

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. А. Жур**

## **МОНТАЖ СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ**

Лабораторный практикум

*Рекомендовано  
Учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь  
по образованию в области автоматизации  
технологических процессов, производств и управления  
для студентов специальности  
1-53 01 01-09 Автоматизация  
технологических процессов и производств  
(сельское хозяйство)*

МИНСК  
БГАТУ  
2017

УДК 681.5(07)  
ББК 32.965я7  
Ж91

Рецензенты:

кафедра «Проектирование информационно-компьютерных систем»  
УО «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»  
(заведующий кафедрой, кандидат технических наук, доцент  
*И. Н. Цырельчук*);  
заведующий лабораторией РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
кандидат технических наук, доцент  
*В. В. Чумаков*

**Жур, А. А.**  
Ж91 Монтаж средств автоматики : лабораторный практикум /  
А. А. Жур. – Минск : БГАТУ, 2017. – 152 с.  
ISBN 978-985-519-825-4.

Лабораторный практикум содержит методические указания по выполнению и оформлению работ, контрольные вопросы. Наряду с практическими вопросами выполнения лабораторных работ, издание содержит теоретические сведения по расчету, выбору и монтажу средств автоматизации и электрооборудования, которые используются при автоматизации технологических процессов.

Предназначен для студентов вузов по специальности 1-53 01 01-09 Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство), может быть использован студентами других специальностей в области электрификации сельского хозяйства.

УДК 681.5(07)  
ББК 32.965я7

ISBN 978-985-519-825-4

© БГАТУ, 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	
Изучение документации для выполнения монтажных работ .....	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
Соединение и оконцевание жил проводов и кабелей .....	18
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
Монтаж, выбор проводов. Монтаж, выбор наконечников. Способы маркировки проводов и кабелей.....	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
Монтаж и выбор устройств автоматической защиты электрооборудования и средств автоматики .....	41
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	
Изучение структуры монтажных шкафов. Изучение способов монтажа и крепления DIN-реек и кабель каналов на монтажной плате (панели).....	50
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6	
Монтаж и выбор электромагнитных промежуточных реле .....	62
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7	
Монтаж и выбор блоков питания .....	70
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8	
Монтаж микропроцессорных контроллеров. Монтаж дополнительных модулей микропроцессорных контроллеров.. .....	80
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9	
Выбор и монтаж магнитного пускателя с тепловым реле. Монтаж реверсивного магнитного пускателя .....	94
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10	
Монтаж термоэлектрических термометров и вторичных приборов для измерения температуры.....	105
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11	
Монтаж приборов для измерения уровня .....	112

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

Монтаж исполнительных механизмов. Предмонтажная ревизия,  
соединение обмоток и монтаж трехфазного асинхронного  
двигателя переменного тока .....117

ГЛОССАРИЙ .....125

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....128

ПРИЛОЖЕНИЯ.....130

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

## **ВВЕДЕНИЕ**

Электромонтажные работы представляют собой сложный комплекс разнообразных трудовых операций.

Внедряя сложные системы автоматизации, базирующиеся на микропроцессорной технике, постоянно совершенствуют электротехническое оборудование, применяемое в сельском хозяйстве. Поэтому персонал, осуществляющий электромонтажные работы, должен обладать высокой квалификацией.

Повышение качества электромонтажных работ связано с систематическим углублением профессиональных знаний электротехнического персонала, совершенствованием деловых качеств руководящих работников и специалистов монтажных организаций.

Существенное значение при этом имеет расширение промышленных методов монтажа укрупненными блоками, внедрение высокопроизводительных инструментов и монтажных механизмов, совершенствование системы управления монтажным производством на основе современных средств вычислительной техники.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## Изучение документации для выполнения монтажных работ

(4 часа)

**Цель работы:** изучение документации необходимой для выполнения монтажных работ электрооборудования и средств автоматики.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### Основные электрические величины и понятия

Для проведения качественного монтажа средств автоматики необходимо знать основные электрические величины и понятия. Суть электричества состоит в том, что поток электронов движется по проводнику в замкнутой цепи от источника тока к потребителю и обратно. Перемещаясь, эти электроны выполняют определенную работу. Это явление – *электрический ток*, а единица измерения – ампер ( $A$ ).

Необходимо знать, что ток при работе нагревает, изгибает, и старается поломать провода и все по чем он протекает. Это свойство следует учитывать при расчетах цепей, т. е., чем больше ток, тем толще провода и конструкции.

Если мы разомкнем цепь, ток прекратится, но на зажимах источника тока все-таки будет какой-то потенциал, всегда готовый к работе. Разность потенциалов на двух концах проводника называется *напряжением* ( $U$ ):

$$U = f_1 - f_2.$$

В отличие от тока, напряжение не ломает, а прожигает. Электрики говорят – пробивает. Поэтому все провода и электрические агрегаты защищены изоляцией, и чем больше напряжение, тем толще изоляция.

Зависимость между напряжением и током описывается законом Ома:

$$I = U / R.$$

Его можно использовать для расчета простых цепей.

Для использования электроэнергии необходимо понимание того, что происходит в электрической цепи, т. е. произвольный источник тока, (назовем его – «генератор») вырабатывает электроэнергию и по проводам передает ее потребителю (назовем его словом – «нагрузка»). Таким образом, у нас получилась замкнутая электрическая цепь ГЕНЕРАТОР – НАГРУЗКА.

Пока генератор вырабатывает энергию, нагрузка ее потребляет и работает (т. е. преобразует электрическую энергию в механическую, световую и т. д.). Поставив обычный рубильник в разрыв провода, мы можем включать и выключать нагрузку, когда нам надо. Таким образом, получаем возможности регулирования работы. При выключенной нагрузке нет необходимости отключать генератор.

Важно при этом соблюдать пропорции ГЕНЕРАТОР-НАГРУЗКА. Мощность генератора не должна быть меньше мощности нагрузки. Нельзя к слабому генератору подключать мощную нагрузку.

Мощность всегда можно узнать из документации на электроприбор или его маркировки на табличке, прикрепляемой к боковой или задней стенке электроприбора. Понятие *мощность* ввели в обиход более века назад, когда электричество вышло за пороги лабораторий и, стало применяться в быту и промышленности.

*Мощность* – произведение напряжения и тока. За единицу принят Ватт. Эта величина показывает, какой ток потребляет нагрузка при таком напряжении:

$$P = U I.$$

### **Электрические материалы. Сопротивление, проводимость**

Уже давно ученые обратили внимание на то, что разные материалы по-разному ведут себя с током. Одни беспрепятственно его пропускают, другие упорно ему сопротивляются, третьи пропускают его только в одну сторону, или же пропускают на определенных условиях. После испытаний на проводимость всех возможных материалов стало понятным, что абсолютно *все материалы*, в той или иной степени, могут проводить ток. Для оценки меры проводимости вывели единицу электрического сопротивления, и назвали ее Ом, а материалы, в зависимости от их способности пропускать ток, разделили на группы.

Одна группа материалов это *проводники*. Проводники без особых потерь проводят ток. К проводникам относятся материалы, имеющие сопротивление от нуля до 100 Ом/м. Такими свойствами обладают, в основном, металлы.

Другая группа – *диэлектрики*. Диэлектрики тоже проводят ток, но с огромными потерями. Их сопротивление от 10 000 000 Ом и до бесконечности. К диэлектрикам, в своем большинстве, относятся неметаллы, жидкости и различные соединения газов.

Сопротивление 1 Ом означает, что в проводнике сечением 1 мм<sup>2</sup> и длиной 1 метр потеряется 1 ампер тока.

Величина обратная сопротивлению – *проводимость*. Величину проводимости того или иного материала всегда можно найти в справочниках. Удельные сопротивления и проводимости некоторых материалов приведены в таблице П1.

Из таблицы можно видеть, что самыми проводящими материалами являются – серебро, золото, медь и алюминий. В силу высокой стоимости серебро и золото применяется только в высокотехнологичных схемах. А медь и алюминий получили широчайшее применение в качестве проводников.

Еще видно, что нет *абсолютно* проводящих материалов, поэтому при расчетах всегда надо учитывать, что в проводах теряется ток и падает напряжение. Есть еще одна довольно большая группа материалов – *полупроводники*. Проводимость этих материалов изменяется в зависимости от условий окружающей среды. Полупроводники начинают лучше, или наоборот, хуже проводить ток, если их подогреть (охладить), или осветить, или согнуть, или, например, ударить током.

### Типы электрических схем

Понятие схема имеет следующие значения:

1. *Схема* – чертеж, графическое изображение электрооборудования и цепей связи. Различают по назначению схемы первичных и вторичных цепей, защиты, сигнализации, управления и др. Различают также схемы принципиальные и монтажные. Имеется множество и других схем. В данной лабораторной работе рассмотрены схемы, необходимые для монтажа средств автоматики и электрооборудования.

2. *Схема* – совокупность элементов и цепей связи между ними, выполняющая определенную функцию.

Одним из основных требований при составлении схем является простота их восприятия. Монтажник, при взгляде на схему должен понять, как устроена цепь и как действует тот или иной элемент этой цепи.

*Электрические схемы* бывают структурными, функциональными, принципиальными и монтажными.

**Структурная схема** (*блок-схемой*) определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязь. Отдельные узлы или части устройства обозначаются прямоугольниками, а связи между ними показываются линиями, стрелки, на которых указывают направление прохождения сигналов. В таком виде проще представить взаимодействие между функциональными узлами: величину и форму сигналов, очередность их поступления и т. п. И лишь затем, состыковав отдельные узлы между собой и увязав сигналы, можно рисовать принципиальные схемы.

**Функциональная схема** помогает понять процессы, происходящие в отдельных узлах (блоках) устройства. Она является переходной от структурной к принципиальной. На ней подробно изображаются те части, которые необходимы для понимания описываемых процессов, а второстепенные элементы или узлы изображаются в виде прямоугольников. К примеру, цепи питания и т. п. на такой схеме можно не детализировать.

**Принципиальная схема** дает полное представление об электрическом устройстве данного прибора. На принципиальной схеме в виде условных графических обозначений (УГО) показываются все электрические элементы, входящие в состав прибора, указываются их номиналы и связи между ними.

Принципиальная схема является основным видом схемы, используемой в радиотехнике. Хотя она не дает наглядного представления о действительном виде конструкции, однако позволяет детально разобраться в принципах ее работы.

### **Условные обозначения в схемах**

Для полного понимания происходящих в цепи процессов необходимо уметь правильно читать электрические схемы. Для этого надо знать условные обозначения. В электрических схемах

встречаются два вида обозначений: графические и буквенные. Условные графические обозначения представлены в таблицах П1–П6.

При маркировке электрических цепей соблюдают следующие требования:

1. Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотки реле, приборов, машин и другими элементами, маркируют по-разному.

2. Участки цепи, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, маркируют одинаково.

3. В трехфазных цепях переменного тока фазы маркируют: «А», «В», «С», в двухфазных – «А», «В»; «В», «С»; «С», «А», а в однофазных – «А»; «В»; «С». Ноль обозначают буквой – «О».

4. Участки цепей положительной полярности маркируют нечетными числами, а отрицательной полярности – четными.

5. Рядом с условным обозначением силового оборудования на чертежах планов дробью указывают номер оборудования по плану (в числителе) и его мощность (в знаменателе), а у светильников – мощность (в числителе) и высоту установки в метрах (в знаменателе).

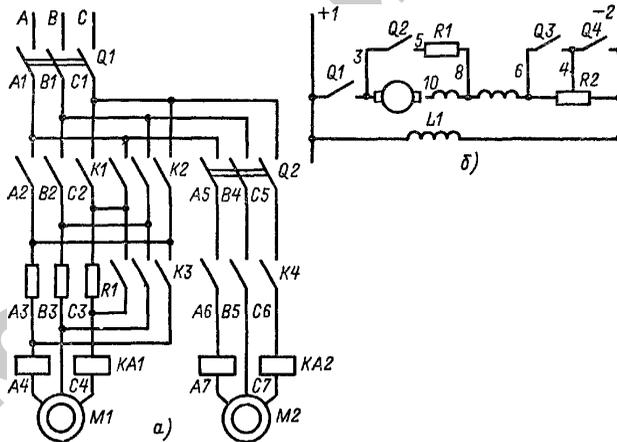


Рис. 1. Маркировка силовых цепей в схемах (ГОСТ 2.710–81):

а – переменного тока; б – постоянного тока

Для опознавания проводников, определения их назначения и положения отдельных участков цепи в электрических схемах применяют маркировку.

Участки цепи, разделенные контактами аппаратов, обмотками реле, приборов, машин и другими элементами, получают разную маркировку. Участки цепи, проходящие через разъемные, разборные или неразборные контактные соединения, как правило, получают одинаковую маркировку. В необходимых случаях для таких участков цепи допускается добавлять к маркировке порядковые числа или обозначения устройств (агрегатов), отделяя их знаком дефис.

### **Монтажные схемы**

*Схема соединений (монтажная)* – это схема, которая показывает внешние и внутренние соединения между конструктивно законченными узлами изделия. Изображения элементов даются в виде прямоугольников, УГО или внешних очертаний. На монтажной схеме воспроизводятся в точном соответствии с реальным расположением все провода, кабеля и жгуты, указывается марка и сечение проводов. На схеме соединений изображаются также элементы монтажа (опорные стойки, переходные и расшивочные колодки), которые обеспечивают его жесткость и удобство распайки. Монтажная схема обычно создается тогда, когда предполагается изготовить несколько однотипных устройств. В этом случае она значительно упрощает сборку и монтаж.

*Монтажные схемы* – это чертежи, показывающие реальное расположение компонентов как внутри, так и снаружи объекта, изображенного на схеме. Такие схемы чертят для монтажа многих видов радиоаппаратуры и не только, с помощью монтажных схем, например, собирают электрические шкафы. Монтажная схема представляет собой список узлов и компонентов, но они не соединяются между собой дорожками, на выводах этих элементов указывается маршрут. Маршрут – это буквенно-цифровое обозначение на схеме, указывается на выводах элементов, указывает на то, с каким другим элементом эта цепь должна соединяться.

Монтажная схема чертится после составления принципиальной, некоторые пункты при составлении монтажных схем могут упускаться, в таком случае можно обратиться к электрической схеме. Возьмем небольшой кусочек схемы и посмотрим, как ее нужно читать, как правильно указывать маршрут и т. п., к примеру, имеется вот такой кусочек монтажной схемы: (рис. 2).

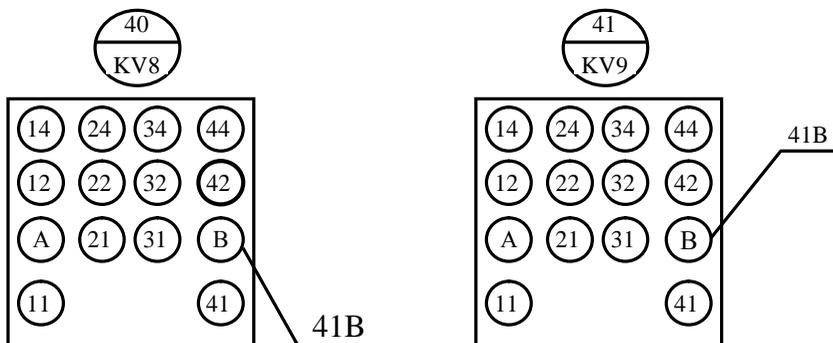


Рис. 2. Монтажная схема реле

На схеме изображены 2 реле: какого они типа и какое напряжение обычно указывается рядом с реле, или пишется в электрической схеме, т. е. если в монтажной схеме не написано рабочее напряжение, какого-либо элемента, открываете электрическую схему, находите там этот элемент и смотрите. В данном случае у нас изображены 2 реле: KV8 и KV9, в кружочках, выше элемента, указывается порядковый номер или номер элемента. А кружочки что внутри это контактные площадки реле или посадочные места, контакты. Внутри кружочков так же пишется цифра, а буквами -А- и -В- обозначаются контакты для питания.

Контакты которые должны соединяться с другими элементами, выносятся полосками за край корпуса и с края пишется маршрут, в нашем случае, от элемента -40- отходит один контакт с маршрутом -41В-, данный маршрут говорит о том, что контакт номер -В- элемента номер -40- должен соединяться с контактом -В- элемента -41-. Можно сказать, что контакты -В- реле -40- и -41- соединяются вместе. Что касается указаний маршрута на кембриках, то на элементе -40- на контакт -В- закручивается (т.к. у нас контакты реле с винтовыми клеммами) провод, на который одет кембрик с надписью -41:В-, а на элементе -41- к контакту -В- одевается другой кембрик с маршрутом -40:В-.



Рис. 3. Маркировка проводов

Если выразиться проще, то на кембриках (или кабельных маркерах) указываются обратные маршруты с соединяемыми элементами.

На некоторых элементах, например на тех же реле, могут быть пририсованы какие-нибудь радиоэлементы, ниже на схеме параллельно обмоткам реле, нарисованы диоды:

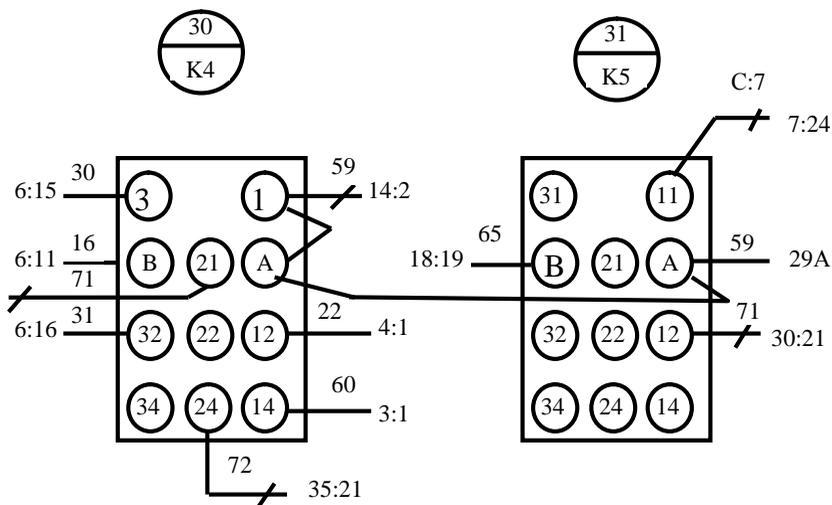


Рис. 4. Монтажная схема реле

Такие элементы, как правило, на чертежах соединятся прямо с контактами без указаний маршрутов т. е.: анод диода -VD5- соединяется с контактом -B- реле -K4-, а катод соединяется с контактом -A- того же элемента. На выводах таких элементов кембрики не одеваются и маршрут соответственно тоже, не пишется. Если посмотрите внимательнее, то на схеме 2 увидите так называемую перемычку, которая соединяет контакты -A- элементов -30- и -31-

(реле -К4- и -К5-) между собой. Такие перемычки обычно рисуют в тех случаях, когда проще провести линию между элементами, особенно если они располагаются рядом друг с другом, нежели писать маршрут на схеме. Если бы элементы располагались в разных концах монтажной схемы, то рисовать длинную линию, соединяющую эти два элемента, не имеет смысла, проще указать маршрут. Думаю и тут понятно, что контакт -А- элемента -30- соединяется с контактом -А- элемента -31-. На схеме есть еще перемычка, которая соединяет контакты -11- и -А- элемента -30- между собой. В перемычках обычно не указывают маршрут, как на монтажной схеме, так и при монтаже этого участка, схема не подписывается кембриками.

Монтаж схемы может выполняться разными проводами, например, экранированным, силовым, обычным монтажным или проводами, у которых разное сечение. На монтажных схемах с края обычно всегда пишут: какие провода нужно использовать для монтажа и какое у них сечение, пример представлен на рис. 5.

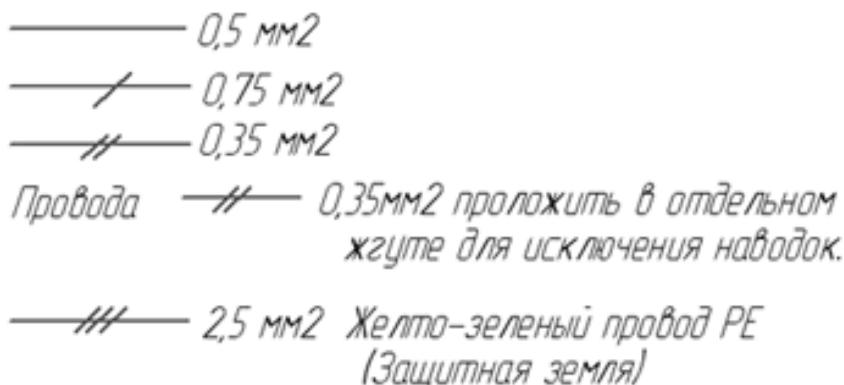


Рис. 5. Пример обозначения проводов на монтажных схемах

Рассмотрим небольшой участок такой схемы, где указано, каким проводом делать монтаж этих цепей (рис. 6). Из схемы видно, что монтаж контактов 1, 2, 4 разъема Х13 должен выполняться проводом, сечение которого 0,35 мм<sup>2</sup>, и соединение (монтаж) контактов 9, 15, 16 выполняются проводом 0,75 мм<sup>2</sup> и т. д. Монтаж заземления выполняется проводом желто-зеленого цвета.

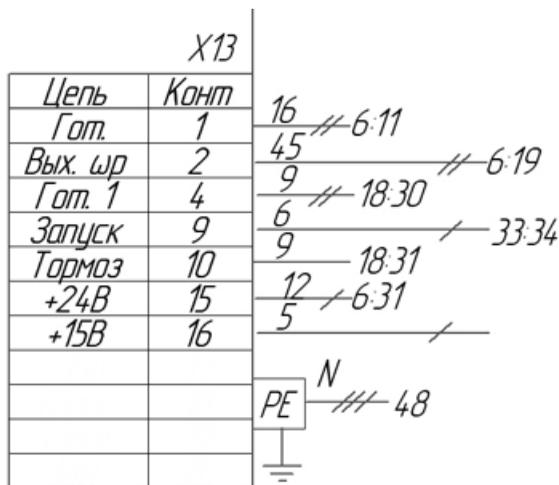


Рис. 6. Монтажная схема с указанием сечения проводов

Обычно, большинство элементов на монтажных схемах легко читается и понимается, многие элементы обозначаются стандартным образом.

Но часто, на монтажной схеме могут, изображаться элементы, посмотрев на которые – не сразу понимаешь что это, в таких случаях необходимо по порядковому номеру элемента найти его на принципиальной электрической схеме. Например, один из вариантов обозначения винтовых клеммников представлен на рис. 7.

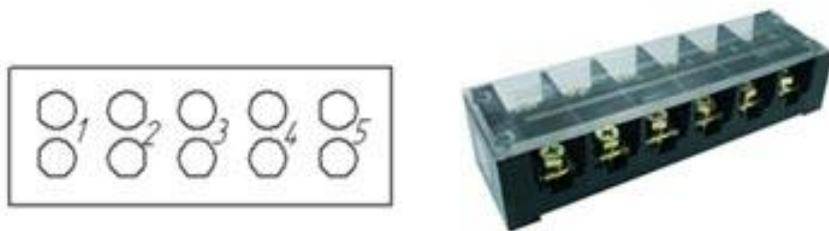


Рис. 7. Монтажная схема клеммника

Ниже (рис. 8) обозначение на монтажной схеме трехфазного трансформатора, то, что это возможно трансформатор, можно догадаться по надписям А, В, С (фазы).

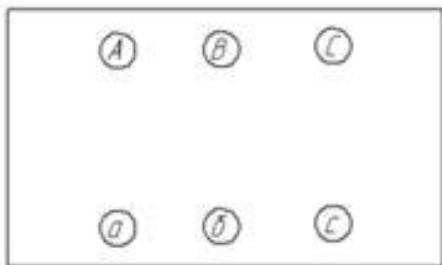


Рис. 8. Монтажная схема трехфазного трансформатора

Пример обозначения трехполюсного автоматического выключателя представлен на рис. 9.

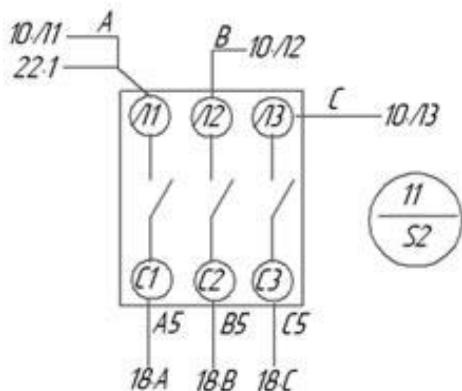


Рис. 9. Монтажная схема трехполюсного автоматического выключателя

### Программа и методика выполнения работы

1. Изучить назначение и правила составления электрических схем.
2. Изучить структуру и состав монтажного стенда (рис. П1).
3. Составить структурную схему монтажного стенда.
4. Выполнить монтажную схему соединений элементов. Произвести маркировку проводов.
5. На монтажной плате выполнить монтаж элементов.

## Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Структурная схема стенда.
4. Выводы.

### Вопросы для контроля усвоения материала

1. Основные электрические величины (ток, напряжение, сопротивление, мощность, единицы измерения).
2. Назначение генератора.
3. Понятие нагрузки.
4. Типы электрических материалов и их характеристики.
5. Какие материалы чаще всего используются в качестве проводников и их характеристики.
6. Назначение схем.
7. Типы электрических схем.
8. Назначение структурной схемы.
9. Назначение функциональной схемы.
10. Назначение принципиальной схемы.
11. Буквенные коды наиболее распространенных элементов используемые в автоматизации.
12. Условные обозначения контактных соединений.
13. Примеры условных обозначений выключателей.
14. Правила маркировки электрических цепей.
15. Назначение маркировки.
16. Назначение монтажных схем (соединений, подключений).
17. Пример маркировки проводов.
18. Пример маркировки проводов на монтажной схеме.
19. Изображение элемента на монтажной схеме.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Соединение и оконцевание жил проводов и кабелей

(2 часа)

**Цель работы:** изучить способы выполнения неразборных и разборных контактных соединений и приобрести практические навыки их выполнения.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование, монтажные провода, наконечники и инструменты.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### Требования, предъявляемые к электрическому контакту

*Механическая прочность.* Смонтированный на жиле контакт должен быть устойчивым к механическим воздействиям в процессе монтажа и эксплуатации и не должен ухудшать ее механических свойств. Степень механических воздействий на контакт зависит от способа прокладки токопроводящих жил, условий эксплуатации и других причин.

*Электрическое сопротивление контакта* определенной длины не должно превышать сопротивление цельной жилы такой же длины более чем на 20 %. Если сопротивление контакта значительно больше сопротивления такого же участка цельной жилы, возникают местные перегревы, которые ухудшают состояние контакта.

*Наличие электрохимической коррозии* может быть вызвано следующими причинами. При соприкосновении двух проводников из разных металлов, например алюминия и меди образуется гальваническая пара. Материал, образующий отрицательный электрод-катод (алюминий по отношению к большинству применяемых в электротехнике металлов является катодом), постепенно разрушается. Электролитом в таких случаях служит конденсированная влага в сочетании с газами или окисями ее соединяемых металлов.

Для предотвращения электрохимической коррозии контактные поверхности покрывают третьим металлом или сплавом (например, оловом), смазывают места контакта бескислотным вазелином или покрывают их лаком, предотвращая попадание воздуха и влаги к месту соединения.

В местах присоединения жил проводов и кабелей необходимо оставлять запас по длине, позволяющий выполнять повторное соединение. Места соединений и ответвлений должны быть доступны для осмотра и ремонта.

*Качество изолирования мест соединений и ответвлений не должно уступать качеству заводской изоляции жил.*

После выполнения контактного соединения и изоляции места соединения проводят приемо-сдаточные испытания. Они обычно ограничиваются измерением электрического сопротивления или падения напряжения при прохождении по соединению тока, близкого к номинальному. Иногда по требованию приемщика измеряют также температуру нагрева соединения или же превышение ее над температурой окружающей среды при номинальной нагрузке контактного соединения. Для алюминиевых жил сечением до  $6 \text{ мм}^2$  в местах присоединения их выводам электрооборудования нормальным считают падение напряжения не более  $7 \text{ мВ}$  при прохождении по контактному соединению длительно допустимого тока проводника.

Нагрев контактного соединения считается допустимым, если измеренная температура при длительном прохождении номинального тока не превышает  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ) в установках напряжением ниже  $660 \text{ В}$  и  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ) напряжением выше  $660 \text{ В}$  при температуре окружающего воздуха  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  (для жил проводов и кабелей окружающая температура принимается  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). В контактных соединениях алюминиевых жил сечением до  $6 \text{ мм}^2$  температура нагрева не должна быть выше  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  при прохождении тока выше.

### **Способы соединения жил проводов и кабелей**

Электрические соединения проводят путем применения сварки, пайки, опрессовки, созданием разборных контактных соединений.

**Сварка.** Сварку применяют для оконцевания и соединения алюминиевых жил проводов и кабелей всех сечений, а также для соединения алюминиевых жил с медными при сечении не более  $10 \text{ мм}^2$ . Различают три способа сварки: электросварку контактным разогревом, термитную и газовую.

**Пайка.** Пайка – вид слесарной обработки по образованию неразъемного соединения при помощи расплавленного промежуточного

металла или сплава, называемого припоем. Припои по температуре плавления делят на мягкие (до 400 °С) и твердые (свыше 500 °С). Мягкие припои используются при пайке для получения хорошего контакта и прочного металлического соединения алюминиевых (ЦО-12, ЦА-15) и медных (ПОС-30, ПОС-40, ПОС061) жил.

*Лужение* – это покрытие металла тонким слоем припоя для предохранения его от окисления, а также в местах соединения жил для обеспечения хорошего контакта.

*Флюсами* называются вспомогательные материалы, используемые при пайке. Они служат для растворения и удаления оксидных пленок с поверхности соединяемых металлов и из расплава, а также образования на его поверхности прочной, воздухонепроницаемой пленки. Поэтому флюсы имеют плотность и температуру плавления ниже используемого припоя.

По действию, оказываемому на паяемые металлы, флюсы делятся на следующие группы:

- активные или кислотные (на основе соляной кислоты, хлористых и фтористых соединений металлов и пр.). При монтажной пайке электрорадиоприборов, пайке обмоток электрических машин и т. п. их применение недопустимо;

- бескислотные (канифоль в чистом виде и с добавлением спирта, глицерина). Наиболее широко используется при пайке мягкими припоями;

- активированные (приготавливаются на основе канифоли с добавлением небольшого количества солянокислого или фосфорнокислого анилина и пр.);

- антикоррозийные (на основе фосфорной кислоты с добавлением органических соединений и растворителей или на основе органических кислот).

Медные жилы паяют с помощью мягких оловянно-свинцовых припоев ПОС030, ПОС-40 и др. с применением флюсов. При пайке для жил сечением до 10 мм<sup>2</sup> используют паяльник.

**Опрессовка.** Опрессовка – соединение жил проводов путем местного вдавливания или сплошного и комбинированного обжатия. Соединение, ответвление и оконцевание медных и алюминиевых жил опрессовкой широко распространено в электромонтажной практике. При опрессовке жила провода или кабеля вводится в трубчатую часть наконечника или специальную гильзу и сжимается

с помощью матрицы и пуансона. Контактное давление, создаваемое при этом между гильзой и жилой, обеспечивает надежное электрическое соединение. Надежность контактного соединения во всех случаях достаточно высока, если правильно определена область применения, точно выбраны наконечник или гильза, рабочие инструменты, тщательно подготовлены поверхности и правильно произведена опрессовка. Для оконцевания алюминиевых жил (сечением от 16 до 240 мм<sup>2</sup>) проводов напряжением до 2 кВ и кабелей до 35 кВ следует применять трубчатые наконечники, для жил (сечением 2,5 мм<sup>2</sup>) проводов напряжением до 2 кВ и кабелей до 1 кВ – кольцевые наконечники (пистоны).

Для соединения алюминиевых жил (сечением от 16 до 240 мм<sup>2</sup>) проводов напряжением до 2 кВ и кабелей до 1 кВ рекомендуются гильзы по ГОСТ 9691–68, а для соединения медных жил (сечением от 16 до 240 мм<sup>2</sup>) провода напряжением до 2 кВ и кабелей до 1 кВ – гильзы по ГОСТ 72 ДД–70.

**Оконцевание.** Оконцевание – оформление концов жил проводов или кабелей для последующего присоединения.

Для оконцевания медных жил (сечением от 0,75 до 240 мм<sup>2</sup>) проводов напряжением до 2 кВ и кабелей до 35 кВ надо использовать наконечники по ГОСТ 7386–70, а многопроволочных жил (сечением 1...2,5 мм<sup>2</sup>) проводов напряжением 2 кВ и кабелей до 1 кВ – наконечники (пистоны) по ГОСТ 9688–76.

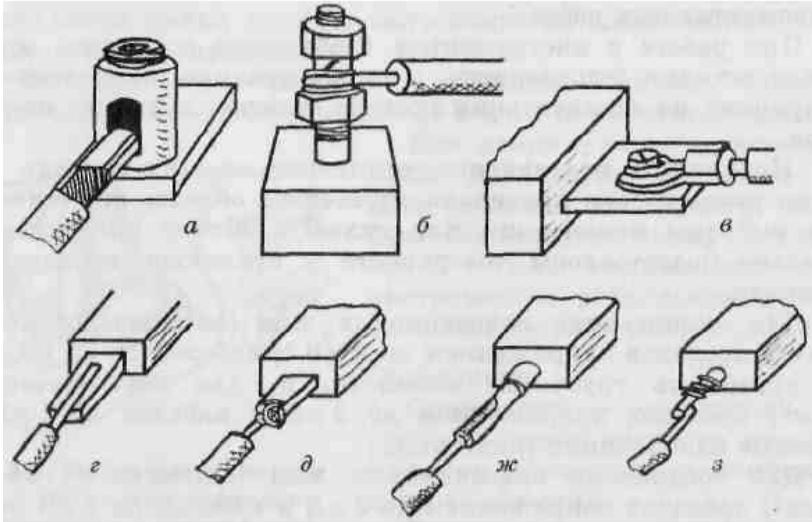
## **Разборные соединения**

**Разборные контактные соединения.** Разборными контактными соединениями называют:

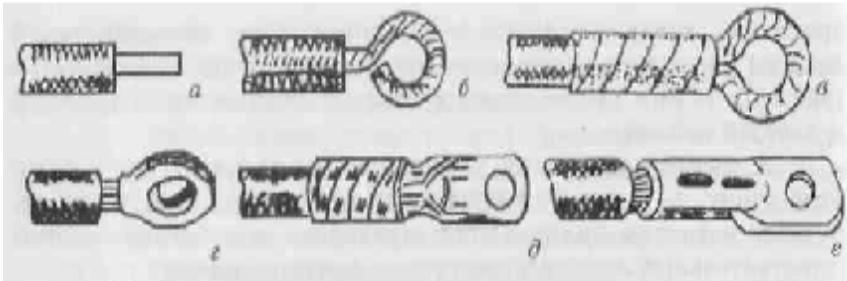
- присоединение жил проводов и кабелей непосредственно к выводам электрооборудования (электродвигателей, аппаратуры управления и защиты и т. п.);
- присоединение шин и ответвлений от них с помощью болтов;
- выполнение ответвлений проводов и кабелей от магистральных электрических линий без их разрыва;
- соединение проводов с помощью сжимов.

Силовое электрооборудование, как правило, имеет плоские, штыревые и гнездовые контактные выводы (рис. 10). Эти выводы позволяют осуществлять разъёмное соединение проводов и кабелей

с электрооборудованием. Выводы контактных зажимов электрических аппаратов автоматики, управления, сигнализации и защиты могут быть также лепестковые, штифтовые и желобчатые. К ним присоединяются только медные жилы проводов и кабелей пайкой.



*Рис. 10.* Контактные выводы электрооборудования:  
*а* – гнездовой; *б* – штыревой; *в* – плоский; *г, д* – лепестковый;  
*ж* – желобочный; *з* – штифтовой



*Рис. 11.* Виды оконцевания жил проводов и кабелей:  
*а* – в виде пестика; *б* – в виде колечка; *в* – блочным наконечником;  
*г* – ограничивающей шайбой; *д* – шайбой-звездочкой;  
*е* – наконечником

Изоляцию с концов жил сечением до  $4 \text{ мм}^2$  рекомендуется снимать с помощью клещей КСИ, КУ-1 и др. При снятии изоляции ножом последний направляют под углом  $10...15^\circ$  к поверхности провода так, чтобы, срезая изоляцию, он скользил по поверхности жилы, не повреждая ее.

### Присоединение алюминиевых жил к выводам электрооборудования

Присоединение однопроволочных алюминиевых жил сечением до  $10 \text{ мм}^2$  к плоским выводам электрооборудования производится после зачистки жилы под слоем нейтральной смазки (вазелин, ЦИАТИМ-221 или кварцевовазелиновая паста). Грязную смазку после зачистки удаляют, заменяют ее чистой и изгибают конец провода в кольцо. При присоединении к выводу устанавливают шайбу-звездочку и пружинную шайбу (рис. 12).

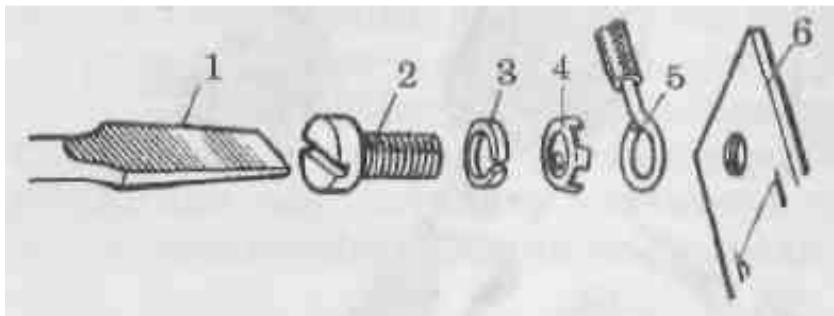


Рис. 12. Присоединение алюминиевой жилы к плоскому выводу электрического аппарата: 1 – отвертка; 2 – винт; 3 – пружинная шайба; 4 – шайба-звездочка; 5 – алюминиевая жила; 6 – контактный вывод

Однопроволочные алюминиевые жилы сечением  $2,5 \text{ мм}$ , предварительно оконцованные кольцевым наконечником типа П, присоединяются к штыревым выводам путем затяжки между двумя гайками с установкой шайбы и пружинной шайбы. Однопроволочные алюминиевые жилы сечением  $2,5...10 \text{ мм}^2$ , не оконцованные наконечником, предварительно зачищают до металлического блеска под слоем нейтральной смазки с оформлением жилы в кольцо. Затем производят затяжку на штыревом выводе между двумя гайками с установкой

шайбы-звездочки и пружинной шайбы. Необходимо помнить, что присоединение алюминиевых жил к штыревым выводам и зажимам электрооборудования, установленного в сырых помещениях, в агрессивной среде, или наружных установках, не допускается. В таких условиях присоединение алюминиевых жил допускается только после оконцевания их медно-алюминиевыми штифтовыми наконечниками.

### **Присоединение медных жил проводов и кабелей к выводам электрооборудования**

Присоединение медных однопроволочных жил сечением до  $10 \text{ мм}^2$  к плоским медным выводам производится после зачистки жилы до металлического блеска с последующим оформлением в кольцо. Между головкой винта и жилой устанавливают шайбу и пружинную шайбу (рис. 12).

Присоединение медных многопроволочных жил сечением до  $10 \text{ мм}^2$  к плоским медным выводам производится после оконцевания жил наконечником или оформлением жилы в кольцо с пропайкой. В этом случае между головкой винта и наконечником устанавливают только пружинную шайбу.

Медные однопроволочные жилы проводов и кабелей к гнездовым выводам присоединяются непосредственно. Многопроволочные медные жилы независимо от сечения присоединяются только после оконцевания их *штифтовыми наконечниками*. Допускается присоединение многопроволочной жилы после облуживания конца жилы в монолитный стержень. Однопроволочные медные жилы сечением до  $10 \text{ мм}^2$  присоединяют к штыревым выводам после зачистки их до металлического блеска и оформления в кольцо. Жилы очищают от грязи и смазки растворителем. На штыревой вывод накручивают гайку, надевают кольцо медной жилы, после чего на штыревой вывод устанавливают шайбу, пружинную шайбу и затягивают гаечным ключом гайки штыревого вывода.

Многопроволочные медные жилы сечением до  $10 \text{ мм}^2$  должны быть оконцованы наконечниками или оформлены в кольцо с пропайкой. В этом случае при присоединении также устанавливают шайбу и пружинную шайбу.

## **Программа и методика выполнения работы**

1. В порядке самостоятельной подготовки к выполнению работы ознакомиться с литературными источниками:

- изучить основные требования, предъявляемые к электрическому контакту;
- изучить способы выполнения разборных и неразборных контактных соединений.

2. Подготовка паяльника к работе:

- очистить носок паяльника от окалины напильником, слегка закруглив ребро носка;
- подключить паяльник к сети и положить его на стойку (легкое потрескивание в головке паяльника означает, что паяльник исправен и начинает нагреваться). Тепловой паяльник нагревают при помощи паяльной лампы или других специальных нагревательных приборов;

- проверить нагрев паяльника, опустив его носок в канифоль (если канифоль шипит и от нее идет сизый дым – паяльник нагрет нормально). Ни в коем случае не перегревать паяльник;

- очистить носок паяльника в канифоли и облудить его, приложив к нему пруток припоя.

После подготовки паяльника к работе, пайку производить, пользуясь специальными инструментами.

3. По заданию преподавателя выполнить соединение жил проводов опрессовкой.

4. По заданию преподавателя произвести выполнение различных разборных соединений.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Краткие сведения о выполнении различных контактных соединений.
4. Выводы.

### **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Что такое механическая прочность контакта?
2. От чего зависит электрическое сопротивление контакта?

3. Когда возникает электрохимическая коррозия?
4. Методы устранения электрохимической коррозии.
5. Способы соединения жил проводов и кабелей.
6. Назовите способы сварки цветных металлов.
7. Назовите способы электрической сварки цветных металлов.
8. Что называется пайкой?
9. Какие припои и флюсы применяют при пайке медных проводов?
10. Какое соединение называется неразборным?
11. Какие требования предъявляются к контактными соединениям?
12. Что называется опрессовкой?
13. Что называется контактными соединениями?
14. Назовите способы выполнения контактных соединений.
15. Каковы особенности соединения алюминиевых жил болтами?
16. Дайте сравнительную оценку механической прочности и переходного сопротивления разборного соединения, опрессовки, сварки, пайки.
17. Как подключаются многопроволочные медные жилы независимо от сечения?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Монтаж, выбор проводов. Монтаж, выбор наконечников. Способы маркировки проводов и кабелей

(4 часа)

**Цель работы:** монтаж, выбор проводов и наконечников к ним; маркировка проводов.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование, монтажные провода, наконечники и инструменты.

#### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

*Провод* – это один неизолированный или несколько изолированных проводников (жил), имеющих обмотку или оплетку из волокнистых материалов, поверх которых накладывается изоляционная оболочка.

*Кабель* – это одна или несколько изолированных жил, заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой может быть тот или иной защитный покров с броней или без нее.

Помимо проводов и кабелей при монтаже средств автоматики используют *шнуры*, т. е. две или более изолированных гибких жил сечением до  $1,5 \text{ мм}^2$ , скрученных или уложенных параллельно, поверх которых могут быть защитные покровы.

Монтажные провода и кабели служат для соединения между собой различных средств автоматики и аппаратуры.

Для монтажа электрических приборов, аппаратов, применяют монтажные провода, причем крепление таких проводов ставят неподвижными.

При выполнении какой-либо электромонтажной указанной работы провода приходится часто изгибать, от этого монтажные провода имеют повышенную гибкость в отличие от установочных.

Такое свойство определено тем, что жилы изготавливают для монтажных проводов из медной мягкой проволоки – многопроволочные жилы – из медных, тонких проволок, обвитых друг с другом. Благодаря тому, что жилы монтажных проводов луженые, они легко соединяются пайкой. Жилы монтажных

токопроводящих проводов изолируют лавсановыми, капроновыми или стеклянными нитями, полиэтиленом, поливинил-хлоридом. Оболочкой из капрона защищена пластмассовая изоляция в проводах некоторых марок или сначала обмотаны нитями жилы из триацетатного шелка, а после на обмотку нанесена изоляция из полиэтилена или поливинилхлорида. Изоляцию из материалов полиэтилена и поливинилхлорида нередко делают сплошной – из пластика, но используют также пленки из этих материалов (пленочная изоляция).

### Классификация и конструкция монтажных проводов

По конструкции токоведущей жилы монтажные провода подразделяются на однопроволочные негибкие или многопроволочные гибкие, эластичные. У гибких проводов центральные токоведущие жилы скручены из тонких медных проволочек и связаны между собой нитками.

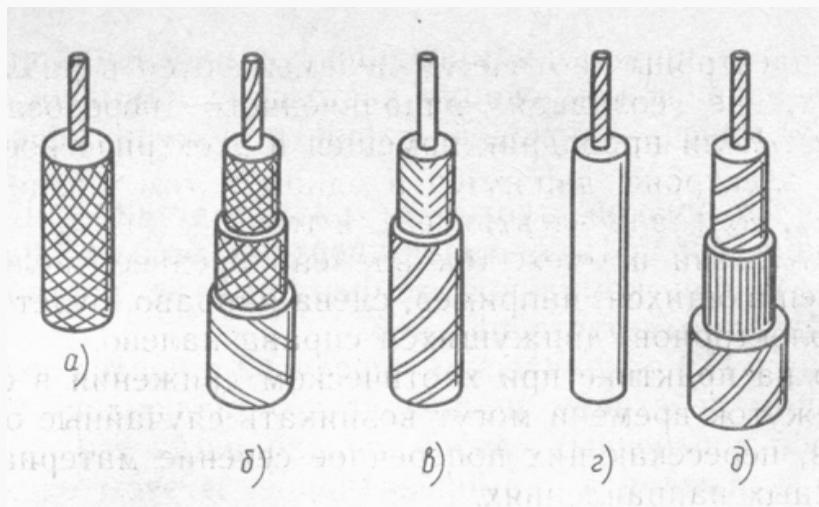


Рис. 13. Монтажные провода:

- a* – гибкий многопроволочный с резиновой изоляцией (МГР);
- б* – гибкий многопроволочный с двойной обмоткой из полиамидного шелка, лакированный (МГШДЛ);
- в* – с резиновой изоляцией в оплетке, покрытой лаком, одножильный (ПРЛ);
- г* – монтажный провод с поливинилхлоридной изоляцией (БПИЛ);
- д* – гибкий многопроволочный в обмотке и оплетке из стекловолокна лакированный (МГСЛ)

Номенклатура марок проводов и кабелей, выпускаемых промышленностью для внутриприборного и межприборного монтажа, превышает 110 наименований и различается, прежде всего, видом изоляции. Кроме того, внутри каждого вида имеется несколько типоразмеров по количеству токоведущих жил и их общей площади поперечного сечения.

Сечение монтажных проводов выбирают для длительного режима работы в зависимости от значения проходящего тока и допустимого нагрева.

Провода для монтажа средств автоматики и приборов изготавливают с полиэтиленовой, поливинилхлоридной, стекловолоконистой, резиновой и фторопластовой изоляцией (рис. 13, а–д).

### **Маркировка монтажных проводов**

Букву М обычно ставят на первом месте – это указывает, что провод монтажный. Исключение этому составляют некоторые провода с изоляцией пластмассы, в марки обозначении которых буква М отсутствует. Все остальные буквенные обозначения определяют материал, из которого состоит изоляция, и кое-какие другие особенности устройства провода, например:

- В – поливинилхлоридная изоляция;
- Г – гибкий провод с многопроволочными жилами;
- Д – провод с двойной обмоткой;
- Л – провод лакированный;
- П – полиэтиленовая изоляция;
- С – изоляция из стекловолокна;
- Ц – пленочная изоляция;
- Ш – с изоляцией из полиамидного шелка;
- Э – экранированный провод (если она стоит на последнем месте)
- Э – эмалированный провод (если она следует за буквой М).

Примеры маркировок монтажных проводов:

- МГСП – монтажный провод, гибкий, многопроволочный, с обмоткой из стеклянных нитей и полиэтиленовой изоляцией;
- МГШДЛ – монтажный провод, гибкий, многопроволочный, с двойной обмоткой из полиамидного шелка, лакированный;
- МШВ – монтажный провод, однопроволочный, с обмоткой из триацетатного шелка, со сплошной изоляцией из поливинилхлоридного пластиката;

- МШДЛ – монтажный провод, с однопроволочной жилой, двойной обмоткой из полиамидного шелка, лакированный;
- МГЦСЛЭ – монтажный провод, многопроволочный, гибкий, с пленочной изоляцией, с оплеткой из стекловолокна, лакированный, экранированный.

С пленочной и волокнистой изоляцией монтажные провода предназначены для электроустановок напряжением 220 или 127 В (провод марки МГШ – 24 В). Отдельных некоторых марок провода, имеющих жилы с площадью сечения до 0,14 мм<sup>2</sup>, пригодны для работы при напряжении до 500 В постоянного тока и до 380 В переменного тока. Со сплошной полиэтиленовой, поливинилхлоридной, комбинированной (волокнисто-пластмассовой) изоляцией монтажные провода рассчитаны на работу при напряжении до 1500 В постоянного тока и до 1000 В переменного тока.

Универсального монтажного провода не существует. Есть несколько основных проводов **МГТФ**, **МГШВ**, **МСТП**, **МЛТП**, **МПО**, **НВ (1;3;4)**, **ПВ-3**, и их экранированные версии (отличаются наличием буквы Э в конце аббревиатуры). Все они (кроме специализированных) отличаются материалом изолятора (оболочки кабеля), и конструкцией проводника (однопроволочный или многопроволочный).

### Примеры проводов и их конструкция.

**МГТФ** – токопроводящая жила – медная, многопроволочная, изолятор фторопласт (рис. 14).

*Достоинства:* гибкий, жила из множества тонких проводников, очень термостойкая изоляция (не плавится при пайке никогда), изоляция очень «скользящая» не цепляется сам за себя и за других.



Рис. 14. Провод МГТФ

*Недостатки:* цена, очень крепкая изоляция (с непривычки плохо зачищается), 1 цвет (телесный), плохо сплетается в жгутики и пары (норовит расплестись).

**МГШВ, МСТП, МЛТП** – токопроводящая жила – медная, луженая, многопроволочная (луженая жила, это не значит что при пайке не надо облуживать, это защита от окисления проводника), промежуточный изолятор из тканевых или стекловолоконных нитей, основной изолятор ПВХ или радиационносшитый полиэтилен (рис. 15).



Рис.15. Провод МГШВ, МСТП, МЛТП

**Достоинства:** гибкий, из за наличия промежуточного изолятора достаточно устойчив к нагреву паяльником изоляция почти не плавится.

**Недостатки:** малораспространены, менее гибкие, чем МГТФ (жила из меньшего количества более толстых проводников), из-за наличия промежуточного изолятора плохо зачищается, остатки нитей если их не удалить норовят влезть в пайку мешая и ухудшая контакт, маленький выбор цветов (чаще всего встречается белый, черный, бордово-коричневый), плохо сплетается в жгутики и пары (норовит расплестись) хотя и лучше чем МГТФ.

**МПО** – токопроводящая жила – медная, луженая, многопроволочная, изолятор радиационносшитый полиэтилен (рис. 16).



Рис. 16. Провод МПО

**Достоинства:** гибкий, достаточно устойчив к нагреву паяльником изоляция плавится умеренно.

**Недостатки:** малораспространен, 1 цвет (прозрачно белый), относительно низковольтен (хотя для радиолобительских целей хватит).

**НВ4** – токопроводящая жила – медная, луженая, многопроволочная, изолятор ПВХ (рис. 17).

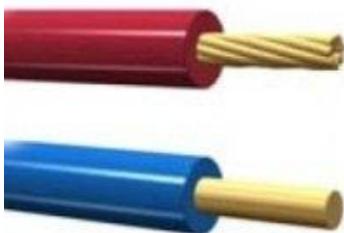


Рис. 17. Провод НВ4

**Достоинства:** цена, много разных цветов, хорошо плетется, хорошо зачищается.

**Недостатки:** менее гибкий, чем МГТФ, при пайке изоляция плавится и кабель «самозачищается» (чем дольше жалом греешь провод, тем сильнее плавится, при отсутствии хороших навыков пайки может быть проблемой).

Провода марок НВ и НВ1 могут быть моножильными (однопроволочный проводник). У них есть плюсы, но удобней провод с мультижилкой (многопроволочный) НВ3 и НВ4 должны быть только мультижильными.

### Выбор монтажных проводов

В подавляющем большинстве случаев используется монтажный провод типа **МГТФ**, т.к. он более надежный и не плавится при случайном касании паяльником.

При макетировании и сборке навесных схем удобней использовать монтажный провод марки **НВ4** разных цветов. При выборе провода необходимо учитывать, что все применяемые как изолятор пластики подвержены старению, и могут твердеть и охрупчиваться, что в свою очередь может привести к повреждению изоляции и КЗ.

### Расчет сечения монтажных проводов

Для подключения заданной нагрузки необходимо знать сечение провода т. е. площадь проводника. Площадь сечения проводника  $S$

измеряется в мм<sup>2</sup>. и определяется по формуле (2.1). Определить диаметр проводника зная сечение можно воспользовавшись формулой (2.2):

$$S = \frac{3,14 \cdot D^2}{4} = 0,785D^2; \quad (2.1)$$

где  $S$  – сечение провода;  $D$  – диаметр.

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (2.2)$$

где  $S$  – площадь сечения;  $\pi$  – число Пи = 3,14;  $R$  – радиус;  $D$  – диаметр.

Для упрощенного расчета можно принять, что 1 мм<sup>2</sup> медного проводника может длговременно проводить ток до 10 А.

### **Допустимое напряжение монтажных проводов**

Каждый провод имеет номинальное напряжение. Для перечисленных здесь проводов это ~ 600 В переменного и ~ 750 В постоянного тока (кроме МПО, 380 В переменного и 550 В постоянного тока). Для монтажа шкафов управления средств автоматики этого обычно достаточно. При подключении силового оборудования с высокими трехфазным напряжениями нужно обязательно учитывать этот параметр.

При подключении проводов различного назначения, самой частой операцией является установка наконечника. Эта операция сопровождается любой кабельную сборку.

Установка наконечника для проводов позволяет надежно подключить кабель во всех случаях кроме пайки. Это может быть винтовое соединение, цанговое или в пружинных клеммниках. В каждом из этих вариантов, наконечник для проводов упрощает и ускоряет процесс подключения.

Использование наконечника для проводов дает следующие преимущества:

- самостоятельное лужение провода всегда имеет худшее качество, чем лужение наконечника для проводов;
- наконечник для проводов повышает прочность оконечной части провода;

- при использовании наконечников для проводов повышается жесткость окончания провода;
- отсутствие повреждений кабеля при подключении;
- нет необходимости создавать элемент подключения провода, который повторяет форму наконечника.

Учитывая все преимущества можно сделать вывод, что использование наконечников для проводов повышают качество монтажа и обеспечивают надежность контакта. А учитывая невысокую стоимость этого изделия, невозможно переоценить их применение для проводов любого типа.

Самыми распространенными вариантами наконечников для проводов являются наконечники *У*, *О* или *І* формы. Наконечники с *У* формой используют для проводов с небольшим сечением, так как они имеют не высокую надежность фиксации. Наконечники *О*-образной формы являются самыми востребованными и надежными, но их недостаток состоит в том, что подключение или отключение кабеля происходит при полном отвинчивании винта или гайки. Наконечники с *І* формой рассчитаны на применение в клеммах, которые допускают применение провода без наконечника (рис. 18).

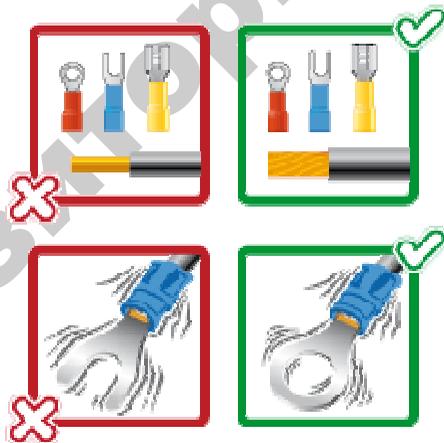


Рис. 18. Наконечники различных типов.  
Конструкция наконечника для проводов

Конструкция наконечника для проводов очень проста. В нем не применяется подвижных элементов (кроме винтовых наконечников),

так как это единый металлический элемент. Форма наконечника для проводов может иметь разное исполнение, которое зависит от способа подключения и требований к соединению.

Наконечники для проводов могут изготавливаться из меди (с лужением или без), из алюминия или алюминированной меди. Каждый тип наконечника для проводов предназначен для своего типа подключения и применения к определенному типу провода.

Чтобы более полно представить виды и типы наконечников для проводов, достаточно понять маркировку этих изделий. Например, наконечник для проводов имеет маркировку в виде: 70-12-13-M-УХЛЗ ГОСТ 7386–80. Это означает, что он изготовлен с сечением 70 мм<sup>2</sup>, отверстие для подключения (диаметр резьбового стержня) диаметром 12 мм, внутренний диаметр хвостовой части 13 мм, материал изготовления – медь, не луженый, климатическое исполнение – УХЛЗ, изготовлен согласно ГОСТу 7386–80.

### **Выбор наконечника для проводов**

Основным параметром выбора наконечников для проводов являются диаметр применяемого провода (токопроводящей жилы) и форма подключаемой части наконечника.

В зависимости от предполагаемой частоты отключений, типа устройства, к которому он подключается, формы и размера контакта, а также материала, из которого он выполнен, выбирается тип наконечника для провода.

Также не маловажным фактором выбора является способ опрессовки или обжима провода. От этого параметра зависит не только тип, но и параметры выбираемого изделия.

Материал наконечников для проводов выбирается в зависимости от материала подключаемого провода. Необходимость покрытия наконечника (лужения) определяется в зависимости от требований к надежности контакта.

### **Монтаж (опрессовка) наконечников для проводов**

Соединение наконечников с проводами может выполняться различными способами. Существуют два основных способа:

- механическая фиксация;
- пайка.

Способ пайки редко применяют при подключении силовых кабелей большой мощности.

Механическая фиксация делится по некоторым параметрам на такие типы:

- опрессовка – деформация всей конструкции в матрицах и пуансонах;
- винтовое соединение основы наконечника и прижимной пластины с токопроводящей жилой;
- зажим по периметру.

Опрессовка наконечника для проводов может выполняться различными инструментами. В зависимости от применяемого инструмента, опрессовка делится на два варианта:

- точечная;
- гексагональная (по периметру).

Опрессовка по всему периметру (гексагональная) имеет равномерное распределение по хвостовику и создает максимальную площадь контакта наконечника с токопроводящей жилой. Также этот метод характеризуется высокой степенью герметизации.

Матрица для опрессовки должна иметь строго выдержанный размер, который соответствует используемому наконечнику для проводника. Она имеет шесть граней.

Токопроводящая жила зачищается на требуемую длину так, чтобы ее изоляция вплотную подходила к торцу хвостовика. Допускается выступающая часть меди не более 1 мм. Жила должна полностью входить в коннектор хвостовика до упора.

Монтаж кабельных систем при использовании наконечников для проводов значительно отличается от обычных способов скоростью и удобством.

Опрессовка изолированных наконечников и разъемов производится только на многопроволочных медных жилах. Для монтажа моножилных проводов используйте неизолированные наконечники и специальные матрицы для опрессовки (тип 05 «КВТ»).

Опрессовка изолированных наконечников и разъемов производится только на многопроволочных медных жилах. Для монтажа моножилных проводов используйте неизолированные наконечники и специальные матрицы для опрессовки (тип 05 «КВТ»).

Размер наконечника должен соответствовать сечению провода. (рис. 19). Геометрия контактной части выбирается в соответствии с типом вводной клеммы и условиями эксплуатации. Не допускается,

использование вилочных наконечников в подвижных составах и местах, подверженных вибрации.

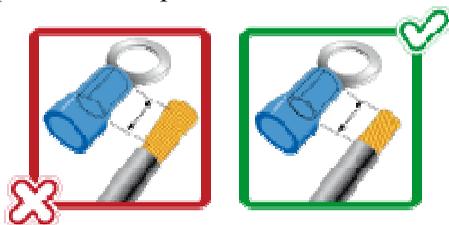


Рис. 19. Выбор размера наконечника

Жила зачищается на длину, равную длине трубчатой части наконечника. Во избежание распада и загибов отдельных проводников жилы, перед установкой наконечника жилу рекомендуется слегка скрутить.

Для опрессовки необходимо использовать профессиональный инструмент (рис. 21). Пресс-клещи, оснащенные храповым механизмом, обеспечивают блокировку обратного хода до прохождения полного цикла опрессовки. Это исключает риск недоопрессовки по вине оператора. Степень опрессовки определяет механическую прочность и электрическое сопротивление контактного соединения.

Зачищенный конец медной жилы должен быть видимым и располагаться вровень с краем изолирующей манжеты наконечника или выступать не более чем на 1 мм, без выхода в контактную зону (рис. 20).

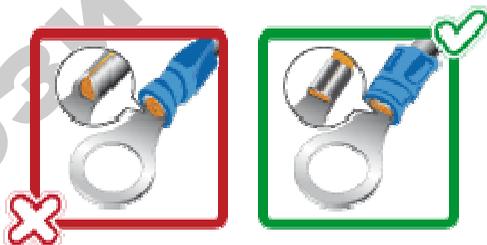


Рис. 20. Установка наконечника на жиле

Изоляция провода должна заходить внутрь изолирующей манжеты наконечника до упора и полностью перекрываться манжетой. Убедитесь в отсутствии загибов отдельных проводников жилы под изолирующей манжетой.

## Установка наконечника в матрицах

При опрессовке ориентируйте наконечник таким образом, чтобы технологический шов хвостовика располагался сверху по центру (рис. 21).

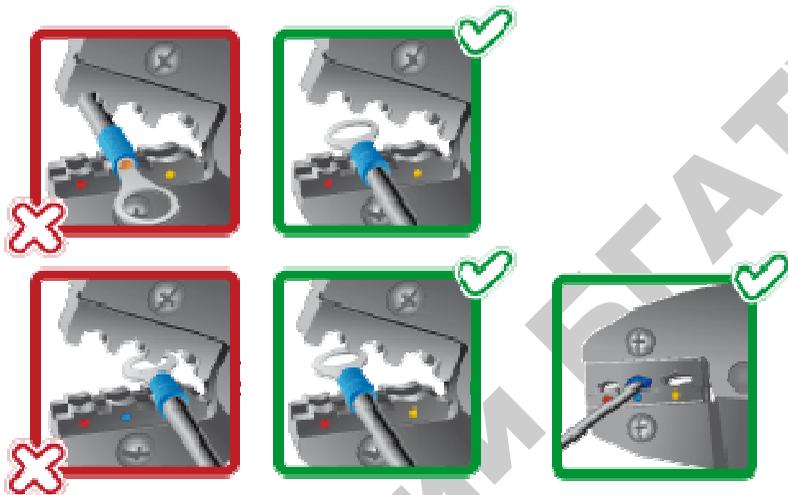


Рис. 21. Установка и опрессовка наконечника в матрице

При опрессовке двухконтурными матрицами с обжимом по жиле и изоляции (тип 01 и 04 «КВТ») располагайте наконечник в матрицах таким образом, чтобы каждый из контуров опрессовывал соответствующую часть наконечника. Наконечник должен заводиться с маркированной стороны матриц.

При установке наконечника в матрицах инструмента цветовая маркировка на матрицах должна совпадать с цветом манжеты наконечника, или цифровая маркировка – с его сечением

Опрессовку необходимо производить до полного смыкания матриц. После опрессовки убедитесь в целостности изолирующей манжеты и механической прочности соединения.

Для автоматизации технологических процессов используется множество кабелей и проводов. Быстро обнаружить нужную жилу (кабельное окончание) позволяет маркировка, которая наносится на этапе закладки кабеля или при его подключении к кроссу (расширочным колодкам, распределительным щитам и панелям, разъемам аппаратуры и т. п.).

Маркировка кабеля используется для идентификации кабеля (в пучке однотипных кабелей) или каждой жилы (внутри одного кабеля). Маркировка производится с двух сторон на окончаниях кабельных линий.

Для маркировки кабелей на напряжение до 1 кВ рекомендуется применять бирки прямоугольной формы;

- для кабелей на напряжение выше 1 кВ – круглой;
- для контрольных кабелей – треугольной формы.

Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то в обозначение каждого из них к номеру линии добавляются буквы «А», «Б», «В» и так далее.

На бирке указывается:

- у силовых кабелей – напряжение, сечение, номер или наименование линии;
- у контрольных кабелей – то же, и дополнительно количество жил.

Самым простым способом маркировка кабельных окончаний является нанесение надписей на кабели вручную с помощью несмываемых маркеров. Надписи могут делаться на самом кабеле или на маркировочной ленте, которая затем приклеивается к кабелю. Недостатком данного способа является кустарность и недолговечность. Достоинством – дешевизна.

Другой способ маркировки – использование маркировочных элементов заводского изготовления – имеет другие ограничения. Это ограниченный выбор вариантов маркировки и ориентация на типы кабелей, выпускаемые только данным производителем.

Третий способ маркировки – использование специального маркировочного оборудования.

Современное маркировочное оборудование позволяет изготавливать сложные надписи и обозначения, отличающиеся:

- шрифтами;
- количеством строк символов;
- типом и цветом ленты;
- расположением символов (продольное / поперечное);
- внутренним ресурсом памяти.

### **Программа и методика выполнения работы**

1. Выбрать монтажный провод, определить сечение и тип провода.
2. Произвести выбор наконечника.

3. Произвести маркировку монтажных проводов.
4. Произвести оконцовку монтажного провода.
5. Произвести монтаж элементов электрооборудования стенда.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Эскиз монтажной схемы.
4. Выводы.

### **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Назначение проводов и кабелей.
2. Особенность монтажных проводов.
3. Классификация монтажных проводов.
4. Конструкция монтажных проводов.
5. Маркировка монтажных проводов.
6. Выбор монтажных проводов.
7. Расчет сечения монтажного провода.
8. Определить тип и сечение монтажного провода (по заданию преподавателя).
9. Назначение наконечников. Преимущества использования наконечников. Типы наконечников.
10. Пример маркировки наконечника.
11. Способы монтажа наконечников.
12. Выбор матрицы для опрессовки.
13. Выбор наконечника.
14. Типы бирок для маркировки кабелей.
15. Маркировка бирок для силовых кабелей.
16. Маркировка бирок контрольных кабелей.
17. Характеристики и способы маркировки.
18. Способы маркировки.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Монтаж и выбор устройств автоматической защиты электрооборудования и средства автоматики

(4 часа)

**Цель работы:** монтаж и выбор устройств автоматической защиты электрооборудования и средств автоматики.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

**Автоматический выключатель** (механический) (МЭС 441-14-20), «автомат» – это механический коммутационный аппарат, предназначенный для автоматического размыкания электрической цепи в момент возникновения коротких замыканий или перегрузок. На схемах обозначаются буквами АВ либо QF (европейский стандарт).

Для защиты электропроводки при перегрузке или коротком замыкании применялись электрические пробки. Конструкция этих устройств достаточно проста. Недостатком этих устройств является то, что при перегорании предохранителя, вопросами о выборе плавкой вставки для него ни кто не занимался. Впоследствии, пробка могла не сработать в нужный момент, что не редко являлось причиной многих пожаров.

В нынешнее время вместо пробок применяются автоматические выключатели (АВ) (рис. 22), которые имеют много преимуществ и более надежны в эксплуатации по сравнению с пробками.



Рис. 22. Автоматический выключатель

Конструктивно АВ представляет собой модуль с двумя контактами вход/выход и кнопкой включения (однополюсный автомат).

Рабочий механизм автоматического выключателя находится в закрытом пластмассовом корпусе. В задней части автомат имеет специальную защелку, благодаря которой его можно надежно зафиксировать на DIN-рейку при *подключении в электрощите*.

### **Расчет автоматического выключателя**

Автомат должен отключаться, когда нагрузка существенно превышает допустимую норму или при возникновении короткого замыкания, когда значительно возрастает электрический ток. Однако он должен пропускать ток и работать в нормальном режиме, при одновременном включении нескольких электроприемников.

### **Критерий выбора автоматических выключателей**

Основными показателями, при *выборе автоматов* являются:

- количество полюсов;
- номинальное напряжение;
- максимальный рабочий ток;
- отключающая способность (ток короткого замыкания).

#### **1. Количество полюсов**

Количество полюсов автомата определяется из числа фаз сети. Для установки в однофазной сети используют однополюсные или двухполюсные. Для трехфазной сети применяют трех- и четырехполюсные (сети с системой заземления нейтрали TN-S).

#### **2. Номинальное напряжение**

Номинальное напряжение *автомата* это напряжение, на которое рассчитан сам автомат. Не зависимо от места установки напряжение автомата  $U_{AB}$  должно быть равным или большим номинальному напряжению сети  $U_C$  :

$$U_{AB} \geq U_C.$$

### 3. Максимальный рабочий ток

Максимальный рабочий ток. Выбор автоматов по максимальному рабочему току заключается в том, чтобы номинальный ток автомата (номинальный ток расцепителя)  $I_{ABном}$  был больше или равен максимальному рабочему (расчетному) току  $I_{max}$  который может длительно проходить по защищаемому участку цепи с учетом возможных перегрузок:

$$I_{ABном} \geq I_{max}.$$

Чтобы узнать максимальный рабочий ток для участка сети нужно найти суммарную мощность. Для этого суммируем мощность всех приборов, которые будут подключаться через данный автомат. Величину тока из полученной мощности можно найти двумя способами: методом сопоставления или по формуле.

Для сети 220 В при нагрузке в 1 кВт, ток составляет 5 А. В сети с напряжением 380 В величина тока для 1 кВт мощности составляет 3 А. С помощью такого варианта сопоставления можно найти ток через известную мощность. Например, суммарная мощность равна 4,6 кВт, ток при этом равен примерно 23 А. Для более точного нахождения тока можно воспользоваться известной формулой:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos(\varphi)}.$$

Для бытовых электроприборов  $\cos(\varphi) = 1$ .

### 4. Отключающая способность

Отключающая способность. Выбор автомата по номинальному току отключения сводится к тому, чтобы ток который автомат способен отключить  $I_{н.отк.}$  был больше тока короткого замыкания  $I_{кз}$  в точке установки аппарата:

$$I_{н.отк.} \geq I_{кз}.$$

Номинальный ток отключения это наибольший ток КЗ, который автомат способен отключить при номинальном напряжении.

Для автоматических выключателей, выполненных в стандартах DIN, уставка по току срабатывания в зоне токов короткого замыкания стандартизована и имеет обозначение:

- «В» – ток электромагнитного расцепителя лежит в пределах  $3...5 I_{нр}$  теплового расцепителя;
- «С» –  $5...10 I_{нр}$ ;
- «D» и «K» –  $10...14 I_{нр}$ ;
- «L» –  $3...4 I_{нр}$ ;
- «U» –  $6...9 I_{нр}$ ;
- «Z» –  $2,5...3,5 I_{нр}$ .

Расцепители – это электромагнитные, электронные, микропроцессорные или *термобиметаллические элементы*, служащие для отключения автоматического выключателя через механизм свободного расцепления при КЗ, перегрузках и исчезновении напряжения в первичной цепи (непосредственно: электромагнитные и термобиметаллические элементы; либо косвенно через отдельный независимый электромагнитный расцепитель: электронные и микропроцессорные) (рис. 23).

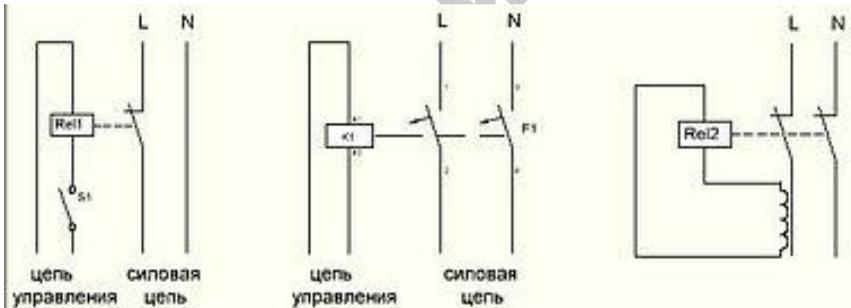


Рис. 23. Схемы подключения расцепителей

Механизм свободного расцепления состоит из рычагов, защелок, коромысел и отключающих пружин и предназначен для мгновенного отключения автоматического выключателя (вне зависимости от положения органа включения: невозможность удержания автоматического выключателя во включенном положении при срабатывании расцепителя), а также для устранения повторного включения автоматического выключателя на короткое замыкание при длительно существующей команде на включение.

**Автоматические выключатели** выпускаются с такой шкалой номинальных токов: 4, 6, 10, 16, 25, 32, 40, 63, 100 и 160 А.

### Монтаж автоматических выключателей

После того как *автомат выбран* его необходимо подключить. **Подключение автоматических выключателей** выполняется в следующей последовательности.

Устанавливаются автоматические выключатели в электрощитах. Для надежного фиксирования автомата его устанавливают на DIN-рейку. Провода в контактных зажимах автомата фиксируются при помощи болтовых контактов. Во время установки автоматических выключателей и при подключении питающих или отходящих линий, необходимо затягивать болтовые контакты аккуратно, без чрезмерных усилий. Затягивание контактов не должно сопровождаться с деформацией корпуса автомата, так как это может привести к нарушению положений токоведущих частей внутри корпуса автомата, что может стать причиной чрезмерному перегреву автомата и выходу его из строя даже при незначительных нагрузках.

При **подключении автомата** необходимо соблюдать общепринятое правило: сверху автомата подключается вход (питание), а снизу подключается выход (нагрузка). В будущем, когда возникнет необходимость замены, или подключению к рабочему автомату дополнительных проводов, вы всегда будете знать, к какому контакту подключена нагрузка и питание.

Перед подключением жил кабеля к зажимам автомата с него снимается внешняя изоляция где-то 10–15 см, после чего кабель становится более гибким и легко сгибается внутри электрощита. Это упрощает монтаж, особенно если в щите устанавливается много автоматов. Далее с проводов снимается внутренняя изоляция примерно на 5–10 мм. Для необходимости подключения к автомату проводов малого сечения или многожильного провода необходимо применять специальные наконечники.

Характеристики выключателей проверяют в ходе типовых испытаний. (Стойкость маркировки. Надежность винтов, токопроводящих частей и соединений. Надежность выводов для внешних проводников. Защита от электрических ударов. Электроизоляционные устройства. Превышение температуры, 28-суточное испытание. Характеристика расцепления. Механическая и коммутационная износостойкость.

Короткое замыкание. Стойкость против механических толчков и ударов. Термостойкость. Коррозиестойчивость).

В однофазных сетях, напряжением 220 В, для защиты электроприборов и устройств автоматики, как правило, устанавливают однополюсные, двухполюсные автоматы или дифференциальные автоматы. К однополюсным автоматическим выключателям подключается только фазный провод – L. К двухполюсным подключаются оба провода, фазный – L и нулевой провод – N. К дифференциальным автоматам подключаются два провода с соблюдением фазировки. Трехполюсные автоматы применяются в 3 фазных сетях. К зажимам таких автоматов подключают три фазы источника питания L1, L2, L3.

Четырехполюсные автоматы применяются в местах обусловленные правилами ПУЭ. Как правило, это четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью, в которой используется три фазы L1-L2-L3 и нулевой рабочий – N (система TN-S).

УЗО (устройство защитного отключения) или блок защиты от утечки тока (рис. 24), не защищает от сверхтоков, короткого замыкания, не срабатывает при перегрузках в рабочей цепи, хотя тока достигают десятков, порой сотен ампер, для этих целей существуют автоматические выключатели (автоматы). *Однако если происходит утечка, все сразу меняется. При напряжении 220 Вольт смертельным для человека является ток всего в 50–100 миллиампер, обычный автомат срабатывает при 10–16 амперах, разница в сто раз.* Установка УЗО помогает решать эту проблему.

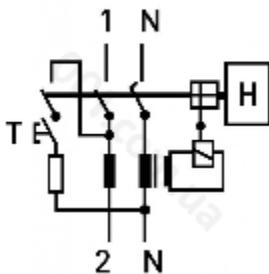


Рис. 24. Схема УЗО

В большинстве случаев поражение электрическим током происходит в нестандартных ситуациях, повреждение изоляции проложенного

кабеля, пробой на корпус и неисправность электроприборов, попадание воды в розетки, распределительные коробки. Фаза может появиться где угодно, начнется утечка тока мимо рабочей цепи, эти токи и отслеживает блок защиты от утечки тока. *Срабатывание происходит при 10–30 миллиамперах утечки, а опасны для человека 50–100 миллиампер.*

### Дифференциальный автомат

Монтаж дифференциального автомата для защиты от утечки тока в электрических сетях предпочтительней УЗО т. к. он не срабатывает при перегрузках в рабочей цепи, не защищает от сверхтоков, короткого замыкания. Дифференциальный автомат совмещает все эти функции (рис. 25). Обычный блок утечки в схеме должен обязательно монтироваться последовательно с автоматическим выключателем, что занимает дополнительное место в щите, ведет к удорожанию электромонтажных работ, усложнению дальнейшей эксплуатации. Дифференциальный автомат одинаково хорошо срабатывает на перегрузку и утечку тока. Напомним, при напряжении 220 В смертельным для человека является ток всего в 50–100 мА, срабатывание устройства происходит при 10–30 мА утечки. В большинстве случаев поражение электрическим током происходит в нештатных ситуациях, повреждение изоляции проложенного кабеля, пробой на корпус и неисправность электроприборов, попадание воды в розетки, распределительные коробки.

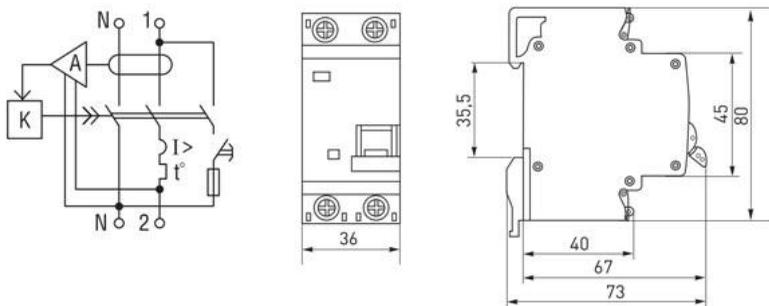


Рис. 25. Схема дифференциального автомата и внешний вид

## **Принцип действия дифференциального автомата**

В дифференциальном автомате как в обычном автоматическом выключателе есть два расцепителя. Тепловой, срабатывающий от перегрузки защищаемой группы и электромагнитный, отключающий линию при коротком замыкании. Аналогично УЗО в приборе используются дифференциальный трансформатор в качестве датчика, срабатывающего при утечке тока. Принцип его работы основан на изменении дифференциального тока в проводниках, по которым электроэнергия подается на электроустановку, для которой организована защита.

Согласно ПУЭ УЗО или дифференциальный автомат обязательно должен устанавливаться на группы запитываемые влажные помещения.

## **Программа и методика выполнения работы**

1. Выбрать автоматический выключатель.
2. Составить принципиальную электрическую схему подключения пускателя с использованием дифференциального автомата и нескольких автоматических выключателей для различных цепей.
2. Установить автоматические выключатели на DIN-рейку.
3. Произвести подключение автоматического выключателя к сети.

## **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Принципиальная электрическая схема подключения автоматического выключателя и пускателя.
4. Выводы.

## **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Назначение автоматических выключателей.
2. Классификация автоматических выключателей
3. Нормируемые технические характеристики автоматических выключателей.
4. Назначение расцепителей.
5. ПЭС расцепителей.

6. Принцип работы автоматических выключателей.
7. Критерий выбора автоматических выключателей.
8. Проверка и испытание автоматических выключателей.
9. Правила монтажа автоматических выключателей.
10. УЗО назначение и принцип работы.
11. Дифференциальный автомат назначение и принцип работы.
12. В каких помещениях должны обязательно устанавливаться УЗО или дифференциальные автоматы.
13. Назначение теплового реле.
14. Выбор теплового реле.
15. Настройка теплового реле.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Изучение структуры монтажных шкафов. Изучение способов монтажа и крепления DIN-реек и кабель каналов на монтажной плате (панели)

(4 часа)

**Цель работы:** изучение структуры монтажных шкафов; изучение способов монтажа и крепления DIN-реек на монтажной панели (плате).

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты.

#### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Шкаф **НКУ** (низковольтные комплектные устройства) (рис. 26) представляет собой сборную конструкцию, обеспечивающую:

- рациональное использование монтажного пространства;
- возможность организации многоуровневого монтажа, как по вертикали, так и по горизонтали;
- сборку основной несущей конструкции шкафа за 15 минут путем быстрого соединения заднего и переднего каркасов стяжками и монтажными поперечинами;
- профиль каркаса из стали толщиной 2 мм обеспечивает высокую прочность конструкции;
- монтажные элементы могут крепиться как к основному каркасу шкафа, так и соединяться между собой благодаря перфорированному профилю с шагом перфорации 25 мм и отверстиями диаметром 4,5 мм;
- симметричность каркаса позволяет организовать двустороннее обслуживание шкафа путем замены задней панели дверью;
- двери сплошные, усиленные рамой с отверстиями диаметром 7 мм, с уплотнителем из полиуретана и удобным заземляющим контактом;
- возможность быстрой замены стороны открывания двери путем перевешивания ее на петлях в заранее заготовленные отверстия на другой вертикальной составляющей каркаса;
- возможность запираения двери на ключ с фиксацией механизма замка сверху и снизу;

- транспортировка, установка осуществляется при помощи комплекта из 4 рым-болтов из оцинкованной стальной отливки, крепящихся к корпусу шкафа;
- соединение в ряд нескольких шкафов, позволяющее использовать их как по отдельности, так и в комплексе, объединяя монтажное пространство.

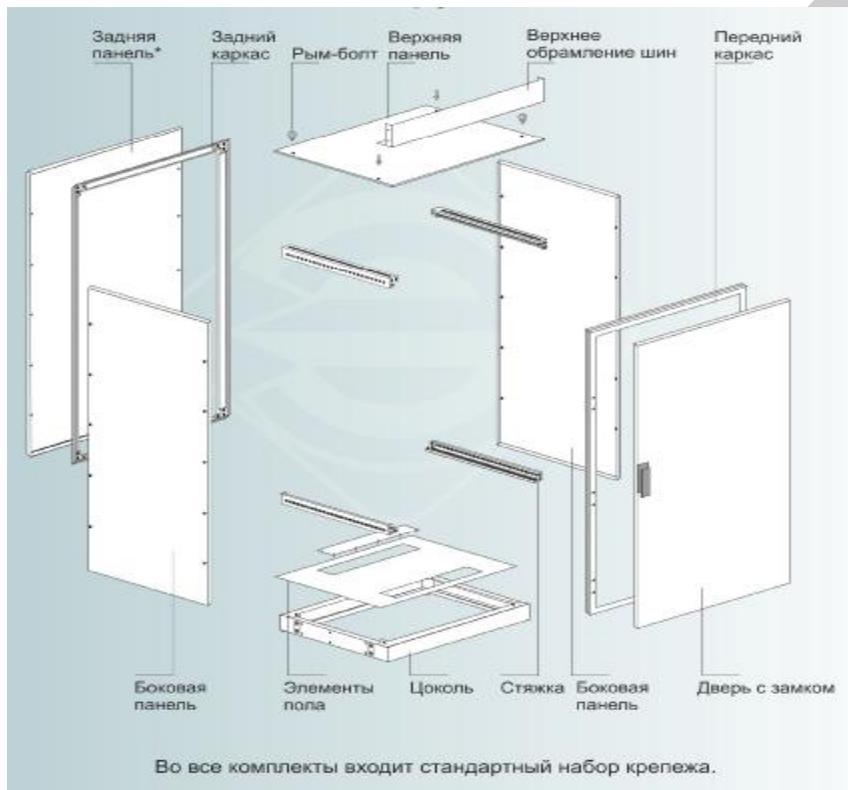


Рис. 26. Пример конструкции шкафа НКУ

Комплект стандартного шкафа представлен в таблице 1.

Шкафы НКУ применяются в сетях постоянного и переменного тока напряжением до 1000 В. Низковольтные комплектные устройства используются практически на всех производствах, где есть электрооборудование различного назначения напряжением до 1000 В.

## Комплект шкафа НКУ

№	Наименование	Количество
1	Каркас передний	1 шт.
2	Каркас задний	1 шт.
3	Стяжка	4 шт.
4	Дверь в сборе	1 шт.
5	Задняя панель	1 шт.
6	Боковая панель	2 шт.
7	Верхняя панель	1 шт.
8	Цоколь 100 мм	1 шт.
9	Дно с люком	1 шт.
10	Монтажная панель	1 шт.
11	Рым-болт	4 шт.

Шкаф НКУ предназначен для приема, распределения, управления и передачи электроэнергии в сетях напряжением до 1000 В и частоты до 1500 Гц и могут применяться в различных промышленных условиях, в том числе и агрессивных благодаря применению различных оболочек и комплектующих соответствующих необходимым степеням защиты (код IP) от внешних негативно-воздействующих факторов.

### Основные параметры

НКУ классифицируются по следующим признакам:

- функции ввода, распределения электроэнергии;
- функции управления;
- функции защиты, автоматике, регулирования, измерения и сигнализации.

В одном НКУ признаки по функции могут совмещаться.

По конструктивному исполнению могут быть открытыми (блок, панель, щит открытый) и защищенными (ящик, шкаф, пульт, щит). Степень защиты – по ГОСТ 14254–80.

По способу обслуживания:

- одностороннего;
- двухстороннего.

По способу компоновки аппаратов, приборов и устройств:

- однорядные (однослойные);
- двухрядные (двухслойные);
- многорядные (многослойные).

По виду применяемых аппаратов, приборов и устройств:

- контактные;
- бесконтактные;
- электронные;
- информационные.

В одном НКУ способы компоновки и виды применяемых аппаратов, приборов и устройств могут совмещаться.

Основным свойством НКУ является комплектность. Это означает что шкаф НКУ после выпуска с завода изготовителя полностью готов к эксплуатации.

Некоторые шкафы НКУ в своем составе имеют интерфейс RS-485 и по протоколу ModBus RTU могут обмениваться информацией с другими системами. Благодаря этому интерфейсу шкафы НКУ могут легко интегрироваться практически в любые системы управления или диспетчеризации.

Шкафы НКУ по назначению распределяются на:

- § шкафы автоматического ввода резерва АВР;
- § распределительные шкафы ШР;
- § шкафы управления ШУ;
- § пульты управления ПУ.

Состав шкафа НКУ напрямую зависит от его назначения. Внутри шкафа содержится аппаратура главных и вспомогательных электрических цепей. Конструкцией шкафа предусмотрена возможность замены любой аппаратуры при необходимости. Высокая степень защиты IP позволяет надежно защитить установленное оборудование. Одним из главных преимуществ современных комплектных и распределительных устройств считается их компактность (рис. 27). Изобретение DIN-рейки позволило кардинально изменить начинку щитовой с электромонтажным оборудованием.

Широкий набор аксессуаров позволяет организовать любое, даже самое сложное решение (рис. 28).



Рис. 27. Шкаф НКУ с установленным электрооборудованием

**DIN-рейка** – обобщенное название металлического профиля, применяемого в электротехнической промышленности. В зависимости от требований (вес, прочность, сила тока, проводимая через клеммы заземления) выпускается либо стальная гальванизированная, либо алюминиевая (рис. 29). Бывает сплошная или с регулярным шагом перфорации, также есть с предварительной насечкой для облегчения разделки на определенную длину.

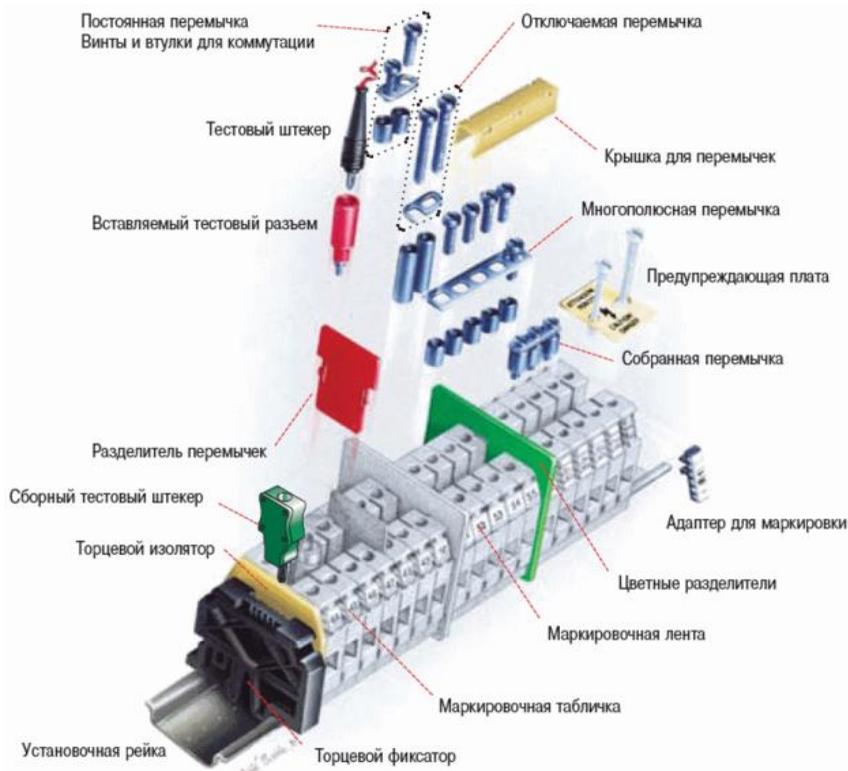


Рис. 28. Аксессуары, устанавливаемые на DIN-рейку

Современный щит, занимающий площадь стены меньше квадратного метра, вмещает в себе десять и больше автоматических выключателей, счетчик, нулевую рабочую и защитную шину и другие необходимые элементы.

Подобную компактность обеспечило широкое внедрение модульной, унифицированной техники. Другими словами, все элементы – счетчики, реле, пускатели, УЗО, малогабаритные выключатели напоминают детали детского конструктора, которые можно легко собирать во многие комбинации.

Немецкие инженеры изобрели гениальную (простую) деталь – **DIN-рейку**. Она изготавливается в виде перфорированного по всей длине сложного металлического профиля. Выпускаются

алюминиевые или стальные гальванизированные DIN-рейки – они отличаются весом, прочностью, а также силой тока, проводимой клеммами заземления. DIN-рейки могут быть сплошными или перфорированными.



Рис. 29. DIN-рейка  $\Omega$ -типа, с установленным автоматическим выключателем

Для облегчения разделки на них может быть нанесена предварительная насечка на определенную длину. Аббревиатура DIN на русский язык буквально переводится как Немецкий Институт Стандартизации – Deutsches Institut für Normung.

Также DIN-рейки различаются по виду профиля. Различные профили напоминают буквы латинского алфавита, поэтому они так и маркируются –  $\Omega$ , G и C типа.

Для крепления различных элементов модульного оборудования в установочных коробках, электрических шкафах или щитах – УЗО, автоматических выключателей и пр. в поперечном сечении профиля имеются специальные губки. Профиль DIN-рейки сильно

напоминает форму рельса, поэтому они имеют и второе название – DIN-рельсы.

Стандартный электрический щит с DIN-рейками отличается удобством и простотой процесса монтажа модульных унифицированных устройств. Ведь намного удобнее крепить в щите автоматический выключатель, просто защелкнув (зафиксировав) его одним движением, чем делать это с помощью винтов.

Все элементы современной автоматики адаптированы под DIN-рейки, поэтому их очень легко устанавливать на рейку – отжимаете плоской отверткой губку на автомате, затем легкое движение, щелчок – и все, автомат установлен на свое место. Для установки одного модуля достаточно несколько секунд.

На сегодняшний день стандартные DIN-рейки применяются не только для установки автоматических выключателей, УЗО, *дифференциальных автоматических выключателей*, но и для монтажа клемм, различных реле, электрических счетчиков электрических розеток.

Производителем обычно предусмотрено, что DIN-рейка является неотъемлемым элементом щитовой. Однако такую рейку, в случае необходимости, достаточно просто установить в любом необходимом месте. Для этой цели профиль рейки перфорирован отверстиями, благодаря которым его можно закрепить в необходимом месте болтовыми соединениями или саморезами. В процессе монтажа рейки следует всего лишь учитывать ширину автоматов, которые на нее монтируются. Для того чтобы разрезать DIN-рейку лучше всего использовать болгарку, но это успешно делается и ножовкой по металлу.

Как уже говорилось, в зависимости от профиля, существует несколько видов DIN-рейки размеры которых зависят от монтируемого на них оборудования. Самой распространенным является  $\Omega$  – тип (рейки Омега-типа). Концы такой рейки изогнуты наружу таким образом, что в сечении она похожа на  $\Omega$  – букву греческого алфавита.

## DIN-рейка $\Omega$ -типа (Омега типа)

ТН35 – современная стандартная металлическая рейка шириной 35 мм специального профиля. Данная рейка была разработана Немецким институтом стандартизации (DIN) и принята впоследствии Международной электротехнической комиссией (IEC), а также в качестве Европейского стандарта (EN). В России рейка ТН35 была введена в качестве национального стандарта с 2004 г. принятием ГОСТ Р МЭК 60715–2003. Также существует рейка уменьшенного формата (рис. 3), как по толщине, так и по ширине профиля (рейки последнего типа обычно используются для установки клемм, а не аппаратов). Стандартная *DIN-рейка шириной 35 мм* обычно выпускается отрезками длиной 2 м. DIN рейка может выпускаться различных размеров (рис. 30).

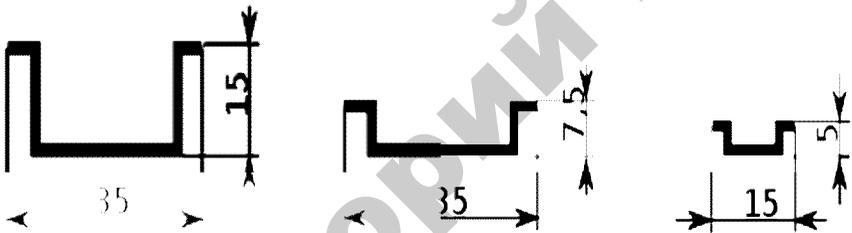


Рис. 30. DIN-рейка  $\Omega$ -типа, различного формата

Использование типовых реек в электрощитах значительно упрощает обслуживание последних. Чтобы заменить автомат, достаточно всего лишь ослабить на клеммах винты крепления проводов для их отсоединения, после чего фиксатор прибора сдвигается вниз и автомат снимается с рейки.

## DIN-рейки С-типа и G-типа

Концы реек этих типов загнуты внутрь. В рейках G-типа один конец меньше и ниже другого, поэтому профиль такой рейки напоминает латинскую букву G (рис. 5). Рейки G и C типа обычно используются для установки аппаратных зажимов, клеммных колодок и пр. (рис. 31).

**DIN-рейка** – обобщенное название металлического профиля, применяемого в электротехнической промышленности. В зависимости от требований (вес, прочность, сила тока, проводимая через клеммы заземления) выпускается либо стальная гальванизированная, либо алюминиевая (рис. 29). Бывает сплошная или с регулярным шагом перфорации, также есть с предварительной насечкой для облегчения разделки на определенную длину.

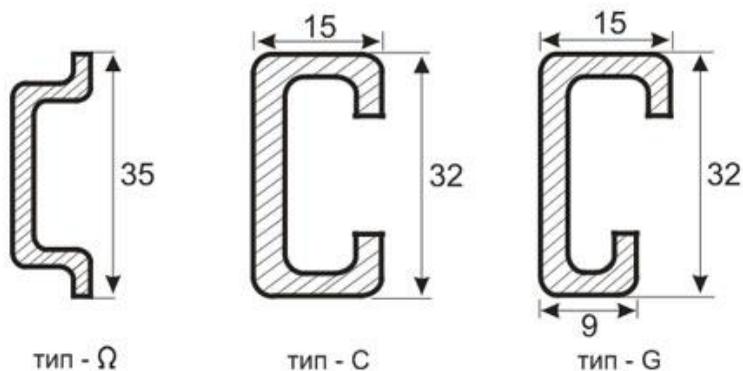


Рис. 31. DIN-рейки С-типа и G-типа



Рис. 32. Крепление DIN-рейки G-типа

## Электромонтажные короба

Электромонтажные короба предназначены для прокладки силовых, слаботочных линий открытого типа. Короба с крышкой имеют замок, обеспечивающий надежное закрывание и прочность готовой конструкции. Короба устойчивы к возгоранию и воздействию неблагоприятной среды, что является хорошей защитой от возгорания электропроводки. В некоторых типах короба имеется внутренняя перегородка для разделения силовых и слаботочных линий, что значительно упрощает монтаж.

Выпускаются различного сечения прямоугольной формы с различными цветовыми решениями. Большой выбор сечений короба: 12×12, 15×10, 16×16, 20×10, 25×16, 25×25, 40×16, 40×25, 40×40, 60×40, 60×60, 80×40, 80×60, 100×40, 100×60.

Если необходимо проложить большое количество проводов разного назначения и различного сечения целесообразно использовать кабель-каналы комплектуемые рамками, розетками (силовыми, слаботочными), выключателями, коробками и т. д. установочными аксессуарами.

Кабель-каналы предназначены для прокладки информационных, силовых и слаботочных электрических коммуникаций открытого типа в офисных и жилых помещениях, производственных и административных зданиях, медицинских и детских учреждениях при новом строительстве и при реконструкции. Устойчивы к самовоспламенению и перегреву до температуры +60 °С. Кабель каналы изготовлены из самозатухающих поливинилхлоридных материалов. Часто используются в слаботочных щитах для удобного расключения. Различие типоразмеров обеспечивает модульность конструкций, позволяющее строить разветвленные сети и производить монтаж в электротехнических шкафах.

### Программа и методика выполнения работы

1. Подготовить монтажную панель к монтажу.
2. Подготовить DIN-рейки и короба к монтажу.
3. Разместить DIN-рейки и короба на монтажной панели с учетом зон монтажа.
4. Произвести крепеж DIN-рейки и коробов на монтажной панели.
5. Установить монтажную панель в щит.

## Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Эскиз монтажной панели с установленными DIN-рейками и коробами.
4. Выводы.

### Вопросы для контроля усвоения материала

1. Назначение шкафов НКУ.
2. Конструкция и основные элементы шкафа НКУ.
3. Состав шкафа НКУ.
4. Назначение монтажной панели.
5. Назначение DIN-реек.
6. Типы DIN-реек.
7. Типоразмеры DIN-реек.
8. Назначение реек типа G и C и их размеры.
9. Какие аксессуары можно устанавливать на DIN-рейку.
10. Какое электротехническое оборудование можно устанавливать на DIN-рейку.
11. Назначение электромонтажных коробов.
12. Типы коробов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Монтаж и выбор электромагнитных промежуточных реле

(4 часа)

**Цель работы:** монтаж и выбор электромагнитных реле.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

*Реле промежуточное* применяется для передачи команд исполнительными элементами в цепи замыкания катушки методом коммутации электрических цепей различными переключающими контактами.

Широкое распространение реле промежуточное имеет в цепях управления при выполнении переключения цепей постоянного и переменного электрического тока. Применяется в разнообразных устройствах автоматизации и управления оборудованием и всевозможными производственными процессами, а также в сфере телекоммуникации. Реле предназначены для выполнения коммутации во вспомогательных цепях и цепях управления, защиты и сигнализации.

### Назначение промежуточных реле и требования к ним

Промежуточные реле служат как вспомогательные устройства и применяются, когда необходимо:

1. Замкнуть или разомкнуть одновременно несколько независимых цепей, т. е. размножение контактов (например: одним контактом произвести отключение выключателя, а другим выдать в схему сигнализации аварийный сигнал).
2. Управление более мощным реле, которое коммутирует цепи с большими токами. Например: нам нужно подать напряжение на включающий соленоид привода выключателя, где ток включения достигает до 63 А, но мы этого сделать с помощью одного промежуточного реле не сможем, поэтому, вначале подаем напряжение на катушку промежуточного реле, а то – своими контактами включает более мощный контактор, который и коммутирует уже более большие токи.

3. Создать искусственное замедление действия релейной защиты.

Таким образом, основной функцией промежуточных реле является размножение контактов в цепях управления. Например, в цепи управления электродвигателем водяного насоса это реле имеет следующие функции – после нажатия кнопки «Пуск», одна пара замыкающих контактов замкнет цепь сигнализации, показывающей оператору работу насоса, другая пара замкнет цепь питания катушки магнитного пускателя, контактор пускателя сработает и запустит двигатель насоса. При этом пара размыкающих контактов разомкнет цепь реверсивной работы электродвигателя, что предохранит силовую схему от замыкания.

### **Принцип работы промежуточного реле**

Реле, имеющее замыкающие контакты, состоит из обмотки, магнитопроводов герконов и корпусных деталей. Реле промежуточное, оборудованное размыкающими контактами, содержит постоянные магниты. Сверху каркаса реле приспособлены скобы, которые предназначены для присоединения под винты внешних проводов. Нижняя часть корпуса необходима для выполнения крепления реле на плите. Подача на обмотку напряжения приводит к замыканию герконов в реле, которое не содержит постоянного магнита, и к размыканию герконов в реле, содержащем постоянные магниты. После снятия с обмотки реле напряжения герконы возвращаются в первоначальное положение.

### **Условия эксплуатации промежуточного реле**

*Реле промежуточное* можно использовать, если окружающая среда не является взрывоопасной, она не содержит токопроводящей пыли в больших концентрациях, которые снижают параметры до недопустимых пределов. Обязательным условием при этом является температура окружающего воздуха – не выше 55 °С. В пространстве, во время работы, реле может находиться в любом положении.

Промежуточное электромагнитное реле надежно работает и при возможных отклонениях напряжения питания 220 В в управляющей катушке в пределах до  $1,25 U_{ном}$ .

В этом устройстве изоляция выдерживает в холодном состоянии испытательное напряжение 2000 В переменного тока с частотой

50 Гц на протяжении одной минуты без пробоя и перекрытия по поверхности.

### Классификация промежуточных реле

1. С электромагнитами постоянного тока.
2. С электромагнитами переменного тока.

### Твердотельные реле

Последние десятилетия 20-го века и начало 21-го века отмечены стремительным развитием микроэлектроники. Все прежние контакторы и электромагнитные реле, громоздкие и энергоемкие, безнадежно устарели и перестали отвечать современным требованиям.

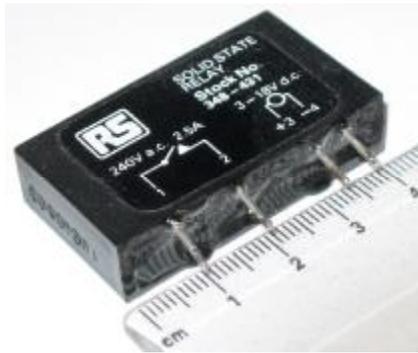


Рис. 33. Твердотельное реле

К им на смену пришел новый класс полупроводниковых устройств, изготовленных по современной гибридной технологии. Силовые симистровые, тиристорные или транзисторные ключи осуществляют бесконтактную коммутацию цепей постоянного и переменного тока в автоэлектронике и бытовой электронике, системах связи и промышленной автоматике, решая тем самым важнейшие задачи.

### Принцип действия твердотельного реле и их виды

Твердотельные реле (SSR – Solid State Relays) предназначены для коммутации силовых цепей под управлением слаботочного

сигнала управления. Их принцип действия построен на управлении силовым ключом слабوتочным сигналом управления через оптронную гальваническую развязку. В качестве силовых элементов используются полупроводниковые приборы: для переменного тока – тиристоры или симисторы, для постоянного тока – IGBT транзисторы.

### Виды твердотельных реле

- Постоянного тока и переменного тока;
- Однофазные и *трехфазные*;
- Реле с коммутацией при переходе тока через ноль или с *фазовой регулировкой* (изменение угла открытия тиристора);
  - Однофазное твердотельное реле может быть собрано как в стандартом корпусе, так и *в корпусе модульного типа*;
  - Трехфазное твердотельное реле может быть исполнено с функцией изменения чередования фаз, такие реле называют *реверсивное реле или реверсивный пускатель*.

### Преимущества твердотельных реле

Несмотря на свои малые размеры, твердотельное реле способно заменить громоздкие и энергоемкие электромагнитные реле и контакторы. Применяя твердотельные в системах контроля и управления температурой можно добиться более точного поддержания заданного параметра температуры, чем при использовании обычных контакторов или реле. Основные их преимущества твердотельных реле перед механическими заключаются в следующем:

- Обладают высоким быстродействием.
- Отсутствие акустического шума.
- Полностью исключено искрение и дребезг контактов как в механических реле.
- Энергопотребление меньше, чем у электромагнитных реле.
- Управляющие и коммутируемые цепи надежно изолированы друг от друга.
- Конструкция более компактная, они не боятся ударных нагрузок и вибрации.
- Имеют высокую надежность и долгий срок службы.

## Основные рекомендации по выбору твердотельного реле

Для обеспечения длительной надежной работы при выборе твердотельного реле надо руководствоваться коммутируемым напряжением и током. Коммутируемое напряжение должно быть ниже максимально допустимого для реле с запасом.

При выборе этого электрического устройства по току нагрузки необходимо оставлять запас по току: для резистивной нагрузки 30–40 % от максимально допустимого тока устройства, а для индуктивной нагрузки минимальный запас может несколько сотен процентов, т. к. необходимо учитывать пусковой ток данной нагрузки. Так же одним из важнейших факторов надежной работы реле является тепловой режим. Т. к. при работе твердотельных реле выделяется большое количество тепла их необходимо устанавливать на *радиаторы охлаждения* с использованием теплопроводящей пасты, а в некоторых случаях и устанавливать вентиляторы для принудительного охлаждения. При перегреве реле есть большая вероятность выхода его из строя.

## Способы включения промежуточных реле

Существует 2 способа включения:

1. Шунтовое – обмотка реле включается на полное напряжение сети, ее называют обмоткой напряжения.

2. Серийное – обмотка реле включается последовательно с отключающей катушкой привода выключателя, ее называют токовой обмоткой.

Промежуточные реле могут по особенностям конструкции выполняться с одной обмоткой (РП-23, РП-252), двумя (РП-11) и реже с тремя.

Реле должны надежно срабатывать при нормальном напряжении источника оперативного питания, а также при аварийном понижении напряжения до 20–40 %. Схема подключения реле представлена на рис. 34.

Выбор промежуточного реле происходит на основании его технических характеристик. Таких как питающее напряжения (В), потребляемая мощность (Вт), коммутируемый ток (А), длительно допустимый ток контактов (А), число и вид контактов и габаритные размеры.

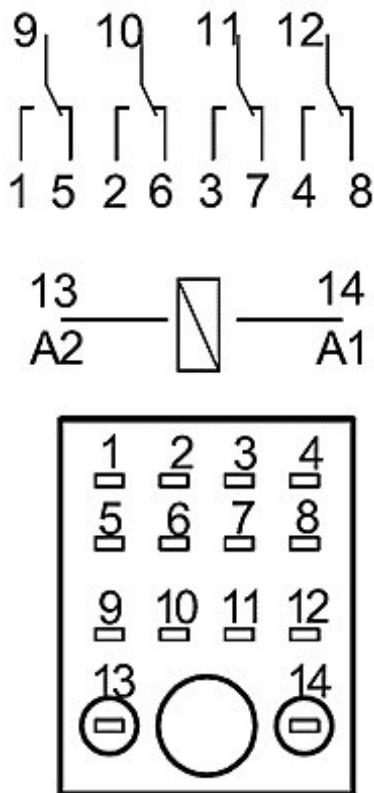


Рис. 34. Схема подключения промежуточного реле

Не стоит забывать и об условиях эксплуатации: диапазон рабочих температур, вибрация, концентрация пыли, взрывоопасность среды, влажность воздуха и т. п. Под каждое условие эксплуатации можно и нужно подобрать необходимый тип реле. Необходимо помнить, что каждый элемент цепей защиты вносит в эту цепь свою погрешность. Так промежуточное реле имеет определенное время срабатывания (то есть вносит в схему защиты замедление), которое нужно учитывать. Обычно время срабатывания реле доходит до 0,1 с. Но существуют так же и быстродействующие, максимальное время срабатывания которых достигает 0,02 с. Пример выбора промежуточного реле представлен на рисунке 35.

# RP-4 XX X XXX

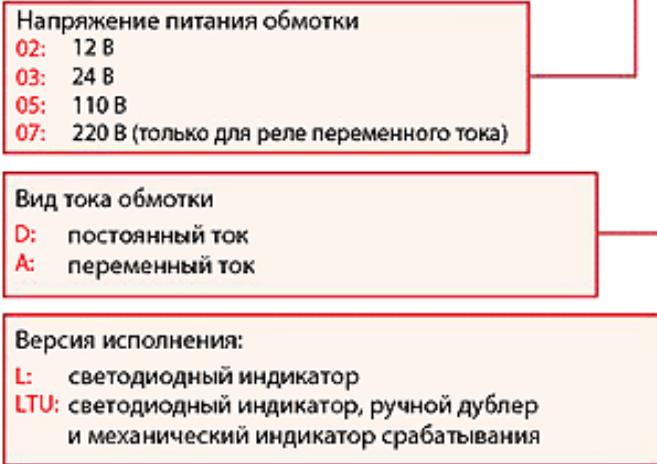


Рис. 35. Пример выбора реле

Например, RP-407 ALTU:

4-контактное промежуточное реле KIPPRIBOR, серия RP, с напряжением питания 220 В~, светодиодным индикатором, ручным дублером и механическим индикатором срабатывания.

Многие реле имеют дополнительные элементы управления и индикации (рис. 36).



Рис. 36. Элементы индикации и управления промежуточного реле

## **Программа и методика выполнения работы**

1. Выбрать промежуточное реле.
2. Составить принципиальную электрическую схему подключения промежуточного реле, блока питания на 24 В и концевого выключателя.
3. Выполнить монтажную схему промежуточного реле.
4. Установить промежуточное реле на DIN-рейку.
5. Произвести подключение промежуточного реле к блоку питания на 24 В.
6. Подключение производить с использованием клеммников.

## **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Принципиальная электрическая схема подключения промежуточного реле к блоку питания. Схема управления пускателя с помощью промежуточного реле.
4. Выводы.

## **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Назначение промежуточного реле.
2. Классификация промежуточных реле.
3. Требование к промежуточным реле.
4. Принцип работы промежуточного реле.
5. Классификация промежуточных реле.
6. Назначение твердотельных реле.
7. Принцип работы твердотельных реле.
8. Виды твердотельных реле.
9. Преимущества твердотельных реле.
10. Выбор твердотельных реле.
11. Способы включения промежуточных реле.
12. Элементы индикации и управления промежуточных реле.
13. Основные нормируемые технические характеристики.
14. Основные электрические характеристики контактов.
15. Основные электрические характеристики катушки.
16. Критерий выбора промежуточного реле.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### Монтаж и выбор блоков питания

(2 часа)

**Цель работы:** монтаж блоков питания.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты; блок питания 24 В.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### Источники питания.

#### Классификация и основные характеристики

1. Блоки питания. Виды, типы, основные характеристики.

2. Блок электропитания – это устройство, предназначенное для обеспечения питания электроприбора электрической энергией, при соответствии требованиям ее параметров: напряжения, тока, и т. д. путем преобразования энергии других источников питания. Согласно ГОСТ Р 52907–2008 слово «вторичный» опускается.

Источник электропитания может быть интегрированным в общую схему (обычно в простых устройствах; либо когда недопустимо даже незначительное падение напряжения на подводящих проводах – например, материнская плата компьютера имеет встроенные преобразователи напряжения для питания процессора), выполненным в виде модуля (блока питания, стойки электропитания и т. д.), или даже расположенным в отдельном помещении (цехе электропитания).

#### Задачи вторичного источника питания

**Обеспечение передачи мощности** – источник питания должен обеспечивать передачу заданной мощности с наименьшими потерями и соблюдением заданных характеристик на выходе без вреда для себя. Обычно мощность источника питания берут с некоторым запасом.

**Преобразование формы напряжения** – преобразование переменного напряжения в постоянное, и наоборот, а также преобразование

частоты, формирование импульсов напряжения и т. д. Чаще всего необходимо преобразование переменного напряжения промышленной частоты в постоянное.

**Преобразование величины напряжения** – как повышение, так и понижение. Нередко необходим набор из нескольких напряжений различной величины для питания различных цепей.

**Стабилизация** – напряжение, ток и другие параметры на выходе источника питания должны лежать в определенных пределах, в зависимости от его назначения при влиянии большого количества дестабилизирующих факторов: изменения напряжения на входе, тока нагрузки и т. д. Чаще всего необходима стабилизация напряжения на нагрузке, однако иногда (например, для зарядки аккумуляторов) необходима стабилизация тока.

**Защита** – напряжение, или ток нагрузки в случае неисправности (например, короткого замыкания) каких-либо цепей может превысить допустимые пределы и вывести электроприбор, или сам источник питания из строя. Также во многих случаях требуется защита от прохождения тока по неправильному пути: например прохождения тока через землю при прикосновении человека или постороннего предмета к токоведущим частям.

**Гальваническая развязка цепей** – одна из мер защиты от протекания тока по неверному пути.

**Регулировка** – в процессе эксплуатации может потребоваться изменение каких-либо параметров для обеспечения правильной работы электроприбора.

**Управление** – может включать регулировку, включение/отключение каких-либо цепей, или источника питания в целом. Может быть как непосредственным (с помощью органов управления на корпусе устройства), так и дистанционным, а также программным (обеспечение включения/выключения, регулировка в заданное время или с наступлением каких-либо событий).

**Контроль** – отображение параметров на входе и на выходе источника питания, включения и выключения цепей, срабатывания защит. Также может быть непосредственным или дистанционным.

Чаще всего перед вторичными источниками питания стоит задача преобразования электроэнергии из сети переменного тока промышленной частоты (напр., в России – 220 В 50 Гц, в США – 120 В 60 Гц).

Две наиболее типичных конструкции – это трансформаторные и импульсные источники питания.

### Трансформаторный (сетевой) источник питания

Трансформаторный блок питания (рис. 37).

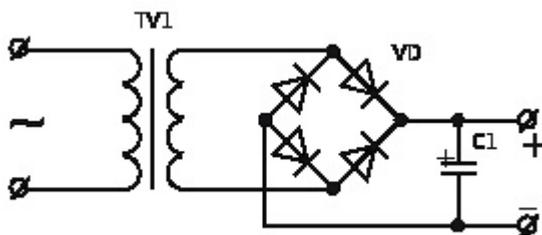


Рис. 37. Схема простейшего трансформаторного источника питания без стабилизации с двухполупериодным выпрямителем

Классическим блоком питания является трансформаторный БП. В общем случае он состоит из понижающего трансформатора или автотрансформатора, у которого первичная обмотка рассчитана на сетевое напряжение. Затем устанавливается выпрямитель, преобразующий переменное напряжение в постоянное (пульсирующее однонаправленное). В большинстве случаев выпрямитель состоит из одного диода (однополупериодный выпрямитель) или четырех диодов, образующих диодный мост (двухполупериодный выпрямитель). Иногда используются и другие схемы, например, в выпрямителях с удвоением напряжения. После выпрямителя устанавливается фильтр, сглаживающий колебания (пульсации). Обычно он представляет собой просто конденсатор большой емкости.

Также в схеме могут быть установлены фильтры высокочастотных помех, всплесков (варисторы), защиты от КЗ, стабилизаторы напряжения и тока.

### Достоинства и недостатки

Достоинства трансформаторных БП:

1. Простота конструкции.
2. Надежность.
3. Доступность элементной базы.

4. Отсутствие создаваемых радиопомех (в отличие от импульсных, создающих помехи за счет гармонических составляющих).

Недостатки *трансформаторных БП*.

1. Большой вес и габариты, пропорционально мощности. Металлоемкость.

2. Компромисс между снижением КПД и стабильностью выходного напряжения: для обеспечения стабильного напряжения требуется стабилизатор, вносящий дополнительные потери.

3. Слабая стойкость оборудования с таким БП к броскам напряжения и «отгоранию нуля» (обычно возникает в воздушных сетях сельской местности, приводит к повышению напряжения в розетках с 220 до 380 В). Печально известны в этом плане платы автоматики отопительных котлов (как правило, они защищаются варистором, но часто и этого оказывается недостаточно). В то же время техника с импульсными БП (например, современные телевизоры) часто переносит повышения питания до 380 В без разрушения.

### **Импульсный источник питания**

Самый простой и яркий представитель - блок питания для светодиодных лент, модулей и так далее с напряжением питания 5, 12, 24 В. Содержит небольшое количество деталей, легкий, маленький. Размеры 150 и вес грамм небольшие. Такой же трансформаторный блок питания весил бы килограмма три, а то и больше. В блоке питания для светодиодных лент тоже есть трансформатор, но он маленький, потому что работает на повышенной частоте. Надо отметить, что КПД такого блока – порядка 70–80 %, при этом он выдает приличные помехи в электрическую сеть. Есть еще множество блоков, основанных на аналогичном принципе – для ноутбуков, принтеров и т. п. И так, основное достоинство – небольшие габариты и малый вес. Гальваническая развязка также присутствует. Недостаток – тот же, что и у его трансформаторного собрата. Может сгореть от перегрузки! Так что если вы планируете освещение на 12 В светодиодных лент например – подсчитайте допустимую нагрузку на каждый трансформатор.

Желательно создавать 15–20 % запаса. То есть если у вас трансформатор на 150 Вт – лучше не вешайте на него больше, чем 100 Вт нагрузки. Также стоит отметить, что импульсные блоки не любят включения без нагрузки. Именно поэтому не рекомендуется оставлять

зарядные устройства для сотовых в розетке по окончании зарядки. Впрочем, это все делают, поэтому большинство нынешних импульсных блоков содержат защиту от включения без нагрузки.

Эти два простых представителя семейства блоков питания выполняют общую задачу – обеспечение нужного уровня напряжения для питания устройств, которые к ним подключены.

### **Достоинства импульсных БП**

Сравнимые по выходной мощности с линейными стабилизаторами соответствующие им импульсные стабилизаторы обладают следующими основными достоинствами:

1. Меньшим весом за счет того, что с повышением частоты можно использовать трансформаторы меньших размеров при той же передаваемой мощности. Масса линейных стабилизаторов складывается в основном из мощных тяжелых низкочастотных силовых трансформаторов и мощных радиаторов силовых элементов, работающих в линейном режиме;

2. Значительно более высоким КПД (вплоть до 90–98 %) за счет того, что основные потери в импульсных стабилизаторах связаны с переходными процессами в моменты переключения ключевого элемента. Поскольку основную часть времени ключевые элементы находятся в одном из устойчивых состояний (то есть либо включен, либо выключен) потери энергии минимальны;

3. Меньшей стоимостью, благодаря массовому выпуску унифицированной элементной базы и разработке ключевых транзисторов высокой мощности. Кроме этого следует отметить значительно более низкую стоимость импульсных трансформаторов при сравнимой передаваемой мощности, и возможность использования менее мощных силовых элементов, поскольку режим их работы ключевой;

4. Сравнимой с линейными стабилизаторами надежностью. (Блоки питания вычислительной техники, оргтехники, бытовой электроники почти исключительно импульсные, линейные БП малой мощности сохранились только для питания слаботочных плат управления бытовой техники вроде стиральных машин, микроволновых печей и отопительных котлов и колонок).

5. Широким диапазоном питающего напряжения и частоты, недостижимым для сравнимого по цене линейного. На практике это означает возможность использования одного и того же импульсного БП для носимой цифровой электроники в разных странах мира – Россия/США/Англия, сильно отличных по напряжению и частоте в стандартных розетках.

6. Наличием в большинстве современных БП встроенных цепей защиты от различных непредвиденных ситуаций, например от короткого замыкания и от отсутствия нагрузки на выходе.

### Недостатки импульсных БП

1. Работа основной части схемы без гальванической развязки от сети, что, в частности, несколько затрудняет ремонт таких БП;

2. Все без исключения импульсные блоки питания являются источником высокочастотных помех, поскольку это связано с самим принципом их работы. Поэтому требуется предпринимать дополнительные меры помехоподавления, зачастую не позволяющие устранить помехи полностью. В связи с этим часто недопустимо применение импульсных БП для некоторых видов аппаратуры.

3. В распределенных системах электропитания: эффект гармоник кратных трем. При наличии эффективно действующих корректоров фактора мощности и фильтров во входных цепях этот недостаток обычно не актуален.

В нашей компании используются импульсные понижающие блоки питания, с выходным напряжением питания 5, 12, 24 В, открытые и влагозащищенные, с мощностью от 5 Вт и выше:



Рис. 38. Блок питания DR-120-24В

Характеристики БП DR-120-24В. Источник питания мощностью 120 Вт, вход 220V AC, выход 24V DC. Крепление на DIN рейку. Пассивное охлаждение. Диапазон рабочих температур от –10 до +60 С.

### **Подготовка к монтажу и порядок работы блоков питания**

При вводе изделия в эксплуатацию необходимо ознакомиться с техническим описанием, осмотреть изделие с целью проверки отсутствия механических повреждений. Закрепить блок питания в отведенном месте. Подключить блок питания к потребителям и к питающей сети. Использовать средства защиты входных и выходных цепей. Подать напряжение сети 220 В. Должны засветиться зеленые светодиоды.

### **Монтаж блоков питания**

Подключение блоков питания к сети переменного тока следует осуществлять проводами в двойной изоляции, сечением не менее 0,75 мм<sup>2</sup>, соблюдая правила эксплуатации электроустановок потребителей (ПУЭ).

Подключение потребителей к блокам питания серии МП36С, в качестве которых могут выступать, а это, обычно, так и бывает, различные датчики давления, желателно осуществлять проводами с сечением (исходя из соображений достаточной прочности) не менее 0,2 мм<sup>2</sup>.

Подключать нагрузку к одноканальным блокам питания можно к любой паре клемм (клемм может быть две или три – в зависимости от типа блока), так как внутри они соединены параллельно.

При подаче питания на устройства через длинные провода или при сильных помехах на линиях питания может наблюдаться повышенный шум измерений. Для его уменьшения необходимо соединить с землей клеммы защитного заземления блока питания устройства (например расходомера). При отсутствии клеммы заземления на выходе блока питания заземляется минусовой выход.

Блоки питания без клеммы заземления со стороны 220 В, для питания удаленных устройств применять нельзя (рис. 40).

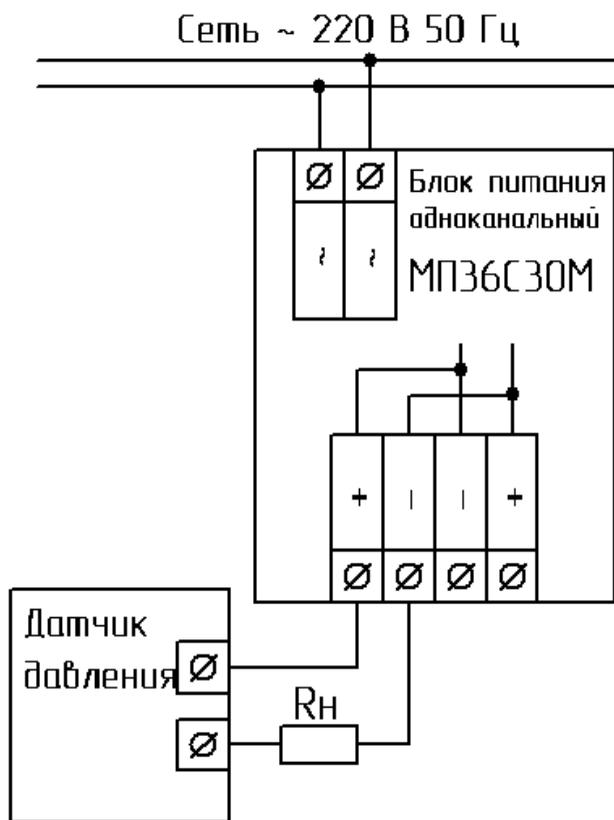


Рис. 39. Примерная схема подключения одноканальных блоков питания



Рис. 40. Схема подключения защитного заземления блока питания

## **Драйвера. Виды, типы, основные характеристики**

В общем случае драйвер – это источник тока для светодиодов. Для него обычно не бывает параметра «выходное напряжение». Только выходной ток и мощность.

На практике это означает следующее. Допустим, параметры драйвера следующие: ток – 300 мА, мощность – 3 Вт. Делим 3 на 0,3 – получаем 10 В. Это максимальное выходное напряжение, которое может обеспечить драйвер. Предположим, что у нас есть три светодиода, каждый из них рассчитан на 300 мА, а напряжение на диоде при этом должно быть около 3 В. Если мы подключим один диод к нашему драйверу, то напряжение на его выходе будет 3 В, а ток 300 мА. Подключим второй диод последовательно с первым – на выходе будет 6 вольт 300 мА, подключим третий – 9 В 300 мА. Если же мы подключим светодиоды параллельно – то эти 300 мА распределятся между ними примерно поровну, то есть примерно по 100 мА. Если мы подключим к драйверу на 300 мА трехваттные светодиоды с рабочим током 700 мА – они будут получать только 300 мА.

Резисторный драйвер. Это простейший драйвер для светодиода. Резистором можно ограничить ток в цепи, подобрав нужное сопротивление. Недостаток – низкий КПД, отсутствие гальванической развязки. Способов надежно запитать светодиод от сети 220 В через резистор не существует, хотя во многих бытовых выключателях подобная схема используется.

Драйверы с низковольтным входом рассчитаны на подключение к первичному источнику напряжения – блоку питания или аккумулятору. Преимущество – небольшие габариты и вес, высокий КПД, надежность, безопасность при эксплуатации. Недостаток – требуется первичный источник напряжения.

### **Программа и методика выполнения работы**

1. Расположить электрооборудование на монтажной панели.
2. Установить блок питания 24 В на монтажной панели.
3. Составить принципиальную электрическую схему с указанием позиционного обозначения блока питания и его контактов.
4. Выбрать монтажный провод, определить сечение и тип провода.

5. Произвести выбор и оконцовку монтажного провода.
6. Произвести маркировку монтажных проводов.
7. Произвести монтаж блока питания на монтажной панели.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. ПЭС подключения БП с защитой входной и выходной цепи. Подключение питания к катушке реле, через концевой выключатель.
3. Ответы на вопросы.
4. Выводы.

### **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Назначение и применение блоков питания.
2. Типы блоков питания.
3. Характеристики БП.
4. Трансформаторный источник питания.
5. Достоинства и недостатки сетевого источника питания.
6. Импульсный источник питания.
7. Достоинства и недостатки импульсных БП.
8. Особенности монтажа БП.
9. Назначение драйверов.
10. Основные характеристики драйверов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### Монтаж микропроцессорных контроллеров. Монтаж дополнительных модулей микропроцессорных контроллеров

(4 часа)

**Цель работы:** монтаж промышленных контроллеров; подключение питания, входов и выходов контроллера; подключение дополнительных модулей контроллера.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты; блок питания 24 В; программируемые логические контроллеры, ПЛК FX 1N 24MR, AL2 24 MR DC.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Термином *«промышленный контроллер»* характеризуют класс средств, промышленной автоматики, которые выполнены в специальном конструктивном исполнении, имеют развитый набор устройств, связи с объектом и обязательно программируются на языках общего применения.

Это означает, что элементная база центрального процессора может быть любой, начиная с 8-разрядных однокристалльных процессоров и заканчивая коммуникационными процессорами. Однако, следуя концепции открытых систем, производители средств, промышленной автоматики в значительной степени перешли на IBM PC-совместимую элементную базу. Поэтому в большинстве случаев под определением *«промышленный контроллер»* в узком смысле скрывается: *PC-совместимый контроллер модульного исполнения, ориентированный на решение задач локального управления с минимальной реализацией функций человеко-машинного интерфейса.* Промышленный контроллер – это чаще всего модульный программируемый контроллер для решения сложных задач автоматического управления.

Следует выделить две линии развития аппаратных средств PC-совместимых промышленных контроллеров:

1. Максимальное сохранение архитектуры IBM PC в области малогабаритных встраиваемых систем. Наиболее известными изделиями этой линии являются модульные контроллеры в стандарте PC/104 (стандарт предложен фирмой «Ampro») и контроллеры в стандарте micro PC, производимые фирмой «Octagon Systems».

Оба упомянутых стандарта в наименьшей степени отошли от первоначальной концепции персональных компьютеров. Оба стандарта имеют модульный принцип построения, при котором конечная конфигурация изделия определяется включенным в его состав набором функциональных плат (модулей). Именно поэтому изделия рассматриваемых стандартов в разной конфигурации могут быть с одинаковым успехом отнесены и к промышленным компьютерам, и к промышленным контроллерам.

2. Максимальное сохранение архитектуры и конструктивных решений ПЛК с заменой процессорного модуля на PC-совместимый с открытым программным обеспечением. Девиз изделий этой линии «все достоинства PC и PLC в одном изделии». Причем ведущие фирмы-производители подошли к такому решению с разных сторон.

ПЛК – это микропроцессорная система, предназначенная для реализации алгоритмов логического управления.

ПЛК были созданы для замены релейно-контактных схем, собранных на дискретных компонентах – реле, счетчиках, таймерах, логических элементах. Принципиальное отличие ПЛК от таких схем заключается в том, что все его функции реализованы, программно. На одном контроллере можно реализовать схему, эквивалентную тысячам логических элементов. При этом надежность работы схемы не зависит от ее сложности. Продажи первого серийного ПЛК – MODICON 084 начались в 1969 г. Следовательно, концепция и реализация ПЛК непрерывно отшлифовываются уже почти 40 лет. Хотя современный ПЛК по вычислительным мощностям сравним с персональным компьютером, но в отличие от него спроектирован для работы в тяжелых «промышленных» условиях: расширенном диапазоне температур, среди пыли и загрязнений, ударов, вибрации и электромагнитных помех. Его встроенная операционная система отвечает всем требованиям «реального времени», что обеспечивает время отклика на внешние

сигналы в несколько миллисекунд. Функция контроллера заключается в опросе состояния входов (датчики, тумблеры) и в соответствии с запрограммированным алгоритмом управления осуществлении включения/выключения выходов (реле, исполнительные механизмы).

Программирование контроллера возможно на пяти языках стандарта IEC-1131.6. Для тех, кто привык к релейно-контактным схемам, будет удобно работать с языком, созданным на их основе (Ladder Diagram). Те, кому понятней электронные схемы, могут воспользоваться языком функциональных блок-вых диаграмм (Functional Block Diagram). Программистам ПК будет ближе Structured Text, больше всего похожий на обычный Pascal. В случае необходимости можно сочетать возможности всех языков. Современный контроллер может обрабатывать дискретные и аналоговые сигналы, управлять клапанами, нагревателями, шаговыми двигателями, сервоприводами, преобразователями частоты, осуществлять ПИД-регулирование. Высокие эксплуатационные характеристики обеспечивают целесообразность применения ПЛК везде, где требуется логическая обработка сигналов от датчиков (работа по циклограмме) или высокоточное цифровое регулирование (ПИД).

Применение контроллера обеспечивает: 1) высокую надежность; 2) простое тиражирование и обслуживание устройств управления; 3) ускоряет монтаж и наладку оборудования; 4) обеспечивает быстрое обновление алгоритмов управления (в том числе и на работающем оборудовании). Кроме прямых выгод от применения ПЛК, связанных с ценой и надежностью, есть и косвенные. Появляется возможность реализовать дополнительные функции, не усложняя и не увеличивая стоимость готовой продукции, которые помогут полнее реализовать возможности оборудования. Быстрое развитие микро-электроники позволяет ожидать дальнейшего снижения цен и улучшения характеристик ПЛК, что является дополнительным стимулом к их применению. Широкий ассортимент выпускаемых ПЛК позволяет выбрать модель оптимальную для решения, как простых задач, так и для комплексной автоматизации производства.

## Контроллеры серии FX1N

FX1N сочетает в себе преимущества недорогого компактного контроллера с гибкими возможностями модульного расширения.

Возможность комбинирования компактных базовых блоков с малогабаритными модулями расширения делает серию FX1N чрезвычайно гибкой и оптимальной с экономической точки зрения. Данный подход совмещает в себе низкую стоимость моноблочных конфигураций с гибкостью модульных систем.

Базовые модули контроллеров серии FX1N полностью совместимы со всеми модулями расширения от серий FX0N или FX2N.

Базовые блоки поставляются в различных исполнениях с различными источниками питания и типами выходов.

Предусмотрены модели с источниками питания 230VAC или 12VDC и 24VDC, с релейными или транзисторными выходами. Все исполнения базовых блоков имеют одинаковые CPU и одинаковую производительность. Функциональные и интерфейсные адаптеры, а также дисплейный модуль могут устанавливаться непосредственно в контроллер.

Благодаря встроенным высокоэффективным средствам позиционирования, контроллеры серии FX1N в сочетании с сервоприводами или шаговыми электродвигателями позволяют без каких-либо дополнительных модулей реализовать простую 2-осевую систему позиционирования.

## Контроллеры серии MELSEC FX1N

Основные характеристики:

- до 128 I/O;
- компактный;
- быстродействующий;
- универсальный;
- модульной архитектуры.

**Модификации ПЛК:**

- Контроллер FX1N-14MR (14 каналов ввода/вывода – реле, питание 24 В= / 220 В~).

- Контроллер FX1N-14MT (14 каналов ввода/вывода – транзистор, питание 24 В= / 220 В~).
- Контроллер FX1N-24MR (24 каналов ввода/вывода – реле, питание 24 В= / 220 В~).
- Контроллер FX1N-24MT (24 каналов ввода/вывода – транзистор, питание 24 В= / 220 В~).

Возможность комбинирования компактных базовых блоков с малогабаритными модулями расширения делает серию FX1N чрезвычайно гибкой и оптимальной с экономической точки зрения. Данный подход совмещает в себе низкую стоимость моноблочных конфигураций с гибкостью модульных систем. Базовые модули контроллеров данной серии полностью совместимы со всеми модулями расширения от серий FX0N или FX2N.

#### **Структура контроллеров серии MELSEC FX1N (рис. 40):**

- полнофункциональный базовый блок. Встроенный источник питания CPU;
- встроенный EEPROM;
- встроенные дискретные I/O;
- модули расширения для обеспечения требуемого количества I/O и необходимой функциональности; использование в slave-режиме в сетях с конфигурацией 1:1 и 1:п.;
- возможность интеграции в открытые сети с помощью спец. модулей;
- программное обеспечение, в том числе в соответствии с IEC 1131.3;
- панели оператора и ручной программатор;
- широкий спектр аксессуаров.

Базовые блоки поставляются в различных исполнениях с различными источниками питания и типом выходов. Предусмотрены модели с источниками питания 230VAC или 12VDC и 24VDC, с релейными или транзисторными выходами. Все исполнения базовых блоков имеют одинаковые CPU и одинаковую производительность. Функциональные и интерфейсные адаптеры, а также дисплейный модуль – могут устанавливаться непосредственно в контроллер. В процессорной части контроллера MELSEC FX1N реализованы следующие изменения:

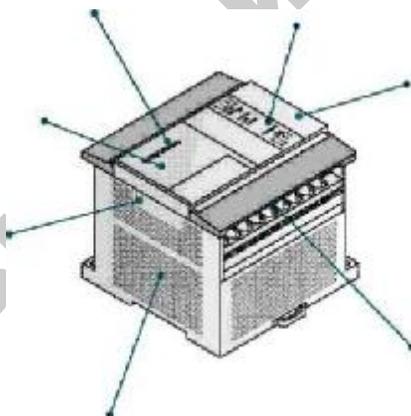
- увеличенная производительность и функциональность;
- увеличенная скорость обработки;
- увеличенная допустимая частота для встроенных входов быстрого счета импульсов;
- увеличенный размер памяти;
- улучшенные коммуникационные возможности;
- увеличено количество регистров.

## Особенности контроллеров

**Высокоскоростные входы** для быстрого счета импульсов с частотой счета до 60 кГц и **обработкой прерываний**.

Два аналоговых **потенциометра** для задания уставок и встроенный переключатель режимов **RUN/STOP**

**Возможность отображения** и установки текущего времени. Базовые модули содержат встроенный **EEPROM для хранения управляющей программы размером до 8000 шагов**, а также батарею резервного питания для сохранения содержимого памяти при отключении контроллера от сети. Для защиты от несанкционированного доступа возможна установка парольного доступа к программе.



**Возможность подключения** модулей входов/выходов и блоков расширения для увеличения общего числа I/O до 128.

Встроенные **импульсные выходы** с частотами коммутации от 10Гц до 100кГц для управления шаговыми и серводвигателями.

**Внешние кассеты EEPROM** для хранения программы контроллера

Рис. 40. Характеристики контроллера серии FX

Элементы контроллера FX1N-24MR (24 каналов ввода-вывода – реле, питание 24 В = / 220 В~) представлены на рис. 41.



Рис. 41. Элементы ПЛК FX 1N 24MR

### Маркировка ПЛК серии MELSEC FX1N

Пример конфигурации контроллера **FX1N-14MR-ES/UL**

1. FX1N – Обозначение серии ПЛК.
2. 14 Количество входов/выходов.
3. Описание типа блока: М = базовый блок (Е = блок расширения EX = входной модуль расширения EY = выходной модуль расширения).
4. Описание типа выхода: R = реле (Т = транзистор).
5. Источник питания: E = 100/240 А ~ (D = 24 В=, D12S=12 В=).
6. Исполнение: S = Входы с общим плюсом или минусом (по выбору) Релейные выходы (SS = Входы с общим плюсом или минусом (по выбору) Транзисторные выходы общий минус).
7. UL = Сертификат UL.



## Модуль расширения AL2

	AL2-4EX-A2	Модуль расширения, 4 цифровых входа ~220 В
	AL2-4EYR	Модуль расширения, 4 релейных выхода (2 А)
	AL2-4EYT	Модуль расширения, 4 транзисторных выхода (0,5 А).
	AL2-2PT-ADP	Аналоговый вход для Alpha XL; PT100 0–10 В, 2 канала
	AL2-2TC-ADP	Аналоговый вход для Alpha XL; К-тип термодпары 0–10 В, 2 канала
	AL2-ASI-BD	Модуль ASI – интерфейса
	AL2-2DA	Модуль расширения, 2 аналоговых выхода по току или напряжению, 12 бит
	AL2-EEPROM-2	Модуль расширения памяти для Alpha XL (Альфа XL). С помощью этого модуля можно загружать новую или выгружать (сохранять) установленную в контроллер рабочую программу.
AL2-FRAME-14/24-IP54	Панель-обрамление для AL2-14/24 степень защиты IP54	

Основные параметры контроллера серии ALPHA

1. Русифицирован.
2. Отдельная ветка ПЛК, ориентированная на простоту использования, быстрое освоение программирования и низкую стоимость применения.

3. Большой встроенный дисплей (4 строки 12 символов) с кириллицей, подсветкой и горизонтальным скроллингом 8 кнопок для управления и программирования.

4. До 8-ми встроенных аналоговых входов (0–10 В, разрешение 9 бит).

5. Программа хранится в EEPROM.

6. Встроенный календарь и часы реального времени.

7. Монтаж на DIN-рейку или винтами.

8. Возможность программирования с помощью встроенного дисплея и кнопок.

9. Простое программирование и эмуляция работы схемы на ПК в программе AL-PCS/WIN-EU (полностью русифицированной).

Модули расширения для контроллера AL2 14MR-D представлены в таблице 1.

### Особенности монтажа ПЛК

Контроллер не должен устанавливаться в местах, где имеется чрезмерное содержание пыли, или пыль является электропроводящей, где присутствуют агрессивные или воспламеняющиеся газы, имеется повышенная влажность, или устройство может оказаться под дождем. Устройство не должно подвергаться ударным воздействиям или чрезмерной вибрации. ПЛК должен располагаться на максимально возможном удалении от высоковольтных кабелей и силового оборудования. Контроллер должен устанавливаться в шкафу управления (рис. 43).

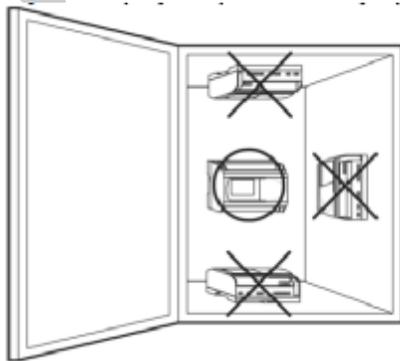


Рис. 43. Расположение контроллера в шкафу

Большинство ПЛК можно монтировать на защелке при помощи крепления на DIN-рейку стандарта DIN EN SOO22 (рис. 44). При установке необходимо совместить верхний край канавки, имеющейся на корпусе контроллера с краем рейки и установить устройство на DIN-рейку (рис. 44, а). Для отсоединения необходимо оттянуть вниз крючок защелки и отсоединить главный блок контроллера от DIN-рейки.

При выполнении электрических соединений при инсталляции необходимо соблюдать следующие правила.

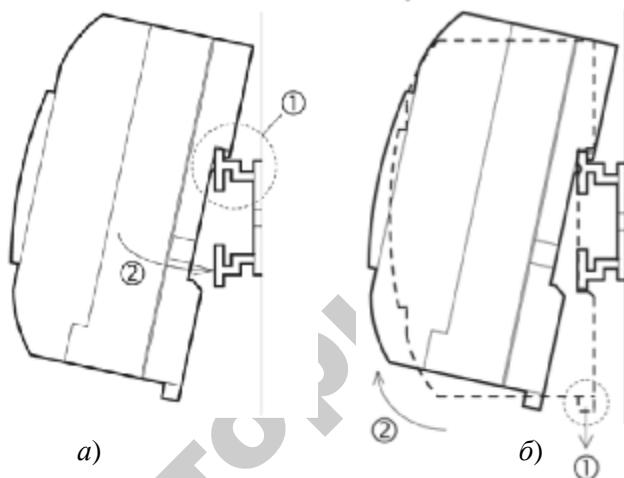


Рис. 44. Установка (а) и отсоединение (б) контроллера (2) при использовании DIN-рейки (1)

Необходимо выключить электропитание перед тем, как будут выполняться любые операции по электромонтажу.

Провода входных и выходных цепей не должны проходить в одном и том же многожильном кабеле, один и тот же провод не должен использоваться для создания входных и выходных цепей.

Нельзя прокладывать входные/выходные кабели вблизи высоковольтных силовых линий.

Длина входных и выходных кабелей должна быть не более 30 м.

При использовании входных/выходных кабельных линий проложенных на значительном расстоянии (более 30 м), необходимо учитывать падение напряжения и наличие шумовых помех.

Сечение проводов при монтаже необходимо выбирать в соответствии с токовой нагрузкой.

При подключении входных и выходных цепей используются монтажные провода сечением  $0,13\text{--}3,31\text{ мм}^2$  для подключения главного блока и  $0,2\text{--}2,5\text{ мм}^2$  для подключения дополнительных модулей.

Длина зачистки проводов для подключения главного блока и модулей расширения представлена на рис. 45.

Для исключения повреждения провода при подключении величина вращательного момента должна быть  $0,5\text{--}0,6\text{ Н}\cdot\text{м}$ .

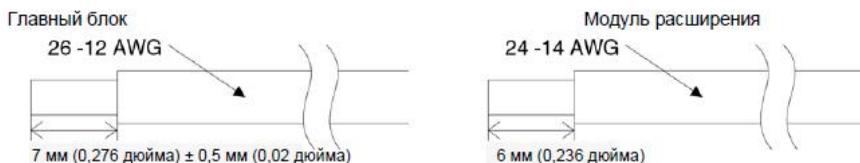


Рис. 45. Длина зачищаемого участка проводов

При использовании многопроволочного провода необходимо удалить слой изоляции, скрутить проволоочки, составляющие жилу провода, установить наконечник соответствующего размера и присоединить провод.

При использовании одинарного провода необходимо удалить слой изоляции, после чего присоединить провод.

При использовании контроллеров с источником переменного тока, фазный провод должен быть подключен к контактной клемме L, а нейтральный провод должен быть подключен к контактной клемме N. При неправильном подключении, возможно поражение электрическим током при включении электропитания.

При использовании контроллеров с источником постоянного тока, положительный провод должен быть подключен к контактной клемме «+», а провод отрицательной полярности, должен быть подключен к контактной клемме «-».

Контактные клеммы, которые предназначены для подключения источника электропитания, ни в коем случае не должны быть соединены с другими клеммами, имеющимися на устройстве.

Клеммы подключения питания, входов и выходов контроллера AL2-24MR-D представлены на рис. 46.

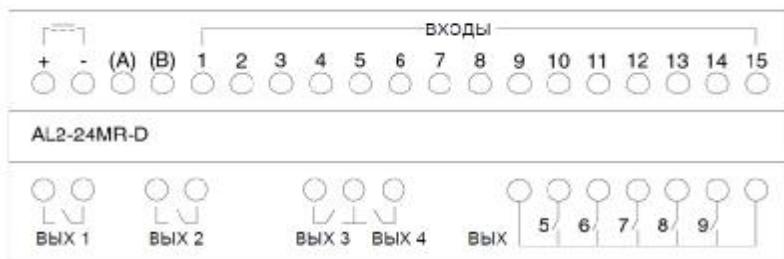


Рис. 46. Контроллер AL2-24MR-D, входные клеммы для подачи напряжений постоянного тока выходные клеммы реле

### Программа и методика выполнения работы

1. Изучить структуру и элементы ПЛК FX 1N 24MR;
2. Изучить рекомендуемую схему соединения контроллера с источником питания (Приложение П6);
3. Составить ПЭС подключения контроллера AL2 14MR D к сети постоянного тока с использованием устройств защиты;
4. Составить ПЭС подключения датчика конечного положения к входу контроллера;
5. Составить ПЭС подключения промежуточного реле к выходу контроллера.
6. Установить контроллер на DIN рейку;
7. Используя ПЭС произвести монтаж AL2-14MR D;
8. Подключить датчик конечного положения к входу контроллера;
9. Подключить промежуточное реле к выходу контроллера;
10. Подключить контроллер к компьютеру, используя кабель программирования AL232-CAB. (Приложение П5.4; П5.5);
11. Составить программу включения выхода по входному сигналу;
12. Записать программу в контроллер;
13. Проверить работу программы.

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Схемы подключения контроллера.
4. Выводы.

## Вопросы для контроля усвоения материала

1. Назначение и применение контроллеров.
2. Типы контроллеров.
3. Характеристики ПЛК.
4. Маркировка ПЛК.
5. Источники питания контроллеров.
6. Источники входных сигналов.
7. Типы входных сигналов.
8. Типы выходных сигналов.
9. Основные характеристики MELSEC FX1N – 24MR.
10. Особенности монтажа ПЛК.
11. Основные характеристики AL2-14-MR.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### Выбор и монтаж магнитного пускателя с тепловым реле. Монтаж реверсивного магнитного пускателя

(4 часа)

**Цель работы:** изучение правил монтажа и наладки магнитного пускателя и теплового реле.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты; магнитные пускатели, тепловые реле, тестер.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### Магнитные пускатели

*Магнитные пускатели* предназначены, главным образом, для дистанционного управления трехфазными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором, а именно:

- для пуска непосредственным подключением к сети и остановки (отключения) электродвигателя (нереверсивные пускатели);
- для пуска, остановки и реверса электродвигателя (реверсивные пускатели). Кроме этого, *пускатели в исполнении с тепловым реле* осуществляют также защиту управляемых электродвигателей от перегрузок недопустимой продолжительности.

*Магнитные пускатели открытого исполнения* предназначены для установки на панелях, в закрытых шкафах и других местах, защищенных от попадания пыли и посторонних предметов.

*Магнитные пускатели защищенного исполнения* предназначены для установки внутри помещений, в которых окружающая среда не содержит значительного количества пыли.

*Магнитные пускатели пылебрызгонепроницаемого исполнения* предназначены как для внутренних, так и для наружных установок в местах, защищенных от солнечных лучей и от дождя (под навесом). На рисунке 5 представлен внешний вид пускателя серии ПМЛ.

## Устройство магнитного пускателя

Магнитные пускатели имеют *магнитную систему*, состоящую из *якоря* и *сердечника* и заключенную в пластмассовый корпус. На сердечнике помещена *втягивающая катушка*. По направляющим верхней части пускателя скользит траверса, на которой собраны якорь магнитной системы и *мостики главных* и *блокировочных контактов с пружинами*.



Рис. 48. Магнитный пускатель серии ПМЛ

**Принцип работы пускателя прост:** при подаче напряжения на катушку якорь притягивается к сердечнику, нормально-открытые контакты замыкаются, нормально-закрытые размыкаются. При отключении пускателя происходит обратная картина: под действием возвратных пружин подвижные части возвращаются в исходное положение, при этом главные контакты и нормально-открытые блок-контакты размыкаются, нормально-закрытые блок-контакты замыкаются.

**Реверсивный магнитный пускатель (реверсивная сборка)** осуществляет реверсирование трехфазных двигателей путем изменения чередования фаз и представляет собой два трех-полюсных *контактора*, смонтированных в общем устройстве и сблокированных механической или электрической блокировкой, исключающей возможность одновременного включения контакторов, что вызывает *короткое межфазное замыкание*.

Магнитный пускатель, контактор или реле имеют силовые и блокировочные контакты. Силовые используются для коммутации мощной нагрузки; блок-контакты – в управляющей цепи. Силовой и блок-контакт может быть *нормально разомкнутыми* (англ. *Normal Open, NO*) и *нормально замкнутыми* (англ. *Normal Close, NC*). Нормально открытый контакт в нормальном положении контактора разомкнут. Нормально закрытый контакт в нормальном положении контактора замкнут. Контакты контактора, пускателя или реле на принципиальных схемах показываются в нормальном положении.

### **Схема подключения реверсивного магнитного пускателя**

В том случае, когда необходимо использовать два направления вращения электродвигателя, применяют реверсивный магнитный пускатель, принципиальная схема которого изображена на рис. 2, а.

### **Принцип действия схем включения реверсивного магнитного пускателя**

Для изменения направления вращения асинхронного электродвигателя необходимо изменить порядок чередования фаз стартовой обмотки.

В реверсивном магнитном пускателе используют два контактора: КМ1 и КМ2. Из схемы видно, что при случайном одновременном включении обоих контакторов в цепи главного тока произойдет короткое замыкание. Для исключения такой возможности схема снабжена блокировкой.

Если после нажатия кнопки SB3 «Вперед» к моменту включения контактора КМ1 нажать кнопку SB2 «Назад», то размыкающий контакт этой кнопки отключит катушку контактора КМ1, а замыкающий контакт подаст питание в катушку контактора КМ2. Произойдет реверсирование электродвигателя.

Электрическая схема цепи управления реверсивного пускателя с блокировкой на вспомогательных размыкающих контактах изображена на рис. 2, б.

В этой схеме включение одного из контакторов, например КМ1, приводит к размыканию цепи питания катушки другого контактора КМ2. Для реверса необходимо предварительно нажать кнопку SB1

«Стоп» и отключить контактор КМ1. Для надежной работы схемы необходимо, чтобы главные контакты контактора КМ1 разомкнулись раньше, чем произойдет замыкание размыкающих вспомогательных контактов в цепи контактора КМ2. Это достигается соответствующей регулировкой положения вспомогательных контактов по ходу якоря.

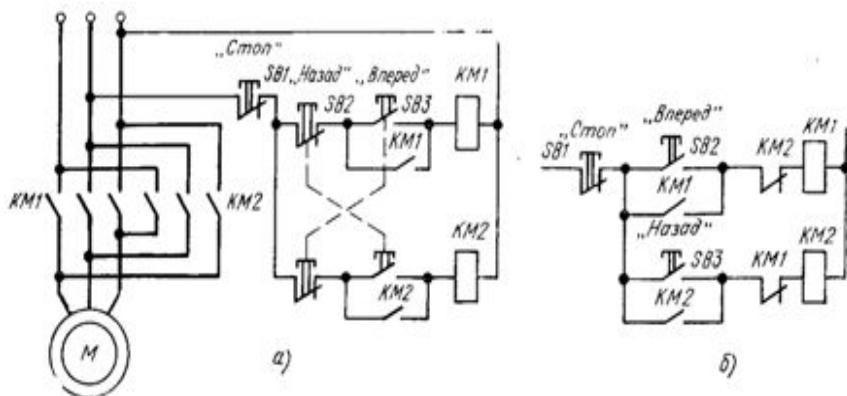


Рис. 49. Схемы включения реверсивного магнитного пускателя:  
а) схема силовая; б) схема управления

В серийных магнитных пускателях часто применяют двойную блокировку по приведенным выше принципам. Кроме того, реверсивные магнитные пускатели могут иметь механическую блокировку с перекидным рычагом, препятствующим одновременному срабатыванию электромагнитов контакторов. В этом случае оба контактора должны быть установлены на общем основании.

Реверсивные пускатели могут также иметь **механическую блокировку**, которая располагается под основанием (панелью) пускателя и также служит для предотвращения одновременного включения двух магнитных пускателей. При электрической блокировке через нормально-замкнутые контакты самого пускателя (что предусмотрено его внутренними соединениями) реверсивные пускатели надежно работают и без механической блокировки.



Рис. 50. Реверсивный магнитный пускатель

**Реверс электродвигателя** при помощи реверсивного пускателя осуществляется через предварительную остановку, т. е. по схеме: отключение вращающегося двигателя – полная остановка – включение на обратное вращения. В этом случае пускатель может управлять электродвигателем соответствующей мощности.

В случае применения реверсирования или торможения электродвигателя противовключением его мощность должна быть выбрана ниже в 1,5–2 раза максимальной коммутационной мощности пускателя, что определяется состоянием контактов, т. е. их износоустойчивостью, при работе в применяемом режиме. В этом режиме пускатель должен работать без механической блокировки. При этом электрическая блокировка через нормально-замкнутые контакты магнитного пускателя обязательна.

Магнитные пускатели защищенного и пылебрызгонепроницаемого исполнения имеют оболочку.

### Тепловые реле

Ряд магнитных пускателей комплектуется **тепловыми реле**, которые осуществляют тепловую защиту электродвигателя от перегрузок недопустимой продолжительности.



Рис. 51. Тепловые реле

### Выбор теплового реле для защиты электродвигателей от перегрузки

Защита электродвигателя от перегрузки должна устанавливаться в тех случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также при тяжелых условиях пуска и для ограничения длительности пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловыми реле.

Чтобы подобрать тепловое реле, сперва определяем номинальный ток двигателя  $I_n$ . Этот ток указан на шильдике двигателя (рис. 6).

9536		ДВИГАТЕЛЬ АСИНХРОННЫЙ АИР 80В4 У3		IE1	
3 ~	50 Hz	Y	380 V	3,70 A	
1410 r/min	1,50 kW	IE1 - 77,2 %	cosφ 0,80		
РЕЖИМ S1	КЛ. ИЗОЛ. F		IP54		
ГОСТ МЭК 60034-1-2007					
14,10 kg	СДЕЛАНО В БЕЛАРУСИ ФАКС (+375 222) 26-43-52				

Рис. 52. Характеристики двигателя

Потом исходя из номинального тока двигателя подбираем тепловое реле и соответствующий ему пускатель нужной величины. Реле имеет шкалу, калиброванную в амперах. Обычно шкала соответствует значению тока уставки (тока несрабатывания реле). Срабатывания реле происходит в пределах 5–20 % от превышения тока уставки потребляемым током электродвигателя. Т. е., при перегрузке электродвигателя на 5–20 % ( $1,05 \cdot I_n - 1,2 \cdot I_n$ ), произойдет срабатывание теплового реле в соответствии с его токовременной характеристикой. Поэтому выбираем реле таким образом, чтобы ток несрабатывания теплового реле был на 5–10 % выше от номинального тока защищаемого электродвигателя (Приложение 4).

Подобрав пускатель и тепловое реле, настраиваем тепловое реле на нужный нам ток срабатывания (рис. 53). Регулировка **тока уставки реле** – плавная и производится регулятором уставки путем поворота его отверткой. В случае невозможности осуществления тепловой защиты в повторно-кратковременном режиме работы следует применять магнитные пускатели без теплового реле. *От коротких замыканий тепловые реле не защищают.*

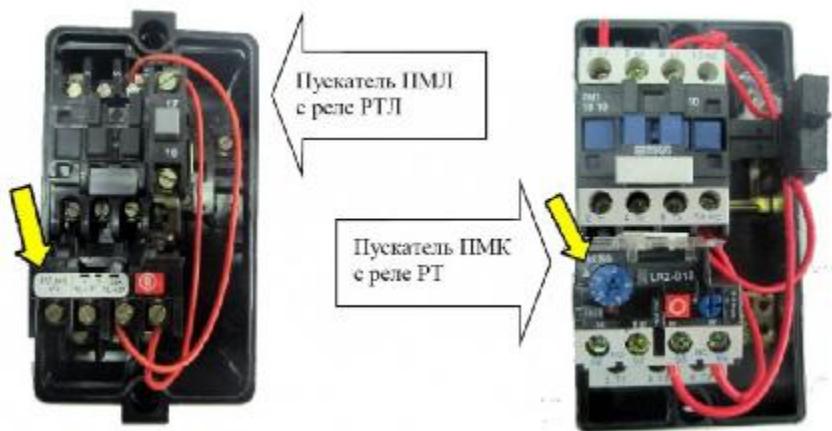


Рис. 53. Типы тепловых реле

## Монтаж магнитных пускателей

Для надежной работы монтаж магнитных пускателей должен производиться на ровной, жестко укрепленной вертикальной поверхности. Пускатели с тепловым реле рекомендуется устанавливать при наименьшей разности температуры воздуха, окружающего пускатель и электродвигатель.

Что бы не допустить ложных срабатываний, не рекомендуется устанавливать пускатели с тепловым реле в местах подверженных ударам, резким толчкам и сильной тряске (например, на общей панели с электромагнитными аппаратами на номинальные токи более 150 А), так как при включении они создают большие удары и сотрясения.

Для уменьшения влияния на работу теплового реле дополнительного нагрева от посторонних источников тепла и соблюдения требования о недопустимости температуры окружающего пускатель воздуха более 40 °С рекомендуется не размещать рядом с магнитными пускателями аппараты теплового действия (реостаты и т. д.) и не устанавливать их тепловым реле в верхних, наиболее нагреваемых частях шкафов.

При присоединении к контактному зажиму магнитного пускателя одного проводника его конец должен быть загнут в кольцеобразную или П-образную форму (для предотвращения перекоса пружинных шайб этого зажима). При присоединении к зажиму двух проводников примерно равного сечения их концы должны быть прямыми и располагаться по обе стороны от зажимного винта.

Присоединяемые концы медных проводников должны быть залужены. Концы многожильных проводников перед лужением должны быть скручены. В случае присоединения алюминиевых проводов их концы должны быть зачищены мелким надфилем под слоем смазки ЦИАТИМ или технического вазелина и дополнительно покрыты после зачистки кварцевазелиновой или цинко-вазелиновой пастой. Контакты и подвижные части магнитного пускателя смазывать нельзя.

**Перед пуском магнитного пускателя** необходимо произвести его наружный осмотр и убедиться в исправности всех его частей, а также в свободном передвижении всех подвижных частей

(от руки), сверить номинальное напряжение катушки пускателя с напряжением, подаваемым на катушку, убедиться, что все электрические соединения выполнены по схеме.

При использовании пускателей в реверсивных режимах, нажав от руки подвижную траверсу до момента соприкосновения (начало замыкания) главных контактов, проверить наличие раствора нормально-замкнутых контактов, что необходимо для надежной работы электрической блокировки.

У включенного магнитного пускателя допускается небольшое *гудение электромагнита*, характерное для шихтованных магнитных систем переменного тока.



Рис. 54. Магнитный пускатель серии ПМ12

### **Уход за магнитными пускателями в процессе эксплуатации**

Уход за пускателями должен заключаться, прежде всего, в защите пускателя и теплового реле от пыли, грязи и влаги. Необходимо следить, чтобы винты контактных зажимов были плотно затянуты. Надо также проверять состояние контактов.

Контакты современных магнитных пускателей особого ухода не требуют. Срок износа контактов зависит от условий и режима работы пускателя. Зачистка контактов пускателей не рекомендуется, так как удаление контактного материала при зачистке приводит к уменьшению срока службы контактов. Только в отдельных случаях сильного оплавления контактов при отключении

аварийного режима электродвигателя допускается их зачистка мелким надфилем.

При появлении после длительной эксплуатации магнитного пускателя гудения, носящего, характер дребезжания, необходимо чистой ветошью очистить от грязи рабочие поверхности электромагнита, проверить наличие воздушного зазора, а также проверить отсутствие заеданий подвижных частей и трещин на короткозамкнутых витках, расположенных на сердечнике.

При разборке и последующей сборке магнитного пускателя следует сохранять взаимное расположение якоря и сердечника, бывшее до разборки, так как их приработавшиеся поверхности способствуют устранению гудения. При разборках магнитных пускателей необходимо чистой и сухой ветошью протирать пыль с внутренних и наружных поверхностей пластмассовых деталей пускателя.

### **Программа и методика выполнения работы**

1. Выбрать магнитный пускатель, тепловое реле заданной мощности и промежуточное реле.
2. Составить принципиальную электрическую схему подключения магнитного пускателя, теплового реле и исполнительного устройства.
3. Составить ПЭС сигнализации аварийной ситуации при срабатывании теплового реле.
4. Подключить тепловое реле к магнитному пускателю.
5. Произвести монтаж реверсивного пускателя.
3. Произвести подключение промежуточного реле к блоку питания на 24 В.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.
3. Принципиальная электрическая схема подключения промежуточного реле к блоку питания. Схема управления пускателем с помощью промежуточного реле.
4. Выводы.

### **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Назначение магнитных пускателей.
2. Классификация магнитных пускателей.
3. Требование и выбор магнитных пускателей.
4. Принцип работы пускателя.
5. Схема реверсивного пускателя.
6. Способы блокировки реверсивного пускателя.
7. Классификация тепловых реле.
8. Назначение тепловых реле.
9. Принцип работы тепловых реле.
10. Выбор тепловых реле.
11. Элементы настройки и управления тепловых реле.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

### Монтаж термоэлектрических термометров и вторичных приборов для измерения температуры

(4 часа)

**Цель работы:** изучение правил монтажа и наладки системы измерения температуры с термопреобразователями сопротивления, работающими совместно с микропроцессорным двухканальным измерителем AL2-2PT-ADP PT100 с универсальными измерительными выходными сигналами 0–10 В.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели. Технологическое оборудование и инструменты. Блок питания 24 В. Модуль AL2-2PT-ADP Датчик температуры PT100.

#### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

##### Правила монтажа первичных измерительных преобразователей для измерения температуры

Наиболее распространены системы измерения температуры, состоящие из первичных измерительных преобразователей (термометрических чувствительных элементов, являющихся составной частью термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления) и измерительных приборов (автоматических потенциометров и мостов, логометров, милливольтметров и миллиамперметров), соединенных между собой каналами связи. Точность системы измерения является ее важнейшей характеристикой и зависит от метода измерения, аппаратного состава системы и качества выполнения монтажных и наладочных работ. Целью лабораторной работы является изучение правил монтажа и наладки систем измерения температуры и получения практических навыков по их применению.

Перед тем, как осуществить монтаж датчика температуры следует проверить: правильно ли подобран тип датчика, его градуировочная характеристика, монтажная длина чувствительного элемента, а также учтены ли другие особенности его

конструкции, подходящие к месту и условиям работы. После этого датчик температуры проверяется на отсутствие видимых повреждений самого датчика и его защитной арматуры; на отсутствие обрывов и замыканий обмотки датчика; сопротивление изоляции.

***На погрешность измерений температуры могут оказывать влияние следующие факторы:***

*Монтажные* – неправильный выбор места установки датчика, неправильный выбор монтажной длины датчика, плохое качество уплотнения датчика (утечка среды из отбора), отсутствие теплоизоляции на оборудовании или трубопроводе;

*Электрические* – плохой контакт в соединениях датчика и прибора, попадание влаги и конденсата в обмотку термометра сопротивления или термопары, витковое замыкание части обмотки, неправильно выбрана схема соединения датчика и прибора (без подгонки сопротивления линии, без компенсационного провода), градуировка датчика не соответствует градуировке регистрирующего прибора.

***Основные ошибки возникающие при монтаже датчиков температуры:***

1. Неправильно выбран отбор для измерения температуры (без теплоизоляции трубопровода, приводящей к повышенной потере теплоты).

2. Неправильно установлен сам датчик в рабочем потоке измеряемой среды (малая или большая монтажная длина датчика; датчик установлен не по оси потока и не навстречу потока).

3. Установлен датчик несоответствующей градуировки, регламентируемой монтажной схемой объекта.

4. Нарушены требования компенсации влияния изменения температуры окружающей среды (датчик подключен к регистрирующему прибору по двухпроводной схеме; не используется компенсационный провод и компенсационные коробки).

5. Неправильно выбран датчик без учета повышенной вибрации, агрессивности и влажности среды и ее высокого давления.

6. Плохой контакт на блоке зажимов датчика (плохая пайка; в местах повышенной влажности не выполнена герметизация проводки от попадания влаги внутрь датчика).

## Монтаж термопреобразователей сопротивления

Для установки на рабочих местах термопреобразователей сопротивления используют закладные конструкции.

Монтаж термопреобразователей сопротивления осуществляют с соблюдением следующих требований:

- исполнение монтируемых термометров должно соответствовать параметрам и свойствам измеряемой и окружающей среды;

- перед установкой термопреобразователей сопротивления необходимо проверить целостность электрической цепи термометра и сопротивление изоляции между чувствительным элементом и корпусом термометра с помощью мегомметра;

- конец погружаемой части термопреобразователя сопротивления необходимо размещать для платиновых термометров на 50–70 мм ниже оси измеряемого потока, для медного – на 25–30 мм;

- на трубопроводах диаметром 50 мм и менее термопреобразователь сопротивления необходимо устанавливать в специальных расширителях таким образом, чтобы поток проходил снизу вверх;

- рабочая часть поверхностных термопреобразователей сопротивления должна плотно прилегать к измеряемой поверхности на возможно большей площади, а места соприкосновения должны быть очищены до металлического блеска;

- при измерении температур сред, имеющих высокое давление и большие скорости движения, погружаемые термометры монтируют в специальных защитных оправах.

Длину защитной оправы выбирают в зависимости от длины монтажной части термометра; в местах установки термопреобразователей сопротивления не должно быть притоков холодного воздуха или прорыва наружу нагретых газов; при измерении температуры более 400 °С термопреобразователи сопротивления рекомендуется устанавливать вертикально. При горизонтальной установке с целью предотвращения деформации необходимо устанавливать дополнительную опору; при горизонтальном и наклонном монтаже штуцер для ввода проводов в головку термометра рекомендуется направлять вниз;

- сечение соединительных проводов должно быть 1–1,5 мм<sup>2</sup>;
- соединительные провода должны быть защищены от механических повреждений, влияния высокой температуры и влажности окружающей среды;
- термомпреобразователи сопротивления, измеряющие температуру воздуха в помещениях, необходимо устанавливать на конструкциях, которые удалены от стены на 50–70 мм;
- подвод проводов к термометрам, как правило, осуществляют в металлорукавах длиной не более 500 мм. Разрешается непосредственное подсоединение защитной трубы к головке термометра. При этом необходимо предусматривать разъемное соединение. Подводимые к термометру кабели, провода и трубы должны быть промаркированы и иметь бирки с номером позиций по проекту; платиновые термомпреобразователи сопротивления нельзя устанавливать на вибрирующем оборудовании и трубопроводах. Примеры установки термомпреобразователей сопротивлений приведены на рис. 55.

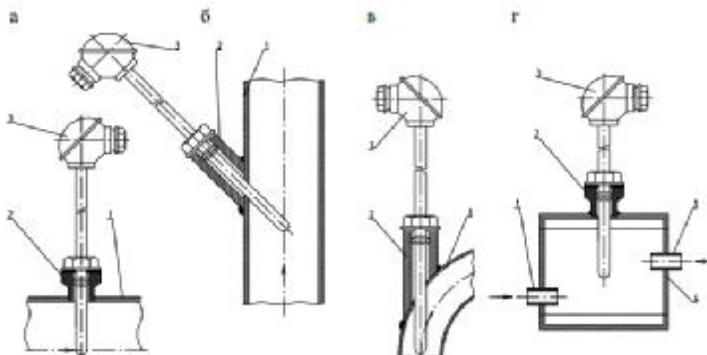


Рис. 55. Примеры установки термомпреобразователей сопротивлений на трубопроводах: а, б – на горизонтальных и вертикальных участках; в – на колене; г – с помощью расширителя; 1 – трубопровод; 2 – бобышки; 3 – термомпреобразователь; 4 – расширитель

При подключении термомпреобразователей существуют различные варианты. На рис. 56 представлены основные схемы подключения термомпреобразователей а) двухпроводная схема, б) трехпроводная, в) четырехпроводная.

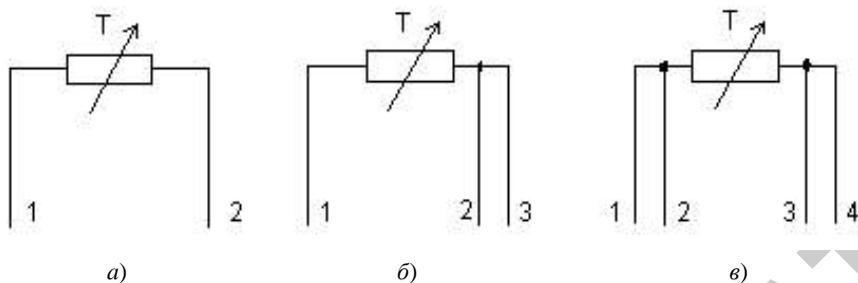


Рис. 56. Схемы подключения термопреобразователей  
 а) двухпроводная схема, б) трехпроводная, в) четырехпроводная

При измерении сопротивления датчика температуры со стороны тепловычислителя к сопротивлению самого датчика добавляется сопротивление соединяющих проводов. Для учета сопротивления проводов существуют различные варианты подключения термопреобразователей (рис. 56).

Двухпроводная схема подключения (рис. 56, а) не позволяет учитывать сопротивление проводов. Применяется для небольших длин проводов до 3 м с термопреобразователями Pt500 и сечением провода не менее 0,75 мм<sup>2</sup>.

На рис. 56, б, приведена трехпроводная схема подключения. Применяется в большинстве случаев с контроллерами с трехпроводными схемами подключения. Провода должны быть одного сечения.

На рис. 56, в, приведена четырехпроводная схема подключения. Применяется в различных теплосчетчиках.

Подключение термопреобразователей должно соответствовать схеме, указанной в документации на тепловычислитель.

### Программа и методика выполнения работы

Перед началом монтажа системы измерения температуры с термосопротивлением необходимо провести внешний осмотр. При внешнем осмотре проверяют отсутствие видимых повреждений защитной арматуры и зажимов термопреобразователя.

1. Монтаж системы измерения температуры.
- 1.2. Установка модуля AL2-2PT-ADP.

1.3. Подготовить на монтажной плате место для установки модуля.

1.4. Установить модуль на монтажной плате, используя для его крепления монтажные элементы модуля и DIN-рейку.

2. Монтаж термометров сопротивления.

2.1. Установить в объекте контроля термометр сопротивления.

2.2. Подключить к термометру сопротивления соединительный медный кабель, концы которого перед подключением следует тщательно зачистить. Сечение жил кабеля должно быть не более  $1 \text{ мм}^2$ , а количество жил – не менее трех. Длина линии – не более 100 м. При прокладке кабеля выделить линию связи, соединяющую прибор с датчиком в самостоятельную трассу, располагая ее отдельно от цепей питания.

2.3. Произвести маркировку проводов с использованием маркеров.

2.4. Подключение термометра сопротивления.

2.5. В соответствии со схемой подключения модуля AL2-2PT-ADP (Приложение 5), и схемы подключения датчика (рис. 45, б) составить принципиальную электрическую схему подключения модуля и датчика температуры.

2.6. Подключить к прибору линию связи «прибор-датчик».

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. ПЭС подключения датчика температуры и модуля AL2-2PT-ADP.
3. Монтажная схема подключений.
4. Ответы на вопросы.

### **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. От чего зависит точность измерений?
2. Какие факторы, влияют на погрешность измерения температуры?
3. Что необходимо проверить перед тем, как осуществлять монтаж датчика температуры?
4. Какие монтажные факторы влияют на точность измерения?

5. Какие электрические факторы влияют на погрешность измерения?
6. Какие ошибки могут возникнуть при монтаже датчиков?
7. Основные требования при монтаже термосопротивлений.
8. Когда применяется двухпроводная схема подключения термосопротивления?
9. Когда применяется трехпроводная схема подключения термосопротивлений?
10. Когда применяется четырех проводная схема подключения?
11. Какая схема подключения обеспечивает более точное измерение температуры?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

### Монтаж приборов для измерения уровня

(4 часа)

**Цель работы:** монтаж трехканального электронного уровнемера жидкости.

**Лабораторное оборудование:** макет монтажной панели; технологическое оборудование и инструменты; блок питания 24 В; реле электронное уровня жидкости трехканальное ЭРУ-3-5СК.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Принцип действия датчиков уровня. При замыкании на «корпус» входа канала с помощью датчиков уровня и слоя проводящей жидкости, либо через резистивные или релейные выходы других типов датчиков, его выходные контакты выключают либо включают нагрузку (в зависимости от схемы включения) или же сигнализируют о недопустимом изменении контролируемого параметра с помощью подключенных приборов сигнализации.

ЭРУ-3-5СК (рис. 57) предназначено для сигнализации и управления уровнем наполнения, расхода, давления жидкостей путем автоматического включения-отключения электронасосной установки на таких объектах, как: водонапорные установки, котельные агрегаты, другие резервуары питьевой или технической воды, молока и других пищевых напитков, отстойники стоков, резервуары конденсата, резервуары с химикатами, ирригационные резервуары и т. д. – с использованием электродных датчиков уровня, электроконтактных манометров или реле давления.

С помощью ЭРУ можно производить контроль до 3 уровней жидкости в широком диапазоне давлений, температур и химической агрессивности.

Жидкость, однако, не должна быть:

- со слишком высоким содержанием суспензий;
- со значительной кристаллизацией, выделяющей осадок;
- не должна обладать другими свойствами, вызывающими покрытие электрода зонда (датчика) непроводящим слоем.

ЭРУ может быть использовано также для контроля и управления любыми другими технологическими процессами и физическими величинами, изменение которых можно преобразовать в пропорциональный электрический импеданс с помощью соответствующих датчиков.



Рис. 57. Электронное реле уровня жидкости ЭРУ-3-5СК

Например:

- сигнализация и управление освещением – с использованием соответствующих фотоэлементов;
- сигнализация и регулирование температуры, с применением термопреобразователей сопротивления или контактных термометров в системах электроотопления, охлаждения, тепловентиляции, кондиционирования, электроводонагревательных установках и т. д.
- управление работой компрессорных установок, систем сжатого воздуха и других технических газов с использованием соответствующих электроконтактных манометров или реле давления;
- другие контрольно-регулирующие системы, с учетом конкретных особенностей объекта управления.

### **Краткое описание устройства и его работа**

1. Прикладные схемы применения ЭРУ показаны в Пб.

ЭРУ содержит три параллельно действующих канала; каждый канал имеет по 2 группы выходных переключающихся контактов, включаемых в цепь управления питанием электродвигателя (нагрузки) или приборов сигнализации.

2. Положение переключающихся выходных контактов 7–24 показано для состояния ЭРУ при включенном питании и непогруженных в жидкость (сухих) датчиках уровней.

3. Принцип действия ЭРУ основан на использовании проводящей жидкости для замыкания электрической цепи при изменении уровня зеркала этой жидкости относительно электрода датчика, установленного на определенной высоте в резервуаре.

Замыкание на корпус входа канала с помощью датчиков уровня через слой проводящей жидкости, либо через резистивные или релейные выходы других типов датчиков, приводит к переключению его выходных контактов, которые (в зависимости от схемы включения) включают либо отключают нагрузку или же сигнализируют о недопустимом изменении контролируемого параметра с помощью приборов сигнализации.

4. Конструктивно электронное реле уровня выполнено в корпусе из ударопрочного полистирола.

В верхней части корпуса выведен светодиодный индикатор «Сеть» и три светодиода для индикации работы каждого из каналов ЭРУ. Светодиоды индикации работы загораются в момент переключения выходных контактов соответствующего канала, сигнализируя о достижении уровнем жидкости порогового значения (верхнего, нижнего, перелива, сухого хода и т. п.), контролируемого данным каналом ЭРУ. При возврате выходных контактов канала в исходное состояние – светодиод гаснет.

Назначение и маркировка клеммных контактов приведена на рисунке 57:



Рис. 57. Маркировка контактов ЭРУ-3-5СК

**питание 220В, 50 Гц** – контакты 1 и 2;

**«корпус» (общий)** – контакт 3;

**входные:**

– канал 1 – контакты 3 и 4;

– канал 2 – контакты 3 и 5;

– канал 3 – контакты 3 и 6;

**ВЫХОДНЫЕ:**

- выход канала I – 7,8,9 (группа 1); – 10,11,12 (группа 2);
- выход канала II – 13,14,15 (группа 1); – 16,17,18 (группа 2);
- выход канала III – 19,20,21 (группа 1); – 22,23,24 (группа 2).

**Программа и методика выполнения работы**

1. Изучить схемы подключения ЭРУ (см. П6).
2. Установить ЭРУ на монтажной плате на DIN-рейку 35 мм.
3. Установить датчики уровня в резервуар на требуемую глубину.
4. В качестве электродов датчиков используются металлические прутья из нержавеющей стали или других коррозионностойких материалов диаметром 4 мм.
5. Датчики могут устанавливаться как вертикально, сверху вниз, так и горизонтально, каждый на требуемую глубину.
6. Установите дополнительный общий электрод на глубину установки не менее длины датчика нижнего уровня.
7. Дополнительный общий электрод, должен быть надежно заземлен.
8. Подключите соединительные линии к датчикам уровня, корпусу резервуара (дополнительному общему электроду).
9. Измерьте переходное сопротивление в местах присоединения линий связи к каждому из датчиков и корпусу резервуара (дополнительному общему электроду), а также в месте присоединения наружного заземляющего проводника к корпусу резервуара (дополнительному общему электроду); они должны составлять не более 0,5–1 Ом.
10. Измерьте сопротивление в цепи каждого датчика: «датчик – корпус резервуара» или «датчик – дополнительный общий электрод» – если резервуар выполнен из непроводящего материала, для двух состояний:
  - а) электрод датчика погружен в жидкость (уровень погружения вертикального электрода датчика на глубину не менее 0,5 см) – R отпущения (измерение производить методом вольтметра и амперметра переменного тока, измеряя ток через датчик и падение напряжения на цепи датчик – дополнительный электрод);
  - б) электрод датчика над зеркалом жидкости непосредственно после понижения уровня – R срабатывания (измерять мегомметром типа Ф4101 на пределе 250 В, для предотвращения выхода из строя ЭРУ перед измерением датчик должен быть отсоединен от ЭРУ).

Убедитесь, что измеренные значения сопротивлений  $R$  срабатывания должно быть в пределах 0–11 кОм (датчик погружен в жидкость на глубину не менее 0,5 см) и  $R$  отпускания более 12 кОм (датчик расположен над зеркалом жидкости).

11. Подключите питание ЭРУ (контакты 1 и 2 на клеммной колодке) и проверьте его работу путем поочередного принудительного соединения (закорачивания) общего провода и входов каждого из трех каналов; при этом визуально проконтролируйте свечение соответствующих светодиодных индикаторов.

12. Подключить к ЭРУ нагрузки (например, электромагнитные пускатели, приборы сигнализации) к выходам каналов (I–III) в соответствии с выбранной схемой подключения (см. Пб).

13. По окончании монтажа измерить сопротивление изоляции силовых и сигнальных цепей между собой и относительно общего провода мегомметром (например, типа Ф4101) на напряжение 500 В; в нормальных климатических условиях оно должно быть не менее 20 М/Ом.

14. Подключить ЭРУ к сети электропитания. Несколько раз проверить действие всех используемых каналов в реальных условиях работы. Время срабатывания ЭРУ (время реакции) не должно превышать  $5 \text{ с} \pm 20 \%$ .

15. Порядок подключения ЭРУ для работы с электроконтактным манометром (ЭКМ) приведен в Пб.

### **Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. ПЭС подключения ЭРУ.
3. Последовательность монтажа ЭРУ.
4. Ответы на вопросы.
5. Выводы.

### **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Назначение и применение датчиков уровня.
2. Принцип действия датчиков уровня.
3. Назначения ЭРУ-3-5СК.
4. Какими технологическими процессами может управлять ЭРУ-3-5СК.
5. Какое сопротивление срабатывания датчиков уровня.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

### Монтаж исполнительных механизмов. Предмонтажная ревизия, соединение обмоток и монтаж трехфазного асинхронного двигателя переменного тока

(4 часа)

**Цель работы:** изучить назначение, устройство, принцип действия, маркировку, порядок соединения обмоток асинхронных электродвигателей.

**Лабораторное оборудование:** технологическое оборудование и инструменты; трехфазный асинхронный двигатель переменного тока; тестер.

### КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

*Асинхронные машины* получили наиболее широкое применение в современных электрических установках и являются самым распространенным видом электрических машин переменного тока. Как и любая электрическая, асинхронная машина обратима и может работать как в режиме генератора, так и в режиме двигателя. Особенно широко они используются как электродвигатели и являются основными преобразователями электрической энергии в механическую. В настоящее время асинхронные электродвигатели потребляют около половины всей вырабатываемой в мире электроэнергии и находят широкое применение в качестве электропривода подавляющего большинства механизмов. Это объясняется простотой конструкции, надежностью и высоким значением КПД этих электрических машин. По своей конструкции асинхронные двигатели разделяют на двигатели с короткозамкнутым ротором и с фазным ротором. Двигатели с короткозамкнутым ротором по конструкции проще двигателей с фазным ротором и более надежны в эксплуатации, поэтому нашли широкое применение.

Асинхронные двигатели, используемые в народном хозяйстве, выпускаются едиными сериями. Для электрических машин единых серий характерны высокий уровень унификации деталей и узлов и их максимальная взаимозаменяемость.

Для привода механизмов чаще всего применяются асинхронные двигатели серий 4А и АИР, хотя еще встречаются асинхронные

двигатели серии А0 А02. Двигатели серии 4А выпускают с высотами оси вращения 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355 мм. Двигатели предназначены для работы от сети с частотой 50 Гц и напряжением согласно таблицы 4.

Таблица 4

Асинхронные двигатели серии 4А

Мощность двигателя, кВт	Номинальное напряжение, В	Схема соединения обмотки статора	Число выводных концов
0,06...0,37 0,55...11	220 и 380 220, 380 и 560	Δ и Y	3
15...110 132...400	220/380 и 380/660 380/660	Δ и Y	6

Обозначение электродвигателей серии 4А расшифровывают следующим образом: например 4АН200LB8: 4 – номер серии; А – асинхронный; Н – защищенный; 200 – высота оси вращения, мм; L(S, M) – установочные размеры по длине корпуса; В (А) – длина сердечника; 8 (2, 4, 6) – число полюсов.

В отличие от серии 4А в двигателях серии АИ более широко применены высокопрочные алюминиевые сплавы и пластмассы и использована более современная система вентиляции, обеспечивающая снижение температуры нагрева двигателей при номинальной нагрузке на 10...20 °С по сравнению с двигателями серий 4А. Это обеспечило двигателям серии АИ снижение уровня шума при их работе и повышение надежности.

Асинхронный электродвигатель трехфазного переменного тока (рис. 58) состоит из неподвижной части – статора, вращающейся части – ротора и двух подшипниковых щитов с подшипниками, в которых вращается вал ротора.

Статор состоит из станины и сердечника с обмоткой. Станину отливают из алюминия, чугуна или стали, а сердечник набирают из тонких листов электротехнической стали. Листы сердечника имеют выштампованные фигурные вырезы, которые в собранном пакете образуют пазы, куда укладывают статорную обмотку. Их наматывают с числом пар полюсов, определяющим скорость вращения ротора, а концы обмоток выводят в клеммную коробку, где производят их соединение и подключение к источнику питания.

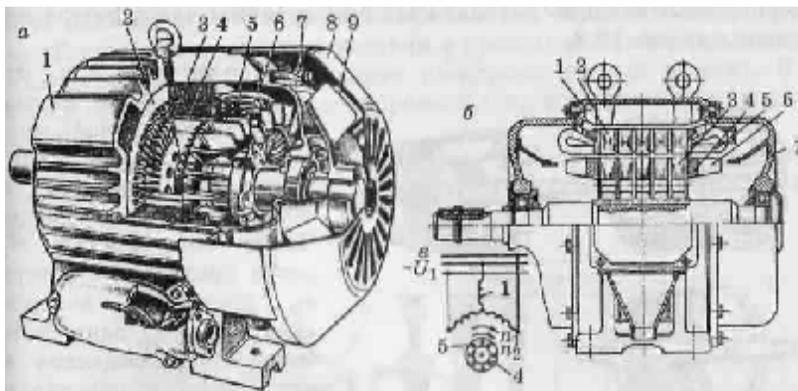


Рис. 58. Устройство асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (а, б) и схема его включения (в):  
 1) корпус; 2) сердечник статора; 4) обмотка ротора; 5) обмотка статора;  
 б) вентиляционные лопатки ротора; 7) подшипниковый щит; 8) кожух вентилятора; 9) вентилятор

Статор состоит из станины и сердечника с обмоткой. Станину отливают из алюминия, чугуна или стали, а сердечник набирают из тонких листов электротехнической стали. Листы сердечника имеют выштампованные фигурные вырезы, которые в собранном пакете образуют пазы, куда укладывают статорную обмотку. Их наматывают с числом пар полюсов, определяющим скорость вращения ротора, а концы обмоток выводят в клеммную коробку, где производят их соединение и подключение к источнику питания

Ротор асинхронного электродвигателя состоит из стального вала и закрепленного на валу сердечника с обмотками. Роторы бывают короткозамкнутые или с контактными кольцами.

**Принцип действия.** При питании обмотки статора трехфазным током создается вращающееся магнитное поле, частота вращения которого (синхронная)

$$n_1 = 60f/p, \text{ об/мин,}$$

где  $p$  – число пар полюсов поля (1, 2, 3, 4, 5 и т. д.).

Если ротор неподвижен или частота его вращения меньше синхронной, то вращающееся магнитное поле пересекает проводники обмотки ротора и индуцирует в них ЭДС.

На проводники с током, расположенные в магнитном поле, действуют электромагнитные силы, направление которых определяется правилом левой руки. Суммарное усилие  $F$  приложенное ко всем проводникам ротора, образует электромагнитный момент  $M$ , увлекающий ротор за вращающимся магнитным полем. Если этот момент достаточно велик, то ротор приходит во вращение и его установившаяся частота вращения  $n_2$  соответствует равенству электромагнитного момента тормозному, создаваемому приводимым во вращение механизмом и внутренними силами трения. Такой режим работы асинхронной машины является двигательным.

Относительную разность частот вращения магнитного поля и ротора называют скольжением:

$$S = (n_1 - n_2) / n_1 .$$

Скольжение часто выражают в процентах:

$$S = [(n_1 - n_2) / n_1] 100.$$

Очевидно, что при двигательном режиме  $1 > S > 0$ . Таким образом, характерной особенностью асинхронной машины является наличие скольжения, т. е. неравенство частот вращения  $n_1$  и  $n_2$ . Только при указанном условии в проводниках обмотки ротора индуцируется ЭДС и возникает электромагнитный момент. Поэтому машину называют асинхронной (ее ротор вращается несинхронно с полем).

Чаще всего используют следующие способы пуска: непосредственное подключение обмотки статора к сети (прямой пуск); понижение напряжения, подводимого к обмотке статора при пуске; подключение к обмотке ротора пускового реостата.

**Прямой пуск** применяют для пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Недостатком данного способа пуска кроме сравнительно небольшого пускового момента является также большой бросок пускового тока, в пять семь раз превышающего номинальное значение. Поэтому для защиты электродвигателя необходимо применять автоматический выключатель с характеристикой D.

Несмотря на указанные недостатки, пуск двигателя путем непосредственного подключения обмотки статора к сети широко применяют благодаря простоте и хорошим техникоэкономическим свойствам двигателя с короткозамкнутым ротором – низкой стоимости и высоким энергетическим показателям.

**Пуск при пониженном напряжении** применяют для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором большой мощности, а также для двигателей средней мощности при недостаточно мощных электрических сетях. Понижение напряжения может осуществляться следующими путями:

- переключением обмотки статора переключателем с нормальной схемы на пусковую;
- включением в цепь обмотки статора на период пуска добавочных сопротивлений активных (резисторов) или реактивных (реакторов);
- подключением двигателя к сети через понижающий автотрансформатор АТР.

Недостатком указанных методов пуска путем понижения напряжения является значительное уменьшение пускового и максимального моментов двигателя, которые пропорциональны квадрату приложенного напряжения, поэтому их можно использовать только при пуске двигателей без нагрузки.

### **Измерение сопротивления изоляции обмоток**

Перед монтажом электродвигателя необходимо измерить сопротивление изоляции обмоток. Определение сопротивления изоляции при помощи мегаомметра производится в течение 60 с при равномерном вращении рукоятки с частотой  $2 \text{ с}^{-1}$ . Значение сопротивления, отсчитанное на 60-й секунде ( $R_{60}$ ) принимается за сопротивление изоляции обмотки по отношению к корпусу или другой обмотке при данной температуре.

Электродвигатели переменного тока напряжением до 1000 В должны иметь величину сопротивления изоляции обмоток статора не менее 0,5 МОм при температуре  $+10...30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Величина сопротивления изоляции обмоток ротора синхронных электродвигателей и электродвигателей с фазным ротором должна быть не менее 0,2 МОм при температуре  $+10...30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

При меньших значениях сопротивления изоляции обмоток требуется тщательная их продувка (удаление проводящей пыли) или сушка изоляции (удаление влаги).

Маркировка выводов концов обмоток электродвигателя осуществляется методом Петрова. Один из выводов обмотки принимается за начало одной из фаз, а конец ее соединяют с выводом другой фазы. Эти две последовательно соединенные фазы включаются на пониженное напряжение (15...20 % от номинального) во избежание перегрева обмоток; в случае фазного ротора его обмотка должна быть разомкнута. Третья фаза присоединяется к контрольной лампе или вольтметру (рис. 59).

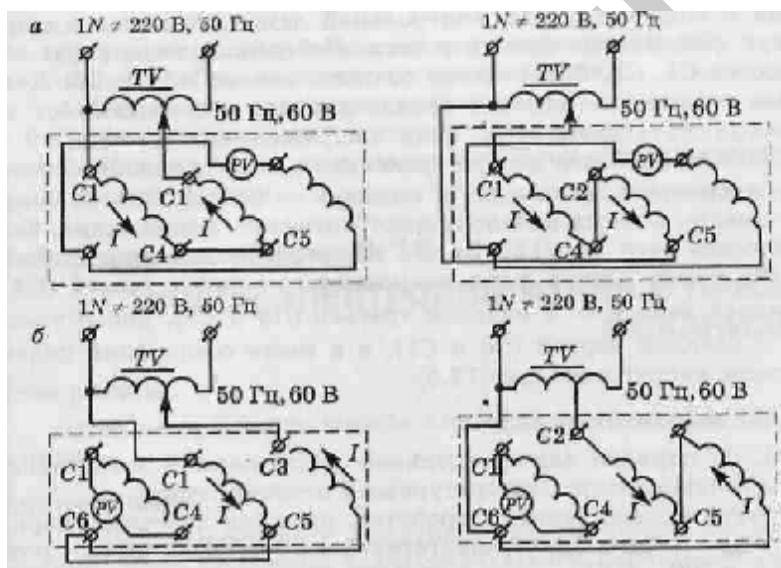


Рис. 59. Схема соединения выводов обмоток электродвигателя с целью их маркировки:

а – определение выводов 1-й и 2-й обмоток;

б – определение выводов 3-й обмотки

Если ЭДС этой фазы равна нулю, то первые две обмотки соединены одноименными выводами (будем считать их концами). Далее опыт повторяется таким образом, что фаза, ранее подключенная к вольтметру или контрольной лампе, меняется с одной из двух фаз, подключенных к сети. Найденные начала фаз

обозначаются С1, С2, С3, а концы соответственно С4, С5, С6. Дальнейшее соединение обмоток производится в зависимости от напряжения питающей сети. Если напряжение сети 380/220 В, являющееся наиболее распространенным, то соединение обмоток электродвигателя производят в «звезду» – концы обмоток соединяют вместе, а на их начало подают питающее напряжение. Если напряжение сети 220/127 В, что является мало распространенным, то конец первой фазы соединяют с началом второй (С4 и С2), конец второй – с началом третьей (С5 и С3), конец третьей – с началом первой (С6 и С1), а в месте соединения подают питающее напряжение (рис. 52).

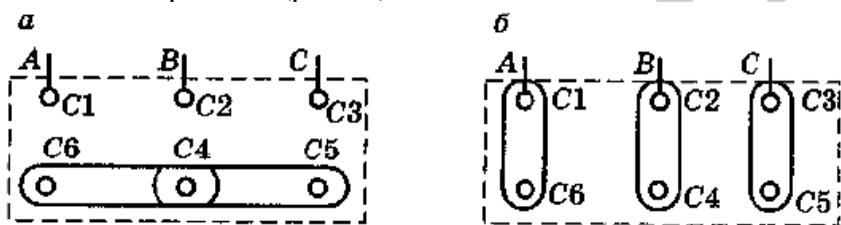


Рис. 60. Схема соединения проводов обмоток электродвигателя:

а – соединение обмоток звездой;

б – соединение обмоток треугольником

### Программа и методика выполнения работы

1. Изучить назначение, устройство, принцип действия, маркировку асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.
2. Изучит способы пуска асинхронных электродвигателей.
3. Составить принципиальную электрическую схему подключения электродвигателя с использованием устройства плавного пуска.
4. Изучить способы и порядок измерения, сопротивления изоляции обмоток электродвигателя.
5. Методом *Петрова* произвести маркировку выводов электродвигателя.

### Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Ответы на вопросы.

3. Принципиальная электрическая схема подключения устройства плавного пуска.
4. Выводы.

### **Вопросы для контроля усвоения материала**

1. Назначение асинхронных двигателей.
2. Маркировка электродвигателей серии 4А.
3. Устройство асинхронного электродвигателя с фазным ротором.
4. Способы пуска асинхронного двигателя.
5. Измерение сопротивления изоляции обмотки.
6. Схема соединения выводов обмоток электродвигателя с целью их маркировки.
7. Схемы соединения проводов обмоток электродвигателя.

## ГЛОССАРИЙ

### **Системы автоматизации (СА)**

Технические средства или совокупность технических и программных средств, обеспечивающих: 1) получение и представление информации о состоянии объекта автоматизации, ходе и параметрах протекающих процессов (функции контроля); 2) выработку и реализацию управляющих воздействий на объект автоматизации (функции управления).

### **Объект автоматизации**

Это сооружения, оборудование и коммуникации технологических и инженерных систем (трубопроводы технологические, воздухопроводы, дымоходы и т. п.) и происходящие в них процессы.

### **Отборное устройство** (относится к технологической части)

Устройство, устанавливаемое на технологическом оборудовании или трубопроводе и предназначенное для подвода контролируемой среды к приборам или измерительным преобразователям (датчикам).

### **Трубная проводка**

Совокупность труб и трубных кабелей (пневмокабелей), соединений, присоединений, защитных устройств и арматуры.

### **Диапазон входного напряжения**

Рабочий диапазон напряжения входной цепи.

### **Максимальное напряжение**

Максимально допустимое напряжение во входной цепи.

### **Уровень напряжения включения**

Минимальный уровень напряжения, при котором происходит включение точки входа.

### **Уровень напряжения выключения**

Максимальный уровень напряжения, при котором происходит выключение точки входа.

### **Полное входное сопротивление (импеданс)**

Входное полное сопротивление используется для вычисления силы тока на входе при определенном уровне рабочего напряжения.

### **Сила тока на входе**

Характерная сила тока для активного (вкл.) входа.

### **Программируемый логический контроллер (ПЛК)**

Микропроцессорная система, предназначенная для реализации алгоритмов логического управления.

### **Дискретный вход**

Входное соединение с ПЛК, которое преобразует электрический сигнал, идущий от внешнего устройства, в двоичный сигнал (вкл. или выкл.), считываемый ЦПУ при каждом цикле ПЛК.

### **Дискретный выход**

Выходное соединение от ПЛК, которое преобразует выход внутренней программы (0 или 1) в операцию включения или выключения выходного переключателя (транзистор, реле и т. д.). Это позволяет программе включать и выключать внешние нагрузки.

### **Структурная схема**

Определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязь.

### **Схема**

Совокупность элементов и цепей связи между ними, выполняющая определенную функцию.

### **Рабочая документация**

Документация, предназначенная для производства строительных и монтажных работ и выполняемая в соответствии с требованиями системы проектной документации для строительства (СПДС).

### **Монтажные схемы**

Это чертежи, показывающие реальное расположение компонентов как внутри, так и снаружи объекта, изображенного на схеме.

### **Индикаторы состояния**

Светодиоды, отображающие состояния (вкл./выкл.) входа или выхода. Все светодиоды обычно подключены к логическим входным или выходным цепям (а не к физическим входам или выходам).

## **Технические средства систем автоматизации, комплекс технических средств (КТС)**

Совокупность устройств (изделий), обеспечивающих получение, ввод, подготовку, преобразование, обработку, хранение, регистрацию, вывод, отображение, использование и передачу данных, разработку и реализацию управляющих воздействий.

### **НКУ (низковольтные комплектные устройства)**

Шкаф НКУ применяются в сетях постоянного и переменного тока напряжением до 1000 В.

### **Эксплуатационная документация**

Документация, предназначенная для наладки и дальнейшей эксплуатации средств автоматизации (в том числе эксплуатационная документация на составные части и компоненты систем) и разрабатываемая по требованиям ГОСТ 2.601 и ГОСТ 34.201 разработчиками АС и фирмами-изготовителями.

### **Помещения автоматики**

Специальные помещения в зданиях или отдельно стоящие здания, предназначенные для размещения технических средств систем автоматизации (диспетчерские, операторские, посты управления, аппаратные залы, вычислительные центры).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная*

1. Куценко, Г. Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок / Г. Ф. Куценко, – Минск : Дизайн ПРО, 2006, – 472 с.
2. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования / Н. В. Грунтович, – Минск : Новое знание; М. : ИНФА-М, 2013. – 271 с.
3. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – Москва, 2003. – 344 с.
4. Якубовская, Е. С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства: практикум / Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : БГАТУ, 2008. – 321 с.
5. Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – Минск : Новое знание; М. : ИНФА-М, 2006 – 376 с.
6. Коломинец, А. П. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации / А. П. Коломинец, Н. П. Петровна, С. И. Юран, И. Р. Ревович. – Москва : Колос, 2007. – 351 с.

### *Дополнительная*

7. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства: лабораторный практикум / Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова, А. А. Солдатенко. – Минск : ИНФА-М, 2011. – 196 с.
8. Воробьев, В. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации / В. А. Воробьев, – М. : КолосС, 2004. – 336 с.
9. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ): учебно-методическое пособие / В. В. Гурин, Е. С. Якубовская, И. П. Матвиенко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – 144 с.

### *Технические нормативные правовые акты*

10. ГОСТ 2.702–75 ( СТ СЭВ 1188–78). Правила выполнения электрических схем: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.702–69, кроме п.п.3.23-3.37, п.3.61 и приложения 1; введ.1977-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 34 с.

11. ГОСТ 2.710–81 ( СТ СЭВ 2182-80). Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.710–75; введ.1981-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 14 с.

12. ГОСТ 2.749–91. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.743–82; введ. 1993-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1992. – 58 с.

13. ГОСТ 2.759–82. Обозначения условные графические в схемах. Элементы аналоговой техники: ЕСКД. – Введен впервые 1983-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1982. – 14 с.

14. ГОСТ 19.701–90 (ИСО 5807-85). ЕСПД. Схема алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. – Взамен ГОСТ 19.003-80; введ.1992-01-01. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 26 с.

15. Строительные нормы и правила Системы автоматизации СНиП 3.05.07 85.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Репозиторий БГАТУ

## Приложение 1

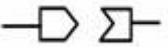
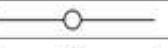
Таблица ПИ.1.

Удельное сопротивление материалов

Материал	Удельное сопротивление	Удельная проводимость
Серебро	0,016	62,5
Медь	0,01786	56
Золото	0,024	41,6
Алюминий	0,0286	35
Вольфрам	0,055	18
Латунь	0,071	14,1
Железо	0,1–0,15	$10^{-7}$
Свинец	0,21	4,8
Платиноиридиевый сплав	0,25	
Никелин	0,43	2,3
Константан	0,5	2
Хромоникель	1,1	0,91
Графит	13	0,08
Уголь	40	0,025
Твердые изоляторы	От $10^6$ и выше	$10^{-6}$
Фарфор	$10^{19}$	$10^{-19}$
Эбонит	$10^{20}$	$10^{-20}$
Жидкие изоляторы	От $10^{10}$ и выше	$10^{-10}$
Газообразные	От $10^{14}$ и выше	$10^{-14}$

Таблица ПИ.2.

Условные обозначения контактных соединений

Разъемные		
Неразъемные, разборные		
		
Неразъемные, неразборные		

## Обозначения устройств

Коды	Тип устройств	Пример
1	2	3
А	Электрические устройства	Усилители, приборы телеуправления, лазеры
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические и наоборот (кроме источников питания), датчики	Громкоговорители, микрофоны, чувствительные термоэлектрические элементы, детекторы ионизирующих излучений, сельсины
С	Конденсаторы	
Д	Интегральные микросхемы, микросборки	Устройства памяти, логические элементы
Е	Разные элементы	Осветительные устройства, нагревательные элементы
Ф	Разрядники, предохранители, защитные устройства	Элементы защиты по току и напряжению, плавкие предохранители
Г	Генераторы, источники питания	Батареи, аккумуляторы, электрохимические и электротермические источники
Н	Индикационные и сигнальные устройства	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы
К	Реле контакторы, пускатели	Реле токовые и напряжения, тепловые, времени, магнитные пускатели
Л	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения
М	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока
Р	Приборы, измерительное оборудование	Показывающие, регистрирующие и измерительные приборы, счетчики, часы

1	2	3
Q	Выключатели и разъединители в силовых схемах	Разъединители, короткозамыкатки, автоматические выключатели (силовые)
R	Резисторы	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы
S	Коммутационные устройства в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы
U	Преобразователи электрических величин	Модуляторы, демодуляторы, выпрямители, инверторы, преобразователи частоты
V	Электровакуумные, полупроводниковые приборы	Электронные лампы, диоды, транзисторы, диоды, тиристоры, стабилитроны
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны	Волноводы, диполи, антенны
X	Контактные соединения	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники
Y	Механические устройства	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны

Таблица П.4

Условные обозначения выключателей, выключателей, разъединителей

Тип	Замыкающий	Размыкающий
Однополюсный выключатель		
Однополюсный разъединитель		
Трёхполюсный выключатель		
Трёхполюсный разъединитель		
Трёхполюсный разъединитель с автоматическим возвратом (сленговое название – «АВТОМАТ»)		
Однополюсный разъединитель с автоматическим возвратом		
Нажимной выключатель (т.н. – «КНОПКА»)		
Вытяжной выключатель		
Выключатель с возвратом при повторном нажатии кнопки (можно встретить в настольных или настенных светильниках)		
Путевой однополюсный выключатель (также известен под именем «концевой» или «конечник»)		

Обозначение контактов реле контакторов

Тип	Замыкающие	Размыкающие
Обычные		
С замедлением при срабатывании		
С замедлением при возврате		
С замедлением при срабатывании и при возврате		

## Приложение 2

Таблица П2

Выбор теплового реле

Тип пускателя	Реле	Диапазон регулирования тока несрабатывания, А	Мощность электродвигателя кВт 380 В
ПМЛ (ЕТАЛ)	РТЛ-1005	0,6...1,0	0,37
	РТЛ-1006	0,95...1,6	0,55
	РТЛ-1007	1,5...2,6	0,75
	РТЛ-1008	2,4...4	1,5
	РТЛ-1010	3,8...6	2,2
	РТЛ-1012	5,5...8	3
	РТЛ-1014	7...10	4
	РТЛ-1016	9,5...14	5,5
	РТЛ-1021	13...19	7,5
	РТЛ-1022	18...25	11
	РТЛ-1053	23...32	15
	РТЛ-1055	30...41	18,5
	РТЛ-1057	38...52	22
	РТЛ-1059	47...64	25
РТЛ-1061	54...74	30	
ПМ, ПМК (АСКО)	РТ 1314	7...10	4
	РТ 1316	9...13	5,5
	РТ 1321	12...18	7,5
	РТ 1322	17...25	11
	РТ 1353	23...32	15
	РТ 1355	28...36	18,5
	РТ 1357	37...50	22
	РТЛ-1053	23...32	15
	РТЛ-1055	30...41	18,5
	РТЛ-1057	38...52	22
	РТЛ-1059	47...64	25
	РТЛ-1061	54...74	30

### Приложение 3

Лабораторный стенд «Монтаж средств автоматики» предназначен для монтажа и наладки средств автоматики и электрооборудования. Внешний вид стенда и состав представлен на рис. ПЗ.1.

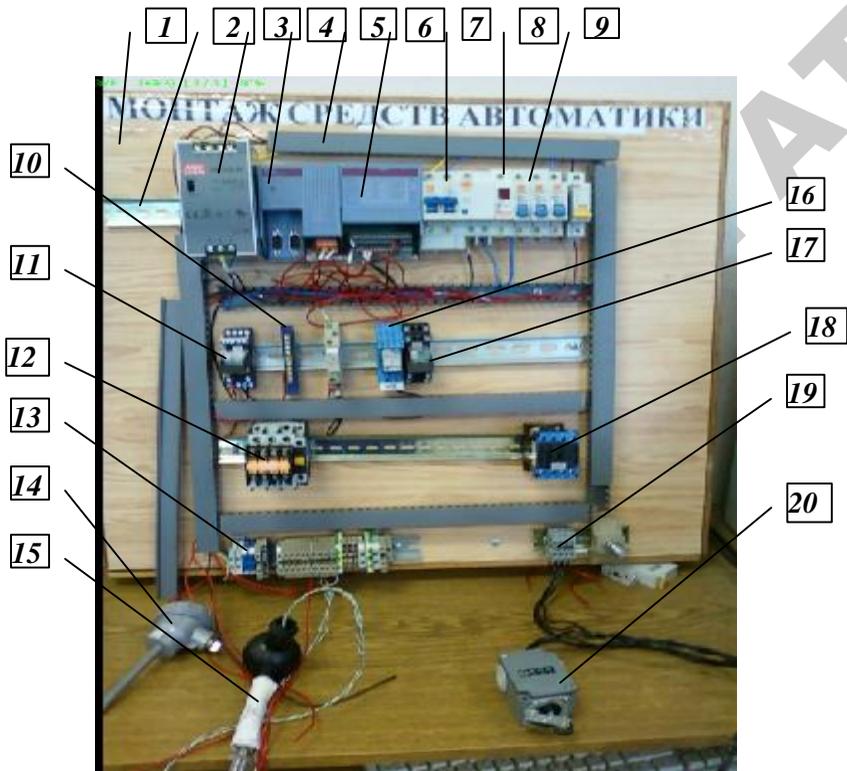


Рис. ПЗ.1 Внешний вид стенда:

1 – монтажная панель; 2 – DIN-рейка; 3 – блок питания; 4 – процессор CP430; 5 – кабель канал; 6 – комбинированный модуль CM211; 7 – дифференциальный автомат; 8 – индикатор наличия фазы; 9 – автоматические выключатели; 10 – шина нулевая в изоляторе; 11, 16, 17 – промежуточные реле; 12, 18 – пускатели; 13, 19 – клемники; 14, 15 – датчики температуры; 20 – концевой выключатель

## Приложение 4

### Характеристики контроллеров серии ALFA 2

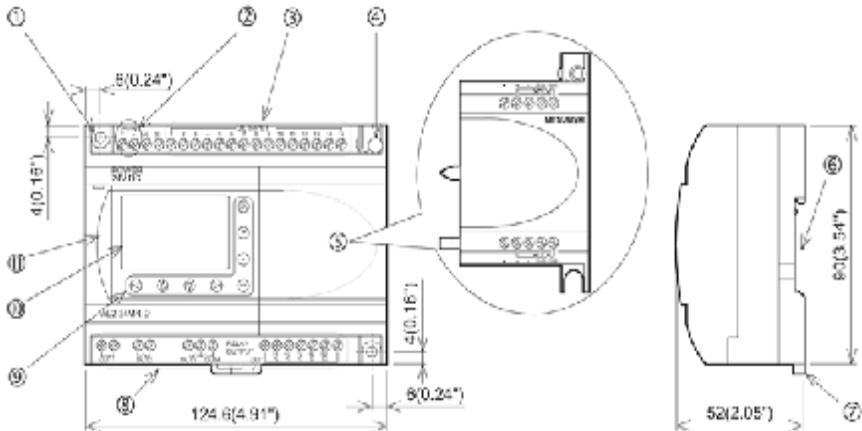


Рис. П4. Габаритные размеры и функциональные блоки контроллера:

1 – монтажное отверстие  $d$  4,2 мм; 2 – контактные клеммы подключения питания; 3 – контактные клеммы подключения входных цепей; 4 – монтажный винт для присоединения корпуса расширителя или расширительного модуля; 5 – корпус расширителя или расширительный модуль; 6 – канавка для установки в DIN-рейку; 7 – монтажные зажимы для установки на DIN-рейку; 8 – выходные контактные клеммы; 9 – операционные клавиши; 10 – жидкокристаллический дисплей; 11 – крышка порта связи для программирования

## Приложение 5

### Технические характеристики контроллеров серии ALFA 2

Таблица П5.1

#### Параметры источника питания

Наименование	Код	Значение параметра
Источник питания	AL2-***A	100–240 В переменного тока, Гц
	AL2-***D	24 В постоянного тока, +20% –15%
Максимальная продолжительность кратковременного перерыва в подаче электропитания	AL2-***A	10 мс
	AL2-***D	5 мс
Максимальное потребление электроэнергии	AL2-24MR-A, 264 В	7,0 Вт
	AL2-24MR-D, 28,6 В	9,0 Вт
Типичное значение потребления электроэнергии (без специальных соединительных модулей)	AL2-10MR-A, 240 В	При всех включенных блоках ввода/вывода – 3,5 Вт; при всех выключенных 1,85 Вт
	AL2-10MR-D, 24 В	При всех включенных блоках ввода/вывода – 2,5 Вт; при всех выключенных 0,75 Вт
	AL2-14MR-A, 240 В	При всех включенных блоках ввода/вывода – 4,5 Вт; при всех выключенных 2,0 Вт
	AL2-14MR-D, 24 В	При всех включенных блоках ввода/вывода 4,0 Вт; при всех выключенных 1,0 Вт
	AL2-24MR-A, 240 В	При всех включенных блоках ввода/вывода 5,5 Вт; при всех выключенных 2,5 Вт
	AL2-24MR-D, 24 В	При всех включенных блоках ввода/вывода 5,0 Вт; при всех выключенных 1,0 Вт

Таблица П15.2

Технические характеристики контроллеров серии ALFA 2  
Характеристики входных цепей постоянного тока

Наименование				Сток (общий «-»)	Источник (общий «+»)
Входное напряжение				24 В, +20 % -15 %	24 В, +20 % – 15 %
Входной ток	Главный модуль	AL2-10MR-D	I01-I06	5,5 мА, 24 В	6,0 мА, 24 В
		AL2-14MR-D	I01-I08		
		AL2-24MR-D	I09-I15		
	AL2 4EX		E11-E14	5,4 мА, 24 В	5,4 мА, 24 В
ВЫКЛ.-ВКЛ.	Главный модуль		I01-I15	Ток: 1,1–4,7 мА Напряжение: 4 В–18 В	Напряжение: 4–18 В
ВКЛ.-ВЫКЛ.	AL2 4EX		E11-E14	Напряжение: 4–18 В	Напряжение: 4–18 В
Время переходного процесса	Главный модуль			10–20 мс	
	AL2 4EX			10–20 мс	
Изолирующая цепь	Главный модуль			Не имеется	
	AL2 4EX			Оптронная пара	
Индикация функционирования				Жидкокристаллический дисплей	

## Характеристики аналоговых входных цепей

Наименование	Характеристики аналоговых входных цепей
Количество точек ввода входного сигнала	6 (I01-I06): AL2-10MR-D
	8 (I01-I08): AL2-14MR-D, ): AL2-24MR-D
Диапазон аналогового входного сигнала	0–500
Разрешение	9 разрядов, 20 мВ (10В/500)
Время преобразования	8 мс
Входное напряжение	0–10 В постоянного тока
Полное входное сопротивление	142 кОм $\pm$ 5%
Общая точность	$\pm$ 5% (0,5 В постоянного тока)
Смещение / Коэффициент усиления	<p>Величина смещения = 0 при 0 В постоянного тока.</p> <p>Величина коэффициента усиления: 0–10 В = 0–500.</p> <p>Эти заданные по умолчанию величины могут быть изменены в функциональном блоке регулировки смещения/коэффициент усиления</p>
Температурный дрейф	$\pm$ 3 наименьших значений разряда

Таблица П15.4

Характеристики выходных цепей с переключающими реле

Наименование		Характеристики реле
Переключаемое напряжение		250 В переменного тока или менее, 30 В постоянного тока или менее
Максимальная резистивная нагрузка	AL2-10MR-*(O01-O04)	8А/общ.
	AL2-14MR-*(O01-O06)	
	AL2-24MR-*(O01-O04)	
	AL2-24MR-*(O05-O09)	2 А/точку (4 А/общ.)
	AL2-4EYR (E01-E04)	2А/точку
Количество циклов переключения за срок службы контактов / резистивная нагрузка	AL2-10MR-*(O01-O04)	100 000 циклов при токе 8 А 240 В переменного тока или 24 В постоянного тока
	AL2-14MR-*(O01-O06)	
	AL2-24MR-*(O01-O04)	
	AL2-24MR-*(O05-O09)	100 000 циклов при токе 2 А 240 В переменного тока или 24 В постоянного тока
	AL2-4EYR (E01-E04)	
Минимальная нагрузка		50 мВт (10 мА при 5 В постоянного тока)
Время переходного процесса		≤ 10 мс
Индикация функционирования		Жидкокристаллический дисплей
Изолирующая цепь		

Таблица П5.5

Характеристики транзисторных выходных цепей (модуль AL2-4EYT)

Наименование	Характеристики транзисторов
Переключаемое напряжение	5–24 В постоянного тока
Максимальная резистивная нагрузка	1 А/точку (8–24 В постоянного тока) 0,1 А/точку (5–8 В постоянного тока)
Минимальная нагрузка	1,0 мА
Максимальная индуктивная нагрузка	1 А/24 В постоянного тока (24Вт)
Время переходного процесса вкл./выкл.	$\leq 1$ мс
Токовая утечка при разомкнутой цепи	$\leq 0,1$ мА/24 В постоянного тока
Индикация функционирования	Жидкокристаллический дисплей
Изолирующая цепь	Оптронная пара

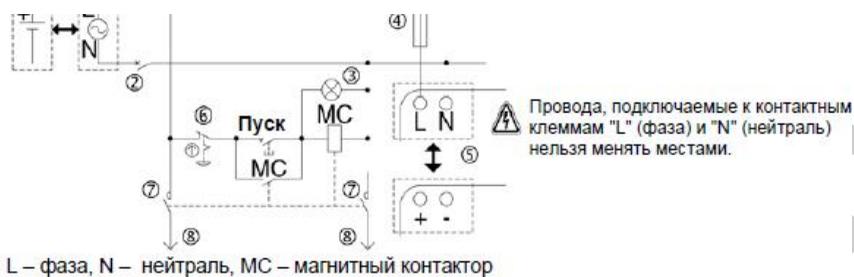


Рис. П5.1. Рекомендуемая схема электрических соединений источника электропитания с контактными клеммами питания

Пояснения к рис. П5.1:

1. Источник электропитания AL2\*\*\*\*A 100–240 В переменного тока, 50/60 Гц,

AL2\*\*\*\*D 24В постоянного тока.

2. Устройство отсоединения цепи.
3. Сигнальный индикатор включения электропитания.
4. Устройство защиты схем (1 А).
5. Главный блок контроллера.
6. Аварийный выключатель.
7. Контакты магнитного выключателя.
8. Электропитание для нагрузок.

## Схема подключения входов и выхода контроллера AL1-14MR D

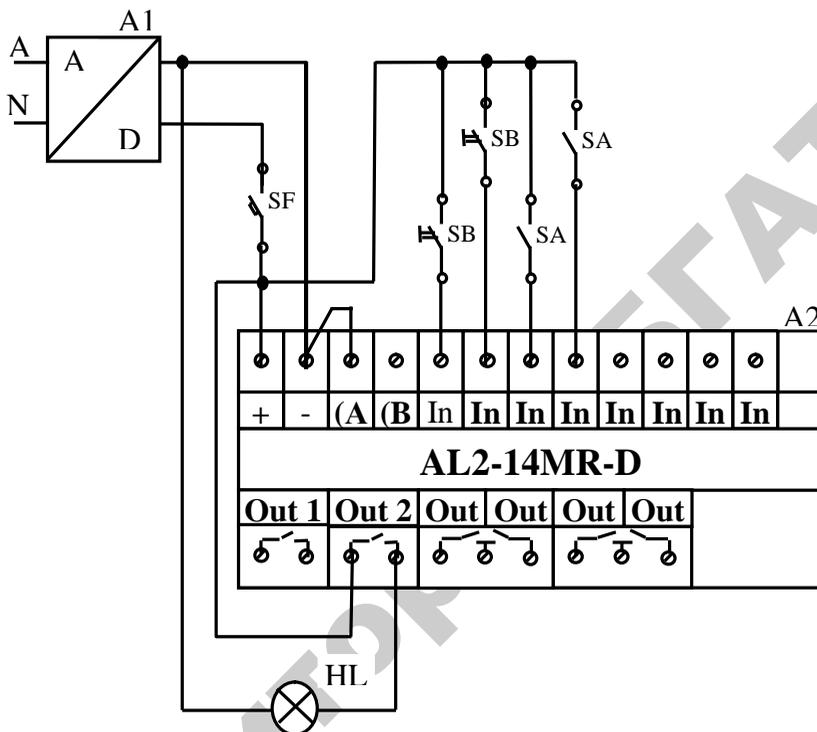


Рис. П5.2. Схема электрическая принципиальная подключения контроллера. Входы контроллера подключены к источнику питания с общим «+». Для этого между клеммами «-» и «А» контроллера ставится перемычка:

A1 – Блок питания 24 В; A2 – Контроллер AL2-14MR-D

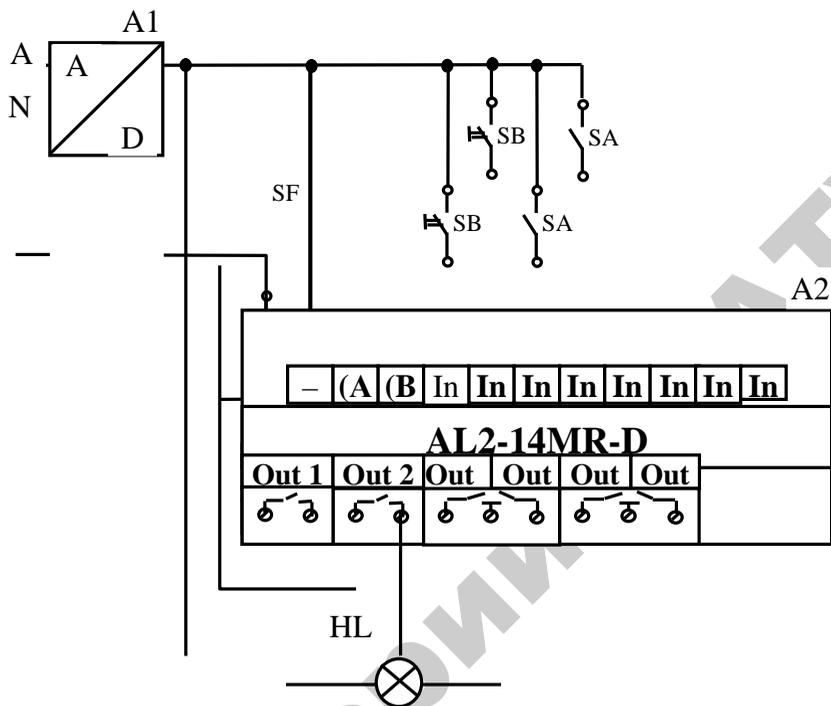


Рис. П5.3. Схема электрическая принципиальная подключения контроллера. Входы контроллера подключены к источнику питания с общим «-». Для этого между клеммами «-» и «В» контроллера ставится перемычка

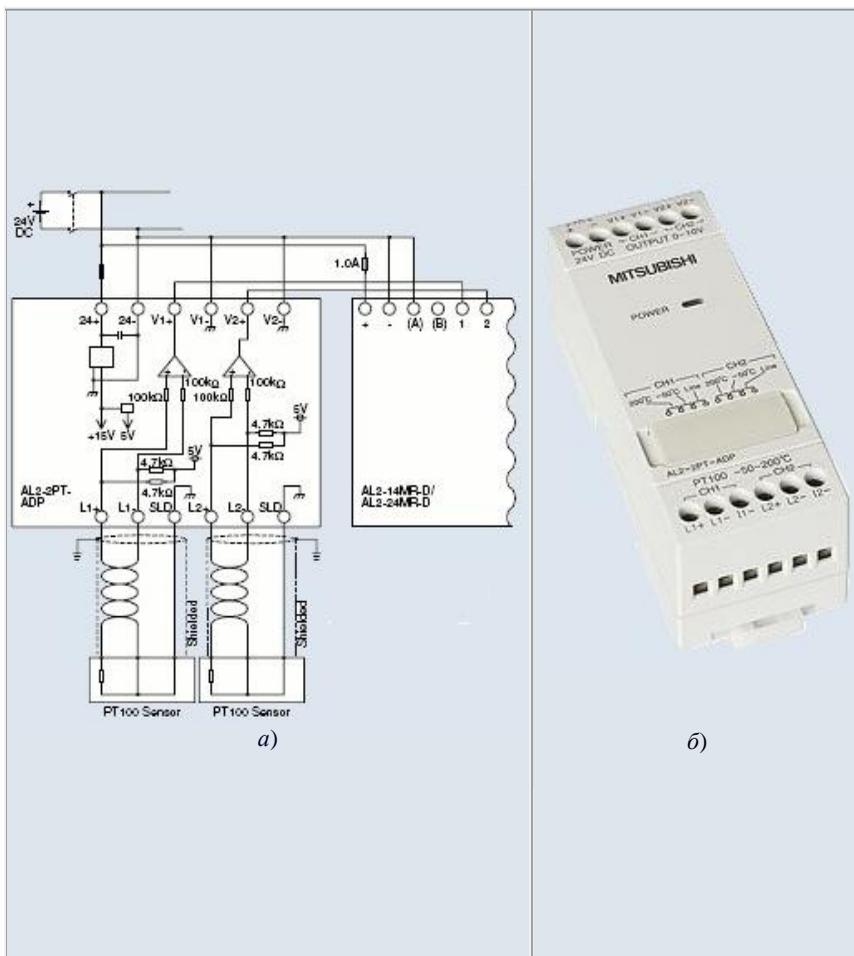


Рис. 115.4. Модуль AL2-2PT: а) схема электрическая принципиальная подключения модуля AL2-2PT-ADP к PT 100; б) внешний вид модуля

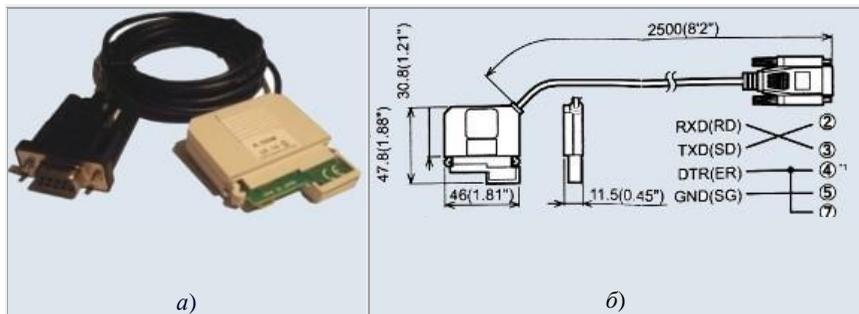


Рис. П5.5. Кабель программирования AL-232-CAB:  
а) внешний вид; б) схема подключения

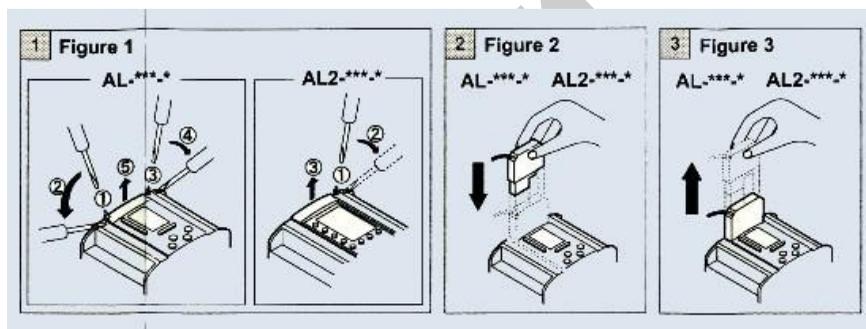


Рис. П5.6. Подключение кабеля программирования AL-232-CAB к ПЛК

## Приложение 6

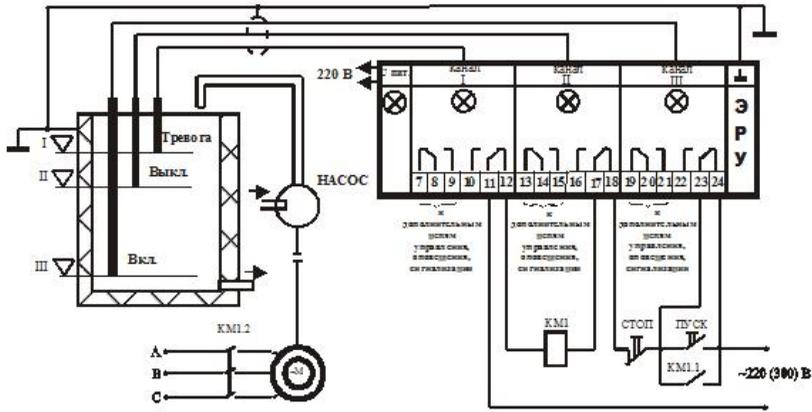


Рис. Пб.1. Пример использования ЭРУ в комплекте с датчиком уровня для управления работой насосной установки в режиме наполнения (водоподъема)

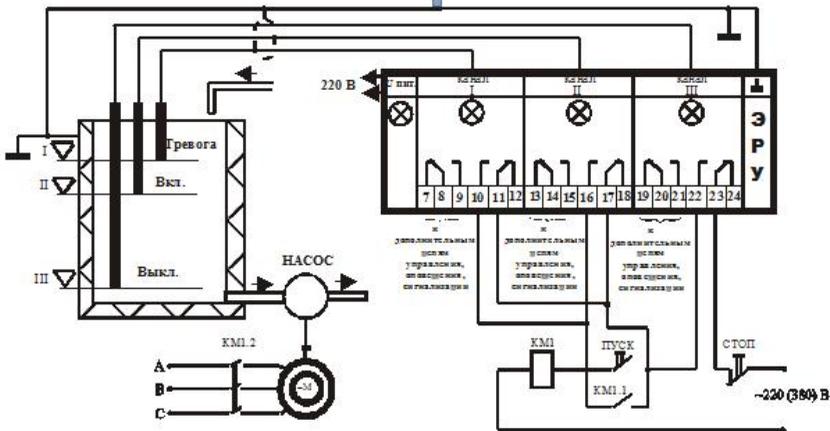


Рис. Пб.2. Пример использования ЭРУ в комплекте с ЭКМ (реле давления) для управления работой насосной установки в режиме слива (дренажа)

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

Учебное издание

**Жур** Анатолий Анатольевич

**МОНТАЖ  
СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ**

Лабораторный практикум

Ответственный за выпуск *И. И. Гируцкий*  
Редактор *В. А. Лукьянчук*  
Корректор *В. А. Лукьянчук*  
Компьютерная верстка *В. А. Лукьянчука*

Подписано в печать 15.02.2017. Формат 60×84<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 8,83. Уч.-изд. л. 6,90. Тираж 50 экз. Заказ 74.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.