

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ

«СОГЛАСОВАНО»
Решением П(Ц)МК
Протокол № _____
от «__» _____ 20__ г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора по УР
_____ С.В. Ключкина
«__» _____ 20__ г.

***Методические рекомендации для студентов по проведению
лабораторных работ
по
МДК. 01.01. Осуществление анализа решений для выбора программного
обеспечения в целях разработки и тестирования модели элементов
систем автоматизации на основе технического задания
для специальности
15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических
процессов и производств (по отраслям)***

Саратов, 2021г

Разработал преподаватель СКМ и Э ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А» **Карпеева Е.В.**

Данные методические рекомендации предназначены для студентов 2 и 3 курсов, специальности **15.02.14** Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение
Цель лабораторных занятий
Организация лабораторно занятий
Структура и содержание лабораторно занятий
Список рекомендуемой литературы

Введение

Лабораторные занятия, как виды учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

В процессе лабораторного занятия обучающиеся выполняют одно или несколько заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Выполнение обучающимися лабораторных занятий проводится с целью:

- формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой дисциплины по конкретным разделам/ темам дисциплины;
- обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;
- совершенствования умений применять полученные знания на практике, реализации единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развития интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработки таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива при решении поставленных задач при освоении общих компетенций.

В результате освоения дисциплины формируются следующие профессиональные (ПК) и общие (ОК) компетенции:

ПК 1.1. Осуществлять анализ имеющихся решений для выбора программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания.

ПК 1.2. Разрабатывать виртуальную модель элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания.

ПК 1.3. Проводить виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов.

ПК 1.4. Формировать пакет технической документации на разработанную модель элементов систем автоматизации.

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учётом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ОК 11. Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

Организация лабораторного занятия

Лабораторное занятие должно проводиться в учебных лабораториях или специально оборудованных помещениях (площадках, полигонах и т.п.) - лаборатории «Автоматизированное управление».

В соответствии с требованиями ФГОС СПО 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям) реализация ППССЗ должна обеспечивать выполнение обучающимися лабораторных занятий, включая как обязательный компонент *лабораторные занятия (с использованием персональных компьютеров)*.

Лабораторные занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие *репродуктивный характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие *частично-поисковый характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и они требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие *поисковый характер*, характеризуются тем, что обучающиеся, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания, должны решить новую для них проблему.

При планировании практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся при проведении лабораторных занятий - фронтальная, групповая и индивидуальная.

При *фронтальной форме* организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При *групповой форме* организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При *индивидуальной форме* организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения лабораторных занятий рекомендуется:

- разработка сборников задач, заданий и упражнений;

- разработка контрольно-диагностических материалов для контроля за подготовленностью обучающихся к лабораторным занятиям, в том числе в форме педагогических тестовых материалов для автоматизированного контроля;
- подчинение методики проведения лабораторных занятий ведущим дидактическим целям с соответствующими установками обучающимся.

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных практикумов

Методические рекомендации предназначены для проведения лабораторных практикумов «Промышленные датчики технологической информации».

Элементы лабораторного стенда, используемые при проведении лабораторных работ:

- 1) Модуль питания, обеспечивающий ввод однофазного напряжения 220В, и получение напряжений питания $\pm 15В$, $+24В$.
- 2) Генератор постоянного и переменного напряжения $0...10В$, частота $10...10000Гц$.
- 3) Блок цифровых индикаторов:
 - вольтметр $0...30В$ для измерения переменного и постоянного напряжения;
 - амперметр $0...5А$ для измерения постоянного и переменного тока.
- 4) Цифровой мультиметр для измерения тока, напряжения и сопротивления.
- 5) Комплект модулей:
 - датчики тока и напряжения;
 - датчики температуры;
 - датчики магнитного поля;
 - датчик освещённости.

Проведение работ

Получить задание от преподавателя на выполнение определённого исследования с указанием необходимых мер безопасности при выполнении работы. После проведения инструктажа расписаться в журнале по охране труда.

Ознакомиться с расположением и функциями элементов на лабораторном стенде.

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Выполнить подготовку лабораторного стенда к проведению исследований. Для этого:

1. Подключить сетевой кабель к розетке. С помощью соединительных проводов соединить выходные клеммы генератора напряжения **«Uвых»** с входами мультиметра, работающего в режиме измерения переменного напряжения **до 20В**. Галетный переключатель «Множитель» установить в положение **«x1»**.

2. Собранную схему показать для проверки преподавателю и получить разрешение на продолжение работы.

3. Включить сетевой выключатель **SA1**.

- Вращая ручку регулировки амплитуды, с помощью мультиметра наблюдать изменение величины переменного напряжения.

- Вращая ручку регулировки частоты, с помощью индикатора наблюдать изменение частоты переменного напряжения.

4. Выключить сетевой выключатель **SA1**.

5. В поле установить модуль «Измерительный шунт». К его входам, с помощью соединительных проводов, подключить:

- выходы регулятора тока **Iвых.**;

- последовательно амперметр **РА1**;

- параллельно вольтметр **PV1**.

6. Установить:

- переключатель «Множитель» в положение **«x1»**;

- переключатель тока в положение **(~I)**;

- переключатель напряжения в положение **(~U)**.

7. Собранную схему показать для проверки преподавателю и получить разрешение на продолжение работы.

8. Включить сетевой выключатель **SA1**.

9. Вращая ручку регулировки амплитуды наблюдаем на вольтметре и амперметре изменение показаний.

10. Выключить сетевой выключатель **SA1**.

Лабораторный стенд проверен и подготовлен к выполнению исследований.

Согласно полученного от преподавателя задания, установить требуемый модуль и приступить к его исследованию.

Собранную схему показать для проверки преподавателю и получить разрешение на продолжение работы.

Все подключения и переключения на лабораторном стенде осуществлять только при выключенном питании (сетевой выключатель SA1 должен быть отключён).

Если при испытании цепи постоянного тока стрелка измерительного прибора уходит за пределы шкалы в обратном направлении, надо отключить цепь и переключить подходящие к прибору провода.

При снятии характеристик исследуемых модулей недопустимо превышать входные значения токов и напряжений.

Следует избегать перерыва начатой серии наблюдений.

Результаты всех исследований заносить в таблицы. Запись отсчетов должна вестись в точном соответствии с показаниями измерительных приборов. Протоколы наблюдений являются единственным документальным следом, остающимся от измерений, поэтому от точной и своевременной фиксации в таблицах результатов отсчета в значительной степени зависит успех экспериментальной работы. По результатам исследований построить графики.

Обработка результатов и оформление отчета.

Каждый студент самостоятельно должен обрабатывать данные опытов и подготовить отчет по каждой проделанной работе.

В отчете на титульном листе указываются название учебного заведения, отделения, специальность.

Номер и наименование работы, фамилии и инициалы студента, выполнившего работу, номер его академической группы.

Отчет должен содержать, паспортные данные объекта исследования, схемы соединения элементов объекта исследования с включенными измерительными приборами, таблицы с записью результатов эксперимента, графики.

После проведения эксперимента должны быть сделаны основные выводы, полученные в результате исследования.

Каждое исследование должно быть сопровождено соответствующей таблицей с записью результатов измерений и графиком, иллюстрирующим изучаемые зависимости. В таблице обязательно следует указывать, в каких единицах измерены исследуемые величины. Все таблицы необходимо снабдить заголовками, характеризующими проводимый опыт.

Вычерчивание схем и таблиц рекомендуется производить карандашом обязательно с помощью линейки.

Особое внимание надо уделить графикам зависимостей между величинами, т.к. они являются наглядным результатом работы, графическим ответом на вопросы, поставленные в лабораторной работе.

При построении графиков по осям приводят стандартные буквенные обозначения величин и единиц их измерения, указывают деления с одинаковыми интервалами, соответствующие откладываемым величинам в принятых единицах измерения или в десятичных кратных либо дольных единицах.

Числовые отметки у масштабных делений принято выбирать так, чтобы они составляли $10^{\pm n}$, $2 \cdot 10^{\pm n}$ или $5 \cdot 10^{\pm n}$ от тех единиц, в которых выражены величины, откладываемые по осям. Например, 10 мА; 0.02 Ом; 500 Вт.

При построении графиков вдоль оси абсцисс в выбранном масштабе откладывают независимую переменную. Условное буквенное обозначение этой величины рекомендуется ставить под осью, а наименование единиц измерения либо их десятичных кратных или дольных единиц – после обозначения величины. Вдоль оси ординат масштабные цифры ставят слева от оси, наименование или условное обозначение откладываемых величин – также слева от оси и под этим обозначением указывают единицу измерения. Наименование единиц измерения дается без скобок. При вычерчивании графиков надо учитывать, что всякое измерение имеет случайные погрешности (истинное значение измеряемой величины остается неизвестным, а вместо него принимают некоторое её значение, признаваемое за наиболее приближающийся к истинному.). Поэтому не следует проводить кривые через все экспериментальные точки. На графике необходимо проводить плавные непрерывные кривые, которые проходят среди экспериментальных точек. Отсутствие некоторых точек от плавной кривой называют «разбросом точек». Величина разброса при наблюдении закономерных явлений определяет тщательность проведения эксперимента.

Каждый график обязательно должен быть снабжен таким лаконичным текстом, чтобы любой достаточно подготовленный читатель мог легко понять, какую зависимость характеризует построенный график.

На последней странице отчета следует указать дату оформления и поставить подпись.

Отчет в целом должен быть составлен таким образом, чтобы для понимания содержания и результатов проведенной работы не требовалось дополнительных устных пояснений. Составление подобных отчетов – первый шаг к оформлению технических отчетов по экспериментальным исследованиям, которые предстоит проводить будущему инженеру.

Лабораторная работа № 1

Тема: Изучение измерительного шунта

Цели и задачи урока:

1. Изучить принцип работы и основные характеристики измерительного шунта.
2. Снять и построить экспериментальную статическую характеристику измерительного шунта.

Тип урока – практическое занятие.

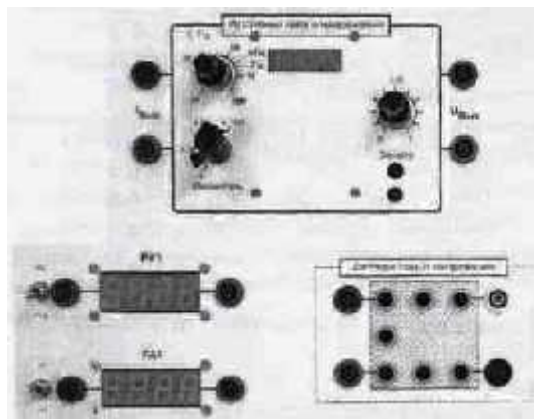
Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока:

Оборудование: 1. Зона для исследования датчиков тока и напряжения.

2. Минимодуль измерительного шунта.



Данная зона представляет собой субблок генератора постоянного и переменного по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, регулятора переменного тока по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками тока и напряжения с выходными клеммами для соединения с выходами субблока генератора напряжения и регулятора тока и выходными клеммами для подключения измерительных входов мультиметра, а также блок индикаторов (вольтметр и амперметр, позволяющие в зависимости от режима работы измерять переменный или постоянный ток и напряжение).

Питание датчиков и других микросхем +15 В ; -15 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Необходимые теоретические сведения

Шунт является простейшим измерительным преобразователем тока в напряжение. Измерительный шунт представляет собой четырехзажимный резистор. Два входных зажима шунта, к которым подводится ток I , называются токовыми, а два выходных зажима, с которых снимается напряжение U , называются потенциальными.

К потенциальным зажимам шунта обычно присоединяют измерительный механизм измерительного прибора.



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

$$R_{ш} = U_{ном} / I_{ном}$$

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.

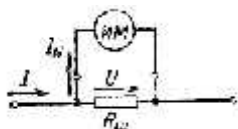


Рис. 1. Схема соединения измерительного механизма с шунтом

На рис. 1 приведена схема включения магнитоэлектрического механизма измерительного прибора с шунтом $R_{ш}$. Ток $I_{и}$ протекающий через измерительный механизм, связан с измеряемым током I зависимостью

$$I_{и} = I (R_{ш} / R_{ш} + R_{и}),$$

где $R_{и}$ — сопротивление измерительного механизма.

Если необходимо, чтобы ток $I_{и}$ был в n раз меньше тока I , то сопротивление шунта должно быть:

$$R_{ш} = R_{и} / (n - 1),$$

где $n = I / I_{и}$ — коэффициент шунтирования.

Шунты изготавливают из манганина. Если шунт рассчитан на небольшой ток (до 30 А), то его обычно встраивают в корпус прибора (внутренние шунты). Для измерения больших токов используют приборы с наружными шунтами. В этом случае мощность, рассеиваемая в шунте, не нагревает прибор.

На рис. 2 показан наружный шунт на 2000 А. Он имеет массивные наконечники из меди, которые служат для отвода тепла от манганиновых пластин, впаянных между ними. Зажимы шунта А и Б — токовые.

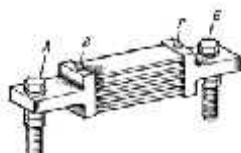


Рис 2. Наружный шунт

Измерительный механизм присоединяют к потенциальным зажимам В и Г, между которыми и заключено сопротивление шунта. При таком включении измерительного механизма устраняются погрешности от контактных сопротивлений.

Наружные шунты обычно выполняются калиброванными, т.е. рассчитываются на определенные токи и падения напряжения. Калиброванные шунты должны иметь номинальное падение напряжения 10, 15, 30, 50, 60, 75, 100, 150 и 300 мВ.



Для переносных магнитоэлектрических приборов на токи до 30 А внутренние шунты изготовляют на несколько пределов измерения.

На рис. 3, а, б показаны схемы многопредельных шунтов. Многопредельный шунт состоит из нескольких резисторов, которые можно переключать в зависимости от предела измерения рычажным переключателем (рис. 3, а) или путем переноса провода с одного зажима на другой (рис. 3, б).

При работе шунтов с измерительными приборами на переменном токе возникает дополнительная погрешность от изменения частоты, так как сопротивления шунта и измерительного механизма по-разному зависят от частоты.

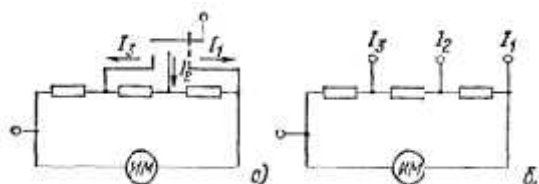


Рис.3. Схемы многопредельных измерительных шунтов: а — шунта с рычажным переключателем, б — шунта с отдельными выводами

Шунты разделяются на классы точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 и 0,5. Число, определяющее класс точности, обозначает допустимое отклонение сопротивления шунта в процентах его номинального значения.

Снятие и построение экспериментальной характеристики измерительного шунта при измерении постоянного и переменного тока

Порядок выполнения работы

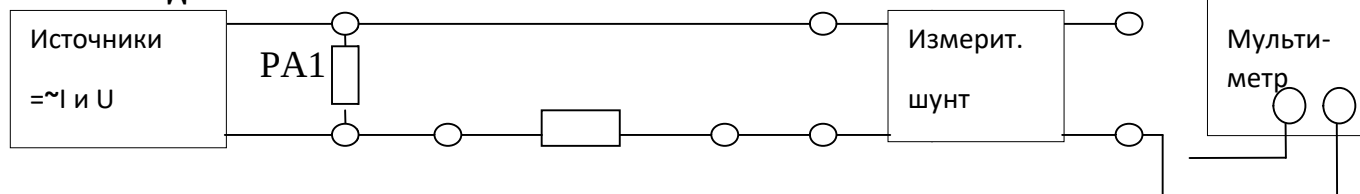
1.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.

1.2. Установить в поле «Датчики тока и напряжения» модуль «Измерительный шунт».

1.3. К его входу подключить:

- выход регулятора тока (**I_{вых}**);
- последовательно амперметр **РА1**;
- параллельно вольтметр **PV1**.

Схема подключения



Измерение постоянного тока

1.4. Переключатели тока и напряжения установить в положение (**=I**), (**=U**).

1.5. Переключатель «Множитель» установить в положение «=» (измерение постоянного напряжения).

1.6.Выходные клеммы поля «Датчики тока и напряжения» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения ($=U$) до 2В.

1.7.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.8.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину постоянного тока

($=I$), проходящего через шунт.

1.9.Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;

- на амперметре **PA1** – значение входного тока **I_{вх}**;

- на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.

1.10.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение тока от **0** до **I_{вх.макс}**)

U_{вх}, В									
I_{вх}, А									
U_{вых}, В									

Обратное направление (уменьшение тока от **I_{вх.макс}** до **0**)

U_{вх}, В									
I_{вх}, А									
U_{вых}, В									

1.11.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.12.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного тока (**I_{вх}**), **U_{вых}=f(I_{вх})**

Измерение переменного тока.

1.13.Переключатели тока и напряжения установить в положение ($\sim I$), ($\sim U$).

1.14.Переключатель «Множитель» установить в положение (**x1**).

1.15.Мультиметр, перевести в режим измерения переменного напряжения ($\sim U$) до 2В.

1.16.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.17.Ручкой регулятора частоты установить частоту 50Гц.

1.18.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину переменного тока ($\sim I$), проходящего через шунт.

1.19.Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;

- на амперметре **PA1** – значение входного тока **I_{вх}**;

- на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.

1.20.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение тока от **0** до **I_{вх.макс}**)

U_{вх}, В									
I_{вх}, А									

U_{вых}, В									
Обратное направление (уменьшение тока от I_{вх.макс} до 0)									
U_{вх}, В									
I_{вх}, А									
U_{вых}, В									

1.21.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.22.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного тока (**I_{вх}**), **U_{вых}=f (I_{вх})**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) схемы подключения элементов установки;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) графики по каждому проведённому эксперименту;
- д) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

- 1.Каковы принцип действия и конструктивные особенности измерительного токового шунта?
- 2.Начертить и объяснить схему подключения элементов установки.

Лабораторная работа №2

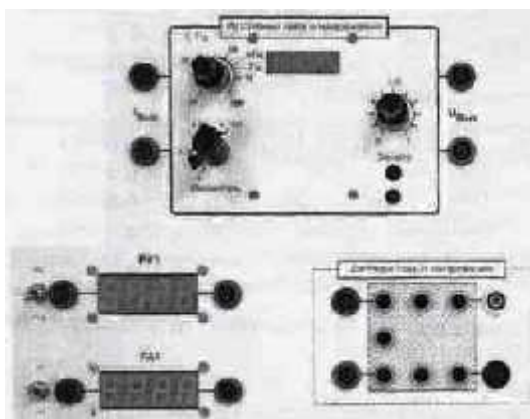
Тема: Изучение измерительного трансформатора тока.

Цель работы:

1. Изучить режимы работы и основные характеристики измерительного трансформатора тока .
- 2.Снять и построить экспериментальные статические характеристики измерительного трансформатора тока.

Оборудование: 1.Зона для исследования датчиков тока и напряжения.

2.Минимодуль измерительного трансформатора тока



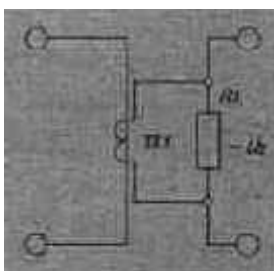
Данная зона представляет собой субблок генератора постоянного и переменного по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, регулятора переменного тока по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками тока и напряжения с выходными клеммами для соединения с выходами субблока

генератора напряжения и регулятора тока и выходными клеммами для подключения измерительных входов мультиметра , а также блок индикаторов (вольтметр и амперметр, позволяющие в зависимости от режима работы измерять переменный или постоянный ток и напряжение).

Питание датчиков и других микросхем +15 В ; -15 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Измерительный трансформатора тока TALEMAAC1010, характеристики которого представлены в таблице.

Характеристика	Значение
Ток первичной обмотки ,А	10
Коэффициент передачи	1000:1



Необходимые теоретические сведения

Трансформатором тока, являющимся наиболее широко применяемым измерительным преобразователем тока, называется такой трансформатор, в котором при нормальных условиях работы выходной сигнал является током, практически пропорциональным первичному току и при правильном включении сдвинутым относительно него по фазе на угол, близкий к нулю.

Первичная обмотка трансформатора тока включается в цепь последовательно (в рассечку токопровода), а вторичная замыкается на некоторую нагрузку (измерительные приборы и реле), обеспечивая в ней ток , пропорциональный току в первичной обмотке .

В трансформаторах тока высокого напряжения первичная обмотка изолирована от вторичной (земля) на полное рабочее напряжение .Один конец вторичной обмотки заземляется .Поэтому она имеет потенциал, близкий к потенциалу земли.

Трансформаторы тока по назначению разделяются на трансформаторы тока для измерений и трансформаторы тока для защиты. В некоторых случаях эти функции совмещаются в одном ТТ.

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Трансформаторы тока для измерений предназначены для передачи информации измерительным приборам. Они устанавливаются в цепях высокого напряжения или в цепях с большим током, т.е. в цепях, в которых возможно непосредственное включение измерительных приборов. Ко вторичной обмотке ТТ для измерений подключаются амперметры, токовые обмотки ваттметров, счетчиков и аналогичных приборов. Таким образом, трансформатор тока для измерений обеспечивает:

1) преобразование переменного тока любого значения в переменный ток, приемлемый для непосредственного измерения с помощью стандартных измерительных приборов;

2) изолирование измерительных приборов, к которым имеет доступ обслуживающий персонал, от цепи высокого напряжения.

Снятие и построение экспериментальной характеристики измерительного трансформатора тока при измерении переменного тока.

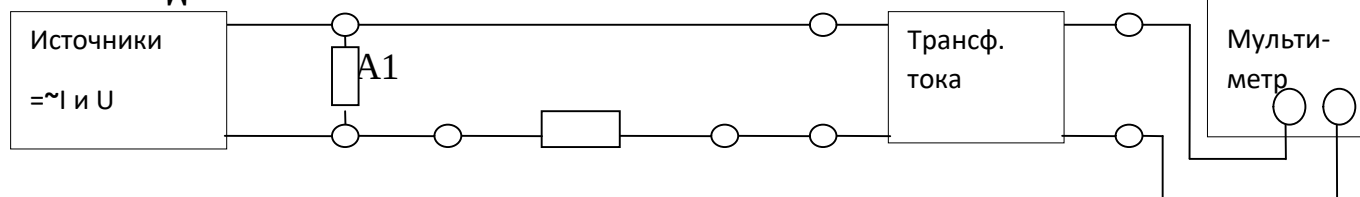
Порядок выполнения работы

1.1. Установить в поле «Датчики тока и напряжения» модуль «Трансформатор тока».

1.2. К его входу подключить:

- выход регулятора тока (**I_{вых}**);
- последовательно амперметр **РА1**;
- параллельно вольтметр **PV1**.

Схема подключения



Измерение переменного тока

1.3. Переключатели тока и напряжения установить в положение ($\sim I$), ($\sim U$).

1.4. Переключатель «Множитель» установить в положение ($\times 1$).

1.5. Выходные клеммы поля «Датчики тока и напряжения» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения переменного напряжения ($\sim U$) до 20 В.

1.6. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.7. Ручкой регулятора частоты установить частоту 50 Гц.

1.8. Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину переменного тока ($\sim I$), проходящего через трансформатор тока.

1.9. Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;
- на амперметре **PA1** – значение входного тока **I_{вх}**;
- на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.

1.10.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение тока от **0** до **I_{вх.макс}**)

I_{вх}, А									
U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

Обратное направление (уменьшение тока от **I_{вх.макс}** до **0**)

I_{вх}, А									
U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

1.11.Выключить сетевой выключатель **SA1** “Питание».

1.12.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного тока (**I_{вх}**), **U_{вых}=f(I_{вх})**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) схемы подключения элементов установки;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) графики по каждому проведённому эксперименту;
- д) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

- 1.Каковы принципы действия и конструктивные особенности трансформатора тока?
- 2.Описать порядок проведения экспериментов.

Лабораторная работа №3

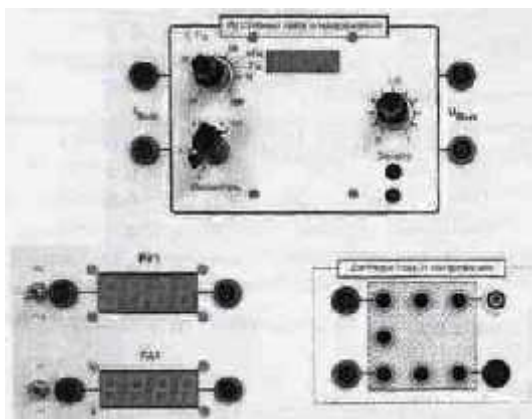
Тема: Изучение интегрального датчика тока.

Цель работы:

1. Изучить режимы работы и основные характеристики интегрального датчика тока.
2. Снять и построить экспериментальные статические характеристики интегрального датчика тока.

Оборудование:

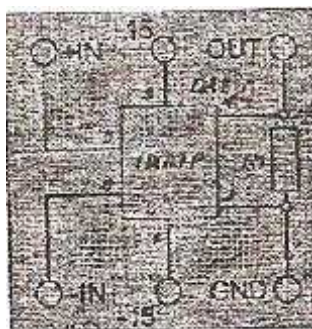
- 1.Зона для исследования интегрального датчика тока.
2. Интегральный датчик тока.



Данная зона представляет собой субблок генератора постоянного и переменного по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, регулятора переменного тока по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками тока и напряжения с выходными клеммами для соединения с выходами субблока

генератора напряжения и регулятора тока и выходными клеммами для подключения измерительных входов мультиметра, а также блок индикаторов (вольтметр и амперметр, позволяющие в зависимости от режима работы измерять переменный или постоянный ток и напряжение).

Питание датчиков и других микросхем $+15\text{ В}$; -15 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.



Интегральный датчик тока LEMHX-03P, характеристики которого представлены в таблице.

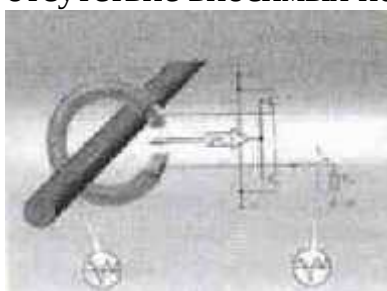
Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	± 15
Ток потребления, мА	15
Выходное напряжение, В	4
Сопротивление нагрузки, кОм	≥ 10
Точность, %	1
Линейность, %	1

Необходимые теоретические сведения:

Работа интегральных датчиков тока и напряжения основана на эффекте Холла. В корпусе такого интегрального датчика расположен магнитопровод, датчик Холла и согласующая схема.

Принцип действия датчиков тока компенсационного типа, основан на эффекте Холла заключается в следующем: магнитный поток, создаваемый током первичной обмотки I_p , сбалансирован дополнительным потоком, создаваемый при прохождении тока через вторичную обмотку. Датчик Холла и связанная с ним электрическая цепь используется для создания выходного тока, который является точным изображением тока первичной обмотки.

Основные преимущества интегральных датчиков тока заключается в следующем: широкий частотный диапазон; хорошая точность; быстрое время отклика; низкий температурный дрейф; отличная линейность; отсутствие вносимых потерь.



Снятие и построение экспериментальной характеристики интегрального датчика тока

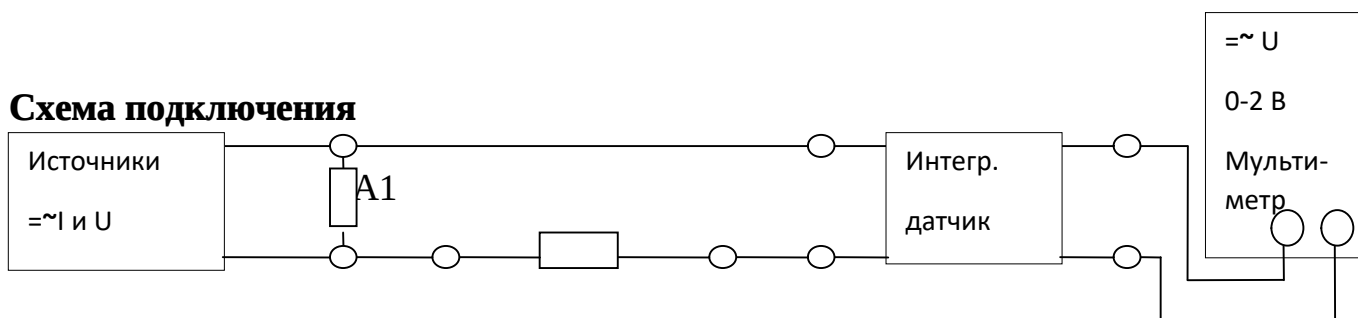
Порядок выполнения работы

1.1. Установить в поле «Датчики тока и напряжения» модуль «Интегральный датчик тока».

1.2. К его входу подключить:

- выход регулятора тока (**I_{вых}**);
- последовательно амперметр **РА1**;
- параллельно вольтметр **PV1**.

Схема подключения



Измерение постоянного тока.

1.3. Переключатели тока и напряжения установить в положение (**=I**), (**=U**).

1.4. Переключатель «Множитель» установить в положение «**=**» (измерение постоянного напряжения).

1.5.Выходные клеммы поля «Датчики тока и напряжения» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения ($=U$) до 2В.

1.6.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.7.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину постоянного тока ($=I$), проходящего через интегральный датчик тока.

1.8.Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **$U_{вх}$** ;
- на амперметре **PA1** – значение входного тока **$I_{вх}$** ;
- на мультиметре – значение выходного напряжения **$U_{вых}$** .

1.9.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение тока от **0** до **$I_{вх.макс.}$**)

$I_{вх}$, А									
$U_{вх}$, В									
$U_{вых}$, В									

Обратное направление (уменьшение тока от **$I_{вх.макс.}$** до **0**)

$I_{вх}$, А									
$U_{вх}$, В									
$U_{вых}$, В									

1.10.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.11.Построить график зависимости выходного напряжения (**$U_{вых}$**) от входного тока (**$I_{вх}$**), **$U_{вых}=f(I_{вх})$**

Измерение переменного тока

1.12.Переключатели тока и напряжения установить в положение (**$\sim I$**), (**$\sim U$**).

1.13.Переключатель «Множитель» установить в положение (**$\times 1$**).

1.14.Мультиметр, перевести в режим измерения переменного напряжения (**$\sim U$**) до 2В.

1.15.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.16.Ручкой регулятора частоты установить частоту 50Гц.

1.17.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину переменного тока (**$\sim I$**), проходящего через интегральный датчик тока.

1.18.Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **$U_{вх}$** ;
- на амперметре **PA1** – значение входного тока **$I_{вх}$** ;
- на мультиметре – значение выходного напряжения **$U_{вых}$** .

1.19.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение тока от **0** до **$I_{вх.макс.}$**)

$I_{вх}$, А									
$U_{вх}$, В									
$U_{вых}$, В									

Обратное направление (уменьшение тока от **$I_{вх.макс.}$** до **0**)

I_{вх}, А									
U_{вх}, В									
U_{вых},В									

1.20.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.21.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного тока (**I_{вх}**), **U_{вых}=f (I_{вх})**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) схемы подключения элементов установки;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) графики по каждому проведённому эксперименту;
- д) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

- 1.Каковы принципы действия и конструктивные особенности интегрального датчика тока?
- 2.Что такое абсолютная, относительная и приведённая погрешности элементов автоматики?
- 3.Описать порядок проведения экспериментов.

Изучение датчиков напряжения

Лабораторная работа №4

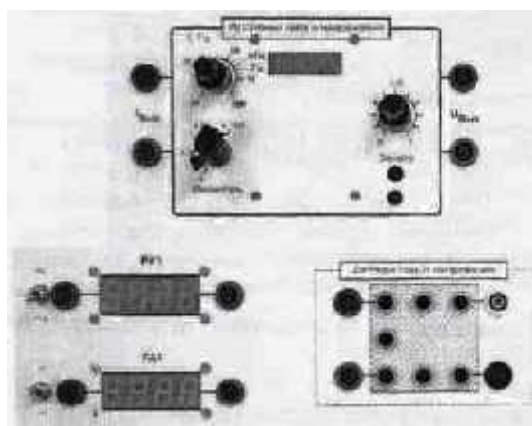
Тема: Изучение делителя напряжения.

Цель работы:

1. Изучить режимы работы и основные характеристики делителя напряжения.
2. Снять и построить экспериментальные статические характеристики делителя напряжения.

Оборудование:

- 1.Зона для исследования делителя напряжения.
2. Делитель напряжения.



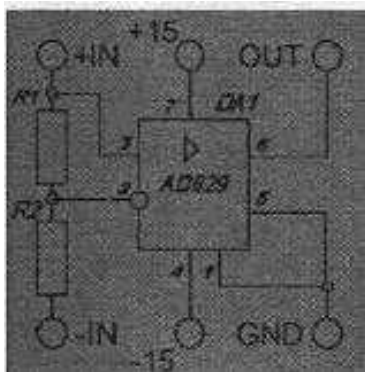
Данная зона представляет собой субблок генератора постоянного и переменного по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, регулятора переменного тока по амплитуде и частоте тока с выходными

и по проведению лабораторных занятий

клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками тока и напряжения с выходными клеммами для соединения с выходами субблока генератора напряжения и регулятора тока и выходными клеммами для подключения измерительных входов мультиметра, а также блок индикаторов (вольтметр и амперметр, позволяющие в зависимости от режима работы измерять переменный или постоянный ток и напряжение).

Питание датчиков и других микросхем +15 В ; -15 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Делитель напряжения с коэффициентом передачи 10:1, максимальное входное напряжение 15В.



Необходимые теоретические сведения

Простейший резистивный делитель напряжения представляет собой два последовательно включённых резистора R_1 и R_2 , подключённых к источнику напряжения U . Поскольку резисторы соединены последовательно, то ток через них будет одинаков в соответствии с первым правилом Кирхгофа. Падение напряжения на каждом резисторе согласно закону Ома будет пропорционально сопротивлению (ток, как было установлено ранее, одинаков):

$$U = IR.$$

Для каждого резистора имеем:

$$\begin{cases} U_1 = IR_1 \\ U_2 = IR_2 \end{cases}$$

Разделив выражение для U_1 на выражение для U_2 в итоге получаем:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Таким образом, отношение напряжений U_1 и U_2 в точности равно отношению сопротивлений R_1 и R_2 .

Далее

$$U_1 = \frac{R_1}{R_2} U_2, \quad U_1 + U_2 = \frac{R_1}{R_2} U_2 + U_2, \quad U = \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) U_2$$

Т.е.

$$U = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) U_2$$

Откуда:

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

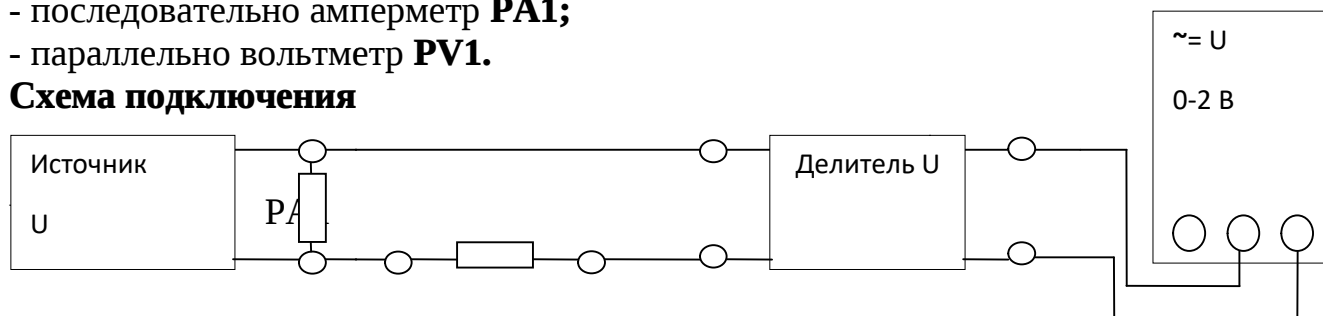
Следует обратить внимание, что сопротивление нагрузки делителя напряжения должно быть много больше собственного сопротивления делителя, так, чтобы в расчетах этим сопротивлением, включенным параллельно R_2 можно было бы пренебречь. Для выбора конкретных значений сопротивлений на практике, как правило, достаточно следовать следующему алгоритму. Сначала необходимо определить величину тока делителя, работающего при отключенной нагрузке. Этот ток должен быть значительно больше тока (обычно принимают превышение от 10 раз по величине), потребляемого нагрузкой, но, однако, при этом указанный ток не должен создавать излишнюю нагрузку на источник напряжения U . Исходя из величины тока, по закону Ома определяют значение суммарного сопротивления $R = R_1 + R_2$. Остается только взять конкретные значения сопротивлений из стандартного ряда, отношение величин которых близко требуемому отношению напряжений, а сумма величин близка расчетной. При расчете реального делителя необходимо учитывать температурный коэффициент сопротивления, допуски на номинальные значения сопротивлений, диапазон изменения входного напряжения и возможные изменения свойств нагрузки делителя, а также максимальную рассеиваемую мощность резисторов — она должна превышать выделяемую на них мощность.

Снятие и построение экспериментальной характеристики делителя напряжения при измерении постоянного и переменного напряжения

Порядок выполнения работы

- 1.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.2. Установить в поле «Датчики тока и напряжения» модуль «Делитель напряжения».
- 1.3. К его входу подключить:
 - выход генератора напряжения «**U_{вых}**»;
 - последовательно амперметр **РА1**;
 - параллельно вольтметр **PV1**.

Схема подключения



Измерение постоянного напряжения.

- 1.4.Переключатели тока и напряжения установить в положение (**=I**), (**=U**).
- 1.5.Переключатель «Множитель» установить в положение «**=**» (измерение постоянного напряжения).
- 1.6.Выходные клеммы поля «Датчики тока и напряжения» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения (**=U**) до 2В.
- 1.7.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.8.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину постоянного напряжения (**=U**) на делителе напряжения.
- 1.9.Наблюдать:
- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;
 - на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.
- 1.10.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение напряжения от **0** до **U_{вх.макс.}**)

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

Обратное направление (уменьшение напряжения от **U_{вх.макс.}** до **0**)

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

- 1.11.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.12.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного (**U_{вх}**), **U_{вых}=f (U_{вх})**

Измерение переменного напряжения.

- 1.13.Переключатели тока и напряжения установить в положение (**~I**), (**~U**).
- 1.14.Переключатель «Множитель» установить в положение (**x1**).
- 1.15.Мультиметр, перевести в режим измерения переменного напряжения (**~U**) до 2В.
- 1.16. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.17.Ручкой регулятора частоты установить частоту 50Гц.
- 1.18.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину переменного напряжения (**~U**), на делителе напряжения.
- 1.19.Наблюдать:
- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;
 - на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.
- 1.20.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение напряжения от **0** до **U_{вх.макс.}**)

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

Обратное направление (уменьшение напряжения от **U_{вх.макс.}** до **0**).

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

- 1.21.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.22. Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного (**U_{вх}**), **U_{вых}=f (U_{вх})**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) схемы подключения элементов установки;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) графики по каждому проведённому эксперименту;
- д) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы:

- 1. Каков принцип действия и конструктивные особенности делителя напряжения?
- 2. Какими техническими характеристиками должны обладать датчики напряжения для снижения погрешностей измерения.

Лабораторная работа №5

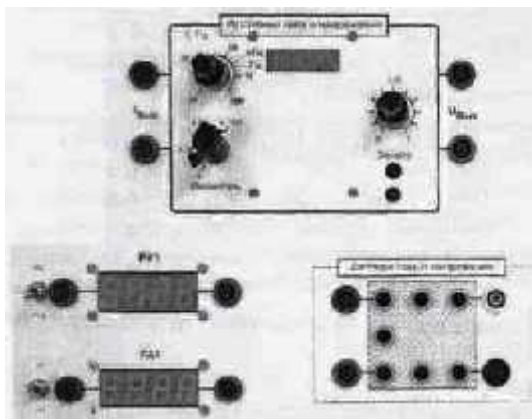
Тема: Изучение трансформатора напряжения.

Цель работы:

- 1. Изучить режимы работы и основные характеристики трансформатора напряжения.
- 2. Снять и построить экспериментальные статические характеристики трансформатора напряжения.

Оборудование:

- 1. Зона для исследования трансформатора напряжения.
- 2. Трансформатор напряжения.

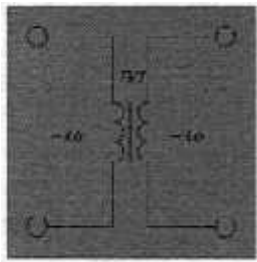


Данная зона представляет собой субблок генератора постоянного и переменного по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, регулятора переменного тока по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками тока и напряжения с выходными клеммами для соединения с выходами субблока

генератора напряжения и регулятора тока и выходными клеммами для подключения измерительных входов мультиметра, а также блок индикаторов (вольтметр и амперметр, позволяющие в зависимости от режима работы измерять переменный или постоянный ток и напряжение).

Питание датчиков и других микросхем +15 В ; -15 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Трансформатор напряжения HANNBV 201.



Необходимые теоретические сведения

Измерительный трансформатор напряжения – трансформатор, предназначенный для преобразования высокого напряжения в низкое в цепях измерения и контроля. Трансформатор напряжения позволяет изолировать цепи вольтметров, частотомеров, электрических счётчиков, устройств автоматического управления и контроля и т.д. от цепи высокого напряжения и создаёт возможность стандартизации номинального напряжения контрольно -измерительной аппаратуры. Трансформаторы напряжения подразделяются на трансформаторы переменного напряжения и трансформаторы постоянного напряжения.

Первичная обмотка (ПО) трансформатора переменного напряжения состоит из большого числа витков w_1 и подключается к цепи с измеряемым (контролируемым) напряжением параллельно. К зажимам вторичной обмотки (ВО) с числом витков w_2 ($w_2 \ll w_1$) подсоединяют измерительные приборы (или контрольные устройства). Так как внутреннее сопротивление последних относительно велико, трансформатор напряжения работает в условиях, близких к режиму холостого хода, что позволяет, зная коэффициент трансформации, определять величину первичного напряжения по результатам измерения низкого напряжения в ВО.

2.Снятие и построение экспериментальной характеристики трансформатора напряжения.

Порядок выполнения работы

1.1.Ознакомиться с лабораторной установкой.

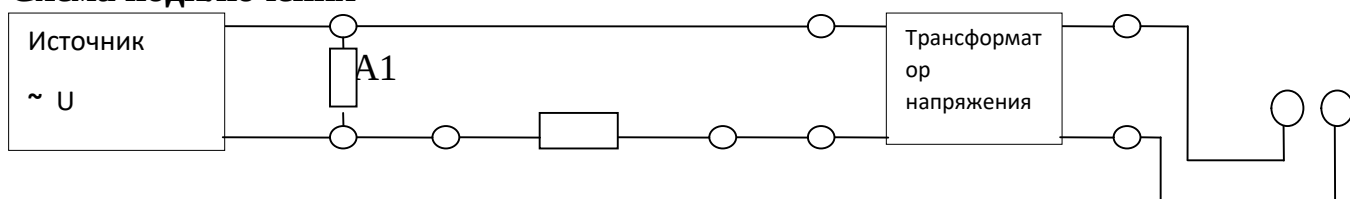
1.2.Установить в поле «Датчики тока и напряжения» модуль «Трансформатор напряжения».

1.3. К его входу подключить:

- выход генератора напряжения «Увых»;
- последовательно амперметр **РА1**;

- параллельно вольтметр **PV1**.

Схема подключения



Измерение переменного напряжения.

1.4.Переключатели тока и напряжения установить в положение **(~I)**, **(~U)**.

1.5.Переключатель «Множитель» установить в положение **(x1)**.

1.6.Выходные клеммы поля «Датчики тока и напряжения» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения переменного напряжения (**~U**) до 20В.

1.7.Ручкой регулятора частоты установить частоту 50Гц.

1.8.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.9.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину переменного напряжения (**~U**), на входе трансформатора напряжения.

1.10.Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;

- на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.

1.11.Снять показания (10 точек), в прямом и обратном направлениях и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение напряжения от **0** до **U_{вх.макс}**)

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

Обратное направление (уменьшение напряжения от **U_{вх.макс}** до **0**).

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

1.12.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.13.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного (**U_{вх}**), **U_{вых}=f (U_{вх})**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) схемы подключения элементов установки;
- в) таблицы полученных экспериментальных данных;
- г) графики по каждому проведённому эксперименту;
- д) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы:

1.Каков принципы действия и конструктивные особенности трансформатора напряжения?

2.Какими техническими характеристиками должны обладать датчики напряжения для снижения погрешностей измерения.

Лабораторная работа №6

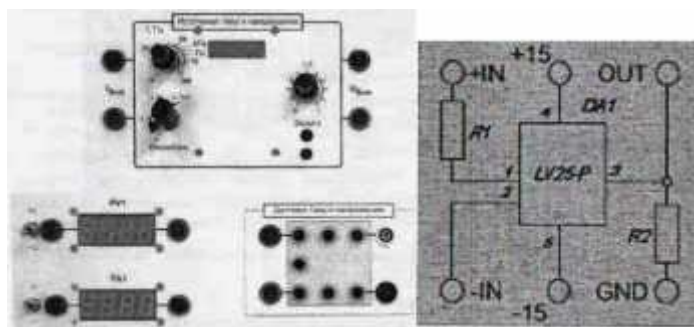
Тема: Изучение интегрального датчика напряжения.

Цель работы:

1. Изучить режимы работы и основные характеристики интегрального датчика напряжения.
2. Снять и построить экспериментальные статические характеристики интегрального датчика напряжения.

Оборудование:

1. Зона для исследования интегрального датчика напряжения.
2. Интегральный датчик напряжения LEMLV-25P



Данная зона представляет собой субблок генератора постоянного и переменного по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, регулятора переменного тока по амплитуде и частоте тока с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками тока и напряжения с выходными клеммами для соединения с выходами субблока генератора напряжения и регулятора тока и выходными клеммами для подключения измерительных входов мультиметра, а также блок индикаторов (вольтметр и амперметр, позволяющие в зависимости от режима работы измерять переменный или постоянный ток и напряжение). Питание датчиков и других микросхем +15 В ; -15 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Интегральный датчик напряжения LEMLV-25P

Характеристика	Значение
Напряжение питания,	+/-15
Ток потребления, мА	10

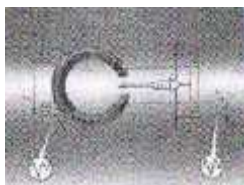
Коэффициент передачи	2500:1000
Сопротивление шунта , Ом	100...190
Точность , %	0,8
Линейность , %	0,2

Необходимые теоретические сведения

Работа интегральных датчиков и напряжения основана на эффекте Холла. В корпусе такого интегрального датчика расположен магнитопровод, датчик Холла и согласующая схема.

Принцип действия датчиков напряжения компенсируется типа, основанных на эффекте Холла, заключается в следующем: ограниченных последовательным резистором минимального ток проходит через первичную катушку. Магнитный поток, создаваемый током первичной обмотки I_p , сбалансирован дополнительным потоком, создаваемым при прохождении тока через вторичную обмотку. Датчик Холла и связанная с ним электрическая цепь используется для создания выходного тока, который является точным отображением напряжения первичной обмотки. Датчик может быть оснащен встроенным первичным резистором.

Преимущества интегральных датчиков напряжения заключается в следующем: преобразование высокого напряжения; безопасность изоляции; хорошая точность; низкий температурный дрейф; хорошая точность; отличная линейность.



Снятие и построение экспериментальной характеристики интегрального датчика напряжения

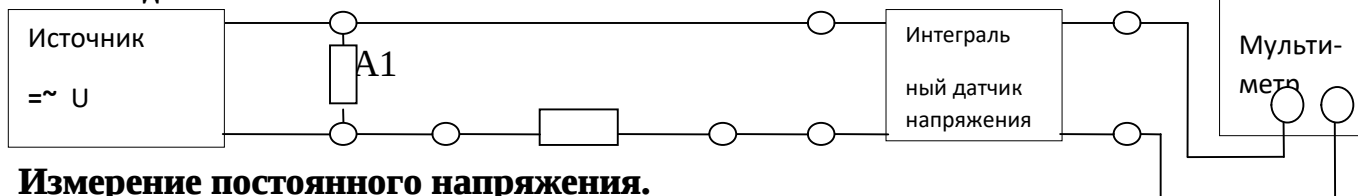
Порядок выполнения работы

1.1. Установить в поле «Датчики тока и напряжения» модуль «Интегральный датчик напряжения».

1.2. К его входу подключить:

- выход генератора напряжения «**U_{вых}**»;
- последовательно амперметр **РА1**;
- параллельно вольтметр **РV1**.

Схема подключения



Измерение постоянного напряжения.

1.3. Переключатели тока и напряжения установить в положение (**=I**), (**=U**).

1.4.Переключатель «Множитель» установить в положение «=» (измерение постоянного напряжения).

1.5.Выходные клеммы поля «Датчики тока и напряжения» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения ($=U$) до 20В.

1.6.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.7.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину постоянного напряжения ($=U$) на входе интегрального датчика напряжения.

1.8.Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;

- на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.

1.9.Снять показания (10 точек), в прямом направлении и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение напряжения от **0** до **U_{вх.макс}**)

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

1.10.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.11.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного (**U_{вх}**), **U_{вых}=f (U_{вх})**

Измерение переменного напряжения.

1.12.Переключатели тока и напряжения установить в положение ($\sim I$), ($\sim U$).

1.13.Переключатель «Множитель» установить в положение (**x1**).

1.14.Мультиметр, перевести в режим измерения переменного напряжения ($\sim U$) до 20В.

1.15. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.16.Ручкой регулятора частоты установить частоту 50Гц.

1.17.Вращая ручку регулировки амплитуды изменять величину переменного напряжения ($\sim U$), на входе интегрального датчика напряжения

1.18.Наблюдать:

- на вольтметре **PV1** – значение входного напряжения **U_{вх}**;

- на мультиметре – значение выходного напряжения **U_{вых}**.

1.19.Снять показания (10 точек), в прямом направлении и занести в таблицу.

Прямое направление (увеличение напряжения от **0** до **U_{вх.макс}**)

U_{вх}, В									
U_{вых}, В									

1.20.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.21. Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от входного (**U_{вх}**), **U_{вых}=f (U_{вх})**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

а) цель работы;

б) схемы подключения элементов установки;

в) таблицы полученных экспериментальных данных;

г) графики по каждому проведённому эксперименту;

д) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

1. Описать порядок проведения экспериментов.
2. Начертить и объяснить схему подключения элементов установки.

Изучение датчиков температуры

Лабораторная работа №7

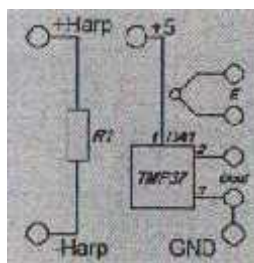
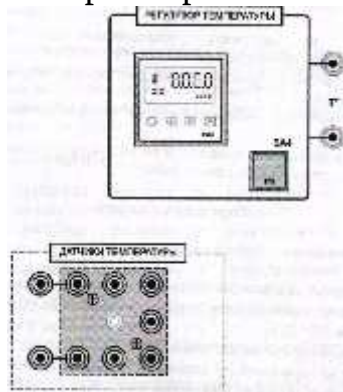
Тема: Изучение термопары и интегрального датчика температуры.

Цель работы:

1. Изучить режимы работы и основные характеристики датчиков температуры.
2. Снять и построить экспериментальную градуировочную характеристику термопары.
3. Снять и построить экспериментальную характеристику интегрального датчика температуры.

Оборудование:

1. Зона для исследования датчиков температуры.
2. Термопара и интегральный датчик.



Данная зона представляет собой субблок регулятора температуры фирмы OMRON с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками температуры с выходными клеммами для подключения управляющего выхода регулятора температуры. В центре поля для датчиков температурой расположена подпружиненная эталонная термопара, подключается к входу регулятора температуры. На минимодулях с датчиками расположены клеммы для снятия характеристик изучаемых датчиков с помощью мультиметра. Питание датчика 5 В и питание регулятора температуры 24 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Термопара ЕТР-01А

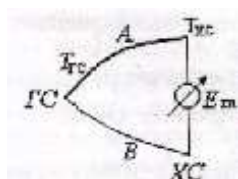
Характеристики	Значение
Тип термопары	К (ХА)
Применяемые материалы	Хромель-Алюмель

Диапазон измеряемых температуры , °C	-200 -+1300
Интегральный датчик температуры	
Характеристики	Значение
Напряжение питания,В	5
Диапазон измеряемых температур , °C	-55...+150
Базовое напряжение при +25°C,мВ	500
Точность измерения , °C	2
Разрешающая способность ,мВ/°C	20
Линейность, °C	0,5

Необходимые теоретические сведения

Термопары являются наиболее распространенные датчиками вследствие простоты своей конструкции .Термопара представляет собой два спаянных проводника из разнородных металлов .например , из железа и меди или их сплавов .Материалов для ТП могут служить и благородные металлы ,такие как платина и ее сплавы с родием. Для измерения температуры в несколько тысяч градусов используется вольфрам и рений .Если спаи имеют разную температуру $T_{гс}$ и $T_{хс}$, то в цепи будет протекать термоэлектрический ток – эффект Пельтье. Один из спаев, размещаемые на объекте , называется горячим(ГС), а второй –холодным (ХС).при размыкании цепи на концах проводников А и В возникает термоЭДС $E_{тп}$, которая пропорциональна разности функций температур ГС и ХС:

$$E_{тп}=E_{ав}(T_{гс})-E_{ав}(T_{хс})=E_{ав}(T_{гс})+E_{ва}(T_{хс}).$$



Для достижение максимальной точности измерения температуры с помощью термопар используются специальные таблицы наиболее распространенных типов термопар ,в которых разность температур (измеряемой относительно 0°C) сопоставляется со значениями генерируемой ЭДС. В таблице представлены наиболее распространенные типы термопар и металлы ,из которых они состоят

Тип термопары	Первичная обмотка	Вторичная обмотка	Диапазон измеряемых температур ,*C
E	Хромель	Константан	0-600
J	Железо	Константан	-100-850
K	Хромель	Алюмель	-200-1300
R	Платина	Платинородий	0-1700
S	Платина	Платинородий	0-1700
T	Медь	Константан	-200-400

Поддержание температуры холодных спаев равной °C является сложной задачей. Использование для этого ванны с тающим льдом, как это рекомендовалось в старых учебниках, в большинстве практических случаев

неприемлемо. Использование активных термостатов, поддерживающих холодные спаи при повышенной (порядка 60°C) температуре, повышает энергопотребление измерительной аппаратуры, приводит к появлению дополнительных помех и необходимости переградуировки. Поэтому на практике обычно производится компенсация температуры холодных спаев аппаратными или программно-аппаратными средствами.

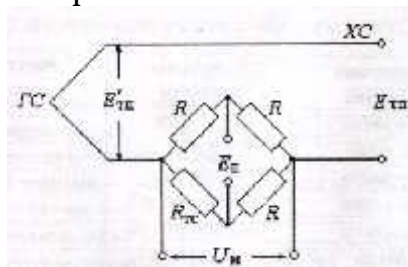
Аппаратные средства предусматривают включение в измерительную цепь последовательно с ТП мостовой схемы, которая рассчитывается таким образом, что при 0°C выходной сигнал мостовой схемы равен 0. С повышением температуры холодных спаев сигнал $E_{ТП}$ уменьшается на $E_{ТП} = E_{ТП} - E'_{ТП}$, а напряжение мостовой схемы возрастает до $U_m = \Delta E_{ТП}$. В этом случае выходной сигнал измерительной схемы $E_{ТП}$ остается постоянным и не зависит от изменения температуры холодных спаев.

Аппаратно-программный метод предусматривает, что:

- в районе холодных спаев ТП помещается ТС;
- измеряется $R_{ТС}$ и по его значению определяется температура $T_{ХС}$;
- по градуировочной характеристики определяется $E_{ТП}$, соответствующая температуре $T_{ХС}$;
- восстанавливается значение $E_{ТП} = E'_{ТП} + \Delta E_{ТП}$;
- по градуировочной характеристики определяется температура горячего спая – $T_{ГС}$.

Подобный алгоритм, заложенный в ЭВМ, позволяет достаточно быстро и при малых аппаратных затратах скомпенсировать $T_{ГС}$. Он широко применяется в настоящее время.

Для усиления сигналов ТП применяются измерительные усилители. Поскольку максимальный сигнал ТП составляет от 15 мВ до 50 мВ, то коэффициент усиления должен быть порядка 100...1000. К усилителю, прежде всего, предъявляется требование низкого уровня напряжения смещения $U_{см}$ и температурного коэффициента ТК дрейфа нулевого уровня, малых входных токов, высокого входного сопротивления, подавления синфазных помех.

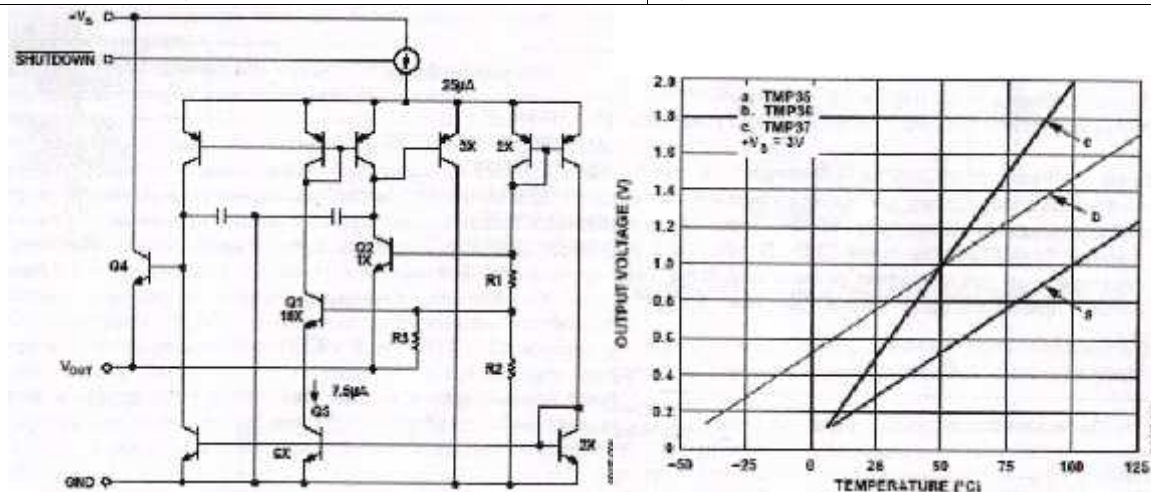


Термопары изготавливаются в виде зондов или двух проволок из термопарных материалов, спаянных вместе на тонком кончике.

Интегральный датчик температуры объединяет в себе первичный преобразователь температуры и схему для преобразования и усиления сигнала. Наиболее распространенными датчиками такого типа являются датчики, выпускаемые фирмой Analog Devices серии TMP. в таблице представлены технические характеристики представителя данного семейства TMP37. На рисунке представлена принципиальная схема датчика и его статическая характеристика.

Характеристики	Значение
----------------	----------

Напряжение питания, В	5
Диапазон измеряемых температур, °C	-55...+150
Базовое напряжение при +25°C, мВ	500
Точность измерения, °C	2
Разрешающая способность, мВ/°C	20
Линейность, °C	0,5

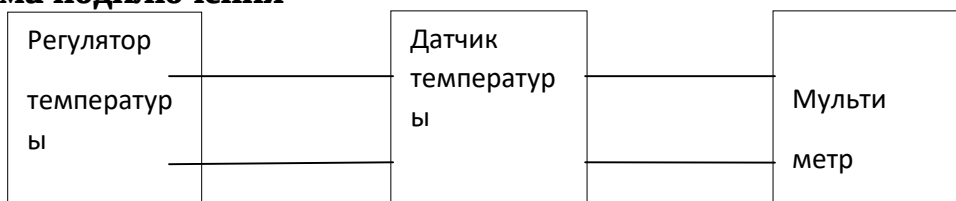


Снятие и построение градуировочной характеристики термопары

Порядок выполнения работы

- 1.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.2. Установить в поле «Датчики температуры» модуль «Термопара».
- 1.3. Подключить выходные клеммы регулятора температуры к входным клеммам поля «Датчики температуры».
- 1.4. Подключить выходные клеммы модуля «Термопара» к мультиметру работающему в режиме измерения постоянного напряжения до 200 мВ.

Схема подключения



- 1.5. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.6. Включить выключатель **SA3** «Питание регулятора температуры».
- 1.7. Кнопкой больше (^) установить на регуляторе (индикатор SV) задание по температуре. (Начинать с T=30°C)
- 1.8. На мультиметре фиксировать ЭДС (**Е, мВ**), соответствующую заданной температуре.
- 1.9. Изменяя с помощью регулятора температуру, фиксировать значения на мультиметре через каждые 5°C.
- 1.10. Показания занести в таблицу.

T, °C	30	35	40	45	50	55	60	65	70
--------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Е, мВ									
--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1.11.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.12.Построить график зависимости выходной ЭДС (**Евых**) от температуры (**Т°С**) , **Евых =f (Т°С)**

Снятие и построение экспериментальной характеристики интегрального датчика температуры

Порядок выполнения работы

2.1.Установить в поле «Датчики температуры» модуль «Интегральный датчик температуры».

2.2.Подключить выходные клеммы регулятора температуры к входным клеммам поля «Датчики температуры».

2.3.Подключить выходные клеммы модуля «Интегральный датчик температуры» к мультиметру, работающему в режиме измерения постоянного напряжения до 20В.

2.4.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

2.5.Кнопкой больше (^) задавать температуру на регуляторе (индикатор SV).
(Начинать с Т=20°С)

2.6.На мультиметре фиксировать напряжение(**Uвых**), соответствующее заданной температуре, через каждые 5°С.

2.7.Показания занести в таблицу.

Т,°С	20	25	30	35	40	45	50	55	60
U,В									

2.8.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

2.9.Построить график зависимости выходного напряжения (**Uвых**) от температуры (**Т°С**) , **Uвых=f (Т°С)**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) таблицы полученных экспериментальных данных;
- в) графики по каждому проведённому эксперименту;
- г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

- 1.Каков принцип работы термопары?
- 2.Назовите температурные диапазоны работы каждого из изучаемых датчиков.
- 3. Описать порядок проведения экспериментов.

Лабораторная работа №8

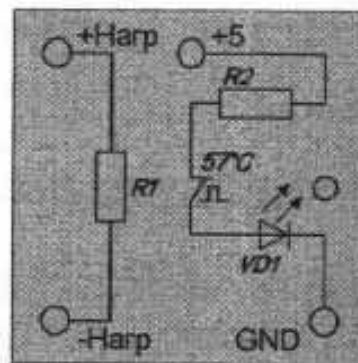
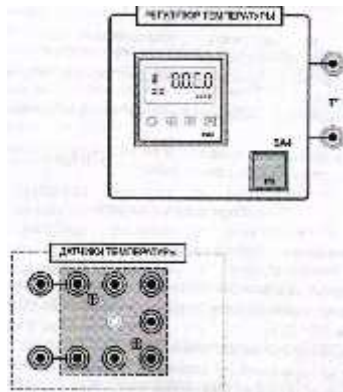
Тема: Изучение биметаллического термостата.

Цель работы:

- 1.Изучить режимы работы и основные характеристики биметаллического термостата
- 2.Снять и построить экспериментальную градуировочную характеристику биметаллического термостата.

Оборудование:

- 1.Зона для исследования датчиков температуры.
2. Биметаллический термостат.



Данная зона представляет собой субблок регулятора температуры фирмы OMRON с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками температуры с выходными клеммами для подключения управляющего выхода регулятора температуры. В центре поля для датчиков температурой расположена подпружиненная эталонная термопара, подключается к входу регулятора температуры. На минимодулях с датчиками расположены клеммы для снятия характеристик изучаемых датчиков с помощью мультиметра. Питание датчика 5 В и питание регулятора температуры 24 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Биметаллический термостат

Характеристика	Значение
Напряжение коммутируемой цепи, не более, В	~250
Номинальный ток при $\cos\varphi=1,0/0,6$ не более, А	16/10
Число срабатываний при макс. Токе 16/25 А и $\cos\varphi = 1,0$ не менее	30000/2500
Температура срабатывания, °C	57
Погрешность температуры срабатывания, не более, °C	$\pm 3; \pm 6; \pm 10;$
Температура возврата ниже точки настройки °C	$15 \pm 5;$

Переходное сопротивление не более, Ом	0,05
Электрическая прочность не менее, В	1500
Сопротивление изоляции не менее, Мом	50
Степень защиты термоограничителя	IP4x

Необходимые теоретические сведения

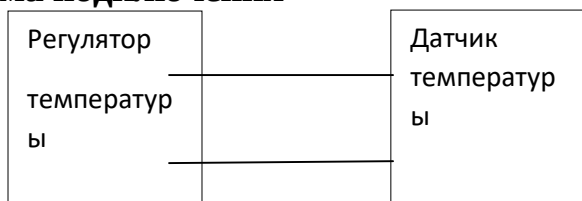
Термостат представляет собой обычный тип температурных преобразователей с замыкающим или размыкающим одним или несколькими электрическим контактами, определяющими прохождение определённой температурной точки. Такой прибор реализует дискретный способ восприятия температуры. Термостаты наиболее широко используются там, где необходимо контролировать, чтобы температура не превышала некоторое значения или не опускалась ниже установленного уровня. В конструкцию термостата входит биметаллический чувствительный элемент, в котором два металла с различными коэффициентами температурного расширения механически соединены друг с другом в виде ленты или полосы. При изменении температуры среды длина каждого слоя металла изменяется различным образом и лента или полоска изгибается, замыкая электрический контакт.

Снятие и построение градуировочной характеристики биметаллического термостата.

Порядок выполнения работы

- 1.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.2. Установить в поле «Датчики температуры» модуль «Термостат».
- 1.3. Подключить выходные клеммы регулятора температуры к входным клеммам поля «Датчики температуры».

Схема подключения



- 1.4. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.5. Включить выключатель **SA3** «Питание регулятора температуры».
- 1.6. Кнопкой больше (^) установить на регуляторе (индикатор SV) задание по температуре. (Начинать с T=30°C)
- 1.7. Увеличивая с помощью регулятора температуру, фиксировать температуру срабатывания и возврата при замыкании и размыкании в цепи термостата (при замыкании светодиод загорается, при размыкании гаснет).
- 1.8. Показания занести в таблицу.

T, °C (срабатывания, возврата)	30		
Зам/разм			

1.9.Выключить сетевой выключатель **SA1** “Питание».

1.10.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от температуры (**T°C**), **U_{вых}=f (T°C)**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) таблицы полученных экспериментальных данных;
- в) графики по каждому проведённому эксперименту;
- г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

- 1.Каков принцип работы биметаллического термостата?
- 2. Описать порядок проведения экспериментов.

Лабораторная работа №9

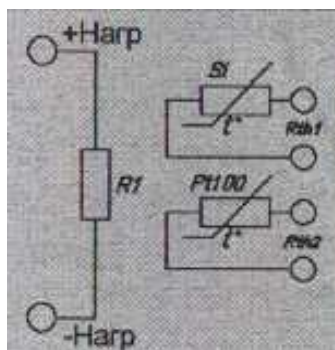
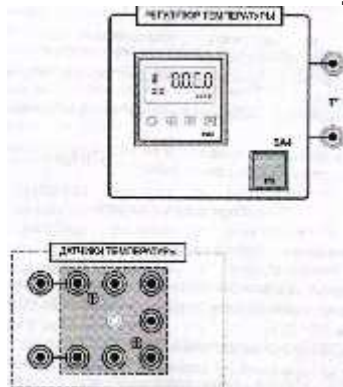
Тема:Изучение терморезисторов.

Цель работы:

- 1.Изучить режимы работы и основные характеристики терморезисторов.
- 2.Снять и построить экспериментальную характеристику платинового терморезистора.
- 3.Снять и построить экспериментальную характеристику полупроводникового терморезистора.

Оборудование:

- 1. Зона для исследования датчиков температуры.
- 2. Платиновый и полупроводниковый терморезистор.



Данная зона представляет собой субблок регулятора температуры фирмы OMRON с выходными клеммами ,поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками температуры с выходными клеммами для подключения управляющего выхода регулятора температуры. В центре поля для датчиков температурым расположена подпружиненная эталонная

термопара, подключается к входу регулятора температуры. На минимодулях с датчиками расположены клеммы для снятия характеристик изучаемых датчиков с помощью мультиметра. Питание датчика 5 В и питание регулятора температуры 24 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Необходимые теоретические сведения

Терморезисторы относятся к параметрическим датчикам температуры, поскольку их активное сопротивление зависит от температуры. Терморезисторы называют также термометрами сопротивления или термосопротивлениями. Они применяются для измерения температуры в широком диапазоне от -270 до 1600 С. Если терморезистор нагревать проходящим через него электрическим током, то его температура будет зависеть от интенсивности теплообмена с окружающей средой. Так как интенсивность теплообмена зависит от физических свойств газовой или жидкой среды (например, от теплопроводности, плотности, вязкости), в которой находится терморезистор, от скорости перемещения терморезистора относительно газовой или жидкой среды, то терморезисторы используются и в приборах для измерения таких неэлектрических величин, как скорость, расход. Плотность и др.

Различают металлические и полупроводниковые терморезисторы. Металлические терморезисторы изготавливают из чистых металлов: меди, платины, никеля, железа, реже из молибдена и вольфрама. Для большинства чистых металлов температурный коэффициент электрического сопротивления составляет примерно $(4-6,5) \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, т.е. при увеличении температуры на 1 С сопротивление металлического терморезистора увеличивается на 0,4-0,65%. Наибольшее распространение получили медные и платиновые терморезисторы. Хотя железные и никелевые терморезисторы имеют примерно в полтора раза больший температурный коэффициент сопротивления, чем медные и платиновые, однако применяются они реже. Дело в том, что железо и никель сильно окисляются и при этом меняют свои характеристики. Вообще добавление в металл незначительного количества примесей уменьшает температурный коэффициент сопротивления. Сплавы металлов и окисляющиеся металлы имеют низкую стабильность характеристик. Однако при необходимости измерять высокие температуры приходится применять такие жаропрочные металлы, как вольфрам и молибден, хотя терморезисторы из них имеют характеристики, несколько отличающиеся от образца к образцу.

Сопротивление металлического проводника R зависит от температуры

$$R = R_0 e^{\alpha T},$$

Где α – постоянный коэффициент, зависящий от материала и конструктивных размеров проводника; β – температурный коэффициент сопротивления; e – основание натуральных логарифмов.

После разложения функции вида $e^{\beta(T-T_0)}$ в степенной ряд получается выражение для расчёта сопротивления при температуре T через начальное сопротивление при T_0 :

$$R_T = R [1 + \alpha (T - T_0)].$$

Для платиновых терморезисторов, которые применяются в более широком диапазоне температур, чем медные, следует учитывать зависимость температурного коэффициента сопротивления от температуры. Для этого берётся не два, а три члена разложения в степенной ряд функции $e^{\beta(T-T_0)}$. Таким образом, в диапазоне температур от -50 до 700 С достаточно точной является формула

$$R_T = R [1 + \alpha (T - T_0) + B(T - T_0)^2],$$

Где для платины $\alpha = 3,94 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, $B = 5,8 \cdot 10^{-6} (1/^\circ\text{C})^2$.

Широкое применение в автоматике получили полупроводниковые терморезисторы, которые для краткости называют термисторами. Материалом для их изготовления служат смеси оксидов марганца, никеля и кобальта; германий и кремний с различными примесями и др. По сравнению с металлическими терморезисторами полупроводниковые имеют меньшие размеры в большие значения номинальных сопротивлений. Термисторы имеют на порядок больший температурный коэффициент сопротивления

(до $-6 \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$). Но этот коэффициент – отрицательный, т.е. при увеличении температуры сопротивление термистора уменьшается. Существенный недостаток полупроводниковых терморезисторов по сравнению с металлическими – непостоянство температурного коэффициента сопротивления. С ростом температуры он сильно падает, т.е. термистор имеет нелинейную характеристику. Вследствие этого термисторы используются для измерений температур в диапазоне от -50 до 300 С.

При массовом производстве термисторы дешевле металлических терморезисторов, но имеют больший разброс характеристик.

Сопротивление полупроводниковых терморезисторов (термисторов) резко уменьшается с ростом температуры. Их чувствительность значительно выше, чем металлических, поскольку температурный коэффициент сопротивления полупроводниковых терморезисторов примерно на порядок больше, чем у металлических. Если для металлов $\alpha = (4 \dots 6) \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, то для полупроводниковых терморезисторов $|\alpha| > 4 \cdot 10^{-2} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Правда, для термисторов

этот коэффициент непостоянен, он зависит от температуры и им редко пользуются при практических расчётах.

Основной характеристикой терморезистора является зависимость его сопротивления от абсолютной температуры T :

$$R_r = A e^B$$

где A – постоянный коэффициент, зависящий от материала и конструктивных размеров термистора; B – постоянный коэффициент, зависящий от физических свойств полупроводника; e – основание натуральных логарифмов.

Снятие и построение экспериментальной характеристики платинового терморезистора

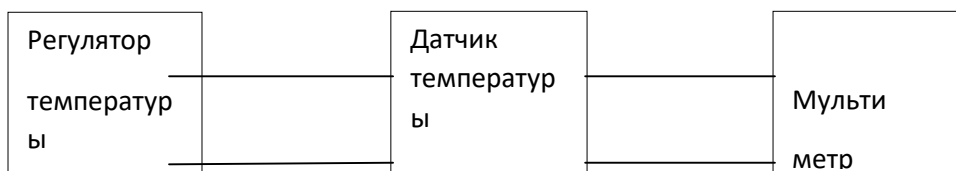
Порядок выполнения работы

1.1. Установить в поле «Датчики температуры» модуль «Платиновый терморезистор».

1.2. Подключить выходные клеммы регулятора температуры к входным клеммам поля «Датчики температуры».

1.3. Подключить выходные клеммы модуля «Платиновый терморезистор» к мультиметру, работающему в режиме измерения сопротивления до 2кОм.

Схема подключения



1.4. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.5. Кнопкой больше (^) задавать температуру на регуляторе (индикатор SV). (Начинать с $T=20^{\circ}\text{C}$)

1.6. На мультиметре фиксировать сопротивление (**R , кОм**), соответствующее заданной температуре, через каждые 5°C .

1.7. Показания занести в таблицу.

$T, ^{\circ}\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60
R, кОм									

1.8. Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.9. Построить график зависимости выходного сопротивления (**$R_{\text{вых}}$**) от температуры (**$T^{\circ}\text{C}$**), **$R_{\text{вых}} = f(T^{\circ}\text{C})$**

Снятие и построение экспериментальной характеристики кремниевого терморезистора

Порядок выполнения работы

- 2.1. Установить в поле «Датчики температуры» модуль «Кремниевый терморезистор».
- 2.2. Подключить выходные клеммы регулятора температуры к входным клеммам поля «Датчики температуры».
- 2.3. Подключить выходные клеммы модуля «Кремниевый терморезистор» к мультиметру, работающему в режиме измерения сопротивления до 20кОм.
- 2.4. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 2.5. Кнопкой больше ($\wedge$) задавать температуру на регуляторе (индикатор SV).
(Начинать с $T=20^{\circ}\text{C}$)
- 2.6. На мультиметре фиксировать напряжение (**E, мВ**) сопротивление (**R, кОм**), соответствующее заданной температуре, через каждые 5°C .
- 2.7. Показания занести в таблицу.

T, °C	20	25	30	35	40	45	50	55	60
R, кОм									

- 2.8. Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 2.9. Построить график зависимости выходного сопротивления (**R_{вых}**) от температуры (**T^{°C}**), **R_{вых} = f (T^{°C})**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) таблицы полученных экспериментальных данных;
- в) графики по каждому проведённому эксперименту;
- г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы металлического и полупроводникового терморезистора, их отличия?
2. Описать порядок проведения экспериментов.

Лабораторная работа №10

Тема: Изучение инфракрасного пирометра.

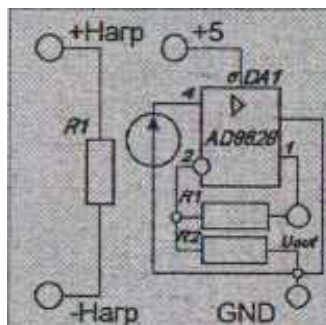
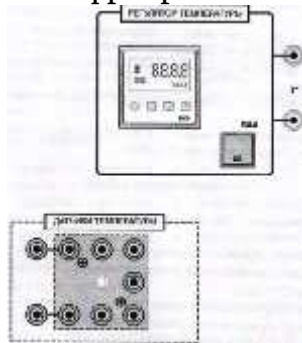
Цель работы:

1. Изучить режимы работы и основные характеристики инфракрасного пирометра.
2. Снять и построить экспериментальную характеристику инфракрасного пирометра.

Оборудование:

1. Зона для исследования датчиков температуры.

2. Инфракрасный пирометр.



Данная зона представляет собой субблок регулятора температуры фирмы OMRON с выходными клеммами, поле для установки минимодулей с изучаемыми датчиками температуры с выходными клеммами для подключения управляющего выхода регулятора температуры. В центре поля для датчиков температур расположена подпружиненная эталонная термопара, подключается к входу регулятора температуры. На минимодулях с датчиками расположены клеммы для снятия характеристик изучаемых датчиков с помощью мультиметра. Питание датчика 5 В и питание регулятора температуры 24 В осуществляется через внутренние цепи от импульсного источника питания.

Характеристика	Инфракрасный пирометр
Напряжения питания, В	5
Диапазон измеряемых температур, С	-70...+380
Тип термопреобразователя	Термопара
Базовое сопротивление при +20С, кОм	20
Точность измерения, С	0,5
Разрешающая способность, С	0,02

Необходимые теоретические сведения

Пирометр- это бесконтактный первичный измерительный преобразователь температуры, который определяет энергию излучения тела. Исходя из физических принципов работы, все физические тела излучают меньшую энергию, чем черное тело, пирометры показывают температуру более низкую, чем действительная температура нагретого тела.

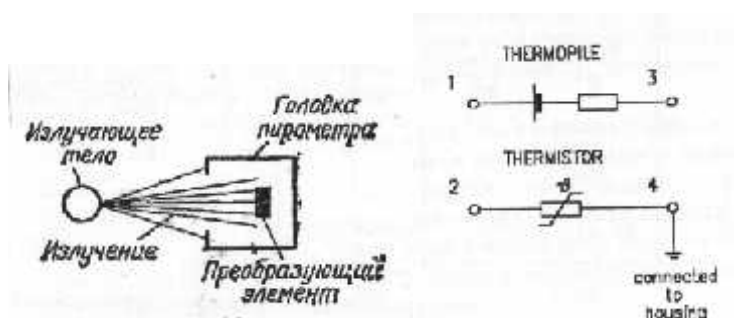
В общем случае пирометр представляет собой систему, включающую в себя:

совокупность оптических линз для фокусировки энергии излучения на преобразующем элементе; преобразующий элемент для восприятия энергии излучения; электронная схема для сопряжения преобразующего элемента с внешними цепями.

По принципу действия пирометры делятся на оптические (монокроматические) и радиационные (полного излучения). В оптических

пирометрах сравнивается яркость излучения определенной длины волны нагретого тела, температура которого измеряется, и накала нити специальной фотометрической лампы, встроенной в прибор. Сравнение интенсивностей происходит после пропускания излучения через красный светофильтр.

Действие пирометров полного излучения основано на фокусировке теплового излучения тела с помощью оптической системы в месте расположения преобразующего элемента. Количество энергии, исходящей от тела, зависит от его температуры и излучающей способности (неизменна и определяется свойствами материала излучающего тела). Кроме того излучение, достигающее пирометра, не зависит от расстояния до него (при условии, что поверхность тела полностью заполняет область видения пирометра)



Преобразующий элемент пирометра может быть выполнен в форме любого из рассмотренных ранее преобразователей температуры (термопара, терморезистор).

Поскольку пироэлектрические детекторы воспринимают температуру дистанционно (без физического контакта), то они могут использоваться для обнаружения того или иного тела, образуя основу детекторов наличия или приближения предметов.

В работе используется пирометр Melexis MLX90247-ESF-DSA, изображена его принципиальная схема и схема включения в цепь операционного усилителя для получения унифицированного сигнала.

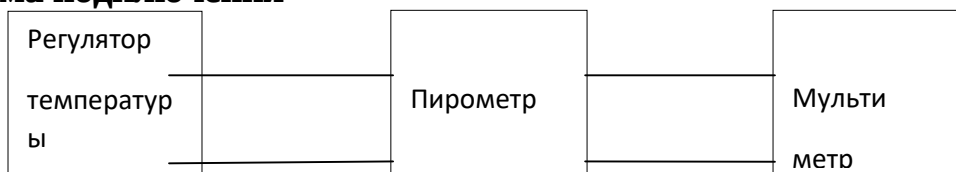
Снятие и построение экспериментальной характеристики инфракрасного пирометра

Порядок выполнения работы

- 1.1. Установить в поле «Датчики температуры» модуль «Инфракрасный пирометр».
- 1.2. Подключить выходные клеммы регулятора температуры к входным клеммам поля «Датчики температуры».

1.3.Подключить выходные клеммы модуля «Инфракрасный пирометр» к мультиметру, работающему в режиме измерения постоянного напряжения до 20В.

Схема подключения



1.4.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.5.Кнопкой больше (^) задавать температуру на регуляторе (индикатор SV).
(Начинать с $T=20^{\circ}\text{C}$)

1.6.На мультиметре фиксировать напряжение (**U_{вых}**), соответствующее заданной температуре, через каждые 5°C .

1.7.Показания занести в таблицу.

T, °C	20	25	30	35	40	45	50	55	60
U, В									

1.8.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.9.Выключить выключатель **SA3** «Питание регулятора температуры».

1.10.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от температуры (**T°C**), **U_{вых}=f (T°C)**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) таблицы полученных экспериментальных данных;
- в) графики по каждому проведённому эксперименту;
- г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

1.Каков принцип работы пирометра?

4.Назовите температурные диапазоны работы каждого из изучаемых датчиков.

Изучение датчиков магнитного поля

Лабораторная работа №11

Тема:Изучение датчиков Холла.

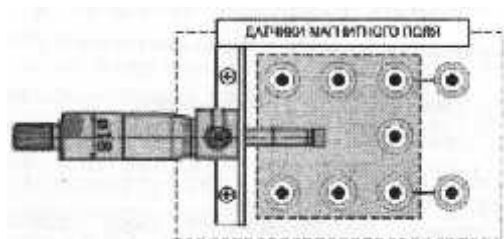
Цель работы:

1.Изучить основные технические характеристики аналогового и дискретного датчиков Холла.

3.Снять и построить экспериментальные статические характеристики исследуемых датчиков.

Оборудование:

1. Зона для исследования датчиков магнитного поля.
2. Аналоговый магниторезистор.



Данная зона представляет собой:

- стойку микрометра с установленным на торце магнитом, воздействующим на датчик;
- гнезда, расположенные на определённом коде;
- выходные гнезда для подключения мультиметра.

С левой стороны минимодуля расположено отверстие для прохода щупа микрометра с магнитом (воздействующим элементом ВЭ) при снятии статических характеристик изучаемых датчиков. На лицевой стороне минимодулей, там, где необходимо, расположены элементы индикации (светодиоды) и управления (кнопка). Питание всех датчиков осуществляется постоянным напряжением 5В от встроенного импульсного источника питания.

Снятие и построение статической характеристики аналогового датчика Холла.

Порядок выполнения работы

- 1.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.2. Установить в поле «Датчики магнитного поля» модуль «Аналоговый датчик Холла».
- 1.3. Выходные клеммы поля «Датчики магнитного поля» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения ($=U$) до 20В.
- 1.4. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.5. Приближая магнит, с помощью микрометра, к датчику снимаем на мультиметре не менее 10 точек в прямом направлении, а затем в обратном – удаляя магнит от датчика.

Если при приближении магнита к датчику выходное напряжение не меняется, необходимо перевернуть (установить) магнит другой плоскостью.

- 1.6. Данные измерений заносим в таблицу.

Прямое направление (от 15мм до 1мм)

L, мм									
U, В									

Обратное направление (от 1мм до 15мм)

L, мм									
U, В									

1.7.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.8.Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от расстояния магнита до датчика **U_{вых}=f(L)**

Исследование работы дискретного датчика Холла.

Порядок выполнения работы

2.1.Установить в поле «Датчики магнитного поля» модуль «Дискретный датчик Холла».

2.2..Выходные клеммы поля «Датчики магнитного поля» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения (**=U**) до 20В.

2.3.Микрометр установить на 15мм.

2.4.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

2.5.Датчик включён:

- горит светодиод на модуле;
- показание на мультиметре – 2,9 В.

2.6.Вращая ручку микрометра по часовой стрелке (приближение магнита к датчику), определить расстояние(в мм) при котором датчик отключится:

- светодиод на модуле не горит;
- показание на мультиметре = 0 В.

2.7.Для исключения влияния люфта, сделать ещё пол оборота микрометра по часовой стрелке.

2.8. Вращая ручку микрометра против часовой стрелки (удаление магнита от датчика), определить расстояние(в мм) при котором датчик включится:

- горит светодиод на модуле;
- показание на мультиметре – 2,9 В.

2.9.Для исключения влияния люфта, сделать ещё пол оборота микрометра против часовой стрелки.

2.10.Произвести включение и отключение датчика не менее трёх раз.

2.11.Данные измерений занести в таблицу.

№ измер.					
Lоткл, мм					
Lвкл, мм					

2.12.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

2.13. Построить график срабатывания датчика (гистерезис датчика).

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) таблицы полученных экспериментальных данных;
- в) графики по каждому проведённому эксперименту;

г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы и конструктивные особенности датчиков Холла?
2. Описать порядок проведения экспериментов.

Лабораторная работа №12

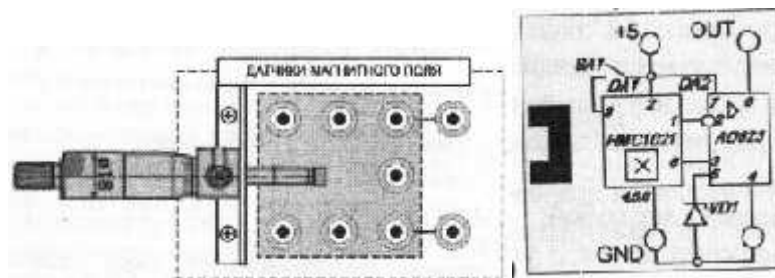
Тема: Изучение аналогового магниторезистора.

Цель работы:

1. Изучить основные технические характеристики аналогового магниторезистора.
2. Снять и построить экспериментальные статические характеристики аналогового магниторезистора.

Оборудование:

1. Зона для исследования датчиков магнитного поля.
2. Аналоговый магниторезистор.



Данная зона представляет собой:

- стойку микрометра с установленным на торце магнитом, воздействующим на датчик;
- гнезда, расположенные на определенном коде;
- выходные гнезда для подключения мультиметра.

С левой стороны минимодуля расположено отверстие для прохода щупа микрометра с магнитом (воздействующим элементом ВЭ) при снятии статических характеристик изучаемых датчиков. На лицевой стороне минимодулей, там, где необходимо, расположены элементы индикации (светодиоды) и управления (кнопка). Питание всех датчиков осуществляется постоянным напряжением 5В от встроенного импульсного источника питания.

Аналоговый магниторезистор Honeywell HMC1021

Характеристики	Значение
----------------	----------

Напряжение ,В	5...30
Ток потребления ,мА	15
Магнитные характеристик, Гаусс/Тл	-6...+6
Разрешение, Гаусс	$85 \cdot 10^{-6}$
Линейность характеристик ,%	1,6
Полоса пропускания ,МГц	5
Гистерезис, %	0,08
Напряжения сброса, В	5

Необходимые теоретические сведения

Магниторезисторы - это электронные компоненты, действие которых основано на изменении электрического сопротивления полупроводника (или металла) при воздействии на него магнитного поля.

Механизм изменения сопротивления довольно сложен, так как является результатом одновременного действия большого числа разнообразных факторов. К тому же он не одинаков для разных типов приборов, технологий и материалов.

Магниторезисторы характеризуются такими параметрами, как чувствительность, номинальное сопротивление, рабочий ток, термостабильность и быстродействие, диапазон рабочих температур.

В России и за рубежом выпускается широкая номенклатура магниторезисторов, отличающихся типом конструкцией и технологией изготовления магниточувствительного элемента и магнитной цепи.

Выделяются две большие группы магниторезисторов, которые условно можно разделить на «монокристаллические» и «пленочные».

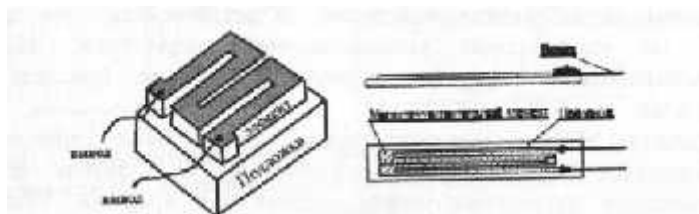
«Монокристаллические» магниторезисторы. Действие «монокристаллических» магниторезисторов основано на эффекте Гаусса, который характеризуется возрастанием сопротивления проводника (или полупроводника) при помещении его в магнитное поле.

Конструкция «монокристаллического» магниторезистора приведена на рисунке. Магниторезистор представляет собой подложку с размещенным на ней МЧЭ. Подложка обеспечивает механическую прочность прибора. Элемент приклеен к подложке и защищен снаружи слоем лака. МЧЭ может размещаться в оригинальном или стандартном корпусе и снабжаться ферритовым концентратором магнитного поля, или «смещающим» постоянным микромагнитом.

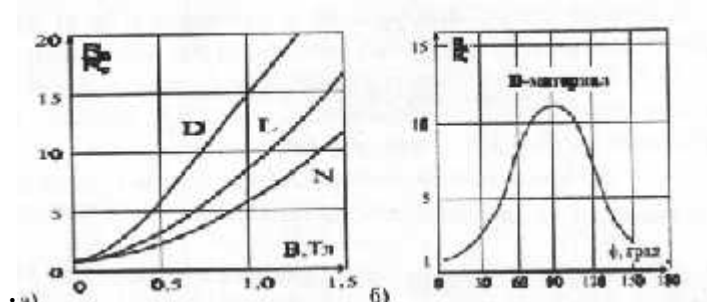
«Монокристаллические» МЧЭ изготавливаются из полупроводниковых материалов, обладающих высокой подвижностью носителей заряда. К таким материалам относятся индий (InSb) и его соединения, арсенид индия (InAs) и др.

Наибольшее распространение получил эвтектический сплав InSb-NiSb, легированный теллуром. В России этот сплав известен под названием СКИН. В зарубежных приборах применяется аналогичный сплав, трех модификаций: L, D,

N.



Типичная зависимость магниторезистивного отношения (R_B/R_0) МЧЭ, изготовленных из сплава InSb-NiSb, от индукции управляющего магнитного поля показана на рисунке.



Типичная зависимость МЧЭ их модификаций L,D и N сплава InSb-NiSb от величины индукции управляющего магнитного поля(а) и от угла между вектором магнитной индукции и плоскостью магниторезисторного элемента (б)

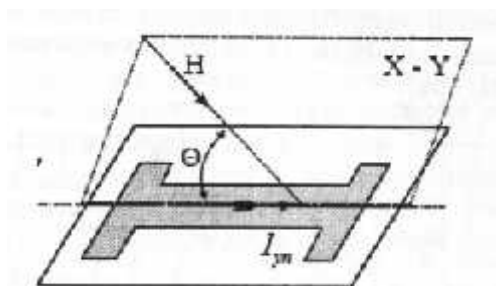
Как следует из рисунка, зависимость магнитной чувствительности «монолитного» МЧЭ в области слабых полей близка к квадратичной, а в области сильных полей – практически линейна. Область перехода от слабых полей к сильным для реальных магниторезисторных элементов лежит в пределах 0,2-0,4 Тл.

«Пленочные» магниторезисторы. «Пленочные» магниторезисторы получили распространение лишь в последние годы.

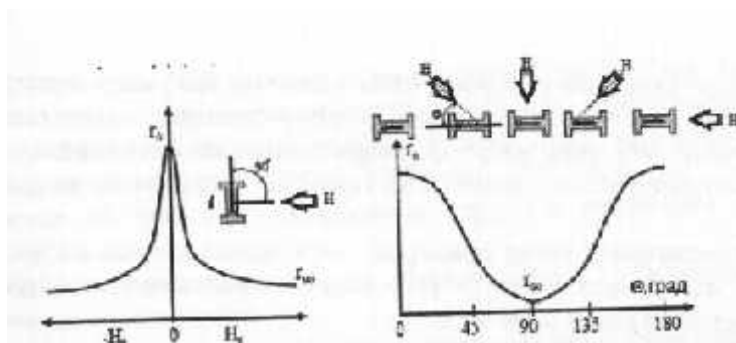
МЧЭ таких приборов изготовлен в ферромагнитных пленок (ФМП), использующих анизотропный магнитрезисторный эффект. Максимальное значение магнитоспротивления «тонкопленочных» магниторезисторов соответствует нулевому внешнему магнитному полю, то есть при воздействии магнитного поля сопротивление такого МЧЭ уменьшается. Конструкция магниторезисторов из ФМП не отличается от конструкций других разновидностей магниторезисторов, за исключением того, что МЧЭ

изготовлен по специальной тонкопленочной технологии. Напыление магниточувствительного слоя, как правило, происходит при воздействии магнитного поля.

Для создания МЧЭ используют одно- и многослойные пленки никель-кобальтовых (Ni-Co), никель-железных (Ni-Fe) и других сплавов. В качестве подложек применяют стекло, ситалл или кремний, обладающие большой теплопроводимостью и коэффициент термического расширения которых, близок по величине к ТКР используемых пленок.



На рисунке приведен график зависимости сопротивления r от напряженности управляющего магнитного поля H , построенный при воздействии поля согласно схеме, показанной в правом верхнем углу ($\theta = 90^\circ$). Из этой зависимости следует, что максимальное значение r , равное r_0 , соответствует нулевому внешнему магнитному полю. Данная зависимость имеет участки насыщения, соответствующие магнитным полям $H > H_s$, в пределах которых удельное сопротивление МЧЭ изменяется относительно мало. В верхней части рисунка рассмотрено пять случаев ориентации магнитного поля H относительно направления тока (I) в МЧЭ, соответствующих пяти характерным точкам графика зависимости r от θ (три точки экстремумов и две точки перегибов). Из рисунка видно, что сопротивление МЧЭ имеет максимальное значение при совпадении направлений тока (I) и магнитного поля H ($\theta = 0$), равно r_0 .

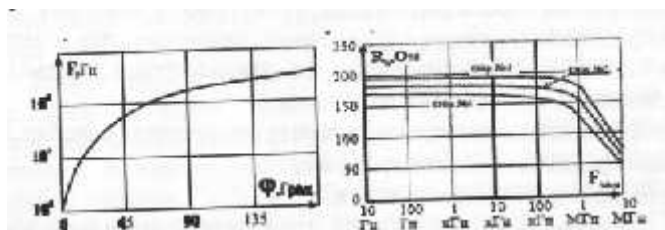


Магнитная чувствительность «тонкопленочных» МЧЭ определяется параметрами материала.

Магниторезисторы и устройства на их основе могут работать при постоянном и модулированном (переменном) магнитном поле. Однако при частоте более 10 кГц возникает фазовый сдвиг, а при частоте 1 МГц происходит изменение проводимости резистора. Частотные характеристики

магниторезисторов с «монокристаллическим» МЧЭ приведены на рисунке.

Верхняя частота АЧХ тонкопленочных магниторезисторов составляет более 1 МГц. Экспериментально доказано, что магниторезисторы могут работать при частоте модуляции магнитного потока до 1 ГГц.



Магниторезисторы применяются в качестве чувствительных элементов в функционально-ориентированных магнитных датчиках: скорости и направления вращения, угла поворота и положения, линейного перемещения, расхода жидкости и газа, электрического тока и напряжения и т.п.

Их используют в бесконтактной клавиатуре ПЭВМ, бесконтактных переменных резисторах, вентильных электродвигателях, электронных модуляторах и преобразователях, измерителях магнитного поля, металлоискателях, электронных навигаторах, в бытовой электронной аппаратуре ЭВМ, определителях подлинности банкнот, электронных и электрофицированных игрушках и др.

Современная групповая технология ИС позволяет выпускать интегральные преобразователи магнитного поля на основе тонкопленочных магниторезисторов, которые могут формироваться как в линейные, так и в матричные магниточувствительные структуры с различным способом их организации.

Основное назначение таких приборов и устройствах считывания информации с магнитных носителей (лент, карт и т.п.).

При использовании магниторезисторов необходимо учитывать их преимущества и недостатки. Например, «монокристаллические» магниторезисторы целесообразно использовать для регистрации «сильных» магнитных полей (100-1000 мТл). При этом следует учитывать максимальное значение индукции управляющего магнитного поля (B_{max}), при котором гарантируется заданная линейность преобразования, так как с ростом индукции управляющего поля, как правило, растет входное сопротивление магниточувствительного элемента. Поэтому необходимо следить за тем, чтобы при высоких индукциях (1 Тл и более) значение тока управления было выбрано таким, при котором температура элемента не будет превышать допустимую.

При использовании магниторезисторов необходимо учитывать его так называемую нагрузочную способность. Этот параметр определяется тем предельным значением температуры перегрева прибора, который допускается и не выводит прибор из строя. Для большинства

магниторезисторов значение этой температуры 150° С. Обычно в паспорте на прибор указывается рабочий диапазон, в котором возможна его эксплуатация. Нагрузочная способность магниторезистора указывается в документации на прибор в виде одного из следующих параметров:

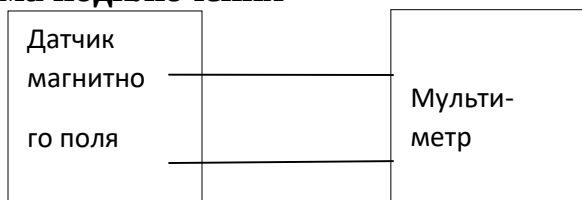
- значения мощности, которую может рассеять магниторезистор, $P_{\text{макс}}$;
- значения предельно допустимого тока, $I_{\text{макс}}$;
- значения теплового сопротивления, λ .

Снятие и построение статической характеристики аналогового магниторезистора

Порядок выполнения работы

- 1.1.Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.2.Установить в поле «Датчики магнитного поля» модуль «Аналоговый магниторезистор».
- 1.3.Выходные клеммы поля «Датчики магнитного поля» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения ($=U$) до 20В.

Схема подключения



- 1.4.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.5.Приближая магнит, с помощью микрометра, к датчику снимаем на мультиметре не менее 10 точек в прямом направлении, а затем в обратном – удаляя магнит от датчика.

Если при приближении магнита к датчику выходное напряжение не меняется, необходимо нажать кнопку или перевернуть (установить) магнит другой плоскостью.

- 1.6.Данные измерений заносим в таблицу.

Прямое направление (от 21мм до 5мм)

L, мм									
U, В									

Обратное направление (от 5мм до 21мм)

L, мм									
U, В									

- 1.7.Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.8. Построить график зависимости выходного напряжения (**U_{вых}**) от расстояния магнита до датчика **U_{вых}=f(L)**

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) таблицы полученных экспериментальных данных;
- в) графики по каждому проведённому эксперименту;
- г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы магниторезисторов?
2. Описать порядок проведения экспериментов.

Лабораторная работа №14

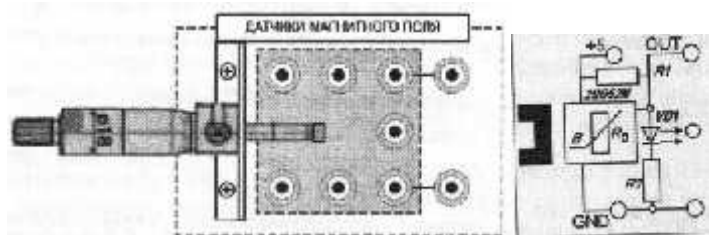
Тема: Изучение дискретного магниторезистора

Цель работы:

1. Изучить основные технические характеристики дискретного магниторезисторов.
2. Снять и построить экспериментальную статическую характеристику дискретного магниторезистора.

Оборудование:

1. Зона для исследования датчиков магнитного поля.
2. Дискретный магниторезистор



Данная зона представляет собой:

- стойку микрометра с установленным на торце магнитом, воздействующим на датчик;
- гнезда, расположенные на определённом коде;
- выходные гнезда для подключения мультиметра.

С левой стороны минимодуля расположено отверстие для прохода щупа микрометра с магнитом (воздействующим элементом ВЭ) при снятии статических характеристик изучаемых датчиков. На лицевой стороне минимодулей, там, где необходимо, расположены элементы индикации (светодиоды) и управления (кнопка). Питание всех датчиков осуществляется постоянным напряжением 5В от встроенного импульсного источника питания.

Дискретный магниторезистор Honeywell 2SS52M

Характеристики	Значение
Напряжение ,В	3,8...30
Ток потребления ,мА	11
Тип датчика	Омниполярный
Магнитные характеристик, Гаусс/Тл (включение-отключение)	25/2,5-4/0,4

Исследование работы дискретного магниторезистора

Порядок выполнения работы

- 1.1. Установить в поле «Датчики магнитного поля» модуль «Дискретный магниторезистор».
- 1.2. Выходные клеммы поля «Датчики магнитного поля» соединить с входами мультиметра, работающего в режиме измерения постоянного напряжения ($=U$) до 20В.
- 1.3. Микрометр установить на 20мм.
- 1.4. Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.5. Датчик включён:
 - горит светодиод на модуле;
 - показание на мультиметре – 2,9В.
- 1.6. Вращая ручку микрометра по часовой стрелке (приближение магнита к датчику), определить расстояние (в мм) при котором датчик отключится:
 - светодиод на модуле не горит;
 - показание на мультиметре = 0В.
- 1.7. Для исключения влияния люфта, сделать ещё пол оборота микрометра по часовой стрелке.
- 1.8. Вращая ручку микрометра против часовой стрелки (удаление магнита от датчика), определить расстояние(в мм) при котором датчик включится:
 - горит светодиод на модуле;
 - показание на мультиметре – 2,9В.
- 1.9. Для исключения влияния люфта, сделать ещё пол оборота микрометра против часовой стрелки.
- 1.10. Произвести включение и отключение датчика не менее трёх раз.
- 1.11. Данные измерений занести в таблицу.

№ измер.			
Лоткл, мм			
Лвкл, мм			

- 1.12. Выключить сетевой выключатель **SA1** «Питание».
- 1.13. Построить график срабатывания датчика (гистерезис датчика).

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

- а) цель работы;
- б) таблицы полученных экспериментальных данных;
- в) графики по каждому проведённому эксперименту;
- г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы магниторезисторов?
2. Описать порядок проведения экспериментов.

Изучение датчиков освещённости

Лабораторная работа №15.

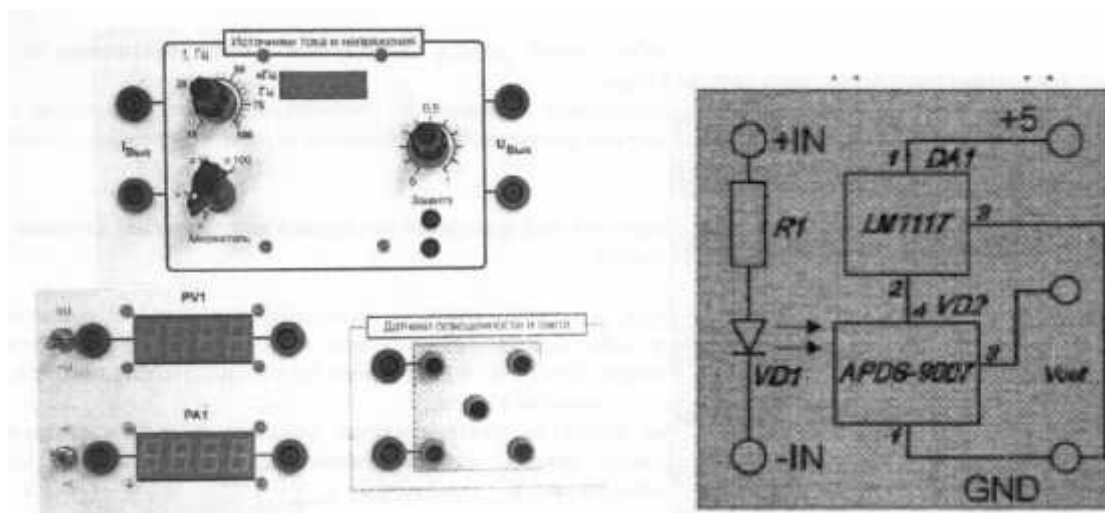
Тема: Изучение датчика освещённости.

Цель работы:

1. Изучить принцип действия и основные характеристики датчика освещённости.
2. Снять и построить экспериментальную статическую характеристику датчика освещённости.

Оборудование:

1. Зона для исследования датчика освещённости.
2. Минимодуль датчика освещённости.



Датчик освещённости AVAGO APDS-9007.

Характеристика	Значение
Напряжение ,В	2...3,5
Ток потребления ,мА	0,23
Вид статической характеристики	Логарифмическая
Диапазон измерения	3...70000

освещенности, Люкс	
Чувствительность, нА/Люкс	30

Необходимые теоретические сведения

Датчик освещенности

Люксметр- прибор для контроля освещенности, создаваемой лампами искусственного освещения и естественным светом.

Принцип работы датчика люксметр основан на преобразовании светового потока, создаваемого источниками света, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный освещенности светового потока, который затем преобразуется аналого-цифровым преобразователем в цифровой код, индицируемый на цифровом табло индикатора, либо подается напрямую в милливольтметр для индикации.

В основном люксметр используется для анализа освещенности помещений.

Нормальные условия работы в производственных помещениях могут быть обеспечены лишь при достаточной освещенности рабочих мест, проходов и проездов в любое время суток. Недостаточное или неправильное освещение вызывает переутомление зрения, снижение работоспособности и может стать причиной несчастного случая. Неблагоприятное влияние на зрение оказывает не только недостаточность и неравномерность освещения, но и слишком большая яркость поверхностей, находящихся в поле зрения. Наименьшая допустимая освещенность производственных помещений и на рабочих местах не должна быть меньше предусмотренной санитарными нормами. Для того чтобы дать оценку имеющейся освещенности в производственном помещении, необходимо произвести соответствующие замеры и полученные результаты сопоставить с нормами.

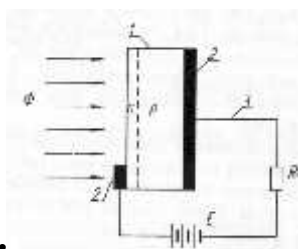
Тип помещения (место)	Уровень освещенности (лк)
Аудитории учебных заведений, спортивный зал	100...300
Классы учебных заведений	300...750
Лаборатория, библиотека, комната для черчения	750...1500
Конференц-зал, комната переговоров	200...750
Рабочие места упаковщиков, входы,	150...300

коридоры	
Рабочие места связанные с наблюдением на конвейере	300...750
Рабочие места электромонтажников на сборочной линии	1500...3000

В измерительной головке установлен первичный преобразователь излучения-полупроводниковый кремниевый фотодиод с системой светофильтров, формирующих спектральную чувствительность, соответствующую кривой видимости человеческого глаза.

Структурная схема первичного преобразователя-фотодиода представлена на рисунке.

Основной параметр фотодиода- чувствительность. Этот параметр отражает изменение электрического состояния на выходе фотодиода при подаче на вход единичного оптического сигнала. Количественно чувствительность измеряется отношением изменения электрической характеристики, снимаемой на выходе фотоприемника, к световому потоку или потоку излучения, его вызвавшему.



Структурная схема фотодиода.

1-кристалл полупроводника, 2-контакты, 3-выводы, Φ -поток света, E -источник постоянного тока, R_n -нагрузка.

Второй основной параметр фотодиода – световая характеристика, это зависимость фототока от освещенности, соответствует прямой пропорциональной фототока от освещенности. Это обусловлено тем, что толщина базы фотодиода значительно меньше диффузионной длины неосновных носителей заряда. То есть практически все неосновные носители заряда, возникшие в базе, принимают участие в образовании фототока.

Принцип работы фотодиода:

При воздействии квантов излучения в базе происходит генерация свободных носителей, которые устремляются к границе р-п-перехода. Ширина базы (п-область) делается такой, чтобы дырки не успевали рекомбинировать до перехода в р-область. Ток фотодиода определяется током неосновных носителей- дрейфовым током. Быстродействие фотодиода определяется

скоростью разделения носителей полем р-п-перехода и емкостью р-п-перехода $C_{р-п}$.

Фотодиод может работать в двух режимах:

- фотогальванический - без внешних напряжений;
- фотодиодный - с внешним обратным напряжением.

Преимущества фотодиодов в сравнении с вакуумными фотометрами:

- простота технологии изготовления и структур;
- высочайшая компактность(малые размеры);
- сочетание высокой фоточувствительности и быстродействия.

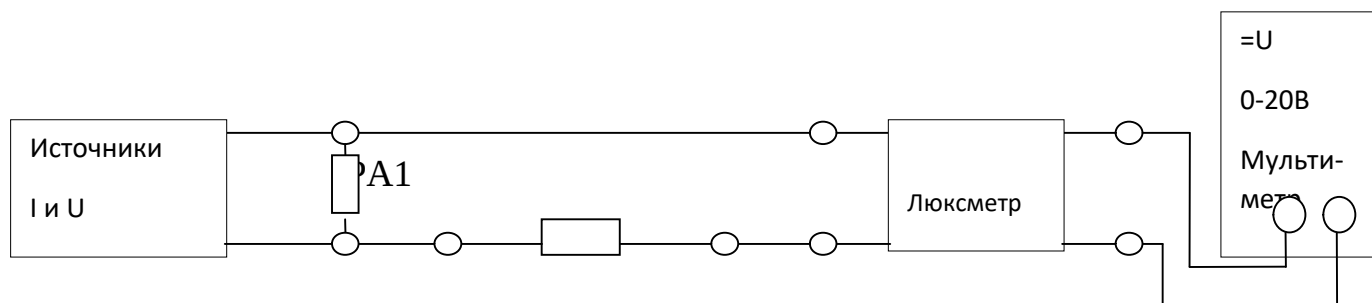
Вторая важная область применения фотодиодов- всевозможные промышленные оптические датчики(датчики расстояния, оптические энкодеры, датчики цвета, датчики меток, лазерные импульсные и фазовые дальнометры). Здесь быстродействие и компактность фотодиодов позволяет изготавливать приборы с уникальными характеристиками, помещающиеся на ладони.

Снятие экспериментальной характеристики зависимости напряжения на выходе люксметра от освещённости в помещении

Порядок выполнения работы

- 1.1.Ознакомиться с лабораторной установкой.
- 1.2.Установить модуль «Люксметр» в поле «Датчики освещённости и света».
- 1.3.К его входу подключить:
 - выход генератора напряжения «**U_{вых}**»;
 - последовательно амперметр **РА1**;
 - параллельно вольтметр **PV1**.

Схема подключения



- 1.4.Переключатели тока и напряжения установить в положение **(=I)**, **(=U)**.
- 1.5.Переключатель «Множитель» установить в положение «**=**» (измерение постоянного напряжения).

1.6.Выходы Люксметра подключить к входу мультиметра, работающего в режиме измерения напряжения постоянного тока **до 20В**.

1.7.Включить сетевой выключатель **SA1** «Питание».

1.8.Включить выключатель **SA2** – питание модуля «Источники тока и напряжения».

1.9.Вращая ручку регулятора напряжения проверить изменение показаний на вольтметре **PV1**, на амперметре **PA1** и на мультиметре.

Если отсутствуют показания на амперметре, то необходимо изменить полярность подключения «входа» на люксметре.

1.10.Перевести ручку регулятора напряжения в нулевое положение.

1.11.Плавно изменяя (увеличивая) напряжение питания люксметра (**PV1**) фиксировать:

- показания тока на амперметре (**PA1**);

- показания напряжения на мультиметре.

1.12.Данные измерений занести в таблицу.

1.13.Измерения выполнять для следующих значений тока: 3мА; 6мА; 9мА; 12мА; 15мА; 18мА.

Измерение			Расчёт
I, А (PA1)	U, В (мультиметр)	U, В (PV1)	Освещённость (лк). $E = k \cdot I$ $K=120$
0			
0,003			360
0,006			720
0,009			1080
0,012			1440
0,015			1800
0,018			2160

1.14.Рассчитать освещённость (в люксах) по формуле

$E = k \cdot I$

Где: **I** – ток через светодиод; **K** – коэффициент пересчёта = 120.

1.15.Данные расчёта занести в таблицу.

1.16.Построить график зависимости выходного напряжения люксметра (показания мультиметра) от освещённости (расчётные данные из таблицы).

Требования к отчёту

Отчёт должен содержать:

а) цель работы;

б) таблицы полученных экспериментальных данных;

в) графики по каждому проведённому эксперименту;

г) анализ полученных экспериментальных данных.

Контрольные вопросы

1.Расскажите как работает люксметр.

2.Какая зависимость выходного сигнала от освещённости.

Список рекомендуемой литературы:

- 1.Келим Ю.М. Контроль и метрологическое обеспечение средств и систем автоматизации: учебник.- М. : Издательский центр «Академия», 2018.
- 2.Петленко Б.И. Электротехника и электроника, 2005(не переиздавался)
- 3.Зайцев С.А. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебник. М. : Издательский центр «Академия», 2005.
4. Шандров Б.В. Автоматизация производства: учебник. М. : Издательский центр «Академия», 2018.

Интернет-ресурсы :

Сайт: multisim.ru

Сайт: electronicsworkbench.com