

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к лабораторным работам
по автоматизации производственных процессов
для технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Часть 2

Брест 2018

УДК 621.0; 681.5

Методические указания содержат описание четырех лабораторных работ по техническим устройствам автоматики. Приведены краткие теоретические сведения по исследуемым техническим устройствам, порядок выполнения работ, требования к оформлению отчета и контрольные вопросы. Содержание изложенного материала соответствует действующим образовательным программам и предназначено для использования студентами (очной и заочной форм обучения) при подготовке к лабораторным работам и их выполнении. Издается в 2-х частях. Часть 2.

Составители: О.Н. Прокопеня, доцент, к.т.н.
Л.И. Вабищевич, к.т.н.
В.В. Иванов, старший преподаватель
Д.Б. Устинов, старший преподаватель
Т.В. Тромза, ассистент

Рецензент: главный инженер ОАО "Дорстроймонтажтрест"
Брестский завод ЖБКиСД" В.Г. Малашенок

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Предисловие | 3 |
| Лабораторная работа № 6. Автоматизация электропривода задвижки..... | 4 |
| Лабораторная работа № 7. Исследование схем на сельсинах | 8 |
| Лабораторная работа № 8. Исследование термоэлектрического преобразователя температуры | 14 |
| Лабораторная работа № 13. Автоматизация насосных станций..... | 19 |
| Список литературы..... | 23 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Во вторую часть методических указаний включены работы по исследованию измерительных преобразователей и систем управления исполнительными механизмами. Это дает возможность разобраться в принципах функционирования данных систем их настройки, эффективно применять технические средства в составе систем управления. Понимание данных принципов необходимо для того, чтобы разобраться в особенностях работы автоматизированного оборудования, которое в настоящее время эксплуатируется в различных отраслях.

Практическая работа с данными элементами и системами автоматики, экспериментальное исследование их характеристик и свойств позволяет более глубоко разобраться в особенностях их применения в конкретных производственных условиях, более эффективно использовать данные устройства. Поэтому в ходе выполнения работ необходимо ответственно относиться к изучению материала, самостоятельно выполнять задания, предусмотренные содержанием каждой работы. Вопросы к зачету, которые приводятся в конце каждой работы, дают возможность проконтролировать качество усвоения материала.

Отчет по лабораторной работе должен содержать схемы, по которым выполнялись экспериментальные исследования, построенные с использованием чертежных инструментов и соблюдением стандартов. Каждая работа обязательно должна содержать выводы, отражающие полученные результаты. В них необходимо подчеркнуть выявленные свойства и особенности характеристик исследованных устройств, которые важны с точки зрения их практического применения.

Следует отметить, что первая цифра в нумерации рисунков и таблиц соответствует номеру лабораторной работы, который указан на лабораторном стенде в лаборатории автоматики.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗАДВИЖКИ

Цель работы: изучение типовой схемы электропривода задвижки и метода управления им в наладочном, дистанционном и автоматическом режимах, а также входящей в его состав аппаратуры управления и защиты.

Общие сведения

Задвижка, являясь широко известным регулирующим органом, используется для перекрытия потока жидкости, пара или газа в трубопроводах. По конструктивному решению задвижки бывают трех типов: клинкетные, кольцевые и конические. Наиболее распространены клинкетные задвижки, в которых перекрытие потока осуществляется с помощью плоского затвора, перемещаемого перпендикулярно оси трубопровода.

Для управления задвижкой используются две команды: "открыть" либо "закрыть" трубопровод. Они могут формироваться в зависимости от изменения контролируемого параметра (давления, уровня, расхода, температуры и т. д.) или состояния управляемых исполнительных устройств (чаще всего насосов или вентиляторов).

Управление задвижкой может осуществляться с помощью пневмопривода, гидропривода и электропривода. В большинстве случаев при автоматизации задвижки, благодаря простоте конструктивного решения, используется электропривод.

В рассматриваемом приводе (рис. 6.1) асинхронный электродвигатель 1, через червячный редуктор 2 и винтовую передачу 3, приводит в действие задвижку 4.

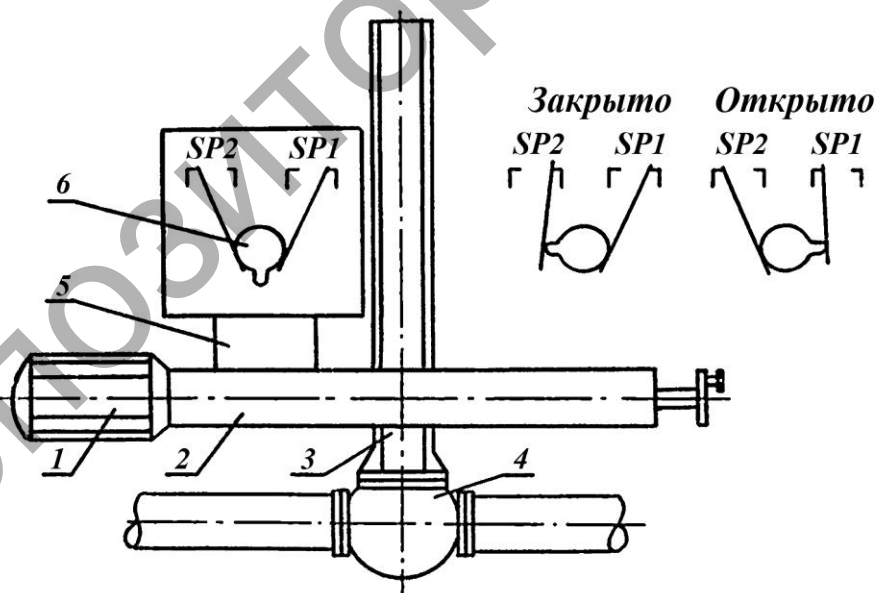


Рисунок 6.1 – Электропривод задвижки

При работе электродвигателя винт перемещается вместе с затвором, открывая или закрывая задвижку. Одновременно выходная шестерня редуктора 2 через промежуточные передачи 5 передает вращение ряду дисков 6 с кулачками. При закрытии задвижки кулачки, поворачиваясь влево, переключают контакты конечного выключателя SP2. При открытии задвижки кулачки, поворачиваясь вправо, переключают контакты конечного

выключателя SP1. Диски с кулачками установлены так, что при полном открытии задвижки срабатывает выключатель SP1, при полном закрытии – выключатель SP2.

Работа конечных выключателей поясняется диаграммой (рис. 6.2), на которой текущее состояние контакта изображается сплошной линией. Как видно из диаграммы, переключение контактов происходит в крайних положениях задвижки. При промежуточном положении на контакты не оказывается никакого воздействия, и они находятся в исходном состоянии. В положении "закрыто" переключены контакты SP2, а в положении "открыто" – контакты SP1. Использование контактов выключателей позволяет автоматически отключать электропривод задвижки при достижении крайних положений и сигнализировать о состоянии задвижки.

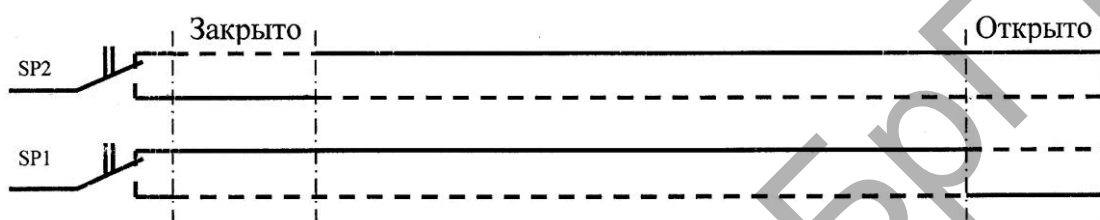


Рисунок 6.2 – Диаграмма работы конечных выключателей

Принципиальная электрическая схема управления электроприводом задвижки приведена на рисунке 6.3. Схема предусматривает следующие режимы управления: наладочный, дистанционный и автоматический.

Наладочный режим необходим для опробования работы электропривода задвижки после монтажа либо ремонтных работ. В данном режиме команды подаются непосредственно с объекта управления, что позволяет визуально наблюдать за их выполнением. Для перевода привода в данный режим устанавливаем переключатель SA2 в положение "отключено" (O), а SA4 – в положение "включено". Для подачи команды "открыть задвижку" нажимаем кнопку SB4, что приводит к замыканию цепи катушки магнитного пускателя KM1. При срабатывании KM1 производит следующие действия:

- а) замыкает контакт KM1.2 в цепи самоблокировки (для запоминания команды);
- б) размыкает контакт KM1.1 в цепи взаимной блокировки (для предотвращения одновременного срабатывания магнитного пускателя KM2 в случае подачи ложной команды);
- в) замыкает три силовых контакта KM1.3 в цепи питания электродвигателя, последний перемещает задвижку вверх.

При полном открытии задвижки кулачок 6 (рис. 6.1) воздействует на выключатель SP1.1, контакт которого размыкает цепь катушки KM1 и пускатель KM1 выключается. Контакты магнитного пускателя KM1 возвращаются в исходное состояние, электродвигатель отключается и задвижка останавливается.

Для подачи команды "закрыть задвижку" нажимаем кнопку SB5, при этом получает питание магнитный пускатель KM2. Работа привода осуществляется как и при открытии задвижки, но вращение двигателя производится в обратном направлении (режим реверса). Отключение электродвигателя при полном закрытии задвижки осуществляется с помощью размыкания контакта выключателя SP2.1.

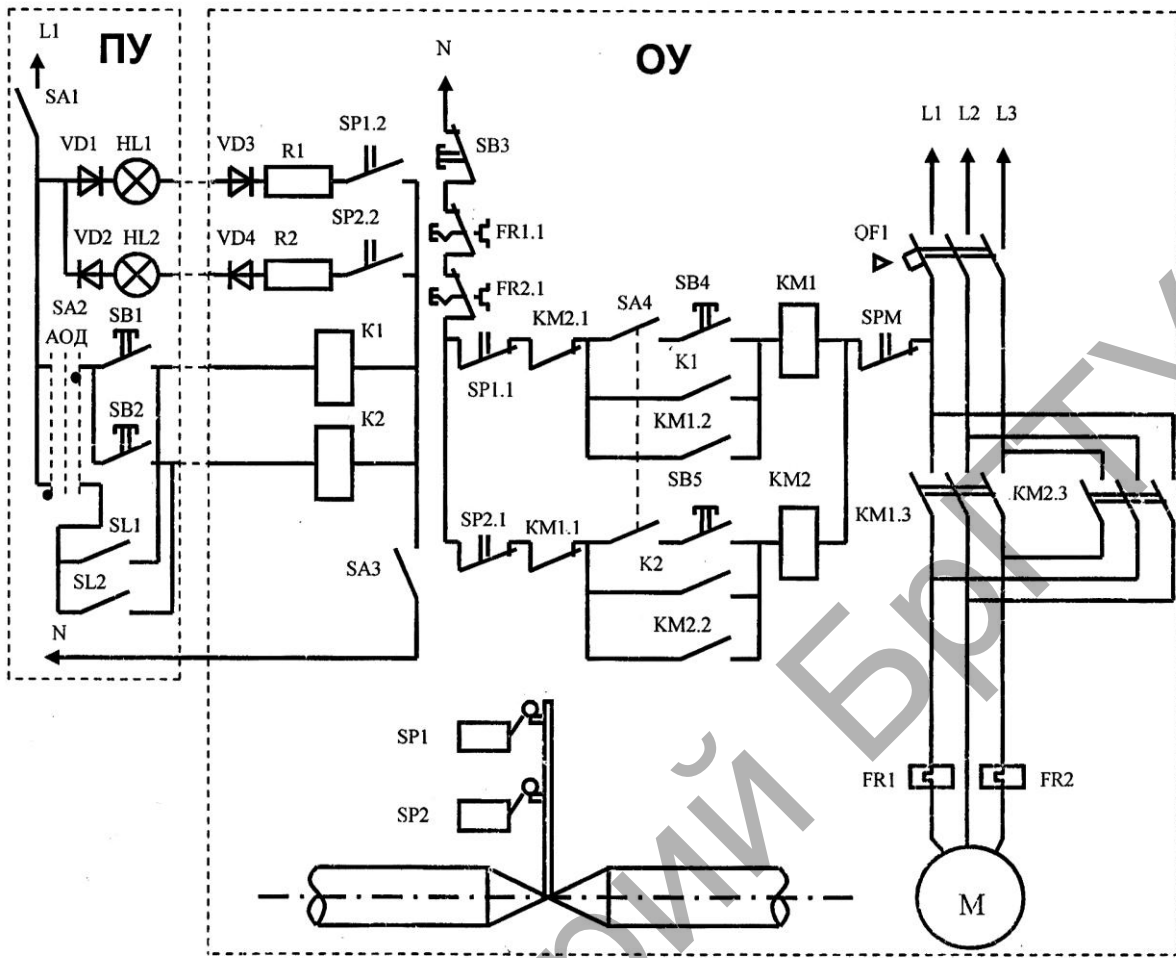


Рисунок 6.3 – Принципиальная электрическая схема управления электроприводом задвижки

Дистанционный режим применяется при управлении электроприводом задвижки на расстоянии, например, с диспетчерского пульта управления. Для перевода привода в данный режим устанавливаем переключатель управления SA2 в положение "дистанционный" (Д), SA4 – в положение "выключено", SA3 – в положение "включено". Питание на диспетчерский пульт управления подается выключателем SA1.

Для подачи команды "открыть задвижку" оператор нажимает кнопку SB1, при этом срабатывает реле K1 и своим контактом замыкает цепь питания катушки пускателя KM1, что приводит к его срабатыванию. При срабатывании KM1 включается электродвигатель, задвижка открывается. При достижении задвижкой крайнего положения кулачок нажимает на конечный выключатель SP1 и его контакт SP1.1, размыкаясь, отключает пускатель KM1 (выключается электродвигатель задвижки), контакт SP1.2, замыкаясь, включает сигнальную лампу HL1, извещающую оператора о том, что задвижка открыта.

Аналогично выполняется команда "закрыть задвижку", которая подается с помощью кнопки SB2. При полном закрытии задвижки загорается лампочка HL2.

Для работы цепи сигнализации используется полярный признак формирования сигналов. Принцип полярного избирания заключается в том, что применяя полупроводниковый диод, можно сделать аппаратуру чувствительной к направлению тока. Как видно из рисунка 3, для получения тока того или другого направления на пульте управления и на объекте управления применяется по два полупроводниковых диода, которые осуществляют однополупериодное выпрямление и полярное избирание – тем самым по одно-

му проводу передается два сигнала. Так, при полном открытии задвижки ток протекает через диоды VD3, VD1 – загорается лампочка HL1; при полном закрытии задвижки ток протекает через диоды VD2, VD4 – загорается лампочка HL2.

Автоматический режим протекает без участия оператора. Для перевода привода в автоматический режим устанавливаем переключатель SA2 в положение "автомат" (А), SA4 – в положение "выключено", SA3 – в положение "включено", SA1 – в положение "включено".

В зависимости от величины контролируемого параметра (уровень, расход и др.) со схемы контроля поступает соответствующая команда через замыкание контактов SL1 либо SL2, что приводит к включению соответствующих реле K1 либо K2. Контакты этих реле замыкают цепи питания катушек магнитных пускателей KM1, либо KM2 и выполняются соответствующие команды "открыть" либо "закрыть" задвижку.

Контроль выполнения команды управления в автоматическом режиме, как и в дистанционном, осуществляется по загоранию сигнальных лампочек HL1 и HL2.

Схема управления предусматривает следующие **виды защиты**:

а) максимальная защита – защита линий от токов короткого замыкания (осуществляется электромагнитными расцепителями автоматических выключателей) и перегрузки (осуществляется тепловыми реле);

б) нулевая защита (защита минимального напряжения) – защита, срабатывающая при значительном понижении напряжения в сети или его полном исчезновении, исключающая возможность самозапуска электродвигателя при внезапном восстановлении напряжения – осуществляется блок-контактами магнитных;

в) защита от перегрузки электродвигателя при заклинивании задвижки осуществляется размыканием контакта микровыключателя муфты предельного момента SPM, который введен в общую цепь питания обеих катушек магнитных пускателей;

г) электрическая блокировка достигается включением размыкающего контакта магнитного пускателя KM1 в цепь питания катушки пускателя KM2 и наоборот. Следовательно, пока включен пускатель KM1, цепь питания пускателя KM2 будет разомкнута, и включить пускатель KM2 одновременно с пускателем KM1 невозможно. Аналогично предотвращается возможность включения пускателя KM1 пока включен пускатель KM2.

Для аварийной остановки электродвигателя служит кнопка SB3.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкцией задвижки, изучить устройство и принцип работы аппаратуры управления электроприводом (магнитные пускатели, кнопки управления, переключатели, конечные выключатели и др.).

2. Выполнить соединение частей установки, соответствующих пульту управления (ПУ) и объекту управления (ОУ).

3. Проверить работу схемы в наладочном, дистанционном и автоматическом режимах управления.

4. Измерить время в секундах от момента подачи команды (нажатие кнопки) до момента зажигания и погасания сигнальных ламп, а также остановки привода в одном из режимов управления.

5. Положить в открытую задвижку брусок, имитируя аварийное заклинивание задвижки, и включить электродвигатель на закрытие. Записать ток, при котором произойдет автоматическое отключение электродвигателя.

6. Нажать поочередно кнопки SB4 и SB5 и убедиться в действии электрической блокировки.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема установки (рис.3).
3. Краткое описание режимов управления электроприводом задвижки.
4. Диаграмма работы конечных выключателей SP2, SP1 в масштабе 5 сек = 10 мм.

Контрольные вопросы

1. Какие виды электрической защиты предусмотрены в электрической схеме управления?
2. Как работает защита от перегрузки электродвигателя при заклинивании задвижки?
3. Для чего предусмотрены конечные выключатели SP1 и SP2?
4. Каким образом извещается диспетчер о состоянии задвижки?
5. Зачем нужны цепи самоблокировок и взаимных блокировок при работе магнитных пускателей KM1 и KM2?
6. Перечислить аппаратуру, входящую в электрическую схему управления электроприводом задвижки.
7. Пояснить принцип действия электрической схемы в наладочном, дистанционном и автоматическом режимах управления.
8. Для чего предназначены выключатели SA3 и SA4?
9. Какую роль играет кнопка управления SB3?
10. В чем заключается принцип полярного избирания сигнала?

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ НА СЕЛЬСИНАХ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом работы сельсинов, изучить системы дистанционной передачи показаний при работе сельсинов в индикаторном и трансформаторном режимах.

Общие сведения

В современной технике очень часто возникает необходимость синхронизации вращения или поворота различных осей механизмов, находящихся на значительном расстоянии друг от друга и механически между собой не связанных. Эта задача чаще всего решается с помощью электрических систем синхронной связи.

Синхронной связью называется такая электрическая связь, которая обеспечивает одновременное вращение или одновременный поворот двух или нескольких механически несвязанных, находящихся на расстоянии друг от друга осей механизмов.

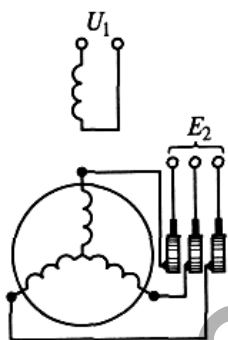
В технике получили распространение два основных вида систем синхронной связи: система электрического вала (синхронного вращения) и система передачи угла (синхронного поворота).

Системы синхронного вращения применяются там, где требуется осуществить синхронное вращение двух или нескольких находящихся на расстоянии друг от друга осей механизмов, имеющих значительные моменты сопротивления. Синхронное вращение осуществляется с помощью обычных электрических машин, чаще всего трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором. Обмотки роторов двигателей в этом случае соединяются друг с другом, обмотки статоров питаются от одной и той же сети трехфазного тока.

Системы синхронного поворота применяются для дистанционного управления, регулирования или контроля. Чаще всего синхронный поворот осуществляется с помощью небольших индукционных электрических машин – трехфазных или однофазных сельсинов.

Трехфазные сельсины конструктивно не отличаются от обычных асинхронных машин с фазным ротором. Наибольшее распространение получили системы передачи угла, осуществляемые с помощью однофазных сельсинов.

Однофазные сельсины – это обычно индукционные машины, которые имеют однофазную обмотку возбуждения и трехфазную обмотку синхронизации. На рисунке 7.1 представлена схема однофазного контактного сельсина с обмоткой возбуждения на статоре и трехфазной обмоткой синхронизации на роторе.



В схемах автоматики используются две принципиально отличные друг от друга системы синхронной передачи угла: индикаторная и трансформаторная.

Индикаторная система синхронного поворота применяется там, где момент сопротивления на ведомой оси мал или совсем отсутствует (ось нагружена стрелкой или шкалой). В индикаторной системе сельсин-приемник самостоятельно обрабатывает угол, задаваемый сельсин-датчиком.

Рисунок 7.1 – Схема однофазного контактного сельсина

Трансформаторная система синхронного поворота применяется там, где на ведомой оси имеется значительный момент сопротивления. В трансформаторной системе принимающий сельсин (сельсин-приемник) обрабатывает задаваемый сельсин-датчиком угол не самостоятельно, а с помощью механически и электрически связанного с ним исполнительного двигателя. В данной системе сельсин-датчик выполняет функцию задатчика угла поворота, а сельсин-приемник – функцию измерителя угла поворота выходного вала механизма, который приводится в действие двигателем. Схема формирует сигнал ошибки, пропорциональный разности углов поворота (заданного и измеренного), который используется для управления двигателем.

Работа сельсинов в индикаторном режиме

Простейшая индикаторная система синхронной связи для дистанционной передачи угла состоит из двух одинаковых сельсинов (приемника и датчика) и линии связи (рис. 7.2) Обмотки возбуждения (ОВ) обоих сельсинов подключаются к однофазной сети перемен-

ного тока. Концы фаз A , B , C обмотки синхронизации приемника соединяются линией связи с концами фаз обмотки синхронизации датчика.

Переменные токи $I_{ВД}$ и $I_{ВП}$ обмоток возбуждения сельсинов создают магнитные потоки $\Phi_{ВД}$ и $\Phi_{ВП}$, которые индуцируют в обмотках синхронизации сельсинов электродвижущие силы: $E_{АД}$, $E_{ВД}$, $E_{СД}$, $E_{АП}$, $E_{ВП}$ и $E_{СП}$. Значение ЭДС обмотки той или иной фазы зависит от ее пространственного расположения относительно обмотки возбуждения. Если фазы обмоток синхронизации датчика и приемника расположены одинаково относительно соответствующих обмоток возбуждения ($\alpha_{Д} = \alpha_{П}$), то в соединенных между собой линией связи обмотках синхронизации приемника и датчика индуцируются одинаковые и встречно направленные ЭДС. Эти ЭДС уравнивают друг друга, и в цепи обмоток синхронизации ток отсутствует. Такое положение роторов сельсинов называется согласованным.

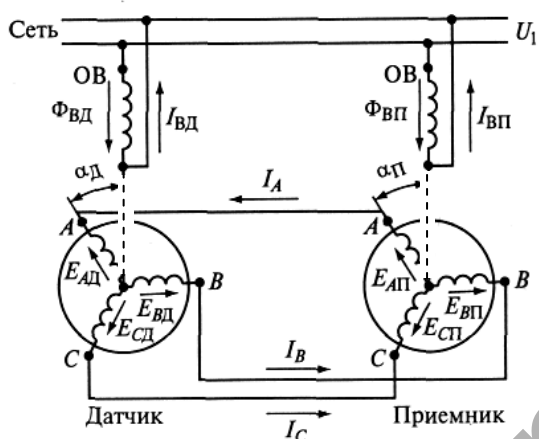


Рисунок 7.2 – Индикаторная система синхронной связи

Если ротор датчика поворотом на некоторый угол вывести из согласованного положения, то равновесие ЭДС, индуцированных в одноименных обмотках синхронизации, нарушится. За счет этого в обмотках синхронизации и линии связи появятся токи I_A , I_B и I_C . В результате взаимодействия этих токов с магнитными потоками обмоток возбуждения возникнут вращающие моменты, как в сельсине-датчике, так и в сельсине-приемнике, которые будут стремиться привести роторы сельсинов в согласованное положение. Вращающие моменты, действующие на роторы приемника и датчика, будут равны по значению и противоположны по направлению.

Так как ротор сельсина-датчика после поворота обычно фиксируется (затормаживается), то поворачиваться (до согласованного положения) будет ротор сельсина-приемника. Значение синхронизирующего момента, развиваемого сельсином-приемником, зависит от угла рассогласования и параметров сельсинов системы.

Точность работы сельсинов в схеме синхронной связи зависит как от качества работы (точности) сельсинов-приемников, так и от качества работы (точности) сельсинов-датчиков.

Точность работы сельсина-приемника в индикаторном режиме характеризуется статической погрешностью $\Delta\theta$, которая определяется как полусумма максимального положительного $\theta_{\max 1}$ и максимального отрицательного $\theta_{\max 2}$ отклонений ротора приемника от согласованного с ротором датчика положения за один оборот

$$\Delta\theta = (\theta_{\max 1} - \theta_{\max 2})/2. \quad (7.1)$$

По значению погрешности $\Delta\theta$ в статическом режиме различают индикаторные сельсины-приемники четырех классов точности: 1-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 30'$; 2-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 45'$; 3-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 60'$; 4-й класс – $\Delta\theta$ не более $\pm 90'$.

Работа сельсинов в трансформаторном режиме

Простейшая трансформаторная система синхронной связи показана на рисунке 7.3 и состоит из двух сельсинов – приемника и датчика, соединенных линией связи, усилителя (У) и исполнительного двигателя (ИД), вал которого механически соединен с валом ротора сельсина-приемника (обратная механическая связь).

Однофазная обмотка сельсина-датчика $ОВД$ подключается к сети переменного тока. Ток этой обмотки создает пульсирующий магнитный поток $\Phi_{ВД}$, который, сцепляясь с обмоткой синхронизации, наводит в ее фазах следующие ЭДС:

$$\begin{aligned} E_{АД} &= E_{\Phi \max} \cos \alpha_{Д}; & E_{ВД} &= E_{\Phi \max} \cos (\alpha_{Д} - 120^{\circ}); \\ E_{СД} &= E_{\Phi \max} \cos (\alpha_{Д} - 240^{\circ}), \end{aligned} \quad (7.2)$$

где $E_{\Phi \max}$ – максимальная ЭДС, наводимая магнитным потоком в однофазной обмотке возбуждения датчика.

Значения этих ЭДС зависят от расположения фаз обмотки синхронизации относительно обмотки возбуждения.

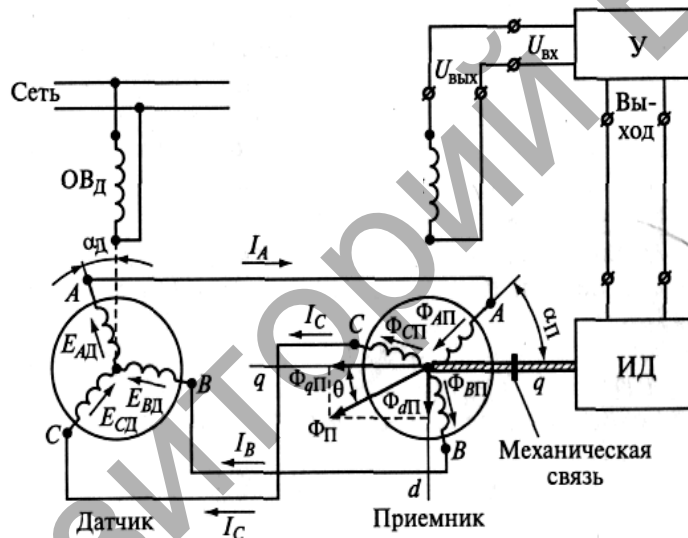


Рисунок 7.3 – Трансформаторная система синхронной связи

Под действием ЭДС $E_{АД}$, $E_{ВД}$, $E_{СД}$ ($E_{ФД}$) в соединенных между собой одноименных фазах обмоток синхронизации датчика и приемника, а также в линии связи возникают токи I_A , I_B , I_C (I_{Φ}), которые определяются значениями соответствующих ЭДС, а также полными сопротивлениями фаз датчика $z_{ФД}$, приемника $z_{ФП}$ и линии связи $z_{Л}$:

$$I_{\Phi} = E_{ФД} / (z_{ФД} + z_{ФП} + z_{Л}). \quad (7.3)$$

Считая, что фазы обмоток синхронизации датчика и приемника имеют одинаковые сопротивления и включают в себя каждая по половине сопротивления линии, т. е. $z_{ФД} + z_{Л}/2 = z_{ФП} + z_{Л}/2 = z_{\Phi}$, получим

$$I_{\Phi} = E_{ФД} / (2z_{\Phi}). \quad (7.4)$$

Подставив в выражение (13.3) значения ЭДС соответствующих фаз из формулы (7.2), можно найти токи I_A , I_B , I_C . Эти токи, протекая по фазам обмотки синхронизации прием-

ника, создают пульсирующие магнитные потоки $\Phi_{АП}$, $\Phi_{ВП}$, $\Phi_{СП}$, пропорциональные магнитодвижущим силам фаз $F_{АП}$, $F_{ВП}$, $F_{СП}$ и направленные по их осям.

В двухполюсном сельсине магнитодвижущая сила (МДС) фазы (амплитуда ее первой гармоники) может быть найдена по формуле

$$F_{\phi} = 1,8 I_{\phi} k_w w, \quad (7.5)$$

где w – число витков в обмотке фазы;

k_w – коэффициент, зависящий от конструкции обмотки.

МДС фаз легко определить, подставив в последнее равенство токи I_A , I_B , I_C из формулы (7.3) с учетом формулы (7.2).

Потоки фаз приемника $\Phi_{АП}$, $\Phi_{ВП}$, $\Phi_{СП}$ складываясь, образуют результирующий магнитный поток $\Phi_{п}$ обмотки синхронизации приемника, направленный под некоторым (зависящим от угла рассогласования) углом к выходной однофазной обмотке приемника (ОВ_п).

Поток $\Phi_{п}$, пульсируя с частотой сети, наводит в выходной однофазной обмотке приемника ЭДС, являющееся выходным напряжением приемника $U_{ВЫХ}$.

Согласованным положением сельсинов в трансформаторной системе синхронной связи называется такое положение роторов, при котором выходное напряжение приемника $U_{ВЫХ}$ равно нулю. В отличие от согласованного положения сельсинов в индикаторной системе в этом случае поворот ротора сельсина-приемника составляет 90° . Вследствие этого за начало отсчета углов в сельсине-приемнике принимается точка на оси, перпендикулярной оси однофазной выходной обмотки (см. рис. 7.3).

Сельсин-приемник в трансформаторной системе синхронной связи самостоятельно не отработывает заданный датчиком угол α_d , а лишь вырабатывает ЭДС выходной обмотки, изменяющуюся по 1 закону синуса в зависимости от угла рассогласования θ . Отработка заданного датчиком угла – поворот ротора сельсина-приемника на угол $\alpha_{п} = \alpha_d$ – осуществляется с помощью исполнительного двигателя *ИД*.

Принцип действия трансформаторной системы синхронной связи (см. рис. 7.3) состоит в следующем. При выводе ротора сельсина-датчика из согласованного положения (повороте на некоторый угол $\alpha_d = \theta$) на выходной обмотке сельсина-приемника появляется напряжение $U_{ВЫХ}$. Это напряжение подается на вход усилителя, а затем на обмотку управления исполнительного двигателя.

Ротор двигателя начинает вращаться, поворачивая при этом ротор сельсина-приемника, с которым он механически связан. Вместе с ротором приемника поворачивается в пространстве и его магнитный поток $\Phi_{п}$; при этом изменяются потокосцепление с выходной обмоткой и ее ЭДС (выходное напряжение $U_{ВЫХ}$). Роторы двигателя и сельсина-приемника поворачиваются до тех пор, пока ротор сельсина-приемника не повернется на заданный датчиком угол $\alpha_{п} = \alpha_d$ и сельсины не займут согласованное положение, в котором поток $\Phi_{п}$ перпендикулярен оси выходной обмотки ОВ_п и выходное напряжение сельсина-приемника $U_{ВЫХ}$, а следовательно, и напряжение на усилителе и обмотке управления исполнительного двигателя, равны нулю.

В отличие от индикаторной системы синхронной связи по проводам линии связи трансформаторной системы всегда, даже в согласованном положении, протекают токи. Сельсины-приемники в трансформаторной системе питаются не от сети (как это имеет место в индикаторной системе), а от обмотки синхронизации датчика.

Сельсины работают всегда в паре (датчик-приемник), при этом между ними существует только электрическая связь. Эту электрическую связь между датчиком и приемником называют линией связи.

Рассмотренные режимы работы сельсинов применяются при автоматизации технологических процессов строительной индустрии (дозаторы, весовые головки), в водопроводно-канализационных сооружениях и гидрометeorативных системах (уровнемеры), для передачи на расстояния различных физических величин, преобразованных в линейное или угловое перемещения, как следствие системы.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы сельсинов.
2. Подключить обмотку возбуждения сельсин-датчика к сети переменного тока напряжением 110 В и, измеряя напряжения U_{12} , U_{23} , U_{31} , снять кривые зависимости $U_{12}=f(\alpha)$, $U_{23}=f(\alpha)$, $U_{31}=f(\alpha)$, при повороте ротора от 0 до 180°.

Результаты измерений свести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

| Напряжения роторных обмоток сельсина | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|--------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| U_{12} (В) | | | | | | | |
| U_{23} (В) | | | | | | | |
| U_{31} (В) | | | | | | | |

3. Собрать схему исследования сельсинной пары в индикаторном режиме, как показано на рисунке 7.4, и снять зависимость угла поворота ротора сельсин-приёмника от угла поворота ротора сельсин-датчика $\beta = f(\alpha)$.

Результаты измерений свести в таблицу 7.2.

Таблица 7.2

| Положение ротора сельсин-датчика | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Положение ротора сельсин-приемника | | | | | | | |
| Погрешность абс. | | | | | | | |

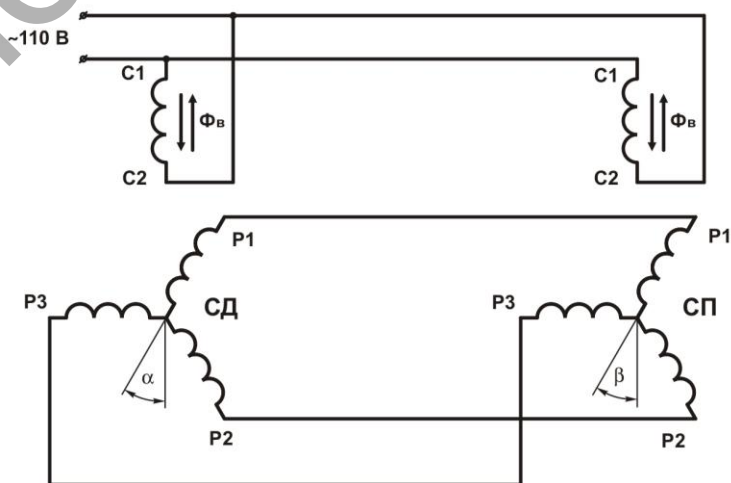


Рисунок 7.4 – Схема для исследования индикаторного режима работы сельсинов

По результатам измерений определить класс точности исследуемых сельсинов.

4. Собрать схему исследования сельсинов в трансформаторном режиме как показано на рисунке 7.5, и снять зависимость напряжения сельсин-приемника от угла рассогласования $U_{\text{ВЫХ}} = f(\theta')$ при заторможенном роторе сельсин-приемника. Напряжение питания в процессе опыта поддерживать постоянным с помощью ЛАТРа.

Результаты измерений свести в таблицу 7.3.

Таблица 7.3.

| Угол рассогласования | $\theta', (^\circ)$ | 0° | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|------------------------------|----------------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Напряжение сельсин-приемника | $U_{\text{ВЫХ}} (В)$ | | | | | | | |

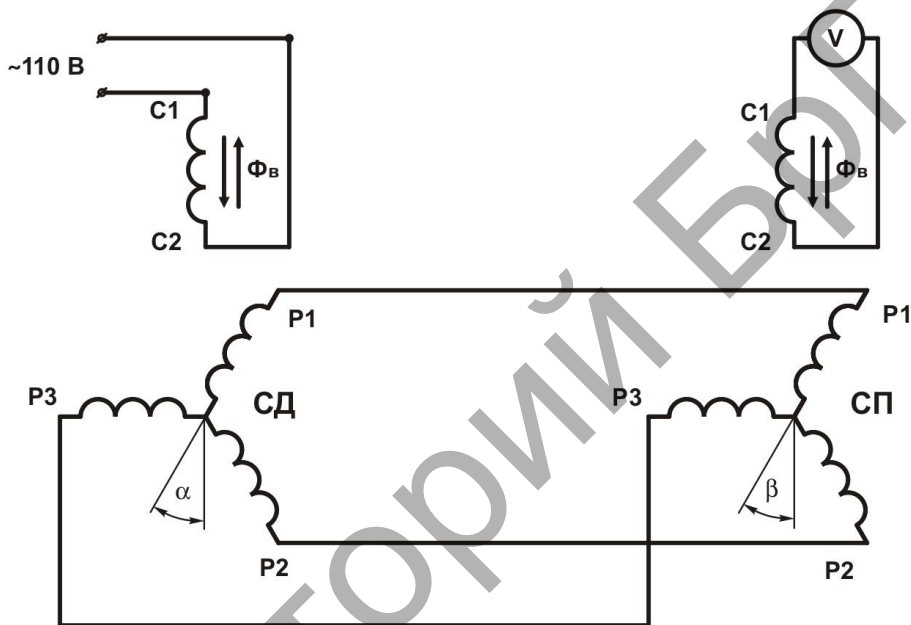


Рисунок 7.5 – Схема для исследования трансформаторного режима работы сельсинов

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Краткое описание принципа работы сельсинов в индикаторном и трансформаторном режимах.
3. Схемы исследования сельсинов, таблицы измеренных и вычисленных величин, графики зависимостей $U_{12}=f(\alpha)$, $U_{23}=f(\alpha)$, $U_{31}=f(\alpha)$, $\beta = f(\alpha)$, $U_{\text{ВЫХ}} = f(\theta')$.

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель работы: изучить устройство и принцип действия термоэлектрического преобразователя температуры (термопары), определить экспериментально зависимость напряжения между свободными концами термопары от изменения температуры среды, в которой находится ее спай – $E_T = f(T)$.

Принцип действия термоэлектрических датчиков

Термоэлектрические датчики относятся к датчикам генераторного типа. Их работа основана на одном из термоэлектрических явлений – появлении *термоэлектродвижущей силы* (термо-ЭДС).

Сущность этого явления заключается в следующем. Если составить электрическую цепь из двух разнородных металлических проводников (или полупроводников), причем с одного конца проводники спаять, а место соединения (спай) нагреть, то в такой цепи возникает ЭДС. Эта ЭДС будет пропорциональна температуре места спаивания (точнее – разности температур места спаивания и свободных, неспаиваемых концов). Коэффициент пропорциональности зависит от материала проводников и в определенном интервале температуры остается постоянным. Цепь, составленная из двух разнородных материалов, называется термопарой; проводники, составляющие термопару, называются термоэлектродами; места соединения термоэлектродов – спаиваниями. Спаивание, помещаемый в среду, температуру которой надо измерить, называется горячим или рабочим. Спаивание, относительно которого измеряется температура, называется холодным или свободным. Возникающая при различии температур горячего и холодного спаев ЭДС называется термо-ЭДС. По значению термо-ЭДС можно определить температуру.

Физическая сущность возникновения термо-ЭДС объясняется наличием свободных электронов в металлах. Эти свободные электроны хаотически движутся между положительными ионами, образующими остов кристаллической решетки.

В разных металлах свободные электроны обладают при одной и той же температуре разными скоростями и энергией. При соединении двух разнородных металлов (электродов) свободные электроны из одного электрода проникают в другой. При этом металл с

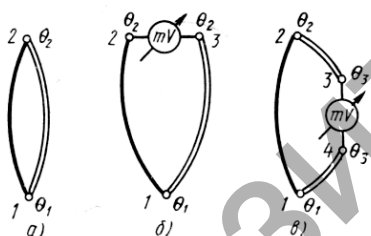


Рисунок 8.1 – Термопара и схемы ее включения

большой энергией и скоростью свободных электронов больше их теряет. Следовательно, он приобретает положительный потенциал. Металл с меньшей энергией свободных электронов приобретает отрицательный потенциал. Возникает контактная разность потенциалов. При одинаковой температуре спаев ($\theta_1 = \theta_2$) на рисунке 8.1, а контактная разность потенциалов не может создать тока в замкнутой цепи. Контактная разность в спае 1 направлена навстречу контактной разности в спае 2. Но если нагреть один из спаев (рабочий) до температуры $\theta_1 > \theta_2$, то контактная разность в спае 1 увеличится, а в спае 2 останется без изменения. В результате в контуре и возникает термо-ЭДС, тем большая, чем больше разность температур спаев 1 и 2 ($\theta_1 - \theta_2$). Для измерения термо-ЭДС, вырабатываемой термопарой, в цепь термопары включают измерительный прибор (например, милливольтметр). Милливольтметр включают, разомкнув свободный спай (рис. 8.1, б), либо в разрыв одного из термоэлектродов (рис. 8.1, в).

Материалы, применяемые для термопар

В зависимости от материала электродов термопары, получившие практическое применение, разделяются на две основные группы: из благородных и неблагородных металлов.

Наибольшее распространение из первой группы получила термопара типа ТПП. Один электрод ее изготовлен из платинородия (90% платины и 10% родия), другой – из чистой платины. Эта термопара может использоваться как образцовая. Достоинствами ее являются химическая стойкость к окислительной среде, взаимозаменяемость термоэлектродов, повторяемость характеристик. Недостаток – малое значение термо-ЭДС. Термопара типа ТПП может длительно работать при температуре 1300°C, термо-ЭДС ее при этой температуре составляет 13,152 мВ.

Для более высоких температур (длительно – до 1600°C, кратковременно – до 1800°C) применяется термопара ТПР. Один электрод платинородий (70% платины и 30% родия), другой электрод также платинородий (94% платины и 6% родия). При температуре 1800°C термо-ЭДС составляет 13,927 мВ. Существенно большие значения термо-ЭДС имеют термопары из неблагородных металлов, материалом для электродов которых служат специально разработанные сплавы: хромель (89% никеля, 9,8% хрома, 1% железа, 0,2% марганца), алюмель (94% никеля, 2,5% марганца, 2% алюминия, 1% кремния, 0,5% железа), копель (55% меди, 45% никеля).

Наибольшее распространение получили термопары типа ТХА (хромель-алюмель) и типа ТХК (хромель-копель). Зависимость термоЭДС этих термопар от температуры показана на рисунке 8.2. Хромель-алюмелевые термопары применяют для измерения температур в пределах от – 50 до 1000°C. Они способны работать в окислительной среде, поскольку образуемая при нагреве тонкая защитная пленка препятствует проникновению кислорода внутрь металла. Зависимость термо-ЭДС от температуры для термопар ТХА близка к линейной. Хромель-копелевые термопары имеют самую высокую чувствительность: 6,95 мВ на 100°C. Однако диапазон измеряемых температур (от –50 до +600°C) несколько ниже, чем у термопар типа ТХА. Несколько хуже у термопар типа ТХК и линейность характеристики. Их достоинством является более высокая влагостойкость.

Термопара типа ТНС (электроды выполнены из сплавов НС-СА) применяется в диапазоне температур от 300 до 1000°C. Термо-ЭДС ее невелика – всего 13,39 мВ при 1000°C. Но характерной особенностью этой термопары является то, что на точность ее работы почти не влияет температура холодного спая. Объясняется это тем, что термо-ЭДС термопары типа ТНС в диапазоне низких температур (до +200°C) практически близка к нулю. Следовательно, изменения температуры холодного спая, вызванные обычными погодными колебаниями в помещении и даже на улице, почти не влияют на результаты измерения.

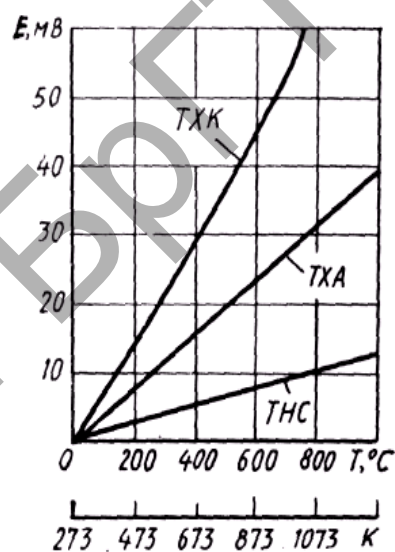


Рисунок 8.2 – Зависимости термо-ЭДС от температуры

Измерение температуры с помощью термопар

При измерении температуры с помощью термопар используются два основных метода:

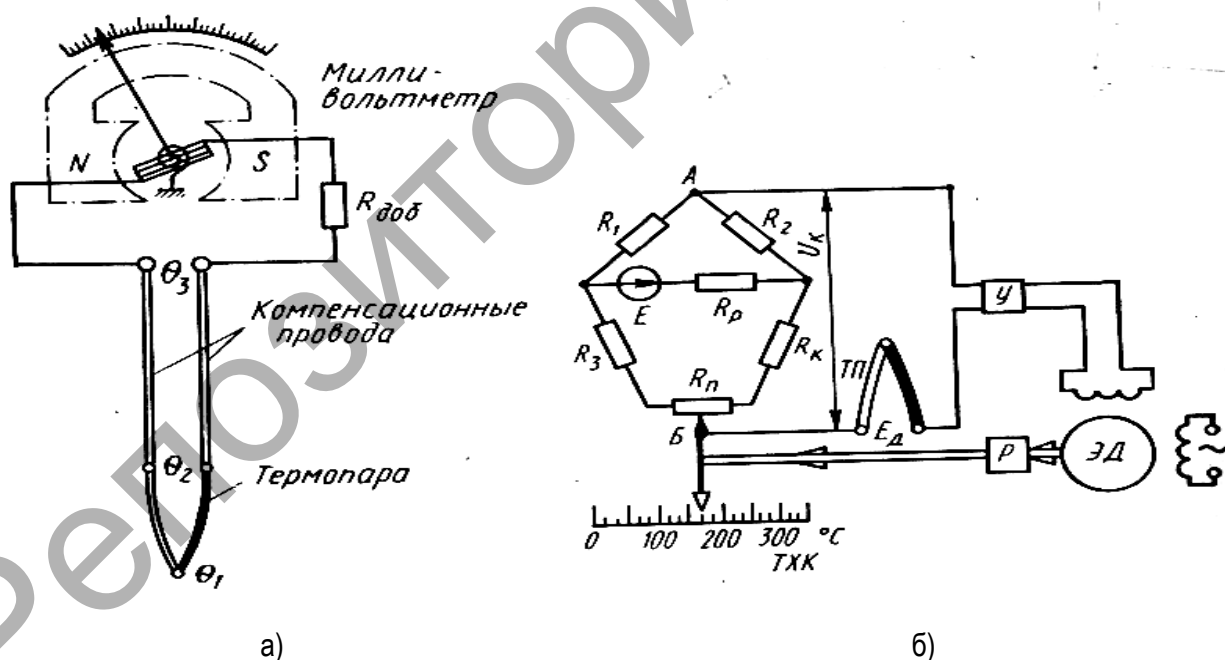
- непосредственное измерение термо-ЭДС с помощью милливольтметра;
- компенсационный метод.

Так как значение термо-ЭДС, развиваемой термопарой, невелико, для непосредственного измерения ее необходимы высокочувствительные милливольтметры магнитоэлектрического типа.

Рассмотрим принципиальную схему включения термопары и милливольтметра, представленную на рисунке 8.3 а. Измерительный прибор может находиться на довольно значительном удалении от термопары. Длина соединительных проводов может составлять несколько метров. В местах присоединения этих проводов также возникают термо-ЭДС.

Для точной компенсации этих термо-ЭДС необходим определенный подбор материалов проводов и термопар. Для присоединения термопар служат специальные так называемые *компенсационные провода*. Каждой паре материалов компенсационных проводов присваивают буквенное обозначение, а каждому материалу придают определенную расцветку, для чего используют оплетку из цветной пряжи или цветные опознавательные нити, проложенные в проводе.

Для термопар типа ТПП применяют компенсационные провода с обозначением П в красной и зеленой оплетке с зелено-белыми нитями внутри. Материал провода – медь в паре с медно-никелевым сплавом. Для термопар типа ТХА применяют провода с обозначением М в красной и коричневой оплетке с красно-белыми нитями из меди в паре с константаном. Для термопар ТХК применяют провода с обозначением ХК в фиолетово-желтой оплетке с нитями такого же цвета и материалом хромель-копель, т. е. компенсационными проводами могут быть и основные термоэлектроды.



а – с помощью милливольтметра; б – компенсационным методом

Рисунок 8.3 – Измерение температуры

Рассмотрим измерение температуры компенсационным методом с помощью термопары и автоматического потенциометра. На рисунке 8.3 б показаны термопара ТП, вырабатывающая термо-ЭДС E_d , и мостовая схема, вырабатывающая компенсирующее напряжение U_k , снимаемое между точками А и Б. Разность этих напряжений подается на вход усилителя (У), который питает управляющую обмотку исполнительного электродви-

гателя (ЭД). Обмотка возбуждения ЭД постоянно подключена к источнику переменного напряжения, а скорость вращения ЭД зависит (примерно пропорционально) от напряжения на его управляющей обмотке. Электродвигатель (ЭД) через редуктор (Р) перемещает движок калиброванного реохорда (потенциометрического датчика) R_{Γ} до тех пор, пока напряжение U_K не сравняется с E_d . Одновременно перемещаются указатель на шкале прибора и перо самописца. При $U_K = E_d$ напряжение на входе усилителя равно нулю ($U_K - E_d = 0$) и электродвигатель (ЭД) остановится. Каждому значению выходного сигнала датчика $E_d = f(T^{\circ}\text{C})$ соответствует определенное положение указателя на шкале. Шкала проградуирована в $^{\circ}\text{C}$ и на ней указан тип термопары, для которой выполнена градуировка.

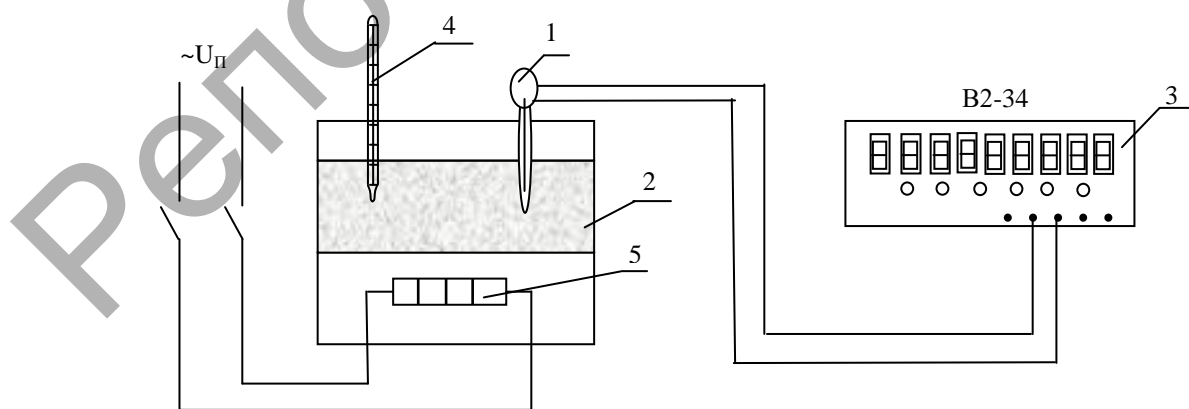
Мостовая схема в данном случае служит не для измерения, а для выработки компенсирующего напряжения U_K и автоматической коррекции из-за изменения температуры холодных спаев. Плечи моста состоят из проволочных резисторов $R_1 - R_3$, выполненных из материала с малым температурным коэффициентом сопротивления (например, из манганина), и терморезистора R_K , изготовленного из материала с большим температурным коэффициентом сопротивления (например, из меди или никеля). Резистор располагается вблизи холодных спаев термопары. Мост питается от источника постоянного тока E – обычно это батарейка (например, сухой элемент типа ЭСЛ-30). При всяком изменении температуры холодных спаев термопары изменяется E_d и одновременно меняется сопротивление R_K , что приводит к изменению компенсирующего напряжения U_K на ту же величину, на какую изменилось E_d . Следовательно, колебания окружающей температуры не изменяют показаний на шкале прибора. Регулировочное сопротивление R_P служит для установки тока питания моста при разряде батареи (уменьшении E).

Ответственной деталью в измерительной схеме является реохорд. Он выполнен из манганиновой проволоки, намотанной на медной изолированной основе.

Автоматические потенциометры могут поочередно подключить до 24 термопар.

Описание лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда, показанного на рисунке 8.4, входят следующие элементы:



1 – термопара ТХА; 2 – термостат; 3 – электронный потенциометр В2-34;
4 – спиртовой термометр; 5 – нагреватель.

Рисунок 8.4 – Лабораторный стенд исследования термопары

Порядок выполнения работы

1. Включить электронный потенциометр и прогреть его в течение 10 – 15 минут.
2. Подготовить таблицу для записи экспериментальных данных.
3. Поместить термопару и спиртовой термометр в термостат.
4. Подключить термопару к электронному потенциометру.
5. Подключить термостат к источнику питания.
6. В процессе изменения температуры среды в термостате снимать показания с измерительных приборов, результаты измерений свести в таблицу.
7. Построить характеристику термопары $E_T = f(T)$.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Схема лабораторной установки.
3. Технические характеристики приборов, используемых в работе.
4. Таблица-протокол.
5. Статическая характеристика термопары $E_T = f(T)$.
6. Примеры применения термопар при автоматизации технологических процессов пояснить рисунками.

Лабораторная работа № 13

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Цель работы: изучение элементов и схем автоматического управления насосными агрегатами с помощью неэлектрических реле уровня и давления, получение практических навыков их настройки.

Краткие теоретические сведения

В различных отраслях народного хозяйства широко применяются насосные станции, работающие в системах мелиорации, водоснабжения, канализации, строительстве и т. п. Насосные станции проектируются и сооружаются, как правило, с расчетом их эксплуатации без постоянного дежурного персонала. Насосная станция является частью узла машинного водоподъема, в состав которого в общем случае входят водозаборное, отстойное, приемное и водовыпускное сооружения, всасывающие и напорные трубопроводы, насосы и т. п.

Все эти сооружения с устройствами и приспособлениями участвуют в процессе перекачки воды, и в автоматизацию их работы входит как составная часть автоматизация насосной станции. При этом наибольший удельный вес в автоматизации насосной станции занимает автоматическое управление насосными установками.

В состав насосной установки, помимо насосного агрегата, может входить вспомогательное гидромеханическое и электрическое оборудование: вакуумсистема, задвижки, клапаны, механизм поворота лопаток, датчики технологического контроля и т. д.

В практике широко применяются погружные насосные установки, откачивающие воду из скважин. Их используют для водоснабжения, орошения, а также для вертикального дренажа с целью водопонижения, осушения, рассоления почвогрунтов и предотвращения их вторичного засоления. Широкое распространение получило осушение земель с помощью механического водоподъема (осушительные насосные станции).

Станции автоматического управления насосными агрегатами обеспечивают последовательность пуска и остановки агрегата со всеми его вспомогательными механизмами от одного импульса, а также защиту агрегата от перегрузок и его отключение при возникновении аварийных ситуаций.

Автоматическое управление электроприводом насоса может осуществляться с помощью датчиков, контролирующих уровень, давление или расход в соответствующих точках напорной сети и резервуарах.

В зависимости от режима использования погружных насосных станций, к ним могут предъявляться различные требования. Так, например, для автоматической насосной станции, обеспечивающей поддержание уровня воды в дренажном приемке, предъявляются следующие требования:

1. Система автоматики должна обеспечивать работу насосов в автоматическом и наладочном режимах управления. Наладочное (ручное) управление в большинстве случаев применяют для опробования и наладки насосного агрегата.

2. При достижении водой верхнего уровня должен включиться в работу один из двух насосов.

3. Если уровень воды при одном работающем насосе увеличивается и достигает отметки аварийного (АУ), то должен включиться резервный насос и аварийная сигнализация.

4. При откачке воды до отметки нижнего уровня насосы отключаются.

5. Схема управления обеспечивает надежную защиту электродвигателей насосов от короткого замыкания и перегрузок.

6. Система автоматики должна обеспечивать необходимый объем измерений и сигнализацию в зависимости от требований технологического контроля.

Для автоматического управления насосами по уровню воды могут быть использованы различные уровнемеры (электродные, поплавковые, электронные). Одним из основных элементов уровнемеров является датчик. Электродные датчики просты, надежны и широко применяются для определения дискретных значений уровня.

Устойчивая и безопасная работа электродных сигнализаторов уровня жидкости с различными величинами электропроводности достигается с помощью усилительных устройств. Схемы усилителей с использованием полупроводниковых триодов являются достаточно надежными, экономичными и простыми.

Схема сигнализатора уровня (рис. 13.1) обеспечивает возможности контроля верхнего и нижнего уровней жидкости в резервуаре и позволяет создавать разнообразные варианты схем автоматического двухпозиционного регулирования насосных агрегатов.

Так, в момент касания жидкостью электрода 1Э на базе входного транзистора V1 появляется напряжение смещения. Транзистор “открывается”, в цепи коллектора возникает ток, на эмиттерном сопротивлении R4 возникает напряжение, которое “открывает” выходной транзистор V2. Включенное в его коллекторную цепь реле ЗК срабатывает и

производит соответствующие переключения в схеме управления насосными агрегатами. Цепи с транзисторами V3, V4 и реле 2K работают аналогично и контролируют верхний уровень жидкости.

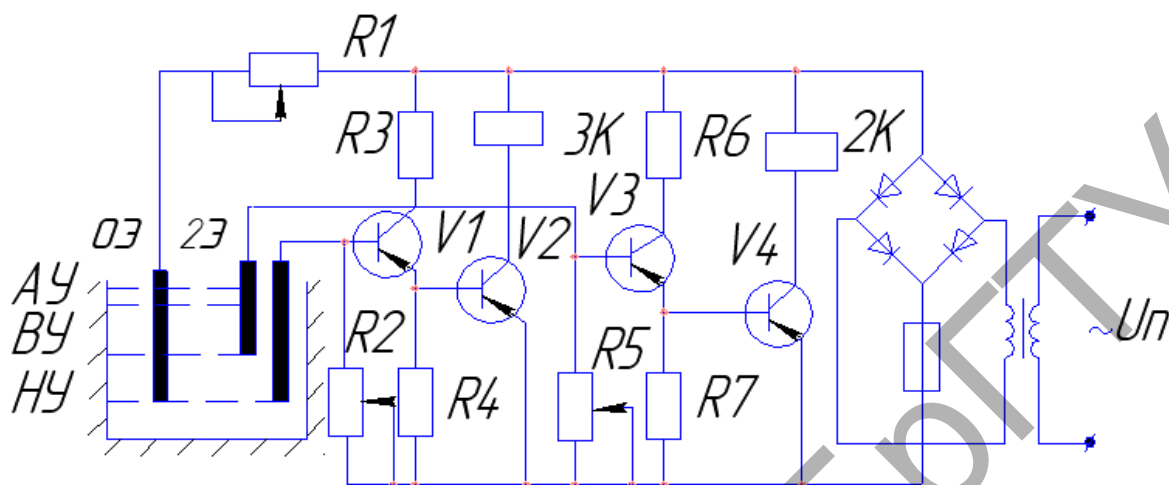


Рисунок 13.1 – Схема электродного измерителя уровня

При необходимости измерения промежуточных уровней жидкости добавляют аналогичные цепи и электроды. Для автоматического управления насосами по давлению в напорном водоводе может быть использован электроконтактный манометр.

Автоматизация погружных насосных установок

Особенностью работы погружных насосных агрегатов является отсутствие необходимости предварительного залива водой. Управление такой насосной установкой по существу сводится к управлению электродвигателями. Благодаря этому схема автоматического управления получается весьма простой, содержит минимальное количество аппаратуры и имеет высокую надежность.

Схема, приведенная на рисунке 13.2, обеспечивает управление двумя одинаковыми насосными агрегатами. Схема предусматривает два режима управления: ручное и автоматическое. Выбор режима работы осуществляется с помощью избирателя SA2. Подача напряжения в цепи управления и силовые цепи осуществляется автоматическим выключателем QF.

При ручном управлении избиратель управления SA2 устанавливается в положении "Руч." При этом замыкаются его контакты 1-2 и 5-6. Нажатием на кнопку "Пуск" SB2 (SB4) подается напряжение на катушку магнитного пускателя KM1 (KM2), который срабатывает и замыкает свои контакты KM1.1 (KM 2.1) в силовых цепях электродвигателей 1M (2M), и соответственно, первый (второй) насос включается в работу.

Вода откачивается до тех пор, пока не будет нажата кнопка "Стоп" SB1 (SB3). Блокировочные контакты KM1.1 (KM 2.1) необходимы для питания катушек пускателей при возврате кнопок "Пуск" в первоначальное, т. е. разомкнутое положение (цель самоблокировки).

Для автоматического управления избиратель положения SA2 ставится в положение "Авт". При этом замыкаются его контакты 3-4 и 7-8; переключатель SA3 устанавливается в положение "1 раб, 2 рез". При этом замыкаются его контакты 3-4 и 5-6.

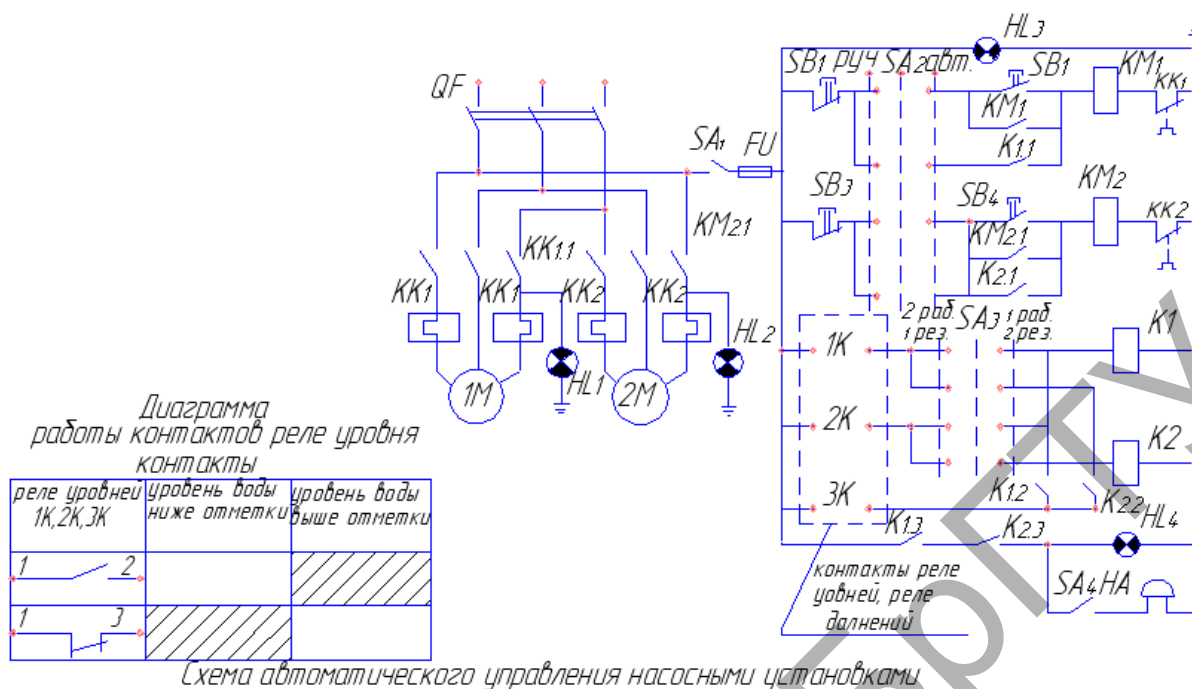


Рисунок 13.2 – Принципиальная электрическая схема

При достижении водой верхнего уровня (ВУ) замыкаются контакты реле уровня 2К (см. диаграмму работы контактов реле уровня) и подается напряжение на обмотку промежуточного реле К1. Реле К1 срабатывает, и контакт К1.1 подает питание на обмотку магнитного пускателя КМ1, который включает первый насосный агрегат, а контакт К1.2 блокирует реле К1, чтобы оно оставалось под напряжением.

При достижении водой нижнего уровня (НУ) размыкается контакт реле 3К, цепь обмотки реле К1 обесточивается, размыкается контакт К1.1 в цепи магнитного пускателя КМ1, и двигатель первого насоса отключается.

Если уровень воды в дренажном приемке по каким-либо причинам повышается (наводок, ливень и т. д.) и достигнет аварийного уровня (АУ), замкнется контакт реле 1К, и сработает реле К2, которое контактом К2.1 подает напряжение на обмотку магнитного пускателя КМ2, что приведет к включению в работу второго резервного насоса. Одновременно контактом К2.2 включается сигнализация звуковая НА и световая НЛ4. Выключатель SA4 позволяет отключать звуковой сигнал.

При установке переключателя SA3 в положение "2 раб , 1 рез" замыкаются его контакты 1-2 и 7-8. В этом случае первым включается второй насосный агрегат, а первый будет резервным, что обеспечивает равномерный износ агрегатов.

В схеме предусмотрена тепловая защита при длительной перегрузке электроприводов с помощью тепловых реле КК1 и КК2. Защита от "сухого хода" – падение уровня воды в дренажном приемке (скважине) ниже уровня, при котором обеспечивается нормальная работа насоса – достигается при помощи специального электродного датчика ДСХ, который при выходе из воды запрещает включение насосов.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством, назначением и расположением на стенде элементов управления: реле уровня, промежуточных реле, магнитных пускателей, переключателей управления и др.

2. Изучить работу реле уровня (рис.13.1) и работу схемы управления насосными агрегатами (рис.13.2).

3. Подать напряжение питания с помощью автоматического выключателя QF.

4. Проверить работу схемы управления насосами в ручном режиме. Убедиться в срабатывании соответствующих реле уровня (по зажиганию сигнальных ламп) при достижении уровнем воды в резервуарах отметок, на которых установлены электродные датчики.

5. Составить схему автоматического управления насосными агрегатами в зависимости от режима использования (по заданию преподавателя – откачка дренажных вод, осушительная станция, станция орошения, станция поддержания давления воды в напорном трубопроводе в заданных пределах и др.). При составлении схемы необходимо пользоваться диаграммой работы контактов реле уровня, реле давления.

6. Подключить соответствующие контактные группы реле контроля неэлектрических величин (реле уровня в дренажном приемке, реле давления в напорном трубопроводе и т. д.) к схеме управления насосными агрегатами.

7. Проверить работу схемы в автоматическом режиме. Обратит внимание на работу основного и резервного насосов. Проверить реакцию схемы управления на наличие "сухого хода" путем нажатия кнопки.

8. После выполнения работы отключить питание стенда.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.

2. Технологические требования к системе автоматического управления насосными агрегатами для заданного режима использования насосной станции.

3. Схема управления электродвигателями насосов для заданного режима использования насосных агрегатов.

4. Диаграмма работы контактной группы реле контроля неэлектрической величины.

5. Описание последовательности действия элементов схемы при автоматическом режиме управления насосными агрегатами.

Список литературы

1. Абдулин, С.Ф. Системы автоматики предприятий стройиндустрии / С.Ф. Абдулин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007.

2. Елизаров, И.А. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры. / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Машиностроение, 2004.

3. Шишмарев, В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления / В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.

Учебное издание

Составители:

*Прокопеня Олег Николаевич
Вабищевич Леонтий Иванович
Иванов Владимир Васильевич
Устинов Дмитрий Борисович
Тромза Тамара Васильевна*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к лабораторным работам
по автоматизации производственных процессов
для технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Часть 2

Ответственный за выпуск: Прокопеня О.Н.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 14.03.2019 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Performer».
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. печ. л. 1,4. Уч. изд. л. 1,5. Заказ № 1647. Тираж 24 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.