное напряжение датчика пропорционально индукции магнитного поля, окружающего проводник. Величина индукции, в свою очередь, пропорциональна току.

Датчики напряжения, основанные на эффекте Холла, работают на тех же принципах, что и датчики тока. Практически они собраны на основе датчиков тока, а главное отличие состоит в первичной цепи, катушка которой изготовлена с большим количеством витков.

Это позволяет создать необходимое количество ампер-витков для создания первичной индукции, и, таким образом, при минимальном значении

первичного тока, обеспечивается небольшое потребление из входной цепи, т. е. цепи преобразуемого напряжения.

Поэтому для измерения напряжения достаточно обеспечить первичный ток, эквивалентный этому напряжению, который и будет преобразовывать датчик. Это достигается с помощью резистора, последовательно соединенного с первичной обмоткой. Этот резистор может быть внешним или встроенным в корпус датчик. В датчиках напряжения с внешним резистором используется тот же принцип работы, что и в датчике тока, описанном ранее, для определения значений напряжения и нагрузочного резистора подходят аналогичные правила. Дополнительно должно быть рассчитано значение внешнего резистора R . В датчиках напряжения со встроенным резистором в качестве входного резистора R установлен резистор с расчетной мощностью рассеивания при номинальном напряжении и собственной погрешностью, идентичной погрешности датчиков. Встроенный входной резистор, выбранный в соответствии с номинальным входным напряжением – преимущество этих датчиков. Однако их измерительный диапазон ограничен полуторным увеличением номинального значения.

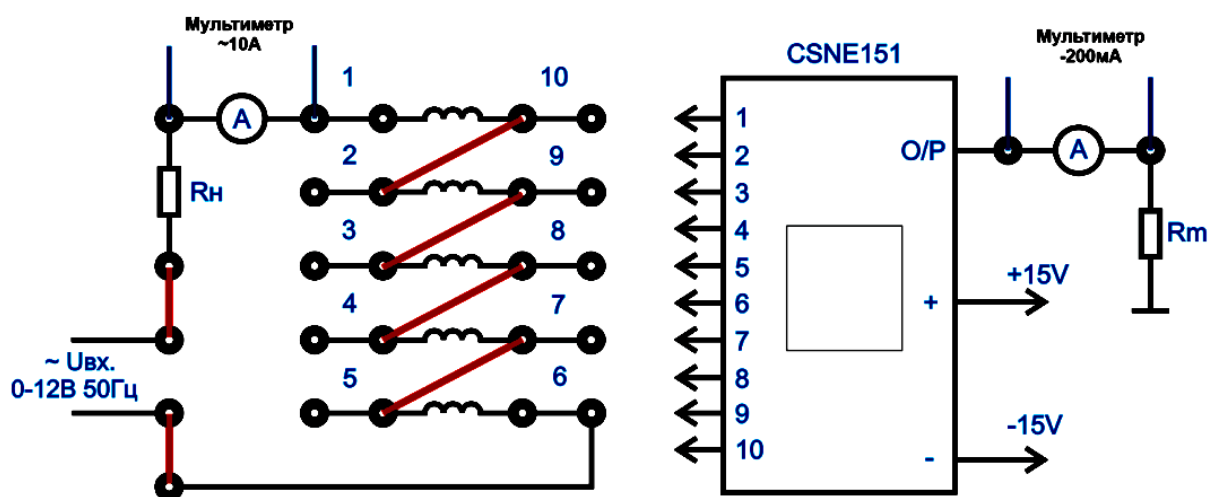
3.3.1 Исследование датчика тока на эффекте Холла

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Собрать с помощью перемычек схему источника регулируемого напряжения как на рисунке 3.2.

Собрать с помощью перемычек схемы для исследования датчика тока на эффекте Холла (рисунок 3.2 и 3.3).

Подключить мультиметры. На одном выставить предел измерений 10 А переменного тока, на другом предел измерения 200 мА постоянного тока. Для подключения мультиметров к гнездам использовать переходники, входящие в комплект стенда.



$U_{вх}$ – Входное напряжение; A – Амперметр; R_n – нагрузочный резистор ($R_n=2\text{ Ом}$);

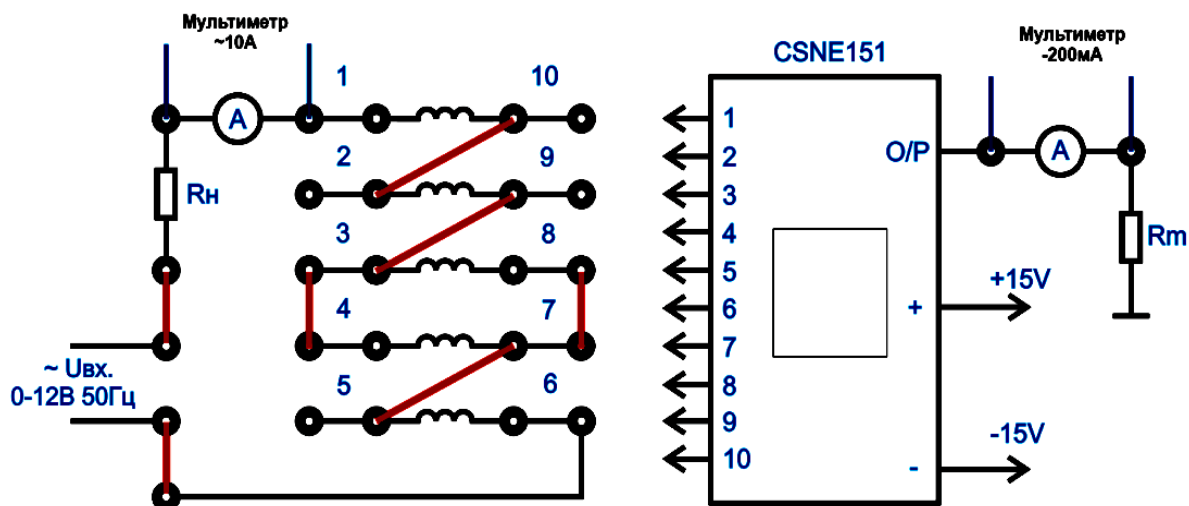
CSNE151 – Датчик тока; R_m – измерительный резистор ($R_m=300\text{ Ом}$);

Рисунок 3.2 – Схема исследования датчика тока на эффекте Холла при $I_{вх}=5\text{ А}$

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Плавно повышать входное напряжение переводом ручки источника регулируемого напряжения по часовой стрелки от 0 до 12 В, при этом регистрировать значения входного тока I_1 и выходного тока I_2 по мультиметрам.

По окончании работы, перевести регулятор ЛАТРа в крайнее левое положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить все перемычки и мультиметры.



$U_{вх}$ – Входное напряжение; A – Амперметр; R_n – нагрузочный резистор ($R_n=2\text{ Ом}$);
 $CSNE151$ – Датчик тока; R_m – измерительный резистор ($R_m=300\text{ Ом}$);

Рисунок 3.3 – Схема исследования датчика тока на эффекте Холла при $I_{вх}=7\text{ А}$

ВНИМАНИЕ!!! Не включать схемы на продолжительное время (больше 2 минут) при максимальном входном напряжении 12В, во избежании перегрева трансформатора!!!

Полученные данные занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Экспериментальные данные

$U_{вх}, \text{ В}$	$I_1, \text{ А}$	$I_2, \text{ мА}$
0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		

3.3.2 Исследование датчика напряжения на эффекте Холла

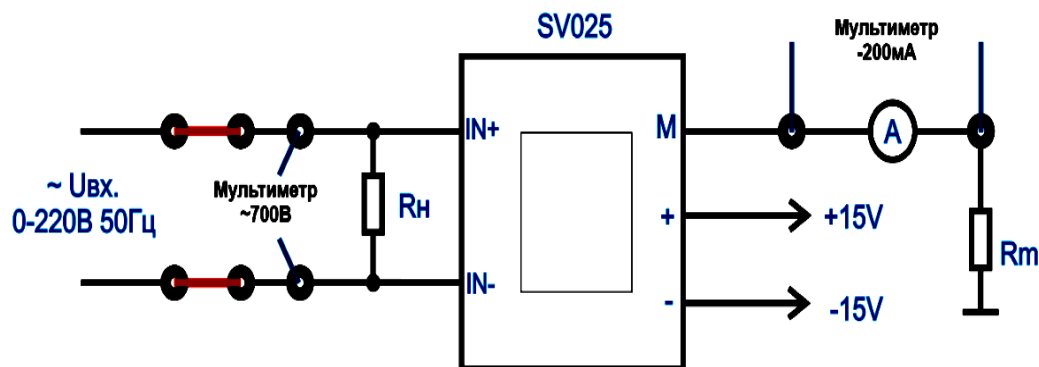
Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220В, 50Гц.

Собрать с помощью перемычек схемы источника регулируемого напряжения и для исследования датчика напряжения на эффекте Холла (рисунок 3.4).

Подключить мультиметры. На одном выставить предел измерений 700 В переменного напряжения, на другом предел измерения 200 мА постоянного тока.

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Плавно повышать входное напряжение переводом ручки источника регулируемого напряжения по часовой стрелки от 0 до 220 В, при этом регистрировать значения входного напряжения U и выходного тока I по мультиметрам.



$U_{вх}$ – Входное напряжение; A – Амперметр; R_n – нагрузочный резистор ($R_n = 27\text{ кОм}$);
 $SV025$ – Датчик напряжения; R_m – измерительный резистор ($R_m = 300\text{ Ом}$)

Рисунок 3.4 – Схема исследования датчика напряжения на эффекте Холла

По окончании работы, перевести регулятор ЛАТРа в крайнее левое положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить все перемычки и мультиметры.

Полученные данные занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Экспериментальные данные

$U, \text{В}$	$I, \text{мА}$
0	
20	
40	
60	
80	
100	
120	
140	
160	
180	
200	
220	

3.4 Контрольные вопросы:

1. Что такое датчик напряжения на эффекте Холла?
2. Что такое датчик тока на эффекте Холла?
3. Объясните принцип действия датчика напряжения на эффекте Холла.
4. Объясните принцип действия датчика тока на эффекте Холла.

3.5 Задания для выполнения самостоятельных работ:

1. Используя литературу [1–4] описать в письменном виде классификацию датчиков тока и напряжения.
2. Построить статическую характеристику силы $I_2 = f(I_1)$ тока датчика на эффекте Холла.
3. Построить статическую характеристику напряжения датчика на эффекте Холла $I = f(U)$.

Лабораторная работа №4

Тема: Статические и динамические характеристики датчиков температуры

4.1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы и характеристики датчиков температуры.

4.2 Краткие теоретические сведения

Термопара (термоэлектрический преобразователь) – устройство, применяемое для измерения температуры в промышленности, научных исследованиях, медицине, в системах автоматики.

Международный стандарт на термопары дает следующее определение термопары: «Термопара – пара проводников из различных материалов, соединенных на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения температуры».

Для измерения разности температур зон, ни в одной из которых не находится вторичный преобразователь (измеритель термо-ЭДС), удобно использовать дифференциальную термопару: две одинаковых термопары, соединенных навстречу друг другу. Каждая из них измеряет перепад температур между своим рабочим спаем и условным спаем, образованным концами термопар, подключёнными к клеммам вторичного преобразователя, но вторичный преобразователь измеряет разность их сигналов, таким образом, две термопары вместе измеряют перепад температур между своими рабочими спаями.

Терморезистор – полупроводниковый резистор, в котором используется зависимость электрического сопротивления полупроводникового материала от температуры.

Для терморезистора характерны большой температурный коэффициент сопротивления (ТКС) (в десятки раз превышающий этот коэффициент у металлов), простота устройства, способность работать в различных

климатических условиях при значительных механических нагрузках, относительно невысокая долговременная стабильность характеристик.

Основными параметрами терморезистора являются: номинальное сопротивление, температурный коэффициент сопротивления, интервал рабочих температур, максимально допустимая мощность рассеяния. Различают терморезисторы с отрицательным (термисторы) и положительным (позисторы) ТКС. Их ещё называют NTC-термисторы (Negative temperature coefficient) и PTC-термисторы (Positive temperature coefficient). У позисторов с ростом температуры растёт и сопротивление, а у термисторов - наоборот: при увеличении температуры сопротивление падает.

Цифровые датчики температуры предназначены для измерения и мониторинга температуры собственного корпуса и температуры удаленного объекта. Во втором случае измерение производится при помощи внешних термодатчиков (кремниевых диодов). Цифровые датчики объединяют на кристалле кремниевый термодатчик, аналого-цифровой преобразователь (до 14 бит), регистры верхнего и нижнего значения собственной температуры и температуры удаленных датчиков, регистры конфигурации и гистерезиса, аналоговые компараторы, логику управления и реализации протоколов последовательной передачи данных и стабилизатор питания. Цифровые датчики температуры, обладают невысокой стоимостью, компактным исполнением и низким током потребления. Они позволяют просто и эффективно решить задачу отслеживания температуры важных компонентов устройства (силовые полупроводниковые модули и транзисторы, процессоры, обмотки двигателей и т.д.) и при возникновении перегрева сформировать сигнал тревоги или прерывания.

Аналоговые полупроводниковые датчики температуры предназначены для линейного преобразования значения окружающей температуры или температуры какого-либо объекта в постоянное напряжение. Линейка этих приборов характеризуется большим разнообразием конструктивных исполнений (от миниатюрного MicroSMD корпуса до стандартного ТО-220), широким диапазоном рабочих температур (есть модели - 55...+150 °С), высокой точностью (до 1,0 °С в рабочем диапазоне), заводской калибровкой, малым током потребления и низкой стоимостью.

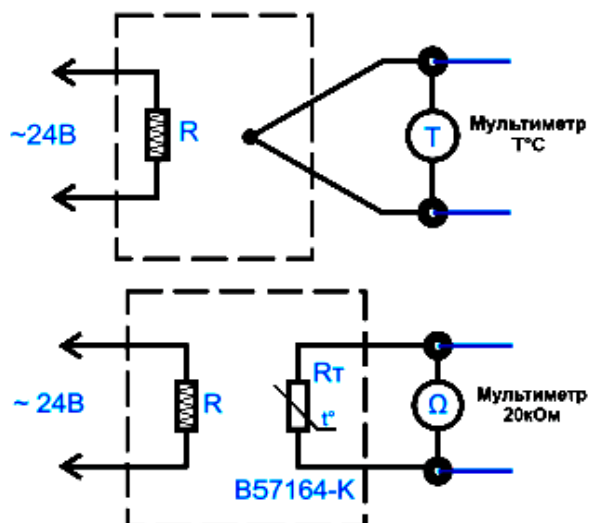
4.3 Порядок выполнения работы

Внимание!!! Перед каждым новым опытом убедиться, что нагревательный элемент остыл до 20...25°C!

4.3.1. Исследование датчика температуры с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС)

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Подключить первый мультиметр к гнездам термопары и выставить на нем режим измерения температуры. Другой мультиметр подключить к гнездам датчика температуры с температурным коэффициентом сопротивления и выставить предел измерений 20 кОм (рисунок 4.1).



R – Сопротивление; $B57164-K$ – Термистор с отрицательным температурным коэффициентом; R_T – Термосопротивление; T – Термопара; Ω – Датчик температуры коэффициентом сопротивления 20 кОм

Рисунок 4.1 – Схема исследования датчика температуры с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Перевести тумблер «НАГРЕВ» в верхнее положение. Регистрировать значения температуры и сопротивления датчика. Полученные данные занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Экспериментальные данные

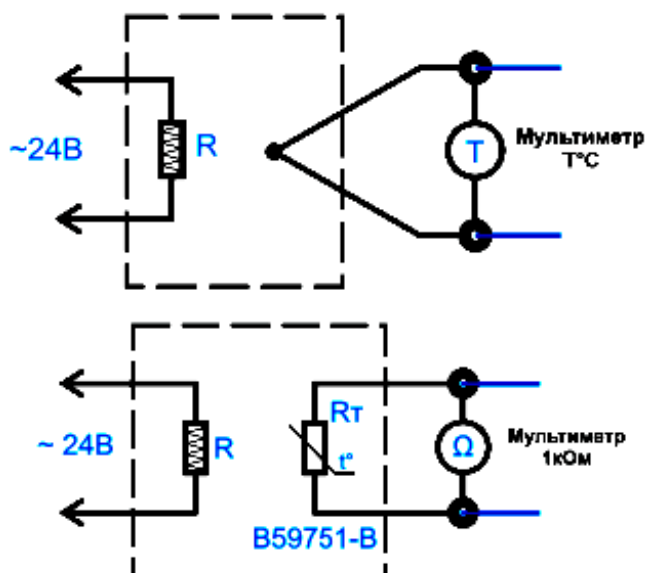
$T, ^\circ\text{C}$	$R, \text{кОм}$
20	
30	
40	
50	
60	
70	

По окончании работы, перевести тумблер «НАГРЕВ» в нижнее положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить мультиметры.

4.3.2 Исследование датчика температуры с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС)

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220В, 50Гц.

Подключить первый мультиметр к гнездам термопары и выставить на нем режим измерения температуры. Другой мультиметр подключить к гнездам датчика температуры с отрицательным температурный коэффициент сопротивления (ТКС) и выставить предел измерений 1кОм (рисунок 4.2).



R – Сопротивление; B59751-K – Термистор с положительным температурным коэффициентом; R_T – Термосопротивление; T – Термопара; Ω – Датчик температуры коэффициентом сопротивления 1 кОм

Рисунок 4.2 – Схема исследования датчика температуры с положительным температурным коэффициентом сопротивления

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение. Перевести тумблер «НАГРЕВ» в верхнее положение. Регистрировать значения температуры и сопротивления датчика. Полученные данные занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Экспериментальные данные

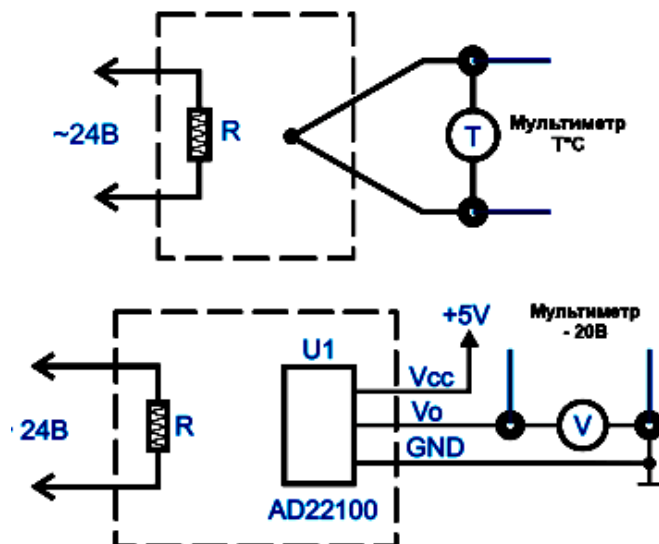
$T, ^\circ\text{C}$	$R, \text{кОм}$
20	
30	
40	
50	
60	
70	

По окончании работы, перевести тумблер «НАГРЕВ» в нижнее положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить мультиметры.

4.3.3 Исследование аналогового датчика температуры

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Подключить первый мультиметр к гнездам термопары и выставить на нем режим измерения температуры. Другой мультиметр подключить к гнездам аналогового датчика температуры и выставить предел измерений 20 В постоянного напряжения (рисунок 4.3).



R – Сопротивление; $AD22100$ – Температурный датчик с модулем обработки сигнала;
 $U1$ – Напряжение температурного датчика; GND – Шина нулевого потенциала (земля);
 V_{cc} – Шина с положительным питанием микросхемы относительно GND ; V_o – Выходное напряжение; T – Термопара; V – Вольтметр

Рисунок 4.3 – Схема исследования аналогового датчика температуры

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение. Перевести тумблер «НАГРЕВ» в верхнее положение. Регистрировать значения температуры и напряжения датчика температуры. Полученные данные занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Экспериментальные данные

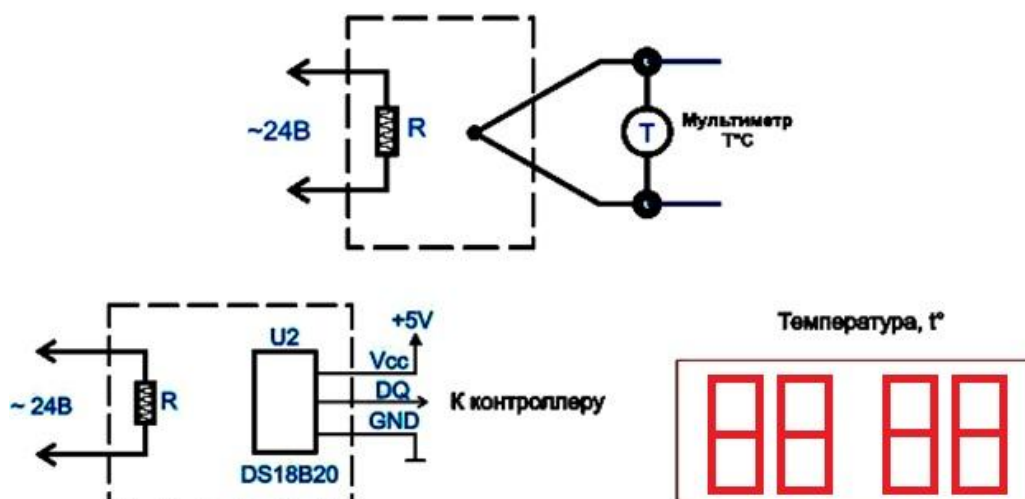
$T, ^\circ C$	U, B
20	
30	
40	
50	
60	
70	

По окончании работы, перевести тумблер «НАГРЕВ» в нижнее положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить мультиметры.

4.3.4 Исследование цифрового датчика температуры

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Подключить первый мультиметр к гнездам термопары и выставить на нем режим измерения температуры (рисунок 4.4).



R – Сопротивление; $DS18B20$ – Температурный датчик; U_2 – Напряжение температурного датчика; GND – Шина нулевого потенциала (земля); DQ – Шина связи с контроллером; V_{cc} – Шина с положительным питанием микросхемы относительно GND ; T – Термопара

Рисунок 4.4 – Схема исследования цифрового датчика температуры

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Перевести тумблер «НАГРЕВ» в верхнее положение.

Регистрировать значения температуры термопары и цифрового датчика температуры, а также время разогрева цифрового датчика температуры. Полученные данные занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Экспериментальные данные

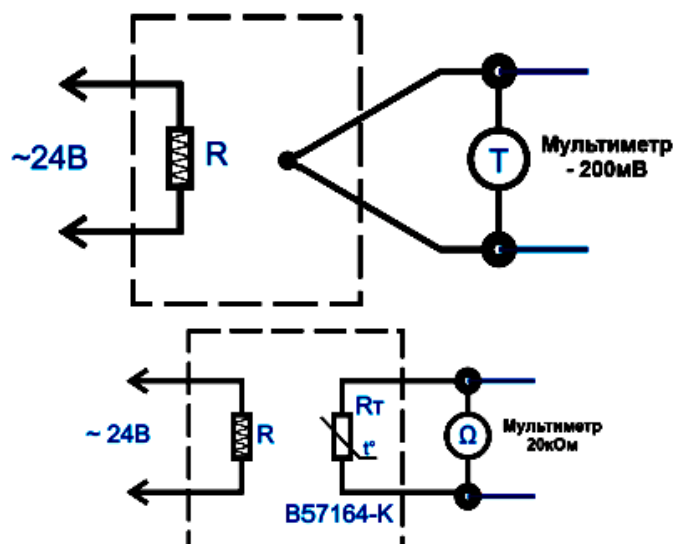
$T1, ^\circ C$	$T2, ^\circ C$	t, c
20		
30		
40		
50		
60		
70		

По окончании работы, перевести тумблер «НАГРЕВ» в нижнее положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить мультиметры.

4.3.5 Исследование термопары

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Подключить мультиметр к гнездам термопары и выставить на нем режим измерения 200 мВ. Для контроля над температурой использовать любой другой датчик, исследуемый ранее (рисунок 4.5).



R – Сопротивление; $B57164-K$ – Термистор с положительным температурным коэффициентом; R_T – Термосопротивление; T – Термопара; Ω – Датчик температуры коэффициентом сопротивления 20 кОм

Рисунок 4.5 – Схема исследования цифрового датчика температуры

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение. Перевести тумблер «НАГРЕВ» в верхнее положение. Регистрировать значения напряжения на выходе термопары. Полученные данные занести в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Экспериментальные данные

$T, ^\circ C$	U_m, mB
20	
30	
40	
50	
60	
70	

По окончании работы, перевести тумблер «НАГРЕВ» в нижнее положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить мультиметры.

4.4 Контрольные вопросы:

1. Нарисуйте схемы включения термопары для измерения температуры.
2. Какой материал используется в датчиках температуры, принцип действия которых основан на изменении электрического сопротивления?
3. Что такое термопара?
4. Объясните принцип действия датчиков температуры.
5. Нарисуйте статическую характеристику датчиков температуры.

4.5 Задания для выполнения самостоятельных работ:

1. Используя литературу [1-4] описать в письменном виде классификацию датчиков температуры.
2. Сравнить значения температуры и сопротивления датчика во время эксперимента. Написать соответствующие выводы.
3. Построить статическую характеристику датчика температуры с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления $R = f(T)$.
4. Построить статическую характеристику датчика температуры с положительным температурным коэффициентом сопротивления $R = f(T)$.
5. Построить статическую характеристику напряжения аналогового датчика температуры $U = f(T)$.
6. Построить динамическую характеристику времени разогрева цифрового датчика температуры $t = f(T)$.
7. Построить статическую характеристику напряжения на выходе термопары $U_m = f(T)$.

Лабораторная работа №5

Тема: Статические характеристики тахогенератора и энкодера

5.1 Цель работы

Изучить принцип работы и исследовать характеристики тахогенератора и энкодера.

5.2 Краткие теоретические сведения

Тахогенераторы – электрические машины малой мощности, работающие в режиме генератора, выходное напряжение которых U_g является практически линейной функцией частоты вращения вала n , называются тахогенераторами. Такие машины используются в автоматических системах управления и регулирования для измерения частоты вращения, для дифференцирования, для обратной связи по скорости и других операций. В качестве тахогенераторов применяются генераторы постоянного и переменного токов, в том числе синхронные и асинхронные генераторы. Обычно мощность таких машин менее 50 кВт.

Энкодеры (преобразователи угловых перемещений) – устройства, предназначенные для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота. Энкодеры подразделяются на инкрементальные и абсолютные, которые могут достигать очень высокого разрешения.

Инкрементальный энкодер выдает за один оборот определенное количество импульсов. Абсолютные энкодеры позволяют в любой момент времени знать текущий угол поворота оси, в том числе и после пропадания и

восстановления питания. Многооборотные абсолютные энкодеры, кроме того, также подсчитывают и запоминают количество полных оборотов оси.

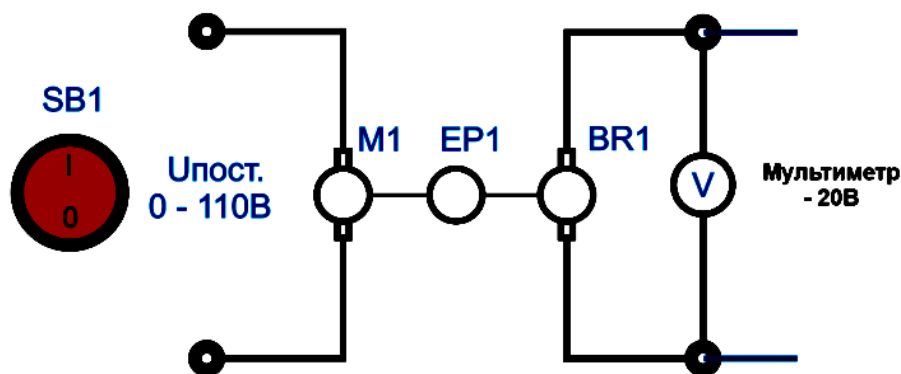
Энкодеры могут быть как оптические, резисторные, так и магнитные и могут работать через шинные интерфейсы или промышленную сеть.

Энкодеры широко применяются для контроля промышленных процессов, в измерительных устройствах, промышленных роботах, в разделительных плоттерах, устройствах для обработки дерева, стекла, цемента, мрамора, в кожевенной и текстильной промышленности, в оборудовании для переработки отходов, мостовых крана, упаковочном оборудовании, при позиционировании и контроле скорости и координат в самых различных областях, включая металлообрабатывающие станки, подъёмное и упаковочное оборудование и др.

5.3 Порядок выполнения работы

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Собрать схему источника регулируемого напряжения как на рисунке 5.1.



SB₁ – Кнопка включения; U_{пост.} – Вторичное напряжение; M1 – Электродвигатель;
EP1 – Энкодер; BR1 – Тахогенератор; V – Вольтметр

Рисунок 5.1 – Схема исследования тахогенератора и энкодера

Подключить мультиметр к гнездам тахогенератора как на рисунке 5.1. Выставить предел измерения 20 вольт постоянного напряжения.

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Перевести переключатель SB1 в верхнее положение

Плавное повышение напряжение ЛАТРа от 0 до 220 В, тем самым увеличивать частоту вращения гонного двигателя M1.

Регистрировать значение частоты вращения на приборе EP1 и значение выходного напряжения на тахогенераторе. Полученные данные занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Экспериментальные данные

$n, \text{мин}^{-1}$	$U, \text{В}$	$n_z, \text{мин}^{-1}$
200		
400		
600		
800		
1000		
1200		
1400		
1600		
1800		
2000		
2200		
2400		
2600		
2800		
3000		
3200		

Найти скорость вращения тахогенератора, из расчета $1\text{В} = 928 \text{ мин}^{-1}$.

Сравнить показания скорости вращения тахогенератора и энкодера.

По окончании работы, перевести тумблер SB1 в нижнее положение, перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в нижнее положение, отсоединить мультиметры.

5.4 Контрольные вопросы:

1. Какой алгоритм определения угла поворота с помощью энкодера?
2. Какие приборы необходимо использовать при исследовании работы тахогенератора и энкодера?
3. Опишите порядок проведения лабораторной работы. Какие эксперименты необходимо провести. Какие характеристики датчиков нужно снять?
4. Какие машины называются тахогенераторами, каков принцип их работы?

5.5 Задания для выполнения самостоятельных работ:

1. Используя литературу [1-4] описать в письменном виде классификацию тахогенераторов и энкодеров.
2. Описать для каких целей используются тахогенераторы и энкодеры. Их отличительная особенность.
3. Сравнить значения частоты вращения и значение выходного напряжения на тахогенераторе. Написать соответствующие выводы.
4. Опишите основные погрешности тахогенераторов, их причины и пути снижения.

4. Построить характеристику значений частоты вращения и значение выходного напряжения на тахогенераторе $U_2=f(n)$.

Лабораторная работа №6

Тема: Изучение принципа работы бесконтактных датчиков выключателей

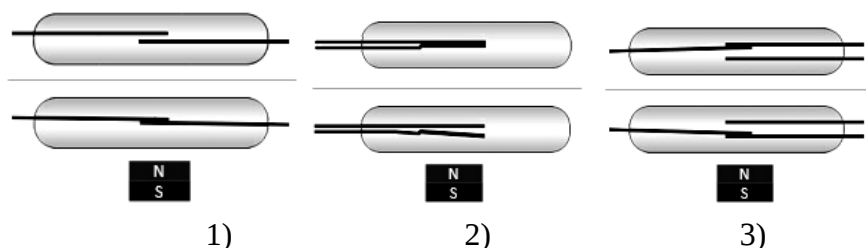
6.1 Цель работы

Изучить устройство и принцип работы бесконтактных датчиков выключателей.

6.2 Краткие теоретические сведения

Геркон (сокращение от «герметичный магнитоуправляемый контакт») – электромеханическое устройство, представляющее собой пару ферромагнитных контактов, запаянных в герметичную стеклянную колбу. При поднесении к геркону постоянного магнита или включении электромагнита, контакты замыкаются. Герконы используются как датчики положения, концевые выключатели и т. д.

Геркон с электромагнитной катушкой составляет герконовое реле. Существуют разновидности герконов по контактной группе: с замыкающимся контактом, размыкающимся контактом и переключающим контактом (рисунок 6.1).



1) 2) 3)
1 – Замыкающие; 2 – Размыкающие; 3 – Переключающие

Рисунок 6.1 – Типы герконов

Контакты – два или три плоских отрезка проволоки из ферромагнитного сплава. Между ними есть маленький зазор – контактирующая поверхность, покрыта слоем благородного металла (золотом, родием, палладием или сплавами на основе золота). Стеклянный баллон наполнен защитным газом (азотом, аргоном, азотно-водородной смесью или просто вакуум), что защищает контакты от нагара при появлении искры в момент замыкания.

В замыкающих герконах, в нормальном состоянии, контакты разомкнуты. При воздействии магнита контакты замыкаются.

В размыкающих герконах, в нормальном состоянии, контакты замкнуты. При воздействии магнита контакты размыкаются.

В переключающих герконах, в нормальном состоянии, подвижный контакт замыкает одну цепь. При воздействии магнита подвижный контакт переключается на другую цепь.

Индуктивный датчик – это преобразователь параметрического типа, принцип действия которого основан на изменении индуктивности или взаимоиндуктивности обмотки с сердечником, вследствие изменения магнитного сопротивления магнитной цепи датчика, в которую входит сердечник. Индуктивный датчик активируется наличием металла в зоне срабатывания. Другие названия – датчик приближения, датчик положения, индукционный, датчик присутствия, индуктивный выключатель, бесконтактный датчик или выключатель.

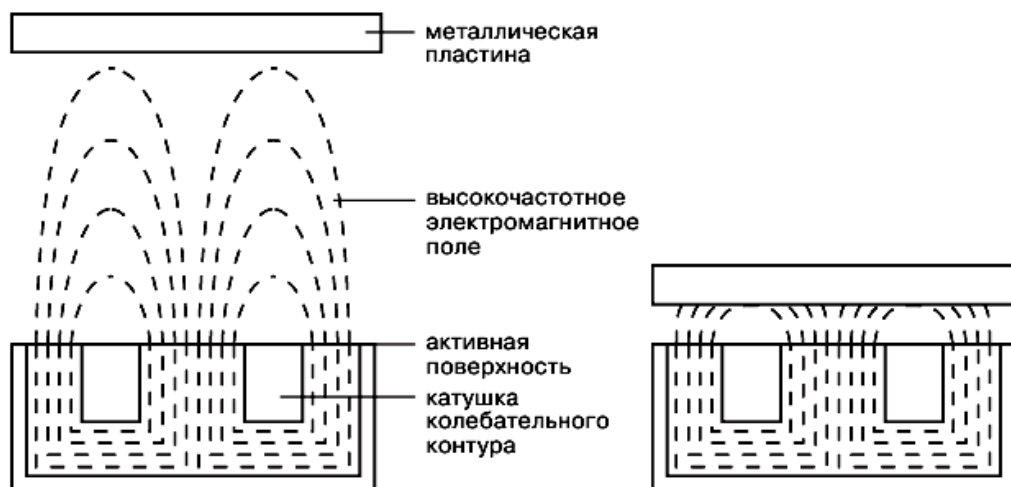


Рисунок 6.2 – Схема работы индуктивного датчика

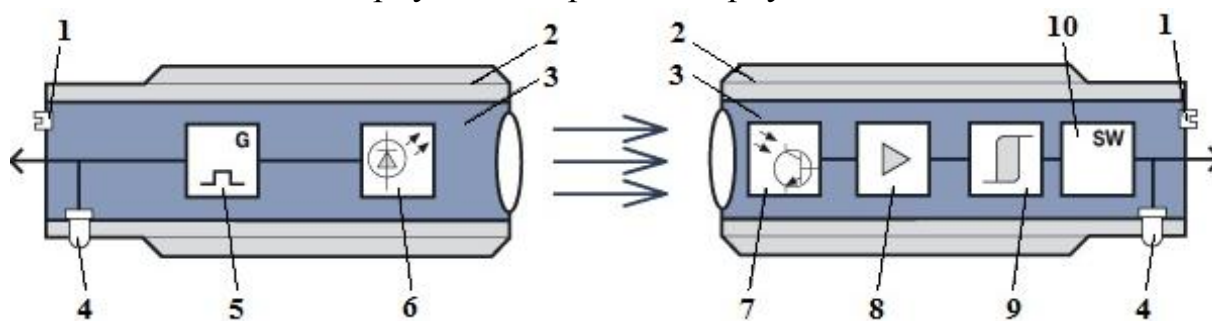
Широкое применение индуктивные датчики находят в промышленности для измерения перемещений и покрывают диапазон от 1 мкм до 20 мм. Также можно использовать индуктивный датчик для измерения давлений, сил, уровней расхода газа и жидкости и т. д. В этом случае измеряемый параметр с помощью различных чувствительных элементов преобразуется в изменение перемещения и затем эта величина подводится к индуктивному измерительному преобразователю.

В случае измерения давлений, чувствительные элементы могут выполняться в виде упругих мембран, сильфонов и т. д. Используются они и в качестве датчиков приближения, которые служат для обнаружения различных металлических и неметаллических объектов бесконтактным способом по принципу «Да» или «Нет».

Оптические датчики предназначены для бесконтактного определения наличия или отсутствия объекта в контролируемом пространстве.

Оптические выключатели состоят из 2-х функционально законченных узлов – источника излучения и приемника этого излучения (рисунок 6.3).

Источник оптического излучения (излучатель) и приемник могут быть выполнены в одном корпусе или в разных корпусах.



- 1 – Подстроечный элемент; 2 – Корпус; 3 – Компаунд; 4 – Индикатор; 5 – Генератор;
6 – Излучатель; 7 – Фотоприемник; 8 – Усилитель; 9 – Пороговый элемент;
10 – Электронный ключ

Рисунок 6.3 – Схема оптического датчика

Используются для автоматизации любых промышленных процессов, в робототехнике, системах контроля, обработки и монтажа.

Фотоэлектрический датчик может быть использован для обнаружения объектов на расстоянии от 0 до нескольких десятков (сотен) метров. Регистрация любых объектов и большая дальность действия отличает фотодатчик от подобного типа устройств.

Оптический датчик состоит из источника (излучателя) и приемника оптического излучения, которые могут располагаться в одном корпусе (моноблочные датчики) или в разных корпусах (двухблочные датчики).

Источник датчика создает оптическое излучение в заданном пространстве, приемник реагирует на отраженный от объекта световой поток или на прерывание его.

6.3 Порядок выполнения работы

Подключить стенд к однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.

Медленно подносить магнит к геркону до момента срабатывания контрольного светодиода.

Оценить расстояние, на котором произошло срабатывание геркона. Сделать выводы о минимальном расстоянии, на котором произошло срабатывание геркона.

Медленно подвести металлическую пластину к индуктивному датчику, до момента срабатывания контрольного светодиода. Сделать выводы о минимальном расстоянии, на котором произошло срабатывание индуктивного датчика.

Установить кодовую пластину в корпус оптического датчика.

Передвигать пластину влево/вправо и следить за работой контрольного светодиода. Сделать выводы о принципе работы оптического датчика-выключателя.

6.4 Контрольные вопросы:

1. Дайте определение бесконтактных выключателей.
2. Из каких элементов состоят бесконтактные датчики-выключатели?
3. Приведите классификацию бесконтактных датчиков-выключателей.
4. Каков принцип действия бесконтактных датчиков-выключателей?
5. Методы определения момента срабатывания и опускания герконов.

6.5 Задания для выполнения самостоятельных работ:

1. Используя литературу [1-4] описать в письменном виде классификацию бесконтактных датчиков выключателей.
2. Описать конструктивные особенности герконовых датчиков.
3. Нарисовать схему работы герконового датчика
4. Разработать рекомендации по защите герконовых датчиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клаассен, К. Б. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: Учебное пособие / К.Б. Клаассен, Е.В. Воронов, А.Л. Ларин// 4-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 352 с.: 70х100 1/16 ISBN 978-5-91559-125-6.
2. Мак-Махон, Д. Аналитические приборы: Руководство по лабораторным, портативным и миниатюрным приборам / Д. Мак-Махон; Под ред. Л.Н. Москвин - СПб: Профессия, 2013. - 352 с.: 70х100 1/16 ISBN 978-5-93913-193-3.
3. Ткаченко, Ф. А. Электронные приборы и устройства : учебник / Ф.А. Ткаченко. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2017. — 682 с. : ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-105228-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/636283>
4. Фролов, В. А. Электронная техника. Ч.1 Электронные приборы и устройства/ В.А. Фролов// Учебник - М.:ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2015. - 532 с.: ISBN 978-5-89035-835-6.