

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по аграрному
техническому образованию в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по направлению специальности 1-74 06 05-01 «Энергетическое обеспечение
сельского хозяйства (электроэнергетика)»*

Минск
БГАТУ
2023

УДК 621.31(07)

ББК 31.28я7

С36

Составители:

старший преподаватель *Н. И. Павликова*,
кандидат технических наук, доцент *П. В. Кардашов*,
старший преподаватель *О. В. Бондарчук*

Рецензенты:

кафедра энергоэффективных технологий УО «Международный государственный
экологический институт им. А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета
(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *В. А. Пашинский*);
кандидат технических наук, доцент, заместитель директора ГП «Институт энергетики
Национальной академии наук Беларуси» *Н. Е. Шевчик*

Силовое оборудование электроустановок. Практикум : учебно-методическое
С36 пособие / сост.: Н. И. Павликова, П. В. Кардашов, О. В. Бондарчук. – Минск : БГАТУ,
2023. – 368 с.

ISBN 978-985-25-0223-8.

Учебно-методическое пособие состоит из теоретического курса, практических и лабораторных работ. Материал к каждому практическому занятию содержит цели и задачи занятия, задание для самостоятельной подготовки, индивидуальные задания. В приложениях приведены краткие сведения, необходимые для подготовки к выполнению практических и лабораторных работ.

Предназначено студентам учреждений высшего образования по направлению специальности 1-74 06 05-01 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (электроэнергетика)»

УДК 621.31(07)

ББК 31.28я7

ISBN 978-985-25-0223-8

© БГАТУ, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ	7
1.1. Виды и типы электрооборудования. Исполнение оборудования в соответствии с внешними воздействующими факторами (ВВФ)	7
1.2. Конструктивное исполнение силового электрооборудования. Область применения в соответствии с ВВФ	16
1.3. Выбор типов и расчет электрических параметров аппаратов управления и защиты	27
Практическая работа 1. Расчет и выбор силовых шкафов, вводных устройств, аппаратов защиты для распределительной и питающей сети силового электрооборудования	43
2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ..	59
2.1. Значение электрических нагрузок и особенности определения нагрузок сельскохозяйственных объектов. Система показателей для характеристики электроустановки. Определение электрических нагрузок методом технологического графика	59
2.2. Определение электрических нагрузок методом эффективного числа электроприемников. Компенсация реактивной мощности в сетях напряжением до 1 кВ. Расчет и выбор компенсирующих устройств	71
Лабораторная работа 1. Построение сменных и суточных графиков электрических нагрузок. Определение расчетных параметров по графику электрических нагрузок	82
Практическая работа 2. Расчет электрических нагрузок методом эффективного числа электроприемников	86
Практическая работа 3. Расчет и выбор компенсирующих устройств	100
3. СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	107
3.1. Виды схем, их характеристики и рекомендации для практического применения. Структурные схемы электрических сетей	107
3.2. Категории электроприемников по степени обеспечения надежности электропитания. Системы заземления в электроустановках	115

3.3. Расчет сечений проводников по нагреву. Проверка выбранных проводов и кабелей по потере напряжения на участках сети	125
3.4. Соответствие выбранных проводов и кабелей защите и требованиям ТКП. Расчет и выбор питающих кабелей	132
Лабораторная работа 2. Разработка структурных схем и выбор аппаратов управления и защиты	138
Лабораторная работа 3. Разработка схемы распределительной сети и схемы питающей сети	142
Практическая работа 4. Расчет сечений проводов и кабелей питающей сети	147
Практическая работа 5. Расчет сечений проводов и кабелей распределительной сети	151
4. ПЛАНЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ	163
4.1. Требования к выполнению планов силового оборудования в электроустановках. Пожаро- и взрывоопасные зоны в электроустановках согласно ПУЭ. Условные графические обозначения оборудования и электропроводок на планах	163
4.2. Выбор способа и вида прокладки проводов и кабелей. Конструкции для прокладки проводов и кабелей. Типы кабелей, используемые в электроустановках	174
4.3. Размещение вводно-распределительных устройств, силовых шкафов, аппаратов управления и защиты, их место установки в соответствии с ТКП и ГОСТ	181
Лабораторная работа 4. Разработка плана силового электрооборудования	184
5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ. .	209
5.1. Электрические схемы, виды, типы. Основные требования к выполнению схем управления, контроля и сигнализации. Режимы управления	209
5.2. Схемы сигнализации. Разработка принципиальных электрических схем управления по технологическому заданию. Выбор элементов схемы	222

Практическая работа 6. Составление схемы управления по технологическому заданию	237
Практическая работа 7. Расчет и выбор элементов схемы управления	250
Лабораторная работа 5. Разработка схем управления нереверсивным и реверсивным электроприводами по технологическому заданию	257
Лабораторная работа 6. Разработка и составление схем управления приводами с предупредительной сигнализацией о включении	264
6. ВНУТРИПЛОЩАДОЧНЫЕ СЕТИ	267
6.1. Генплан объекта	267
6.2. Выбор воздушных и кабельных внутриплощадочных электрических сетей	267
6.3. Прокладка кабельных линий в земле	270
6.4. Пересечение и сближение воздушных и кабельных линий с внутриплощадочными инженерными коммуникациями	271
6.5. Концевые и соединительные муфты для кабелей напряжением до 1 кВ	273
Лабораторная работа 7. Разработка плана внутриплощадочных сетей	278
7. СОСТАВЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ. СМЕТЫ	282
7.1. Технико-экономическое обоснование принятых решений по выбору силового оборудования в электроустановках	282
7.2. Составление спецификаций, опросных листов на отдельные виды электрооборудования и приборов	282
7.3. Сметы: локальные, объектные, сводные	285
Лабораторная работа 8. Заполнение спецификаций, разработка листа «Общие данные»	292
Практическая работа 8. Разработка схем соединений	295
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	304
ПРИЛОЖЕНИЯ	306

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с действующей программой учебной дисциплины «Силовое оборудование электроустановок».

В настоящее время «Силовое оборудование электроустановок» – одна из важнейших профилирующих учебных дисциплин, изучаемая студентами энергетических специальностей, которая призвана формировать высококвалифицированных специалистов в области проектирования электроустановок объектов АПК на решение инженерных задач, связанных с запросами современного производства.

Учебно-методическое пособие состоит из теоретического курса, практических и лабораторных работ.

Материал к каждому практическому занятию содержит цели и задачи занятия, задание для самостоятельной подготовки, индивидуальные задания. Материал к лабораторным занятиям содержит цель и задачи работы, краткие теоретические сведения, задание на самостоятельную подготовку к выполнению работы, описание методики и последовательности выполнения работы, требования к содержанию отчета по результатам ее выполнения, контрольные вопросы для подготовки к защите отчета.

В приложениях приведены краткие сведения, необходимые для подготовки к выполнению практических и лабораторных работ. Более полно теоретический материал, требуемый для подготовки к защите практических и лабораторных работ, изложен в рекомендуемой литературе.

Объем практических и лабораторных работ рассчитан с учетом предварительной тщательной подготовки к их выполнению – изучения необходимого теоретического материала и оформления отчета в соответствии с рекомендуемым в работе содержанием.

Учебно-методическое пособие учитывает требования действующих технических нормативных правовых актов (ТНПА).

1. СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

1.1. Виды и типы электрооборудования. Исполнение оборудования в соответствии с внешними воздействующими факторами (ВВФ)

1.1.1. Виды силового электрооборудования

Силовое электрооборудование представляет собой механизмы и приборы, основное назначение которых заключается в приеме, распределении и учете электрической энергии, а также ее контроле и управлении.

К силовому электрооборудованию относят [ГОСТ 21.613–2014]:

- трансформаторные комплектные подстанции;
- электрические сети для питания электроприемников напряжением до 1 кВ;
- управляющие устройства электроприводов до 1 кВ.

Электроустановками называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Основными *видами* силового оборудования в электроустановках до 1 кВ, при проектировании и эксплуатации сельскохозяйственных и других промышленных объектов, являются:

- вводно-распределительные устройства;
- силовые шкафы;
- силовые ящики;
- низковольтные комплектные устройства;
- пускозащитная аппаратура (магнитные пускатели, автоматические выключатели, предохранители, устройства защитного отключения);
- кабельная продукция и другое оборудование.

Все виды электротехнического оборудования подразделяются по трем обобщенным параметрам:

- 1 – электротехнические данные (параметры);
- 2 – конструктивные характеристики (параметры);

3 – классы электрооборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током.

Электротехнические данные (параметры) характеризуются номинальными данными (напряжение, род тока, его величина и др.), определяемыми при изготовлении того или иного оборудования.

Конструктивные характеристики (параметры) – это характеристики исполнения оборудования, учитывающие внешние воздействующие факторы и условия среды, в которых будет эксплуатироваться электрооборудование.

Электрооборудование, применяемое в электроустановках, согласно ГОСТ 12.2.007–75 и ССБТ «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», а также стандарта МЭК 536–94 подразделяется на классы: 0, 1, 2 и 3.

Классы электрооборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Применение электрооборудования в электроустановках напряжением до 1кВ

Класс	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановке
1	2	3	4
Класс 0	-	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс 1	Защитный зажим – знак  или буквы PE, или желто-зеленые полосы	При косвенном прикосновении	Присоединение заземляющего зажима электрооборудования к защитному проводнику электроустановки
Класс 2	Знак  – двойная изоляция	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс 3	Знак 	От прямого и косвенного прикосновения	Питание от безопасного разделительного трансформатора

1.1.2. Типы силового электрооборудования

В каждом здании на вводе предусматривают устройства для приема и распределения электроэнергии, а также защиты отходящих линий. Эти устройства могут быть различного конструктивного исполнения и комплектоваться всевозможными коммутационными аппаратами на вводе в устройство и аппаратами защиты отходящих линий.

Все вводные устройства подразделяются на:

- вводные (ВУ);
- вводно-распределительные устройства (ВРУ);
- силовые шкафы;
- силовые ящики.

Согласно ТКП 339–2021, *вводным устройством (ВУ)* называется совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или его обособленную часть.

Вводно-распределительное устройство (ВРУ) – совокупность конструкций, аппаратов и приборов, устанавливаемых на вводе питающей линии в здание или его обособленную часть, а также на отходящих от ВРУ линиях.

Вводные и вводно-распределительные устройства предназначены для приема, учета и распределения электроэнергии, а также защиты линий при перегрузках, коротких замыканиях и оттоков утечки на землю в трехфазных сетях напряжением 380/220 В переменного тока частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью.

Во вводных и вводно-распределительных устройствах в качестве аппаратов ввода, распределения и защиты используют: рубильники, переключатели, автоматические выключатели, предохранители, устройства защитного отключения. Для учета электроэнергии могут быть установлены счетчики и трансформаторы тока. При установке счетчиков обеспечивается возможность пломбирования испытательных коробок с зажимами в цепях тока. Дополнительно ВРУ могут оснащаться аппаратурой автоматического ввода резерва (АВР) и блоками автоматического или диспетчерского управления освещением.

Основные *типы*:

- вводных устройств: УВР, ВРУ-ТН – ОАО «Белэлектромонтаж»; ВРУ-Лег- фирма «Легир»; ВРУ-1 – ООО «Промэлектрокомплекс» и др.
- силовых шкафов: ПР11, ПР85 Лег, с автоматическими выключателями; ШР11 – с предохранителями; ПР88 Лег с автоматическими выключателями и приборами учета электроэнергии.

1.1.3. Исполнение оборудования в соответствии с ВВФ (внешние воздействующие факторы)

При проектировании и изготовлении электротехнических изделий обязательно учитывают воздействие факторов внешней среды, согласно ГОСТ 26883–86 (изм. 1989 г.). Внешние воздействующие факторы. Термины и определения. Внешние воздействующие факторы разделяют на: механические, климатические, биологические, радиационные, электро-магнитные, специальные среды, термические.

Механические факторы – это растяжение, сжатие, изгиб, кручение, срез, вдавливание, удар, ускорение (линейное или угловое, вызывающее перегрузки), вибрация, акустический шум.

Климатические факторы могут быть естественными (природными) и искусственными, которые создаются в ходе технологических процессов или иных условий эксплуатации оборудования.

Среди *климатических факторов* выделяют воздействия:

- солнечного излучения;
- влаги, содержащейся в воздухе, или смеси газов;
- выпадающих осадков (снег, дождь, изморозь, лед и т. д.);
- атмосферы (газовый состав, частицы пыли и песка);
- давления, его изменений и перепадов;
- воздействия движения среды (ветер, волновое движение жидкости и т. п.).

В *биологических факторах* обычно выделяют воздействия на технические системы: плесневых грибов; насекомых; грызунов; пресмыкающихся или животных.

В системе нормативных документов имеется целый ряд стандартов, определяющих характеристики климатических воздействий на изделия, которые учитываются при их изготовлении с целью обеспечения сохранения параметров изделий в пределах, установленных техническими условиями норм отклонений и допусков в течение расчетных сроков службы.

Основными из ряда упомянутых стандартов являются:

- ГОСТ 15150–69 (с изм. 2014 г.) «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранение и транспортирование в части воздействия климатических факторов внешней среды». Устанавливает нормы по климатическому исполнению и категории размещения электрооборудования.

– ГОСТ 15543.1–89 «Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам». Описывает требования к использованию изделий.

– ГОСТ 30331.3–95 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током». Устанавливает основные характеристики электроустановок зданий, которые необходимы для обеспечения их безопасности при эксплуатации.

В приведенных стандартах определяются типы климатов и макроклиматов, приводятся характеристики макроклиматических зон (районов, регионов) по условиям температуры и влажности, указываются географические положения различных климатических районов на земном шаре, называются критерии их разграничения, определяются требования к изготовлению изделий, границы и допуски возможных отклонений параметров этих изделий. Кроме того, в стандартах приводятся данные о соответствии между типами климатов и макроклиматов, определенных отечественными нормативными документами, типами и группами климатов по международным стандартам МЭК.

Типы климатов земного шара по ГОСТ 15150–69 (изм. 2014) следующие:

АХл – антарктический холодный – ниже $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$;

ЭХл – экстремальный холодный – ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ включительно;

Хл – холодный – ниже $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ включительно;

ХлУ – холодный умеренный – ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$, включая Беларусь;

ТпУ – теплый умеренный – $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше;

ТпСУ – теплый сухой умеренный – ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$;

ТпПр – теплый переходной – $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше;

МгТпС – мягкий теплый сухой – $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше;

ЭтпС – экстремальный теплый сухой;

ТпВ – теплый влажный;

ТпВР – теплый влажный равномерный;

ХлМ – холодный морской – ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$;

УМ – умеренный морской – $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше (географ. коорд. 30° и $>$);

ТМ – тропический морской – (географ. коорд. $< 30^{\circ}$).

Климат характеризует не только температура, но и ряд других показателей, которые здесь не представлены, так как в них нет необходимости при рассмотрении тематической задачи – климатическое исполнение электрооборудования.

Республика Беларусь относится к региону с *умеренным холодным климатом*.

С учетом характеристик климатов на земном шаре и исходных параметров макроклиматических районов с искусственно создаваемыми условиями расположения оборудования последним присваиваются условные обозначения климатического исполнения, приведенные в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Буквенное обозначение климатических районов

Исполнение (макроклиматический район)	Место эксплуатации изделий	Буквенное обозначение
Для макроклиматического района:		
С холодным климатом	Суша, реки, озера	ХЛ
С умеренно-холодным климатом	Суша, реки, озера	УХЛ
С умеренным	Суша, реки, озера	У
С теплым умеренным климатом	Суша, реки, озера	ТУ
С тропическим климатом – тропический сухой – тропический – влажный	Суша, реки, озера	Т ТС ТВ
Общеклиматическое исполнение	Суша, реки, озера	О
Для макроклиматического района		
С морским климатом	море	М
С тропическим морским климатом	море	ТМ
Общеклиматическое морское исполнение	море	ОМ
Всеклиматическое исполнение	Суша, море	В

Изделия, кроме климатического исполнения, изготавливают и классифицируют по *категориям размещения*. Условные обозначения категорий размещения приведены в табл. 1.3.

Обозначение категорий размещения оборудования

Характеристика мест размещения	Обозначение категории
– для эксплуатации на открытом воздухе;	1
– для эксплуатации под навесом или в помещении (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха не существенно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещений без теплоизоляции, а также в оболочке изделия категории 1;	2
– для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственного регулирования климатических условий;	3
– для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемые климатическими условиями;	4
– для эксплуатации в помещениях с повышенной влажностью	5

В стандарте указаны также характеристики дополнительных категорий, например, 4.1, 4.2, 5.1.

Для изделий, предназначенных для эксплуатации только в безвоздушной среде и (или) при атмосферном давлении менее 400 мм. рт. ст., в том числе на высотах более 4300 метров, понятие категории размещения не применяют.

Обозначение категории размещения оборудования допускается применять и для обозначения места его установки. Например, закрытое отапливаемое и вентилируемое помещение можно обозначить «категория размещения 4» или «помещение категории 4».

Обозначение изделий (маркировка) записывают в последовательности: климатическое исполнение (буквы), категория размещения (цифра или две цифры, разделенные точкой). Например, УХЛ2, В3.1.

На предприятии обеспечивают защиту обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими частями. Оценивая различные изделия, например, открытый рубильник, предохранитель, кнопку управления или электродвигатель, видно, что обуславливает доступ к токоведущим частям этих аппаратов – либо доступ свободен, либо невозможен даже при применении каких-либо посторонних предметов (провода). Все это зависит от принятого исполнения оболочки изделий, с учетом влияния ВВФ.

Оболочка – это часть изделия, обеспечивающая его защиту от некоторых внешних воздействий и от прямых контактов по всем направлениям. Здесь под прямым контактом понимают контакт людей или животных с токоведущими частями.

Для характеристики оболочек оборудования в электротехнике введено понятие – «степень защиты».

Степень защиты – это способ защиты, обеспечиваемый оболочкой от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и (или) воды и проверяемый методами испытаний.

Степени защиты оборудования оболочками, включая и электротехническое оборудование, регламентируется рядом государственных (межгосударственных и международных) стандартов:

– ГОСТ 154254–2015 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками», и другие.

В соответствии с требованиями названных стандартов конструкторской документации при разработке изделий заводы при их изготовлении выполняют оболочки этих изделий, соответствующие функциональному назначению, и указывают степени защиты, обеспечиваемые оболочками, и размещают маркировку (обозначение) этих степеней на самих изделиях для удобства их практического применения при эксплуатации.

Степени защиты, обеспечиваемые оболочками, обозначаются кодом международной защиты. Структурная схема кодового обозначения следующая:

IP X1 X2 X3 X4:

IP – буквы кода (от слов International Protection – международная защита);

X1 – первая характеристическая цифра (от 0 до 6 или буква X);

X2 – вторая характеристическая цифра (от 0 до 8 или буква X);

X3 – дополнительная буква (при необходимости) (буквы А, В, С или D, поясняющие вид контакта, где А – тыльной стороны руки, В – пальцем, С – инструментом, D – проволокой);

X4 – вспомогательная буква (при необходимости) (буквы Н, М или S, где Н – высоковольтные аппараты, М – состояние движения во время испытаний защиты от воды, S – состояние неподвижности во время испытаний защиты от воды).

В большинстве случаев обозначения степени защиты для общепромышленного оборудования состоят из четырех знаков: буквы IP и две цифры. Дополнительные и вспомогательные буквы (X3 и X4) применяются редко. Рассмотрим детально, что обозначается характеристическими цифрами (X1 и X2).

Первая цифра обозначает защиту от доступа к опасным частям, а также от проникновения внешних твердых тел. Оболочка обеспечивает защиту персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, табл. 1.4.

Степени защиты от доступа к опасным частям, обозначаемые первой
характеристической цифрой

0	От доступа к опасным частям нет защиты	От проникновения внешних твердых тел нет защиты
1	Защищено от доступа к опасным частям (далее – Д.О.Ч) тыльной стороной руки	Защищено от прикосновения твердых тел (далее – П.Т.Т.) диаметром >50 мм
2	Защищено от Д.О.Ч пальцем	Защищено от П.Т.Т. диаметром >12 мм
3	Защищено от Д.О.Ч инструментом	Защищено от П.Т.Т. диаметром >2,5 мм
4	Защищено от Д.О.Ч проволокой	Защищено от П.Т.Т. диаметром >1 мм
5	Защищено от Д.О.Ч проволокой	пылезащищенное
6	Защищено от Д.О.Ч проволокой	пыленепроницаемое

Испытания по признаку от «1» до «4» производятся с помощью щуп-предметов соответствующих размеров.

Вторая цифра обозначает степень защиты от попадания воды.

Значение цифр следующее:

0 – нет защиты;

1 – защита от вертикально падающих капель;

2 – защита от капель воды при наклоне оболочки до 15 градусов;

3 – защита от воды, падающей в виде дождя;

4 – защита от сплошного обрызгивания;

5 – защита от водяных струй;

6 – защита от сильных водяных струй;

7 – защита от воздействия при временном (непродолжительном) погружении в воду;

8 – защита от воздействия при длительном погружении в воду.

Из множества возможных комбинаций состояний степеней защиты ГОСТ 154254–2015 устанавливает сокращенный ряд степеней защиты для аппаратов общепромышленного использования на напряжение до 1000 В (кроме изделий для взрывоопасных сред, особых климатических условий и электробытовых приборов).

Изделия, предназначенные для эксплуатации в сельском хозяйстве, имеют следующие предпочтительные степени защиты: IP23, IP30, IP31, IP51, IP54, IP55.

Изделия, имеющие степень защиты IP41 и выше, допускается применять в среде с повышенной концентрацией вредных веществ.

Особо внимательно необходимо выбирать электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных помещений. Это относится к электродвигателям и пускозащитной аппаратуре, а также различного рода датчикам. Здесь надо

строго руководствоваться ПУЭ и другими нормативными документами, т. к. неверный выбор электрооборудования может привести не только к отказу работы электроустановки, но и к пожару или взрыву. Оборудование, устанавливаемое в пожароопасных зонах, согласно ПУЭ имеет степень защиты оболочки IP44, IP53, IP54.

Оборудование, устанавливаемое во взрывоопасных зонах в зависимости от класса взрывоопасной зоны, категории смеси, выполняется во взрывозащищенном исполнении в соответствии с требованиями ПУЭ.

Заканчивая вопрос о степенях защиты оболочек и их обозначениях, отметим, что бывают случаи, когда достаточно указать степень защиты только одной цифрой. Тогда вместо пропущенной цифры ставится знак “X”. Пример: IPX5, IP2X. Когда требуется дать дополнительную характеристику, стандарт допускает после цифры использовать дополнительную букву.

Классификация внешних условий, которые необходимо учитывать при проектировании и монтаже электроустановок зданий. Каждое внешнее условие обозначают кодом, состоящим из двух заглавных букв и цифр, следующим образом.

Первая буква обозначает общую категорию внешнего условия:

А – внешние воздействующие факторы окружающей среды;

В – условия пользования электроэнергией;

С – конструкция здания.

Вторая буква обозначает природу внешнего воздействующего условия.

Цифра обозначает класс внутри каждого внешнего воздействующего условия.

Например, код АС2 означает:

А – ВВФ окружающей среды;

АС – ВВФ – высота над уровнем моря;

АС2 – ВВФ – высота над уровнем моря 2000 м.

1.2. Конструктивное исполнение силового электрооборудования.

Область применения в соответствии с ВВФ

1.2.1. Конструктивное исполнение ВРУ и силовых шкафов

К конструктивным параметрам относят:

– климатическое исполнение оборудования;

– категория размещения;

– степень защиты оборудования, обеспечиваемая оболочками;

- способ монтажа;
- габаритные размеры, материал и т. п.

Существуют параметры, по которым выбирают конструктивное исполнение ВРУ и силовых шкафов. К ним относятся:

- категория надежности электроснабжения (первая, вторая, третья);
- место установки (условия эксплуатации, окружающая среда: взрывобезопасная, пожаробезопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, снижающих параметры изделия);
- способ установки (напольное, навесное, утопленное);
- степень защиты оболочки (IP31, IP44, IP54);
- схема ввода и распределения (радиальная, магистральная, смешанная);
- климатическое исполнение (У, УХЛ) и категория размещения (1...5);
- электрические параметры (ток аппаратов ввода и распределения, коммутационная способность, напряжение).

По конструктивному исполнению ВРУ представляют собой панели одностороннего обслуживания, которые могут быть объединены в щиты ГРЩ – главные распределительные щиты (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Вводно-распределительное устройство: а – ГРЩ; б – ВРУ

Компоновка вводного распределительного щита.

Внутри щит оснащается следующими аппаратами: трехфазные счетчики активной электроэнергии; трансформаторы тока (для питания токовых обмоток приборов учета); плавкие предохранители или автоматические выключатели; переключатели. В зависимости от категории надежности электроснабжения комплектация различается. Для потребителей первой категории требуется ВРУ с автоматическим включением резерва. Для второй и третьей – допускается использовать панели с ручным приводом переключателей.

Ввод питающих проводов и кабелей ВРУ осуществляется снизу, а вывод отходящих проводов и кабелей вверх и вниз через отверстия в съемных крышках (отверстия могут быть снабжены сальниками).

Конструктивно во ВРУ обеспечивается возможность пломбирования испытательных блоков с зажимами или сборок из наборных зажимов при использовании их в цепях учета. Также предусматривают внутреннее освещение для обслуживания и ремонта ВРУ при отключенном вводном аппарате. Панели имеют изолированную шину (N) и связанную с корпусом защитную (PE) шины, укомплектованные контактными зажимами.

Силовые шкафы с предохранителями (рис. 1.2, а) обеспечивают ввод и вывод проводников как сверху, так и снизу в любой комбинации через съемные крышки. На крышках шкафов со степенью защиты IP54 устанавливают сальники. Шкафы имеют изолированную шину (N) и связанную с корпусом защитную (PE), укомплектованные контактными зажимами. Степень защиты оболочки IP31, IP54, климатическое исполнение шкафа У2, У3, УХЛ3. Исполнение по способу установки – напольное.

Силовые шкафы с автоматическими выключателями (рис. 1.2, б) обеспечивают ввод и вывод проводников сверху и снизу через съемные крышки. На крышках шкафов степени защиты IP54 устанавливаются сальники. Шкафы имеют изолированную (N) и связанную с корпусом защитную (PE) шины, укомплектованные контактными зажимами. Степень защиты оболочки IP31, IP54, климатическое исполнение шкафа У2, У3. Исполнение по способу установки – напольное, навесное, утопленное, в зависимости от типа шкафа.

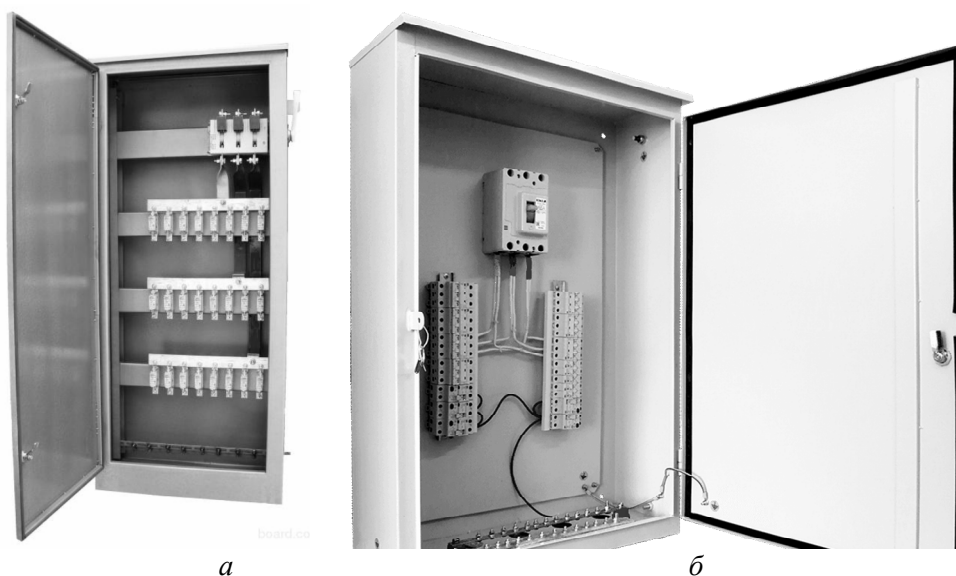


Рис. 1.2. Распределительные силовые шкафы:
а – ШР11– с предохранителями; б – ПР11 – с автоматическими выключателями

Внутренние электрические схемы соединений ВРУ

Для первой категории по надежности электроснабжения применяют вводно-распределительные устройства серии ВРУ-1 с АВР. Принципиальная схема первичных соединений вводно-распределительных устройств серии ВРУ-1 приведена в табл. 1.5.

Для второй категории по надежности электроснабжения применяют вводно-распределительные устройства без АВР серии ВРУ-1 Лег, ВРУ-1 «Белэлектромонтаж» и другие. Принципиальная схема первичных соединений приведена в табл. 1.6.

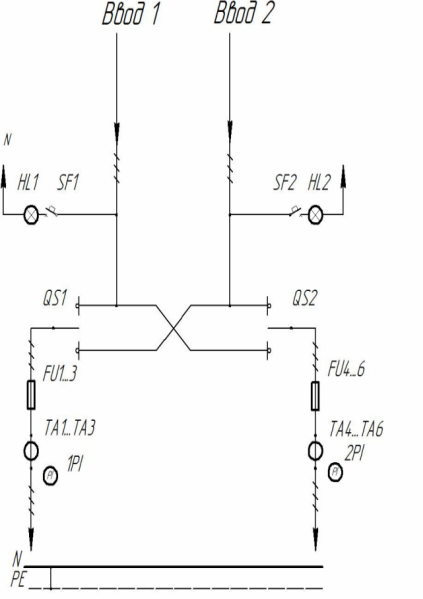
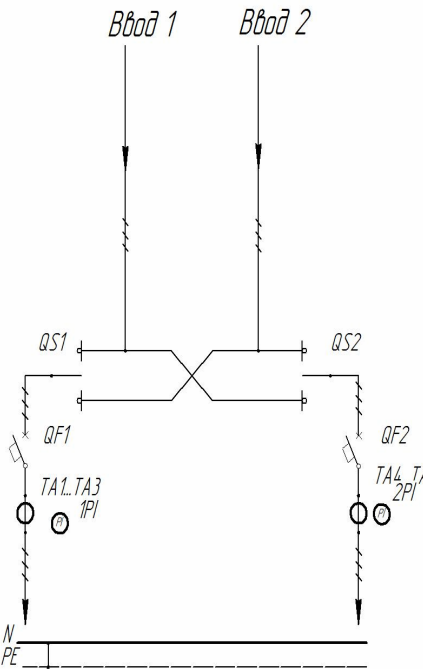
Для третьей категории по надежности электроснабжения применяют вводно-распределительные устройства серии ВРУ-1 Лег с одним вводом. Принципиальная схема первичных соединений приведена в табл. 1.7.

Таблица 1.5

Принципиальная схема первичных соединений ВРУ

Тип	Номинальный ток, А	Принципиальная схема первичных соединений	Элементы на схеме	
			Обозначение	Наименование
ВРУ-1-19-10УХЛ4 (панель АВР)	100		QS1, QS2	Разъединители-выключатели
			QF1...QF3	Авт. выкл. ВА57-35 100 А с эл. приводом
			1PI, 2PI	Счетчики
			TA1...TA6	Трансформаторы тока 100/5 А
			QF4, QF5	Автоматические выключатели

Принципиальная схема первичных соединений ВРУ

Номер схемы главной цепи	Номи- нальный ток, А	Принципиальная схема первичных соединений	Обозначение	Наименование
01	250		FU1...FU6	Предохранители ППН35-250А
			HL1,HL2	Лампа накаливания
			1PI,2PI	Счетчик ЭЭ8005 или СС-301
			QS1,QS2	Рубильники- переключатели ПЦ2-250А или ВР32-35В 71240
			SF1, SF2	Выключатели автоматические ВА47-63 1П 2А
TA1...TA2	Трансформаторы тока ТОР, ТАЛ 150/5, 200/5А			
09	100		QF1, QF2	Выключатели автомати- ческие ВА88-35 (или ВА57-35) 100А
			QS1,QS2	Рубильники- выключатели ВР32-100А
			1PI,2PI	Счетчик ЭЭ8005 или СС-301
TA1...TA6	Трансформаторы тока ТОР, ТАЛ 50/5, 100/5А			

Номер схемы главной цепи	Номи- нальный ток, А	Принципиальная схема первичных соединений	Обозначение	Наименование
22	250		HL1,HL2	Лампа накаливания
			FU1...FU3	Предохранители ППН35-250А
			FU4...FU18	Предохранители ППН33-100А
			QF1, QF2	Выключатели автоматические ВА47-63 1П 2А
			QS1, QS2	Рубильник-выключатель ВР19-250А
			1PI	Счетчик ЭЭ8005 или СС-301

Таблица 1.7

Принципиальная схема первичных соединений ВРУ

Номер схемы глав- ной цепи	Номи- нальный ток, А	Принципиальная схема первичных соединений	Обозначение	Наименование
13	250		QF0	Выключатели автоматические ВА88-35 (или ВА57-35) 160 А
			QF1...QF7	Выключатели автоматические ВА47-63 1П (Выключатели автоматические ВА47-63 3П) 63А
			1PI	Счетчик ЭЭ8005 или СС-301

Для ввода и распределения электрической энергии, защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях, для нечастых (до 6 в час) оперативных коммутаций электрических цепей и пусков асинхронных электродвигателей применяют пункты распределительные ПР85-Лег 1. Схемы электрические принципиальные ПР85-Лег 1 приведены на рис. 1.3 и 1.4.

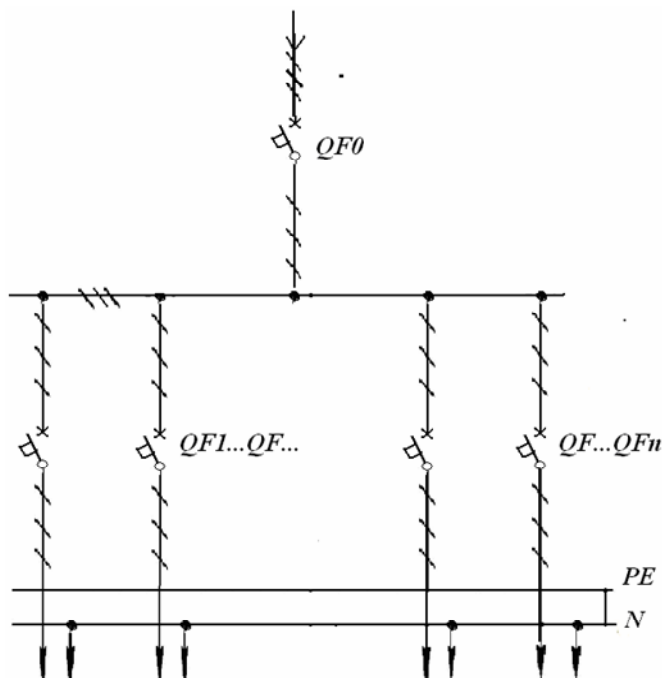


Рис. 1.3. Схема электрическая принципиальная ПР85-Лег 1 с вводным автоматическим выключателем

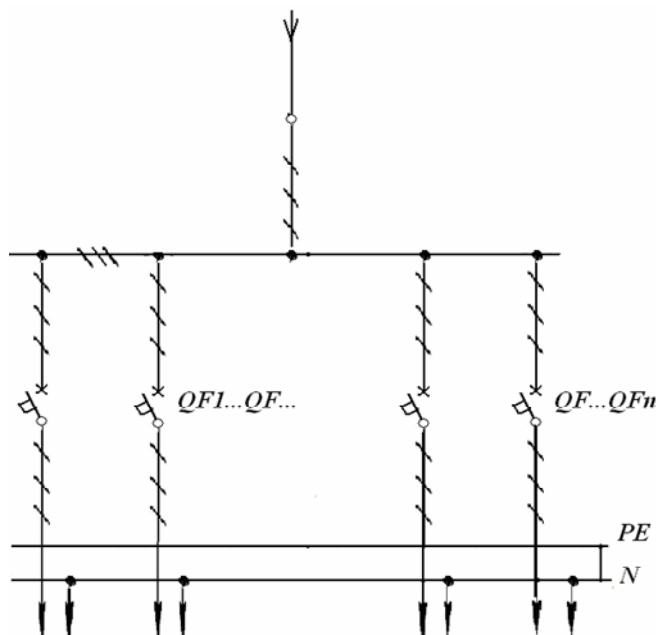


Рис. 1.4. Схема электрическая принципиальная ПР85-Лег 1 без вводного автоматического выключателя

Шкафы распределительные ШР-Лег 1 предназначены для приема и распределения электрической энергии в промышленных электроустановках, а также защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях в трехфазных сетях напряжением 400/230 В переменного тока частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью.

Шкафы ШР-Лег 1 изготавливаются:

- с вводным рубильником и предохранителями;
- с вводными рубильниками и автоматическими выключателями.

Схемы электрические принципиальные ШР-Лег 1 на рис. 1.5–1.7.

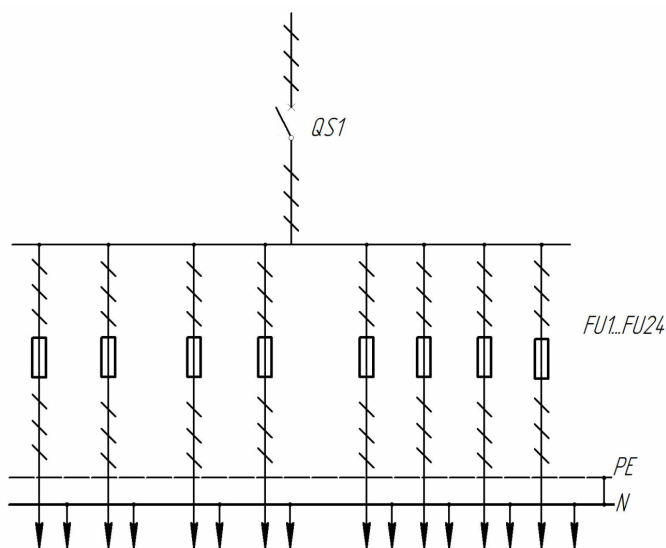


Рис. 1.5. Схема электрическая принципиальная ШР-Лег 1

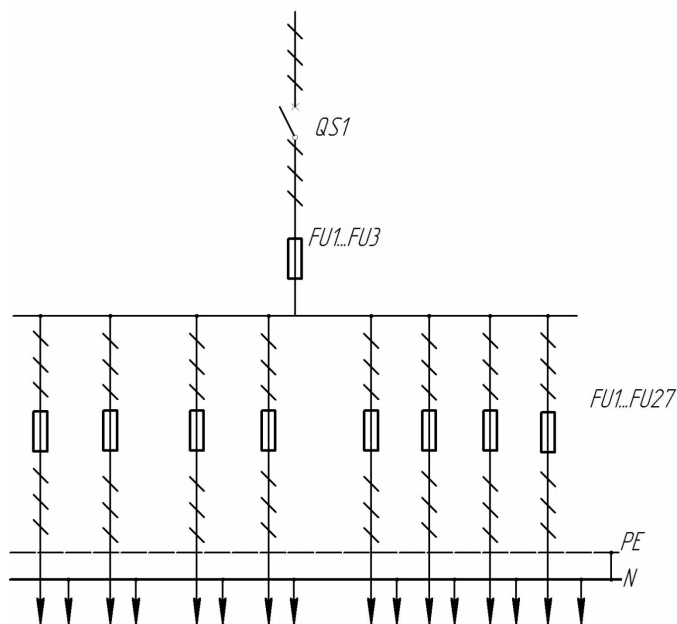


Рис. 1.6. Схема электрическая принципиальная ШР-Лег 1

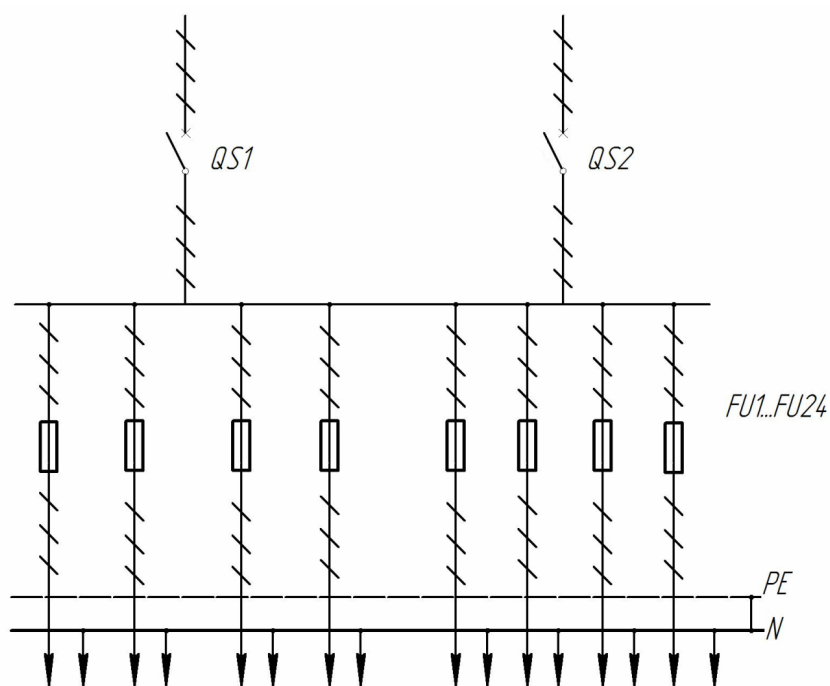


Рис. 1.7. Схема электрическая принципиальная ШР-Лег 1

1.2.2. Область применения в соответствии с ВВФ

Электрооборудование сельскохозяйственных объектов размещают в животноводческих и птицеводческих помещениях, цехах для влажных кормов, моющих, помещениях приводных устройств систем навозоудаления, складских, зарядки аккумуляторов, аммиачных компрессорных, теплицах, фруктохранилищах, зерносушильных отделениях и т. п.

В соответствии с ТКП 339–2021 помещения по условиям окружающей среды бывают:

- *сухие*, помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60%;
- *влажные*, помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %;
- *сырые*, помещения, в которых относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %;
- *особо сырые*, помещения, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол, предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);
- *жаркие*, помещения, в которых под воздействием различных тепловых излучений температура превышает постоянно или периодически (более 1 суток) +35 °С (помещения с сушилками, котельные и т. п.);

– *пыльные*, помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, которая может оседать на токоведущих частях, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.;

– *с химически активной или органической средой*, помещения, в которых постоянно или в течение длительного времени содержатся агрессивные пары, газы, жидкости, образуются отложения или плесень, разрушающие изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различаются:

– *помещения без повышенной опасности*, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

– *помещения с повышенной опасностью*, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий:

а) сырость или токопроводящая пыль;

б) токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные), высокая температура;

в) возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, открытым проводящим частям, с другой;

– *особо опасные помещения*, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

а) особая сырость;

б) химически активная среда или органическая среда;

в) одновременно два или более условий повышенной опасности;

– *территория открытых электроустановок* в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Поэтому при выборе оборудования необходимо учитывать следующие сведения:

1. Назначения, типы и характеристики помещений, в которых устанавливается электрооборудование.

2. Примерный перечень машин, механизмов и оборудования, эксплуатируемых в данных помещениях.

3. Климатическое исполнение электрооборудования и категории размещения.

4. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками:

а) для электрических машин;

б) для пускозащитной аппаратуры и комплектных устройств управления;

5. Классы электрооборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током.

Выбор исполнений электротехнических изделий в зависимости от окружающей среды при эксплуатации на объектах АПК представлен в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Выбор исполнений электротехнических изделий

Помещения, в которых размещается изделие	Климатическое исполнение, категория размещения	Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой изделия	
		для электрических машин	для электрических аппаратов, при установке вне щитов
1	2	3	4
Животноводческие и птицеводческие здания			
– помещения для содержания животных и птицы	УХЛ5, У5	IP44	IP54
– помещения для обслуживающего персонала	УХЛ4	IP44	IP23, IP40
– подсобные помещения	У3	IP44	IP21
– доильные залы, молочные, насосные	У5, У3	IP44	IP54
– моечные отделения	У5	IP44	IP54
– помещения приводных устройств навозоудаления	У2	IP44	IP54
– инкубатории	У3	IP44	IP54
Кормоприготовительные отделения, цеха, участки			
– цеха для влажных кормов	УХЛ5, У5	IP44	IP54, IP44
– вспомогательные помещения	УХЛ3	IP44	IP44
– складские помещения	УХЛ3, УХЛ4	IP44	IP40
Предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции			
– моечные отделения по переработке плодов и овощей	У5	IP44	IP54
– отделения, цеха переработки	У2, У3	IP44	IP44
Растениеводческие предприятия			
– теплицы, парники	У5	IP44	IP54
– цеха, помещения для протравливания семян	У5	IP44	IP54
– склады минеральных удобрений	У5	IP44	IP54

Помещения, в которых размещается изделие	Климатическое исполнение, категория размещения	Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой изделия	
		для электрических машин	для электрических аппаратов, при установке вне щитов
– пункты послеуборочной обработки зерна и других культур	У3	IP54	IP54
Хранилища			
– овощи, -плодо, -фруктохранилища	УХЛ5, У5	IP44	IP54, IP44
Предприятия по механообработке – мастерские, ремонтные отделения и т. п.	У4, У3	IP44	IP32
Вспомогательные здания и сооружения			
– котельные	У3, УХЛ4	IP44	IP23, IP30, IP44
– насосные станции	У3, УХЛ4	IP44	IP54, IP44
– гаражи закрытые	У3, УХЛ4	IP44	IP44
– стоянки открытые	У1, У2	IP44	IP44
Прочие помещения			
– склады отапливаемые	УХЛ3, УХЛ4	IP44	IP23, IP40,
– неотапливаемые склады, сараи и др. подсобные помещения	У1, У2, У5	IP44, IP54	IP54
– установки под навесом	У1, У2	IP44	IP54

1.3. Выбор типов и расчет электрических параметров аппаратов управления и защиты

1.3.1. Защита электродвигателей переменного тока до 1кВ с глухозаземленной нейтралью

Защита основной группы электродвигателей (ЭД), получившей массовое применение в отрасли сельского хозяйства – асинхронные электродвигатели переменного тока с короткозамкнутым ротором, напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью. Для данных электродвигателей согласно ТКП 339–2021 должны предусматриваться следующие защиты:

- а) от многофазных замыканий;
- б) от однофазных замыканий;
- в) от токов перегрузки, от минимального напряжения.

Отметим, что дополнительно к названным, предусматривается защита: для синхронных ЭД – от асинхронного режима (при невозможности втягивания в синхронизм); для ЭД постоянного тока – от чрезмерного повышения частоты вращения.

Защита от коротких замыканий (к. з.) электродвигателей постоянного и переменного тока, а также линий электропередачи, должна предусматриваться в электроустановках с заземленной нейтралью во всех фазах или полюсах.

Аппарат защиты – аппарат, автоматически отключающий защищаемую электрическую цепь при ненормальных режимах. К аппаратам защиты относятся: автоматические выключатели, УЗО, дифференциальные автоматические выключатели, предохранители и т. д.

Электрическими *аппаратами управления и защиты* (АУиЗ) называются устройства и механизмы в электроустановках, обеспечивающие включение и отключение электроприемников (ЭП) и участков сетей в нормальных режимах, а также защиту электроприемников и линий от всех видов ненормальных режимов. АУиЗ должен также обеспечивать надежное отсоединение ЭП и линий для проведения профилактических и ремонтных работ.

Под ненормальными режимами работы электроустановок при этом понимают:

- короткие замыкания (однофазные, двухфазные, трехфазные) на корпус, появление тока в нулевом проводе или на землю в приборах, аппаратах, электроприводах исполнительных механизмов задвижек, вентилей, кабелях и т. д.;
- перегрузки;
- резкое понижение напряжения и т. д.

Короткие замыкания возникают чаще всего из-за пробоя изоляции или перекрытия. Токи к. з. в несколько раз превосходят значения токов в нормальных режимах. Их тепловое и динамическое действие оказывает влияние на проводящие части и может привести к повреждению всей установки.

Тепловые перегрузки возникают при длительном повышении напряжения сети, обрыве фаз, а также в ЭД приводов задвижек при заедании и застопорении механизма. Тепловые перегрузки вызывают ускорение старения и разрушение изоляции, что приводит к коротким замыканиям.

В качестве аппаратов управления в электрических сетях напряжением до 1000 В используются: рубильники, пакетные выключатели, магнитные пускатели. Аппараты управления выбирают по роду тока, напряжению, мощности или току электроприемника, способу управления (ручное или дистанционное), исполнению.

Согласно ПУЭ для защиты электроприемников и сетей от тока короткого замыкания служат предохранители и автоматические выключатели без выдержки времени, а для защиты от перегрузок – автоматы с выдержкой времени и тепловые реле магнитных пускателей.

Аппараты защиты классифицируют:

- по роду тока (постоянный, переменный);
- по номинальному напряжению;
- по номинальному току;
- по частоте тока;
- по числу коммутационных цепей (однофазные, трехфазные).

Наиболее распространенная система переменного тока $\sim 380/220$ В с глухозаземленной нейтралью. В сетях управления: ~ 220 В, 42 В, 24 В, 12 В. Частота в энергосистеме: 50 Гц.

1.3.2. Основные технические требования по выбору параметров аппаратов управления и защиты

В зависимости от природы явления, которое положено в основу действия АУиЗ, их можно разделить на:

- аппараты ручного управления (рубильники, переключатели, выключатели, контроллеры), действие которых происходит в результате механического воздействия на них внешних сил;
- электромагнитные аппараты (магнитные пускатели, контакторы, электромагнитные реле), работа которых основана на электромагнитных силах, возникающих при работе аппарата.

В зависимости от выполняемых функций аппараты подразделяют на:

- коммутационные, предназначенные для включения и отключения различных цепей. Коммутационная аппаратура может быть неавтоматического управления (рубильники, переключатели, магнитные пускатели) и автоматического управления (реле, контакторы, автоматические выключатели);
- токоограничивающие и пускорегулирующие (реостаты, контроллеры);
- аппараты защиты электрических цепей (реле защиты, предохранители).

Выбор АУиЗ производится, исходя из номинальных данных электроприемников и параметров питающей их сети, требований в отношении защиты приемников и сети от ненормальных режимов, эксплуатационных требований, в частности, частоты включений и условий среды в месте установки аппаратов.

Основные технические требования по выбору параметров аппаратов управления и защиты:

1. Номинальное напряжение и номинальный ток аппарата защиты должны соответствовать напряжению сети и длительному расчетному току сети.

2. Номинальные токи плавких вставок предохранителей и уставок расцепителей автоматических выключателей необходимо выбирать по возможности ближе к длительному току электроприемника или сети.

3. Аппарат защиты должен обеспечивать надежное отключение при однофазных и трехфазных коротких замыканиях.

4. При использовании в цепях последовательно установленных нескольких аппаратов защиты должна обеспечиваться селективная защита.

5. Аппарат защиты не должен отключать установку при перегрузках, возникающих в условиях работы (при пуске электродвигателей).

6. Климатическое исполнение, степень защиты оболочки аппаратов защиты и управления, должны соответствовать тем условиям, в которых они эксплуатируются.

Защита от перегрузки должна отвечать условию в соответствии с ГОСТ 30331.3–95:

$$1. I_p \leq I_z \leq I_{\text{доп.кабеля}} \qquad 2. I_z \leq 1,45 I_{\text{доп.кабеля}} \qquad (1.1)$$

где I_p – расчетный ток сети, А;

I_z – ток защиты, А.

Наиболее распространенными аппаратами защиты в установках напряжением до 1000 В от токов к. з. являются предохранители.

1. Предохранители

Выбирают предохранители по следующим параметрам:

– номинальное напряжение предохранителя должно соответствовать напряжению сети:

$$U_{\text{н.пр}} \geq U_c; \qquad (1.2)$$

– предельно отключаемый ток должен быть больше максимального тока к. з. в цепи предохранителя:

$$I_{\text{пред.откл}} \geq I_{\text{к.з.макс}}; \qquad (1.3)$$

– номинальный ток основания предохранителя:

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{дл}}; \quad (1.4)$$

где $I_{\text{дл}}$ – длительный (расчетный) ток электроприемника или линии;

– номинальный ток плавкой вставки ($I_{\text{вст}}$) предохранителя должен удовлетворять двум условиям:

Первое условие:

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл}}, \quad (1.5)$$

Второе условие:

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{м}}}{\alpha}, \quad (1.6)$$

где $I_{\text{м}}$ – максимальная величина кратковременного тока, А;

α – коэффициент, зависящий от продолжительности и частоты пуска электродвигателя.

Значения коэффициента α для двигателя с нормальными условиями пуска (относительно редкие пуски и небольшая длительность разгона 5...10 с) принимаются равными 2,5, для двигателей с тяжелыми условиями пуска (длительность разгона до 40 с) коэффициент α принимается равным 1,6...2,0 (ПУЭ изд. 6 п. 5.3.56).

Для ответвлений к одиночным электродвигателям $I_{\text{м}} = I_{\text{пуск}}$.

Номинальный ток трехфазного электродвигателя определяется по формуле

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi}. \quad (1.7)$$

Пусковой ток электродвигателя (ЭД):

$$I_{\text{пуск}} = k_i \cdot I_{\text{н}}, \quad (1.8)$$

где k_i – кратность пускового тока ЭД.

Для цепей, питающих группу электроприемников, величину максимального тока определяют по формуле

$$I_{\text{м}} = I_{\text{пуск.наиб.}} + \sum_1^{n-1} I_{\text{н}}, \quad (1.9)$$

где $I_{\text{пуск.наиб.}}$ – пусковой ток одного ЭД или группы из нескольких одновременно включаемых ЭД, при пуске которого (которых) кратковременный ток линии достигает наибольшей величины, А;

$\sum_1^{n-1} I_{\text{н}}$ – длительный расчетный ток линии до момента пуска одиночного электродвигателя (группы электродвигателей), определяемый без учета рабочего тока пускаемого электродвигателя (или группы ЭД), А;

n – число электродвигателей в группе.

Следовательно, максимальный ток будет равен пусковому току наибольшего по мощности электродвигателя либо группы электродвигателей запускающихся одновременно, плюс номинальные токи остальных электроприемников.

2. Автоматические выключатели

Автоматические выключатели осуществляют более совершенную защиту электропроводок и электроприемников, чем плавкие предохранители и одновременно являются коммутационными аппаратами.

Автоматические выключатели выпускаются с расцепителями: электромагнитными, тепловыми и комбинированными.

Выбор автоматических выключателей:

– номинальное напряжение автоматического выключателя должно соответствовать напряжению сети:

$$U_{\text{н.авт.}} \geq U_{\text{с}}; \quad (1.10)$$

– номинальный ток автоматического выключателя должен соответствовать длительному (расчетному) току электроприемника или линии:

$$I_{\text{н.авт.}} \geq I_{\text{дл.}}; \quad (1.11)$$

– предельно отключаемый ток должен быть больше максимального тока к. з. в цепи автоматического выключателя:

$$I_{\text{пред.откл}} \geq I_{\text{к.з.макс}} ; \quad (1.12)$$

– номинальный ток любого расцепителя автоматического выключателя (электромагнитного, теплового, комбинированного) должен соответствовать длительному (расчетному) току электроприемника или линии

$$I_{\text{н.расц}} \geq I_{\text{дл}} . \quad (1.13)$$

Выбранные расцепители автоматических выключателей проверяют на правильность срабатывания.

Ток срабатывания отсечки электромагнитного или комбинированного расцепителя $I_{\text{ср.элм}}$ проверяется по максимальному кратковременному току линии.

$$I_{\text{ср.элм}} \geq K_{\text{нм}} I_{\text{м}} , \quad (1.14)$$

$$I_{\text{ср.эл}} = k_{\text{ср}} I_{\text{н.м.р}} . \quad (1.15)$$

где $I_{\text{н.м.р}}$ – номинальный ток максимального расцепителя:

$k_{\text{нт}}$, $k_{\text{нм}}$ – коэффициенты надежности соответственно расцепителей с обратно-зависимой от тока характеристикой и максимальных расцепителей, учитывающих разброс по токам срабатывания расцепителей ($k_{\text{нм}} = 1,1 - 1,2 \dots k_{\text{нт}} = 1,25 - 1,4$) или по заводским данным автоматических выключателей с коэффициентом запаса 1.1), см. ПУЭ п.1.7.79.;

$k_{\text{ср}}$ – кратность тока срабатывания максимального мгновенно действующего расцепителя по отношению к номинальному току расцепителя (по заводским данным автоматического выключателя).

Для ответвлений к одиночному электродвигателю максимальный кратковременный ток линии равен пусковому току электродвигателя.

Для цепей, питающих группу электроприемников, метод определения максимального кратковременного тока приведен ранее при выборе номинального тока плавкой вставки.

Ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой $I_{\text{ср.теп}}$ определяется по выражению:

$$I_{\text{ср.теп}} \geq k_{\text{нт}} I_{\text{дл}}, \quad (1.16)$$

$$I_{\text{ср.теп}} = I_{\text{н.м.р}}, \quad (1.17)$$

3. Электромагнитные пускатели и тепловые реле

Электромагнитные пускатели предназначены для пуска электродвигателей. Нагревательные элементы магнитного пускателя предназначены для защиты электродвигателя от перегрузки (при встроенном тепловом реле).

Электромагнитные пускатели выбирают:

– по номинальному напряжению:

$$U_{\text{н.п.}} \geq U_{\text{с}}, \quad (1.18)$$

– по номинальному току:

$$I_{\text{н.п.}} \geq I_{\text{дл}}, \quad (1.19)$$

– по номинальному напряжению обмотки (катушки) пускателя:

$$U_{\text{н.к.}} \geq U_{\text{н.у}}, \quad (1.20)$$

– по току нагревательного элемента магнитного пускателя:

$$I_{\text{т}} \geq I_{\text{дл}}, \quad (1.21)$$

где $U_{\text{н.п.}}$, $U_{\text{н.к.}}$, $U_{\text{н.у}}$ – номинальное напряжение пускателя, катушки пускателя, цепи управления (в которую включается катушка магнитного пускателя);

$I_{\text{дл}}$, $I_{\text{т}}$ – длительный расчетный ток линии, номинальный ток нагревательного элемента теплового реле пускателя;

Электротепловое реле выбирают:

– по напряжению реле:

$$U_{н.р} \geq U_c, \quad (1.22)$$

– по номинальному току реле:

$$I_{н.р} \geq I_{дл}, \quad (1.23)$$

– по току нагревательного элемента электротеплового реле:

$$I_T \geq I_{дл}, \quad (1.24)$$

где $U_{н.р}$, $I_{н.р}$ – номинальное напряжение и номинальный ток теплового реле;
 I_T – ток уставки нагревательного элемента электротеплового реле.

Ток теплового реле настраивают практически на номинальный ток электродвигателя с небольшим запасом, если по технологическим причинам возможна кратковременная перегрузка механизма.

4. Устройство защитного отключения (УЗО)

Для защиты человека от поражения электрическим током при случайном непреднамеренном прикосновении к токоведущим частям электроустановок при повреждениях изоляции, предотвращение пожаров вследствие протекания токов утечки на землю служат устройства защитного отключения (УЗО).

При выборе УЗО учитывают следующие параметры:

1. Номинальное напряжение УЗО должно соответствовать напряжению сети

$$U_n \geq U_c. \quad (1.25)$$

2. Номинальный ток УЗО должен соответствовать длительному (расчетному) току электроприемника или линии

$$I_n \geq I_{дл}. \quad (1.26)$$

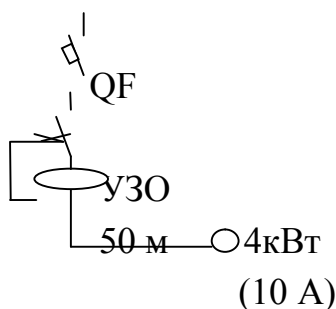
3. Номинальный отключающий предельный ток должен быть в 3 раза больше «фонового» тока утечки защищаемой цепи электроустановки, мА

$$I_{\Delta n} \geq 3I_y. \quad (1.27)$$

При отсутствии данных о токах утечки их следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки плюс ток утечки сети 10 мкА на 1 м длины фазного провода от места установки УЗО до клемм потребителей.

Например:

$$I_{yt} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ мА} \cdot 50 + 0,4 \cdot 10 = 4,5 \text{ мА}.$$



Шкала уставок диф. тока срабатывания УЗО
10, 30, 100, 300, 500, 1000, 2000 (мА)

1.3.4. Основные типы аппаратов управления и защиты

В сельских электроустановках в основном используют предохранители нормального действия. Быстродействующие предохранители практически не применяются.

Основные типы *предохранителей*, применяемых в проектах электроустановок:

1. ПП24-25-3723-00Х3:

ПП – предохранительные плавкие;

24 – номер серии;

25 – номинальный ток 25 А;

37 – номинальное напряжение 380 В;

2 – способ монтажа и вид присоединения проводников (на собственном основании, с передним присоединением);

3 – с указателем срабатывания, без бойка, без вспомогательных контактов;

00 – степень защиты;

Х3 – климатическое исполнение и категория размещения.

Предохранитель предназначен для защиты электрооборудования и электрических сетей с номинальным напряжением до 660 В переменного тока и 380 В постоянного тока при к. з. и перегрузках.

$$I_{н.вст} = 2; 4; 6,3; 10; 16; 20; 25 \text{ А.}$$

2. НПН2-60-0ХХ:

НПН – предохранитель с неразборной плавкой вставкой с наполнителем;

2 – номер серии:

60 – номинальный ток основания 60 А:

0 – с передним присоединением проводников:

ХХ – климатическое исполнение и категория размещения.

$$I_{н.вст} = 6; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63 \text{ А.}$$

3. ПН2-ХХХ-ХХХЗ:

ПН2 – серия

ХХХ – номинальный ток (100, 250, 400, 630 А)

$$I_{н.вст} \text{ (А): ПН2-100 – 31,5; 40; 50; 63; 80; 100;}$$
$$\text{ПН2-250 – 80, 100, 125, 160, 200, 250;}$$
$$\text{ПН2-400 – 200, 250, 315, 355, 400;}$$
$$\text{ПН2-600 – 315, 400, 500, 630.}$$

Характеристика данных, отмеченных в заглавии предохранителей, может быть определена на основании сравнительных показателей аппаратов примерно одного функционального назначения. Поэтому предохранители сравниваются с автоматическими выключателями.

Достоинства предохранителей:

1. Простота конструкции.
2. Дешевизна (стоимость меньше автоматических выключателей).
3. Надежность отключения.
4. Безотказность срабатывания при сверхтоках, значительных перегрузках и к. з.
5. Легко осуществляется селективность защиты.
6. Одновременно выполняют функции выявления поврежденного участка в сети и функцию отключения этого участка.

Недостатки предохранителей:

1. Перегорание предохранителей в одной фазе сетей приводит к работе электродвигателей в неполнофазном режиме.

2. Ненадежно защищают электроустановку при перегрузке (выдерживают длительно до одного часа – токи на 30 %–50 % выше номинальных; токи, превышающие номинальные на 60 %–100 % – менее одного часа).

3. Требуется значительное время обслуживающему электроустановку персоналу на восстановление при срабатывании предохранителя (необходимость замены плавких вставок или иногда и предохранителя в целом при единократном отключении).

4. Большой разброс срабатываний плавких вставок (до 50 % по току), т. е. нестабильность защитных характеристик.

5. Защитная характеристика за время эксплуатации изменяется (эффект старения).

6. Имеется зона нечувствительности.

7. Значительные габариты.

Автоматические выключатели (АВ) подразделяют на классификационные группы по следующим признакам:

1) по быстродействию;

2) по количеству и назначению расцепителей.

В свою очередь, по быстродействию автоматические выключатели подразделяются на быстродействующие (на токи 1500...15000 А, т. е. для больших электронагрузок), небыстродействующие (широко распространенные, используются в разных отраслях в т. ч. и сельском хозяйстве).

По второму признаку в зависимости от наличия тех или иных расцепителей автоматические выключатели подразделяются:

– с тепловыми расцепителями (срабатывает в зависимости от тока и его длительности);

– электромагнитными расцепителями (срабатывают почти мгновенно);

– комбинированными расцепителями (мгновенно срабатывает при сверхтоке и с выдержкой времени при перегрузке).

Некоторые типы автоматических выключателей, кроме названных, могут иметь независимые расцепители и расцепители минимального напряжения.

Независимый расцепитель предназначен для дистанционного отключения автоматического выключателя, расцепитель минимального напряжения отключает автоматический выключатель при исчезновении напряжения или при снижении напряжения ниже определенного уровня.

Автоматические выключатели с независимым и минимальным расцепителем применяют:

- для предотвращения самозапуска ЭД;
- для предотвращения опрокидывания ЭД.

При необходимости минимальный расцепитель можно использовать и как независимый – для дистанционного отключения выключателя.

В настоящее время промышленностью выпускаются различные типы автоматических выключателей, предназначенных для пуска и защиты электродвигателей, а также для защиты питающих и распределительных сетей. Среди них АП50Б – изготавливается на токи до 63 А. Допускает 30 циклов включения и отключения в час, по степени защиты оболочки IP20. Имеет все виды расцепителей: электромагнитный, тепловой, комбинированный, максимальный расцепитель в нулевом проводе.

Наиболее распространенные типы автоматических выключателей: АЕ20 (10–100 А), ВА47-29 (6–63 А) ВА51 (номинальные токи выключателей данного типа – 25, 100, 250 А). Изготавливаются они на разное климатическое исполнение, число полюсов, категории размещения и степени защиты оболочки, с различными расцепителями.

Рекомендации по практическому применению автоматических выключателей в проектах, области предпочтительного использования.

Автоматические выключатели рекомендуется применять в следующих случаях:

- 1) в электроустановках, где необходимо быстро восстановить электропитание;
- 2) в электроустановках, где необходимо обеспечить автоматическое отключение электроприемников при различных нормальных режимах работы;
- 3) на объектах и электроустановках, где требуется дистанционное включение электропитания;
- 4) для защиты электрических двигателей, как правило, применяются автоматические выключатели;
- 5) на объектах при реконструкции, где уже установлены, в основном автоматические выключатели.

Преимущества автоматических выключателей:

- 1) при ненормальных режимах (перегрузка, к. з.) отключают все фазы и исключают все неполнофазные режимы;

2) обеспечивают быстрое восстановление электропитания (включить автоматический выключатель быстрее, чем заменить сгоревшую вставку предохранителя), что существенно сокращает простои оборудования;

3) обеспечивают более совершенную защиту (у автоматических выключателей более точная защитная характеристика – т. е. лучшая время-токовая характеристика в сравнении с предохранителями).

4) более удобны в эксплуатации:

а) совмещают функции защиты и коммутации;

б) исключают использование некалиброванных элементов;

в) имеют вспомогательные контакты (например, при пожаре нужно отключить часть электроприемников – используются эти контакты);

г) могут управляться дистанционно.

Недостатки автоматических выключателей:

1) высокая стоимость;

2) низкая ремонтоспособность;

3) наличие подвижных частей и контактов (которые необходимо чистить);

4) отсутствие видимого разрыва (в части безопасности нужна особая осторожность);

5) время срабатывания тепловых расцепителей у некоторых автоматических выключателей зависит от малоуправляемых факторов, например, температуры окружающей среды $t_{\text{окруж.среды}}$.

Магнитный пускатель – электрический аппарат, который предназначен для пуска, остановки, реверсирования и защиты электродвигателя. Применяются в основном следующие типы – ПМЛ, ПМ12. Магнитные пускатели бывают реверсивные и нереверсивные, степень защиты оболочки: IP00, IP40, IP20, IP54, без теплового реле, а также с встроенным тепловым реле, кнопочными постами и сигнальными лампами.

Основные элементы:

– электромагнитная система (разъемный магнитопровод, на среднем корне которого размещена катушка);

– главные контакты;

– блок-контакты;

– дугогасительная камера.

Тепловое реле – это электрические аппараты, предназначенные для защиты электродвигателей от токовой перегрузки. Наиболее распространенные типы тепловых реле – ТРП, ТРН, РТЛ и РТТ. Реле типа РТЛ используют для магнитных пускателей серии ПМЛ.

Устройство защитного отключения – это электрический низковольтный аппарат, который служит для автоматического отключения защищаемого участка электрической цепи в случае возникновения дифференциального тока величины, превышающей допустимое значение для данного аппарата. УЗО выпускают на номинальные токи 63 А, 100 А и выше. Номинальный ток отключений (дифференциальный ток) –10, 30, 100, 300 мА и выше. Применяют в основном дифференциальные автоматические выключатели типа АД12, АД14 и дифференциальные выключатели типа ВД63 и др.

1.3.5. Особенности совместной работы защитных аппаратов

Предохранители проверяют на селективность защиты с другими предохранителями в линии, на обеспечение необходимой чувствительности, расцепители автоматических выключателей проверяют на правильность срабатывания и на селективность защиты с другими автоматическими выключателями.

Для случая, когда в схеме совместно работают несколько аппаратов защиты, кроме названных проверок, выполняют дополнительные:

а) предохранитель – магнитный пускатель с тепловым реле. Для такой схемы также надо проверить работу на селективность. Предохранитель должен сработать раньше, чем сработает электротепловое реле. Это условие выполняется, если выдерживается соотношение:

$$I_{к.з}/I_{вст} = 10 \dots 15, \quad (1.28)$$

где $I_{к.з}$ – ток короткого замыкания;

$I_{вст}$ – ток плавкой вставки предохранителя.

При выполнении соотношения (1.28) исключается выход из строя контактов магнитного пускателя.

б) предохранитель – автоматический выключатель. Если применить автоматический выключатель только с тепловым расцепителем, то последовательно с ним необходимо установить плавкий предохранитель.

Контрольные вопросы и задания

1. Что собой представляет силовое электрооборудование?
2. Какие виды силового электрооборудования вы знаете?

3. Назовите основные типы силового электрооборудования.
4. Какие классы электрооборудования вы знаете?
5. Назовите внешние воздействующие факторы.
6. Какое климатическое исполнение оборудования вам известно?
7. Что такое категория размещения, и какие категории вы знаете?
8. Что такое степень защиты оболочки?
9. Назовите классификацию внешних условий.
10. Какие конструктивные параметры ВРУ, силовых шкафов вы знаете?
11. Какое конструктивное исполнение низковольтных комплектных устройств вы знаете?
12. Назовите комплектующие изделия НКУ.
13. Укажите полезные площади НКУ.
14. Какие рекомендации при выборе электрооборудования по конструктивным параметрам в сельскохозяйственных электроустановках в соответствии с ВВФ вы знаете?
15. Какую защиту выполняют для двигателей переменного тока в сети до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью?
16. Назовите условия выбора предохранителей.
17. Какие существуют условия выбора автоматических выключателей?
18. Укажите условия выбора магнитных пускателей и тепловых реле.
19. Какие условия выбора устройств защитного отключения?
20. Назовите основные технические характеристики предохранителей, автоматических выключателей, магнитных пускателей.
21. Каковы особенности совместной работы защитных аппаратов?

Практическая работа 1

РАСЧЕТ И ВЫБОР СИЛОВЫХ ШКАФОВ, ВВОДНЫХ УСТРОЙСТВ, АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ И ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: получить практические навыки при расчете и выборе силовых шкафов, вводных устройств, аппаратов защиты для питающей и распределительной сети силового электрооборудования.

План работы:

1. По теоретическому материалу, приведенному в главе 1 данного учебно-методического пособия, изучить основные виды и типы, конструктивное исполнение силового электрооборудования, схемы внутренних соединений вводных устройств, силовых шкафов и распределительных пунктов, выбор типов и расчет электрических параметров аппаратов управления и защиты.

2. На примерах разобрать порядок выбора вводных устройств, силовых шкафов, аппаратов защиты питающей и распределительной сети силового электрооборудования.

3. По индивидуальному заданию рассчитать и выбрать вводные устройства, силовые шкафы, аппараты защиты питающей и распределительной сети силового электрооборудования.

4. По результатам расчетов и выбора сделать выводы.

Расчет и выбор силовых шкафов, вводных устройств, аппаратов защиты для питающей и распределительной сети силового электрооборудования рассмотрим на примерах для молочного блока.

Пример 1. Выбрать вводное устройство и силовые шкафы для молочного блока. Структурная схема питающей и распределительной сети представлена на рис. 1.

Расчетную нагрузку на вводе молочного блока определим методом эффективного числа электроприемников или другим методом.

$$I_{\text{расч}} = 80 \text{ А.}$$

На основании требований надежности электроснабжения объекта электроприемники молочного блока относятся ко 2-й категории, их необходимо запитывать от двух независимых источников питания. Напряжение питающей

сети 380/220 В. На вводе производим установку вводного устройства серии ВРУ-1 Лег-09-00-31 на два ввода. Устройство вводно-распределительное $I_n = 100$ А с рубильниками – выключателями ВР32-100А с $I_n = 100$ А, с шиной ``N`` и ``РЕ``. Способ установки устройства – напольный. В качестве аппаратов защиты принимаем автоматические выключатели.

Для приема и распределения электроэнергии в молочном блоке предусматриваем радиально-магистральную схему электрической сети.

Все электроприемники с учетом их расположения и принадлежности к технологическим линиям разбиваем на группы. Принимаем, что электроприемники 1, 2, 3, П1, П2, П3, П4 запитываются от распределительного пункта ШРВ. Электроприемники XS1, XS2, 4, 5, 6 запитываются от шкафа ШР. Остальные электроприемники 7; 8; 9; 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 запитываются от шкафа управления доильной установки (ШУ). Все распределительные пункты установлены в электрощитовой.

Выбор аппаратов защиты для питающей и распределительной сети силового электрооборудования

Пример 2. Выбрать аппараты защиты для силового шкафа (см. рис. 1).

Предварительно выбираем шкаф типа ПР85 с автоматическими выключателями $I_n = 63$ А.

Выбираем автоматический выключатель *QF1* для защиты линии к вентиляторам 1, 2, 3. $I_n = 0,62$ А.

$$I_{дл} = I_{н1} + I_{н2} + I_{н3} = 0,62 + 0,62 + 0,62 = 1,86 \text{ А.}$$

Определяем номинальный ток автоматического выключателя

$$I_{н.ав} \geq I_{дл}. \quad (1)$$

Определяем ток теплового расцепителя автоматического выключателя

$$I_{ср.тепл} = k_{нт} I_{дл}, \quad (2)$$

принимаем $k_{нт} = 1,2$

$$I_{ср.тепл} = 1,2 \cdot 1,86 = 2,32 \text{ А.}$$

Принимаем стандартное значение $I_{\text{ср.тепл}} = 4 \text{ А}$.

Выбираем автоматический выключатель $QF1$: АЕ2046 $I_{\text{н.ав}} = 63 \text{ А}$.

$$I_{\text{т.р}} = 4 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель $QF2$ для защиты линии к вентиляторам П1, П2 $I_{\text{н}} = 1,56 \text{ А}$.

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{нП1}} + I_{\text{нП2}} = 1,56 + 1,56 = 3,12 \text{ А}.$$

$$I_{\text{н.ав.}} \geq I_{\text{дл}} \quad 63 \text{ А} \geq 3,12 \text{ А}.$$

Определяем ток срабатывания теплового расцепителя автоматического выключателя по (2)

$$I_{\text{ср.тепл}} = 1,2 \cdot 3,12 = 3,74 \text{ А}.$$

Принимаем стандартное значение $I_{\text{ср.тепл}} = 4 \text{ А}$.

Выбираем автоматический выключатель $QF2$: АЕ2046 $I_{\text{н.ав}} = 63 \text{ А}$,

$$I_{\text{т.р}} = 4 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель $QF3$ для защиты линии к вентиляторам П3, П4 ($I_{\text{дл}} = 3,12 \text{ А}$). Выбор аналогичен, как и для $QF2$.

Принимаем силовой шкаф типа ПР85-Лег-3-008-1У3 с 3-полюсными выключателями АЕ2046 $I_{\text{н}} = 63 \text{ А}$, с тремя группами по 4А.

Пример 3. Выбрать аппараты защиты для шкафа ШР (см. рис. 1).

Предварительно выбираем шкаф с предохранителями типа ШР-Лег 01. Номинальный ток шкафа $I_{\text{н}} = 250 \text{ А}$.

Выбираем предохранитель $FU1$ для защиты линии к электрической плите мощностью 0,8 кВт.

Находим номинальный ток электрической плиты по формуле

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \quad (3)$$

где P_n – номинальная мощность плиты, Вт;

U_n – номинальное напряжение сети, В.

$$I_n = \frac{0,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1,2 \text{ А.}$$

$$I_{дл} = I_n = 1,2 \text{ А.}$$

Определяем номинальный ток предохранителя

$$I_{н.пр} \geq I_{дл}, \quad I_{н.пр} = 63 \text{ А.}$$

$63 \text{ А} \geq 1,2 \text{ А}$, условие выполняется.

Определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя

$$I_{вст} \geq I_{дл}, \tag{4}$$

Принимаем $I_{вст} = 2 \text{ А}$,

$2 \text{ А} \geq 1,2 \text{ А}$, условие выполняется.

Выбираем предохранитель *FU1*: $I_{н.пр} = 63 \text{ А}$, $I_{вст} = 2 \text{ А}$.

Выбираем предохранитель *FU2* для защиты линии к компьютеру мощностью 0,5 кВт.

Находим номинальный ток компьютера по формуле

$$I_n = \frac{P_n}{U_n}, \tag{5}$$

где P_n – номинальная мощность компьютера, Вт;

U_n – номинальное напряжение сети, В.

$$I_n = \frac{0,5 \cdot 10^3}{220} = 2,27 \text{ А.}$$

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{н}} = 2,27 \text{ А.}$$

Определяем номинальный ток предохранителя

$$I_{\text{н.пр}} \geq I_{\text{дл}}, I_{\text{н.пр}} = 63 \text{ А.}$$

$$63 \text{ А} \geq 2,27 \text{ А, условие выполняется.}$$

Определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл}},$$

Принимаем $I_{\text{вст}} = 4 \text{ А}$,

$$4 \text{ А} \geq 2,27 \text{ А, условие выполняется.}$$

Выбираем предохранитель *FU2*: $I_{\text{н.пр}} = 63 \text{ А}$, $I_{\text{вст}} = 4 \text{ А}$.

Выбираем предохранитель *FU3* для защиты линии к центрифуге лабораторной мощностью 1,5 кВт.

Находим номинальный ток электродвигателя центрифуги по формуле

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}} \cos \varphi \eta}, \quad (6)$$

где $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность электродвигателя, Вт;

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение сети, В;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

η – коэффициент полезного действия.

$$I_{\text{н}} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 0,81} = 3,3 \text{ А.}$$

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{н}} = 3,3 \text{ А.}$$

Определяем номинальный ток предохранителя

$$I_{\text{н.пр.}} \geq I_{\text{дл.}}, I_{\text{н.пр.}} = 63 \text{ А.}$$

$63 \text{ А} \geq 3,3 \text{ А}$, условие выполняется.

Определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя по двум условиям:

$$1. \quad I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл.}}, \quad (7)$$

$$2. \quad I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{max}}}{\alpha}, \quad (8)$$

где I_{max} – максимальный ток линии, для одного электродвигателя $I_{\text{max}} = I_{\text{п}}$;
 $I_{\text{п}}$ – пусковой ток электродвигателя;
 α – коэффициент, зависящий от условий пуска.

По первому условию $I_{\text{вст}} \geq 3,3 \text{ А}$.

По второму условию $I_{\text{вст}} = \frac{3,3 \cdot 7}{2,5} = 9,24 \text{ А}$.

Ток плавкой вставки выбираем по второму условию.

Принимаем $I_{\text{вст}} = 10 \text{ А}$,

$10 \text{ А} \geq 9,24 \text{ А}$, условие выполняется.

Выбираем предохранитель *FU3*: $I_{\text{н.пр.}} = 63 \text{ А}$, $I_{\text{вст}} = 10 \text{ А}$.

Выбираем предохранитель *FU4* для защиты линии, состоящей из бактерицидной установки мощностью 0,09 кВт и установки для приготовления моюще-дезинфицирующих растворов мощностью 1,0 кВт.

Находим номинальный ток бактерицидной установки по формуле (5)

$$I_{\text{н1}} = \frac{0,09 \cdot 10^3}{220} = 0,4 \text{ А.}$$

Находим номинальный ток установки для приготовления моюще-дезинфицирующих растворов по формуле (5)

$$I_{н2} = \frac{1,0 \cdot 10^3}{220} = 4,54 \text{ А.}$$

Определяем длительный ток линии

$$I_{дл} = I_{н1} + I_{н2} = 0,4 + 4,54 = 4,94 \text{ А.}$$

Определяем номинальный ток предохранителя

$$I_{н.пр} \geq I_{дл} \quad I_{н.пр} = 63 \text{ А.}$$

$$63 \text{ А} \geq 4,94 \text{ А, условие выполняется.}$$

Определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя

$$I_{вст} \geq I_{дл} ,$$

Принимаем $I_{вст} = 6 \text{ А}$, $6 \text{ А} \geq 4,94 \text{ А}$, условие выполняется.

Выбираем предохранитель FU4: $I_{н.пр.} = 63 \text{ А}$, $I_{вст} = 6 \text{ А}$.

Принимаем силовой шкаф типа ШР-Лег 01- IP31- У3 с 5-ю предохранителями ППНЗ3 $I_{н} = 63 \text{ А}$, ток плавкой вставки для первой линии 2А, второй – 4А, третьей – 10А, четвертой – 6А, пятая линия – резервная.

Индивидуальные задания для практических занятий

Выбрать вводное устройство и силовые шкафы, а также аппараты защиты питающей и распределительной сети силового электрооборудования для нижеприведенных объектов.

Задание 1. Свинарник

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Защитные аппараты							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	SB2	3	4	5	6
P_n , кВт	1,5	1,0		9	0,75	4	2,2
Наименование	Вентилятор	Вентилятор	Кнопочный пост	Нагревательный элемент	Насос	Транспортер навозоудаления горизонтальный	Транспортер навозоудаления наклонный

Задание 2. Кормоприготовительная для молодняка КРС

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	1	SB1	2	3	4	B1
P_n , кВт	0,75		1,1	1,1	4	1,5
Наименование	Задвижка	Пост управления	Транспортер	Транспортер	Измельчитель	Вентилятор

Задание 3. Коровник на 10 доильных коров

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	3	4	5	6	SB6
P_n , кВт	0,75	0,75	4	2,2	7,5	1,5	
Наименование электроприемника	Вентилятор	Вентилятор	Транспортер горизонтальный	Транспортер наклонный	Измельчитель	Шнек	Кнопочный пост

Задание 4. Насосная

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	5	
P_n , кВт	0,37		4	2,2	7,5	0,75	
Наименование электроприемника	За-движка	Кнопоч-ный пост	Насос	Насос	Электроводо-нагреватель	Вентилятор центробеж-ный	

Задание 5. Кормоцех 1

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	1	SB1	2	3	5	6
P_n , кВт	0,75		1,5	1,5	2,25	1
Наименование электроприемника	Подогреватель	Кнопочный пост	Транспортер	Вентилятор центробежный	Барaban мойки	Насос мойки

Задание 6. Кормоцех 2

Аппараты защиты								
Длина участка линии, м								
Аппараты отходящей линии (ввода)								
Длина, м								
Пусковой аппарат								
Длина, м								
Условное обозначение								
Номер на плане	1	2	3	4	5	6	SB6	
P_n , кВт	2,2	1,5	0,75	4	0,55	7,5		
Наименование электроприемника	Транспортер	Барaban мойки	Транспортер мойки	Измельчитель	Шнек	Насос	Кнопочный пост	

Задание 7. Участок хранения зерна

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	SB2	3	4	5	SB5
P_n , кВт	1,5	7,5		1,5	2,2	0,75	
Наименование электроприемника	Транспортер	Нория	Кнопочный пост	Транспортер	Транспортер	Задвижка	Кнопочный пост

Задание 8. Участок помола зерна

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
№ на плане	1	2	3	SB3	4	5	SB4
P_n , кВт	1,1	2,2	0,55		5,5	1,5	
Наименование электроприемника	Вентилятор центробежный	Транспортер	Задвижка	Кнопочный пост	Измельчитель	Шнек	Кнопочный пост

Задание 9. Мастерская

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м	75					
Аппараты отходящей линии (ввода)	FU1, FU2, FU3, FU4					
Длина, м	12, 15, 25, 18					
Пусковой аппарат	KM1, KM2					
Длина, м	4, 5, 30, 6, 8, 15, 3					
Условное обозначение						
Номер на плане	1	2	SB2	3	4	5
P_n , кВт	2,2	0,37		4	2,2	7,5
Наименование электроприемника	Насос	Задвижка	Кнопочный пост	Транспортер	Транспортер	Вентилятор центробежный

Задание 10. Цех разделения навозных стоков

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м	90						
Аппараты отходящей линии (ввода)	FU1, FU2, FU3, FU4						
Длина, м	15, 17, 19, 25						
Пусковой аппарат	KM1, KM4, KM5						
Длина, м	10, 25, 6, 5, 40, 8, 2						
Условное обозначение							
Номер на плане	1	SB1	2	3	SB3	4	5
P_n , кВт	1,6		2,2	1,5		1,5	4
Наименование электроприемника	Задвижка	Кнопочный пост	Барaban установки ФАН	Транспортер	Кнопочный пост	Вентилятор осевой	Вентилятор центробежный

Задание 11. Цех разделения навозных стоков

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	5	5SB
$P_{н}$, кВт	1,5		22	4+1,5	2,2	0,37	
Наименование электроприемника	Лебедка	Кнопочный пост	Насос НЖН-200	Установка ФАН	Насос	Вентилятор	Кнопочный пост

Задание 12. Кормоцех 3

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	B1	4	SB	1	2	3
$P_{н}$, кВт	1,5	0,37		2,2	2,2	2,2
Наименование электроприемника	Вентилятор центробежный	Задвижка	Кнопочный пост	Транспортер соломы	Транспортер соломы	Транспортер соломы

Задание 13. Здание КРС

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м	10	12	10	25	10	3
Условное обозначение						
Номер на плане	1	2	3	SB3	4	5
P_n , кВт	4	2,2	10		2,2	1,0
Наименование электроприемника	Транспортер горизонтальный	Транспортер навозоудалений наклонный	Установка (Установка) транспортировки	Кнопочный пост	Вентилятор приточный	Вентилятор вытяжной

Задание 14. Мехмастерская

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м	12	10	15	19	25	30	КОМПЛ
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	3	4	SB4	5	6
P_n , кВт	0,75	12	2,2	1,5		2,2+1,1	1,0+0,37
Наименование электроприемника	Насос	Электро-водонагреватель	Вентилятор	Вентилятор	Кнопочный пост	Таль электрическая	Станок

Задание 15. Кормоцех 4

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	5	5
P_n , кВт	10		2,2	5,5	1,5	0,75	2,2+1,1
Наименование электроприемника	Воздушный компрессор	Кнопочный пост	Транспортер	Измельчитель	Вентилятор	Задвижка	Таль электрический

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Назовите основные виды и типы, конструктивное исполнение силового электрооборудования.
2. Приведите схемы внутренних соединений вводных устройств, силовых шкафов и распределительных пунктов.
3. Как выбирают аппараты защиты для питающей и распределительной сети?

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1. Значение электрических нагрузок и особенности определения нагрузок сельскохозяйственных объектов. Система показателей для характеристики электроустановки. Определение электрических нагрузок методом технологического графика

2.1.1. Значение электрических нагрузок

Под электрической нагрузкой понимают величину электрического тока, протекающего в сети при включенном электроприемнике или группе электроприемников.

По величине электрической нагрузки производят выбор проводников (конструктивное исполнение, сечения и т. п.) на всех ступенях выработки, преобразования, передачи и распределения электроэнергии.

Электрические нагрузки определяют основные технико-экономические характеристики электрификации:

- ✓ виды и конструктивное исполнение линий электропередачи питающих и распределительных сетей;
- ✓ провода;
- ✓ трансформаторы (по пропускной способности нагрева и экономической плотности тока);
- ✓ потери, отклонения напряжения;
- ✓ расход электроэнергии.

Электрическую нагрузку измеряют в Амперах. Однако на практике оказалось более удобным использовать не величину тока, а мощность электроприемника, измеряемую в кВт, и уже на последней стадии расчетов перейти к току.

Под определением электрических нагрузок понимают расчет мощности рассматриваемого объекта. В первую очередь для выбора элементов систем электрификации необходимо знать:

– полная мощность S :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.1)$$

– расчетный ток:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}, \quad (2.2)$$

где I – расчетный ток, А;
 S – полная мощность, кВА;
 P – активная мощность, кВт;
 Q – реактивная мощность, кВАр;
 U – напряжение сети, кВ.

В практической работе оперируют с активной мощностью (P_{\max}). Зная эту величину, несложно вычислить и S и Q .

Активная мощность (P) – это составляющая полной мощности электрической цепи тока, которая преобразуется в другой вид энергии (механическую, тепловую).

Электрические нагрузки групп электроприемников, объединенных технологическим процессом, расположенных на определенной территории – это постоянно изменяющиеся величины: одни электроприемники отключаются, другие включаются, у третьих изменяется потребляемая из сети мощность из-за изменения, например, при загрузке приводимых машин и т. д. Эти изменения, как правило, носят случайный характер, а значит, точно определить нагрузку в каждый момент времени невозможно. При этом для достоверного определения величины нагрузки законами теории вероятностей ее величина может быть определена с той или иной степенью точности.

Завышение расчетных нагрузок приводит к:

- 1) перерасходу проводникового материала на линии всех ступеней электроснабжения;
- 2) увеличению мощностей трансформаторов на всех ступенях преобразования;
- 3) недоиспользованию заложенного в электроустановки оборудования;
- 4) неоправданному замораживанию средств и ресурсов, выделенных на электрификацию;
- 5) ухудшению технико-экономических показателей систем электрообеспечения.

Занижение ожидаемых электрических нагрузок ведет к:

- 1) уменьшению пропускной способности электрических сетей;
- 2) дополнительным потерям электроэнергии в сетях;
- 3) сокращению нормативного срока службы элементов систем электрообеспечения из-за перегрева проводников, аппаратов, трансформаторов, т. е. к удорожанию эксплуатации электроустановок;

4) недоиспользованию технологического оборудования, а значит, и недоотпуску продукции.

Все перечисленные факторы значения и роли электрических нагрузок для систем электрификации указывают на необходимость точного достоверного определения величин электрических нагрузок при проектировании.

В настоящее время считается, что при определении ожидаемых электрических нагрузок допустима ошибка в пределах $\pm 10\%$. Это величина достаточна для выбора оборудования. Для оценочных расчетов процент ошибки может быть несколько большим.

2.1.2. Особенности определения нагрузок сельскохозяйственных объектов

Методы определения электрических нагрузок, получившие распространение в промышленности, не всегда могут использоваться для сельского хозяйства, т. к. условия сельскохозяйственного производства имеют свою специфику, свои признаки и особенности, отличающиеся от промышленного производства. Для сельскохозяйственных потребителей характерна значительная удаленность от источников электроэнергии при относительно небольших нагрузках отдельных объектов, зависимость технологических процессов от погодных условий, сезонности, состояния животных и других малоуправляемых факторов.

Для объектов, где технологический режим осуществляется строго по времени, т. е. там, где обеспечивается ритмичность производства, наиболее точно расчетную электрическую мощность можно определить, построив *сменный или суточный график электрических нагрузок*. К производствам с ритмичным циклом работы относятся, прежде всего, сельскохозяйственные здания, в которых содержатся животные и птица. Здесь в соответствии с зоотехническими нормами ведется по времени кормление, поение животных, а также другие специфические процессы: доение, навозоудаление, яйцесбор и т. д.

Объекты, где не представляется возможным установить четкий по времени цикл работы технологического оборудования, где начало включения в работу электроприемников и продолжительность их включения носит случайный характер, но для которых можно подобрать аналог по технологическому процессу (сходные или одинаковые механизмы, а также режимы их работы), т. е. если аналогичен характер производства, имеются статистические данные коэффициентов спроса, использования, приведенные в справочной литературе, тогда

расчетную электрическую мощность этих электроустановок *определяют методом упорядоченных диаграмм (метод эффективного числа электроприемников) или методом коэффициента спроса, коэффициента использования*, а также другими методами, рассматриваемыми в дисциплине «Электроснабжение сельского хозяйства».

В сельскохозяйственном производстве этими методами определяют расчетную электрическую мощность так называемых объектов промышленного типа – мастерских по ремонту оборудования, молочно-доильных блоков, кормоцехов, компрессорных, гаражей, теплиц, котельных, т. е. сооружений, аналогичных по составу оборудования и режиму работы промышленным установкам.

2.1.3. Система показателей для характеристики электроустановки

В расчетах электрических нагрузок используют и определяют основные показатели, характеризующие электроустановку. Представим данные показатели ниже.

Установленная (номинальная) мощность

Установленная мощность (P_y) – это для отдельных электроприемников (ЭП) их номинальная мощность, т. е. паспортная мощность, определенная заводом-изготовителем. Величина этой мощности обозначается на заводской табличке оборудования.

Для агрегата с многодвигательным приводом под номинальной мощностью понимают наибольшую сумму мощностей одновременно работающих двигателей.

Для различных электроприемников за установленную мощность принимают:

- ✓ для электродвигателей длительного режима работы $P_y = P_H$.
- ✓ для электродвигателей кратковременного режима работы – мощность, приведенную к относительной продолжительности работы, равной единице.

$$P_y = P_H = P_{\text{пасп}} \sqrt{\text{ПВ}}, \quad (2.3)$$

где ПВ – паспортная продолжительность включения

- ✓ для ламп накаливания $P_y = P_{\text{лампы}}$
- ✓ для газоразрядных ламп $P_y = P_{\text{л}} \cdot k_{\text{пот}}$,

где $k_{\text{пот}}$ – коэффициент потерь мощности в пуско-регулирующем аппарате лампы;

- ✓ для светодиодных ламп $P_y = P_{\text{л}} \cdot k_{\text{др}}$,

где $k_{\text{др}}$ – коэффициент потерь мощности в драйвере.

Групповая номинальная установленная активная мощность для n -электроприемников в группе определяется как сумма номинальных мощностей всех электроприемников:

$$P_n = \sum_1^n P_n. \quad (2.4)$$

Аналогично реактивная мощность группы:

$$Q_n = \sum_1^n q_n, \quad (2.5)$$

где $q_n = p_n \cdot \text{tg} \gamma$ – реактивная мощность одного электроприемника, потребляемая из сети или отдаваемая в сеть при номинальной активной мощности и номинальном напряжении (для синхронных двигателей – при номинальном токе возбуждения);

$\text{tg} \gamma$ – паспортные или справочные значения коэффициента реактивной мощности.

Потребляемая мощность

Потребляемую мощность электроприемников (P_n) определяют как функцию загрузки электроприемника и его коэффициента полезного действия по формуле

$$P_n = k_3 \frac{P_n}{\eta}, \quad (2.6)$$

где P_n – номинальная мощность, кВт;

η – КПД электроприемника;

k_3 – коэффициент загрузки электроприемника.

Средняя мощность

Групповая средняя активная мощность за период времени T определяется как частное от деления расхода активной электроэнергии (W_a) всех электроприемников группы на длительность периода:

$$P_c = \frac{W_a}{T}. \quad (2.7)$$

Аналогично рассчитывается реактивная мощность:

$$Q_p = \frac{W_p}{T}. \quad (2.8)$$

В качестве средней мощности в расчетах применяется наибольшее возможное значение средней величины за наиболее загруженную смену продолжительностью $T=T_{см}$, где $T_{см}$ – продолжительность смены, то есть за смену с наибольшим электропотреблением группы электроприемников цеха, здания, предприятия в целом, с другой стороны:

$$P_c = \sum_1^n p_c; \quad Q_c = \sum_1^n q_c, \quad (2.9)$$

где n – число работающих электроприемников (резервные не учитываются),
 p_c, q_c – активная и реактивная мощности отдельных ЭП, входящих в группу.

Максимальная мощность

Величина, характеризующая электроустановку по наибольшей потребляемой мощности (P_n).

Максимальную мощность рассматривают:

- 1) как пиковую за короткий промежуток времени;
- 2) как величину, осредненную за какой-то определенный период (10, 30, 60 минут и т. д.).

Расчетная мощность

Это основная величина при расчете электрических нагрузок зданий, сооружений, целых предприятий. Под расчетной нагрузкой понимают такую неизменную нагрузку, которая эквивалентна фактически изменяющейся во времени нагрузки группы ЭП по наибольшему возможному тепловому воздействию на элементы системы электроснабжения (проводники, аппараты и др.). При этом за расчетную принимается максимальная из возможных нагрузок с продолжительностью действия равной какой-либо определенной установленной величине.

При определении параметров систем электрообеспечения правилами устройства электроустановок (ПУЭ) установлена длительность действия максимальной нагрузки:

$$T=3T_o, \quad (2.10)$$

где T_0 – постоянная времени нагрева проводника при протекании по нему электрического тока.

Для наиболее широко применяемых в электроустановках проводниковых материалов средних и небольших сечений в установках до 1000 В постоянная времени нагрева, определенная промежутком времени, когда нагрев достигает величины, примерно равной 95 % от установившегося значения, составляет 10 минут.

Таким образом, период действия максимальной нагрузки, принимаемой за расчетную: $T=3 \cdot 10=30$ мин.

Величину электрической нагрузки, действующей не менее 30 мин, называют *получасовым максимумом*. Получасовой максимум принимается за расчетную нагрузку P_p .

Коэффициент использования

Для отдельного электроприемника или для группы ЭП. Коэффициент использования ($K_{и}$) – это отношение средней активной мощности отдельного ЭП (P_c) или группы ЭП, средней активной мощности P_c за наиболее загруженную смену к номинальной мощности:

$$K_{и} = \frac{P_c}{P_n}; \quad (2.11)$$

для группы ЭП:

$$K_{и} = \frac{P_c}{\sum_1^n P_n}, \quad (2.12)$$

где n – число электроприемников (однородных).

Для однородных электроприемников, т. е. таких, которые имеют одинаковое технологическое назначение, сходные режимы работ и близкие значения реактивной мощности, коэффициенты использования практически одинаковы. Значения определяются на основе статистических данных и приводятся в справочной литературе.

Для группы, состоящей из разнородных по режимам работы электроприемников, т. е. с разными ($K_{и}$), определяют средневзвешенные коэффициенты по формуле

$$K_{\text{иср.взв.}} = \frac{\sum_1^n K_{\text{и}} P_{\text{н}}}{\sum_1^n P_{\text{н}}}, \quad (2.13)$$

где n – число подгрупп с однородными ЭП, входящих в данную группу.

Коэффициент расчетной мощности

Коэффициентом расчетной мощности (K_p) принимается величина, равная отношению расчетной активной мощности к значению $K_{\text{и}} P_{\text{н}}$ группы ЭП:

$$K_p = \frac{P_p}{K_{\text{и}} P_{\text{н}}}. \quad (2.14)$$

Величина зависит от эффективного числа электроприемников, от средневзвешенного коэффициента использования, от постоянной времени нагрева сети.

Значения K_p определяются по справочным таблицам или по номограммам.

Коэффициент спроса

Коэффициент спроса группы ЭП (K_c) – отношение расчетной активной мощности к номинальной мощности группы:

$$K_c = \frac{P_p}{P_{\text{н}}}. \quad (2.15)$$

Коэффициент одновременности

Коэффициент одновременности (K_o) – отношение расчетной мощности на шинах 10 кВ к сумме расчетных мощностей потребителей, подключенных к шинам 10 кВ:

$$K_o = \frac{P_p}{\sum P_p}. \quad (2.16)$$

Величина K_o зависит от числа присоединенных к шинам потребителей и коэффициента использования групп потребителей. Значение величины определяется по справочным таблицам (табл. 2.1).

Расход электроэнергии

Годовые расходы электроэнергии активной (W_{ar}) и реактивной (W_{pr}) определяются по выражениям:

$$W_{ar} = P_p \cdot T_m \cdot K_o; \quad W_{pr} = Q_p \cdot T_{mp} \cdot K_o, \quad (2.17)$$

где T_m (T_{mp}) – число часов использования максимума (активной, реактивной) мощности;

P_p , Q_p – расчетные нагрузки активной и реактивной мощностей;

K_o – коэффициент одновременности.

T_m – зависит от характера нагрузки и от величины нагрузки. Характер нагрузки: коммунальная, производственная, смешанная.

Таблица 2.1

Зависимость годового числа использования максимума T_m от расчетной нагрузки P_p

Расчетная нагрузка, P_p	T_m , ч, при характере нагрузки		
	коммунально-бытовая	производственная	смешанная
до 10	900	1100	1300
10–20	1200	1500	1700
20–25	1600	2000	2200
50–100	2000	2500	2500
100–250	2350	2700	3200
Более 250	2600	2800	3400

2.1.4. Определение электрических нагрузок методом технологического графика

Графиком электрических нагрузок (ГЭН) называют зависимость мощности, потребляемой электроустановкой, от времени за определенный период (смену, сутки, год).

Целью построения графика электрических нагрузок является определение основных показателей, характеризующих электроустановку (расчетную электрическую мощность на вводе здания P_p и расчетный ток I_p), а также определение других необходимых показателей (электропотребление W , средняя мощность за смену (сутки), средневзвешенное значение $\cos\phi$ и др.).

Определение основных показателей графика

Для построения графика необходимо проанализировать технологические операции, выделить длительно работающие ЭП. К ним могут относиться, например, дежурное электроосвещение, системы или отдельные механизмы, работающие в автоматическом режиме (принимаемые при построении ГЭН как работающие постоянно), а также другие механизмы по заданию технологов. Определить время включения и отключения электроприемников, работающих периодически. Выявить электроприемники, работающие не во все смены. При их наличии определяют влияние их включений на формирование максимума нагрузки. Например, моечные машины для проведения санобработки помещений. Они, как правило, включаются, когда в помещениях отсутствуют животные, значит, в это время не работают установки кормораздачи, навозоудаления и т. д. Зная, что ГЭН строится для наиболее загруженной смены, такие ЭП при построении не учитываются.

Если заданы коэффициенты загрузки (k_3) электродвигателей, то необходимо рассчитать потребляемую мощность P_{Π} и график строить по величинам этой мощности.

$$P_{\Pi} = \frac{P_{\text{н}} \cdot k_3}{\eta}, \quad (2.18)$$

где k_3 – коэффициент загрузки ЭД;

η – КПД электродвигателя.

График строят в координатах P (кВт) и t (ч). Способ построения графика заключается в последовательном суммировании электрических нагрузок пооперационно в соответствии с технологическим процессом объекта (рис. 2.1).

Рекомендуется начинать с постоянно или длительно действующих нагрузок.

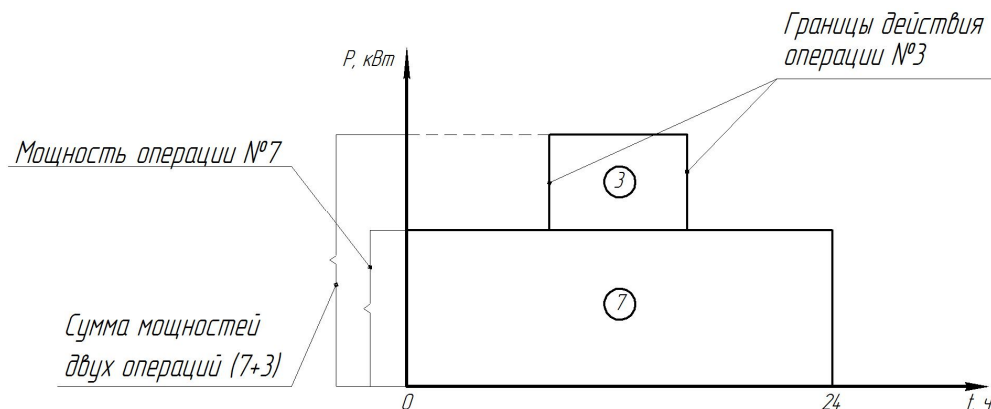


Рис. 2.1. Пример построения ГЭН

Вначале по графику определяется *максимальная пиковая мощность электроустановки* (P_m) – эта величина очевидна из самой конфигурации графика P_m , кВт. На графике могут быть несколько участков, где величины P_m одинаковы.

За *расчетную мощность* P_p принимают *получасовой максимум нагрузки* за наиболее загруженную смену (или сутки), поэтому эту величину иногда называют также максимальной расчетной мощностью.

Для определения величины расчетной мощности (P_p) выявляют длительность действия *максимальной пиковой мощности* (P_m). При этом возможны два варианта:

- а) P_m длится более 0,5 ч; имеем $P_p = P_m$;
- б) P_m длится менее 0,5 ч; имеем $P_p = P_{э\text{кв}}$.

При варианте б в формировании максимума нагрузки участвуют i (несколько) нагрузок. На графике они отражены ступенями в пределах тридцатиминутного участка графика.

Воздействие нагрузок, действующих в пределах получасового промежутка времени, на сеть равнозначно (эквивалентно) такой одной нагрузке, которая обуславливает такое же превышение температуры элементов сети или такое же тепловое воздействие на изоляцию проводников, как и несколько различных по величине нагрузок.

Эквивалентная нагрузка (мощность) рассчитывается как среднеквадратичная величина мощностей P_i за рассматриваемый промежуток (0,5 ч) и определяется по формуле

$$P_{э\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_i^n P_i^2 \cdot t_i}{\sum_i^n t_i}}, \quad (2.19)$$

где n – число ступеней графика, входящих в рассчитываемый тридцатиминутный участок времени ГЭН;

P_i – мощность, соответствующая i -й ступени;

t_i – длительность действия P_i .

Обращаем внимание, что в знаменателе формулы сумма t_i всегда будет равна 30 мин (что естественно, так как для расчета выбирается тридцатиминутный участок графика).

При анализе графика и выборе участка для подсчета $P_{\text{экв}}$ может оказаться, что на графике имеется не один, а два или несколько участков, на которых может находиться ожидаемая P_p . В этом случае рассчитывают $P_{\text{экв}}$ для всех вероятных участков. Среди них определяется наибольшая величина, которая и принимается за расчетную.

Определение некоторых других показателей графика

P_y – установленная мощность – эта величина определяется простым суммированием величин номинальных мощностей всех электроприемников.

Электропотребление – W любой электроустановки есть произведение ее мощности на время потребления, то есть $W = P \cdot t$ (кВт·ч). Иногда вместо термина «электропотребление» применяют менее четкий по физическому смыслу термин – «расход» электроэнергии. Рассматривая график электрических нагрузок, видим, что геометрически площадь фигуры, ограниченной осями координат, самим графиком и линией границы конца смены (суток), можно вычислить, найдя произведение « $P \cdot t$ ». Это означает, что величина W соответствует площади фигуры графика.

Электропотребление за смену (сутки) определяют через геометрическую площадь графика:

$$W = S_{\text{гр}} = \sum_1^n P_i \cdot t_i, \quad (2.20)$$

где n – количество ступеней графика за смену (сутки).

При определении W нагрузки электроприемников, которые работают в автоматическом режиме и приняты при построении ГЭН как постоянно действующие, необходимо принимать с коэффициентом, равным 0,4...0,8 (в зависимости от характера ЭП) для учета их фактического периодического действия.

$P_{\text{ср}}$ – средняя мощность за смену (сутки)

$$P_{\text{ср.см (сут.)}} = \frac{W}{t_{\text{см (сут.)}}}. \quad (2.21)$$

Отметим, что индекс «см» или «сут.» в формуле $P_{\text{ср.см (сут.)}}$ означает период осреднения, за который рассчитывается средняя величина.

Коэффициент мощности $\cos\varphi$ определяется за период действия максимальной расчетной мощности. Величину $\cos\varphi$ находят как средневзвешенное значение коэффициентов мощности отдельных нагрузок, участвующих в формировании P_p .

$$\cos\varphi = \cos\varphi_{\text{ср.взв}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n P_i)^2 + (\sum_{i=1}^n P_i \cdot \text{tg}\varphi)^2}}, \quad (2.22)$$

где P_i – номинальная мощность ЭП, участвующих в формировании максимума нагрузки;

$\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности ЭП, участвующих в формировании максимума нагрузки (определяется через $\cos\varphi$ по паспортным данным ЭП);

n – количество ЭП, участвующих в формировании максимума нагрузки.

Расчетный ток электроустановки на вводе:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cos\varphi}, \quad (2.23)$$

Полная расчетная нагрузка на вводе:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi}. \quad (2.24)$$

2.2. Определение электрических нагрузок методом эффективного числа электроприемников. Компенсация реактивной мощности в сетях до 1 кВ.

Расчет и выбор компенсирующих устройств

2.2.1. Определение нагрузки на вводе методом упорядоченных диаграмм или методом эффективного числа электроприемников

Данный метод расчета электрических нагрузок применяется для объектов промышленного типа. Метод разработан в 50-е – начале 60-х годов, осно-

ван на сравнительных статистических характеристиках графиков отдельных электроприемников и групповых графиков этих ЭП. Автор – профессор Г.М. Каялов. Данным расчетом определяют следующие основные показатели электрических нагрузок: P_H ($P_{уст}$), P_c , $P_{ск}$, P_m , P_p , Q_p , I_p , а также относительные: коэффициенты $K_{и}$, K_p и др. Введем дополнительное понятие об эффективном числе ЭП ($n_э$).

Эффективным числом электроприемников ($n_э$) называется такое число *однородных* по режиму работы электроприемников *одинаковой* мощности, которое обуславливает те же значения расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности электроприемников. Величину $n_э$ находят по следующей формуле:

$$n_э = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum n \cdot p_H^2}, \quad (2.25)$$

где P_H – групповая номинальная мощность;

p_H – номинальная мощность одного ЭП;

n – число электроприемников;

$n_э$ – эффективное число ЭП.

Формулой (2.25) можно пользоваться для любого числа ЭП в группе. При этом, если окажется, что $n_э > n$, то следует *принять* $n_э = n$.

При числе электроприемников в группе четыре и более эффективное число можно считать равным $n_э = n$ при условии:

$$P_{нmax} / P_{нmin} \leq 3,$$

где $P_{нmax}$ – номинальная мощность наиболее мощного ЭП группы.

$P_{нmin}$ – номинальная мощность наименьшего ЭП группы.

Если соотношение $P_{нmax} / P_{нmin} \geq 3$ и коэффициент использования $K_{и} \geq 0,2$, то можно применить упрощенную формулу

$$n_3 = \frac{2 \sum_1^n P_{нi}}{P_{нmax}}, \quad (2.26)$$

если полученное по этой формуле значение n_3 окажется большим, чем фактическое, то следует принять $n_3 = n$.

Если эффективное число электроприемников $n_3 \leq 3$, то расчетная нагрузка группы ЭП принимается равной сумме их номинальных мощностей:

$$P_p = \sum_1^n P_n, \quad Q_p = \sum_1^n q_n = \sum_1^n P_n \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (2.27)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – для двигателей с длительным режимом работы – 0,75, для двигателей с повторно-кратковременным режимом – 0,88.

Расчетная реактивная нагрузка группы ЭП с переменным графиком нагрузки принимается равной, кВАр:

$$\text{при } n_3 \leq 10 \quad Q_p = 1,1 \cdot K_n P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (2.28)$$

$$\text{при } n_3 \geq 10 \quad Q_p = K_n P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n. \quad (2.29)$$

Расчетная активная нагрузка равна

$$P_p = K_p \sum K_n P_n, \quad (2.30)$$

где K_p – коэффициент расчетной нагрузки;

K_n – коэффициент использования.

Полная расчетная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.31)$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.32)$$

Однофазные нагрузки учитываются в расчетах следующим образом:

К условной трехфазной мощности приводятся мощности однофазных ЭП:

1. При включении однофазных ЭП на фазное напряжение принимают

$$P_n = 3P_{\text{н.однофазн}} \quad (2.33)$$

2. При включении однофазных ЭП на линейное напряжение принимают

$$P_n = \sqrt{3}P_{\text{н.однофазн}} \quad (2.34)$$

При наличии однофазных ЭП, подключенных ко всем фазам с неравномерностью до 15 %, они учитываются как трехфазные ЭП с той же мощностью. В случае большей неравномерности в расчет берется утроенная величина мощности наиболее загруженной фазы.

Расчетная нагрузка освещения определяется из выражения:

$$P_p = K_c \cdot P_{\text{но}}, \quad (2.35)$$

где K_c – коэффициент спроса электроосвещения;

$P_{\text{но}}$ – установленная мощность электроосвещения.

Коэффициент спроса электроосвещения принимается равным:

- для малых производственных зданий – 1,0;
- для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов, – 0,95;
- для производственных зданий, состоящих из отдельных помещений, – 0,85.

Расчеты ведутся в табличной форме (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Расчет электрических нагрузок

По заданию		Исходные данные				По справочнику				Расчетные величины				Расчетные мощности			Расчетный ток, А $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n}$
		к-во ЭП n, шт	номинальная мощность, кВт	общая P _n	коэф. использования, K _n	коэф. мощн. и реакт. мощн., cosφ / tgφ	K _n P _n tgφ	K _n P _n	K _n P _n tgφ	K _n P _n	K _n P _n tgφ	K _n P _n	K _n P _n tgφ	активная, кВт $P_p = K_p \sum K_n P_n$	реактивная, кВАр $Q_p = 1,1 \sum k_n P_n \text{tg}\phi$ при n ₃ < 10 $Q_p = \sum k_n P_n \text{tg}\phi$ при n ₃ > 10	полная, кВА $S = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
PII																	
Вентилятор П1-П4	4	11	44	0,6	0,8 / 0,75	26,4	19,8	484									
Вентилятор В1-В4	4	0,12	0,48	0,5	0,8 / 0,75	0,24	0,18	0,06									
Транспортер-подборщик	1	2,2	2,2	0,3	0,65 / 1,17	0,66	0,77	4,84									
Транспортер-загрузчик	1	11	11	0,3	0,65 / 1,17	3,3	3,86	121									
Приемный бункер	1	2,2	2,2	0,15	0,65 / 1,17	0,33	0,39	4,84									
Ленточный транспортер, l=3000	1	1,1	1,1	0,3	0,65 / 1,17	0,33	0,39	1,21									
Ленточный транспортер, l=6000	5	1,1	5,5	0,3	0,65 / 1,17	1,65	1,93	6,05									
Подъемно-скребковый транспортер	1	1,5	1,5	0,3	0,65 / 1,17	0,45	0,53	2,25									
Итого	18		67,98	0,49	0,77 / 0,83	33,36	27,85	624,25	7	1,1	36,70	30,63	47,80	72,71			
Освещение			7,6	1	0,95 / 0,32						7,6	2,43	7,98	12,14			
Всего по зданию	18		75,58	0,49	0,77 / 0,83	37,03	30,73	624,25	9	1,07	39,62	33,80	52,07	79,20			

2.2.2. Компенсация реактивной мощности в сетях напряжением до 1 кВ

Различные группы потребителей электроэнергии потребляют реактивную мощность в неодинаковых количествах. К потребителям реактивной мощности промышленных предприятий относятся установки, в которых она необходима для создания магнитных полей:

- асинхронные электродвигатели;
- сварочные машины;
- трансформаторы подстанций, электропечей и преобразовательных агрегатов;
- автотрансформаторы;
- электроосветительные установки с газоразрядными лампами.

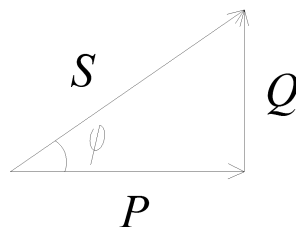
Активная мощность генерируется только генераторами электрических станций. Реактивная мощность генерируется наряду с активной генераторами электрических станций, а также дополнительными источниками: емкостью воздушных и кабельных линий, синхронными двигателями, синхронными компенсаторами, батареями конденсаторов, вентильными компенсаторами.

Активная мощность (P) – это составляющая полной мощности электрической цепи тока, которая преобразует электрическую энергию в другой вид энергии (механическую, тепловую и др.). Реактивная мощность также является одной из составляющих полной мощности.

Полная передаваемая мощность равна, кВА:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (2.35)$$

Графически соотношение активной, реактивной и полной мощностей можно представить в виде треугольника мощностей:



Величину реактивной мощности можно представить в виде, кВАр:

$$Q = S\sqrt{1 - (\cos \varphi)^2}. \quad (2.36)$$

Величину реактивной мощности можно вычислить, зная $\cos\varphi$ и величину активной мощности:

$$Q = P \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi)^2} - 1}. \quad (2.37)$$

Величину реактивной мощности можно вычислить, зная $\cos\varphi$:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.38)$$

где S – полная мощность;

P – активная мощность;

Q – реактивная мощность;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности в зависимости от естественного коэффициента мощности $\cos\varphi$.

В практической работе оперируют активной мощностью P_{\max} . Зная эту величину, несложно найти S и Q .

Чем меньше доля реактивной мощности, тем меньше значение величины тока. Несмотря на то, что на выработку реактивной электроэнергии не расходуется активная мощность, при передаче электроэнергии к ее месту потребления возникают активные потери во всех звеньях передачи, которые покрываются активной энергией генераторов. Составляющими этих потерь являются потери активной мощности и потери активной мощности от передачи реактивной мощности.

Таким образом, увеличение составляющей Q_p (кВАр) вызывает дополнительные затраты на увеличение сечения проводников сетей, мощности трансформаторов, создает дополнительные потери электроэнергии. Кроме того, увеличиваются потери напряжения за счет реактивной составляющей пропорционально реактивной нагрузке и индуктивному сопротивлению, что понижает качество электроэнергии по напряжению.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (r \cdot \sin\varphi + x \cdot \cos\varphi) \cdot I \text{ (\%)}. \quad (2.39)$$

Вследствие этого важное значение имеет компенсация реактивной мощности и повышение коэффициента мощности $\cos\varphi$.

Под компенсацией имеется в виду установка местных источников реактивной мощности, благодаря чему повышается пропускная способность сетей и трансформаторов, а также уменьшаются потери электроэнергии.

Мероприятия по снижению потребления реактивной мощности

Снижение потребления реактивной мощности самими электроприемниками и повышение естественного коэффициента мощности могут быть достигнуты:

1. Повышением загрузки технологических агрегатов и использованием их по времени, сопровождающихся повышением загрузки и коэффициентом мощности электродвигателей.

2. Снижением напряжения питания асинхронных электродвигателей, загруженных не выше чем на 45 % путем переключения обмоток с треугольника на звезду. При этом вращающийся момент и активная мощность электродвигателя уменьшаются в 3 раза, а нагрузка электродвигателя и коэффициент мощности повышаются, потребление реактивной мощности при этом снижается.

3. Отключением цеховых трансформаторов, загруженных менее 30 %, с переводом нагрузки на другие трансформаторы.

4. Установкой местных источников реактивной мощности.

2.2.3. Расчет и выбор компенсирующих устройств

Вследствие сказанного выше важное значение имеет компенсация реактивной мощности и повышение коэффициента мощности $\cos\varphi$.

Компенсация реактивной мощности электрических установок предприятий осуществляется, как правило, с помощью конденсаторных батарей, включенных параллельно электроприемникам (поперечная компенсация). Мощность компенсирующих устройств определяют исходя из значений средневзвешенного коэффициента мощности.

Средневзвешенное значение естественного коэффициента мощности:

$$\cos \varphi_{\text{ср.взв}} = \frac{P_p}{S}, \quad (2.40)$$

где P_p – активная мощность;

S – полная мощность.

Компенсацию реактивной мощности рекомендуется осуществлять установкой компенсирующих устройств непосредственно на вводном устройстве здания, при этом разгружаются от реактивной мощности питающая сеть и силовые трансформаторы подстанций.

Мощность компенсирующих устройств, установленных непосредственно на вводном устройстве здания, определяется по формуле

$$Q_{к.у.} = P_{ср} (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2), \quad (2.41)$$

где $P_{ср}$ – среднегодовая активная нагрузка, кВт;

$\operatorname{tg}\varphi_1$ – тангенс угла сдвига фаз, соответствующий средневзвешенному коэффициенту мощности за год;

$\operatorname{tg}\varphi_2$ – тангенс угла сдвига фаз, соответствующий коэффициенту мощности после компенсации.

Требуемое значение мощности после компенсации:

коэффициент мощности, требуемый для энергосистемы предприятия:

$$\cos \varphi_2 = 0,96 - 0,98; \quad \operatorname{tg}\varphi_2 = 0,292 - 0,203.$$

Наивыгоднейшая мощность конденсаторов, которую целесообразно устанавливать на напряжение до 1000 В, определяется по формуле

$$Q_{к.н.}^{\text{наив.}} = Q_n - \frac{M}{r_{э.т.} + r_{э.с.}} \approx Q_n - \frac{M}{r_{э.т.} (1 + \lambda)}, \quad (2.42)$$

где Q_n – суммарная низковольтная реактивная нагрузка, кВАр;

$r_{э.т.}$ – эквивалентное активное сопротивление трансформаторов, питающих сеть напряжением до 1000 В, Ом;

$r_{э.с.}$ – эквивалентное активное сопротивление сети напряжением до 1000 В, Ом;

λ – коэффициент, зависящий от типа подстанции и выполнения сети напряжением до 1000 В.

Значения коэффициента λ для подстанций внутрицеховых, пристроенных и встроенных при выполнении питающих сетей проводом равно – 0,4; при выполнении сетей шинопроводом – 0,6; для отдельно стоящих подстанций – 0,8;

M – расчетный параметр:

$$M = U^2 \left(\frac{112,5 \cdot k_{\text{д.к.н.}}}{3_{\text{у.э}} \cdot T_{\text{в}}} + 0,5 \right), \quad (2.43)$$

где $k_{\text{д.к.н.}}$ – разница в стоимости 1 кВАр низковольтных и высоковольтных конденсаторов;

U – напряжение низковольтной сети, кВ;

$3_{\text{у.э}}$ – стоимость 1 кВт ч электроэнергии (плановая или по действующему тарифу);

$T_{\text{в}}$ – годовое число часов работы компенсирующего устройства.

Значения активных сопротивлений ($r_{\text{э.т.}}$) трансформаторов, приведенных к напряжению 0,38 кВ, представленных в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Значения активных сопротивлений ($r_{\text{э.т.}}$) трансформаторов, приведенных к напряжению 0,38 кВ

Мощность трансформатора, кВА	100	160	250	400	630	1000	1600
$r_{\text{э.т.}}$	0,034	0,022	0,011	0,006	0,0037	0,0021	0,0012

Мощность конденсаторных батарей, устанавливаемых в сетях 1000 В, должна быть кратной мощности типовых комплектных конденсаторных установок.

Для компенсации реактивной мощности широко применяются комплектные конденсаторные установки типа ККУ. Установки типа АСК1 выпускает «Белэлектромонтаж», типа КУ-Лег 01 – ООО «Легир», а также другие производители.

Агрегаты секционные компенсирующие типа АСК1-9-0,38-425 У3:

0,38 – номинальное напряжение, кВ;

XXX – полная мощность, кВАр;

максимальная мощность – 425 кВАр;

мощность одной ступени – 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 кВАр;

количество ступеней регулирования – 12 шт.;

У3 – вид климатического исполнения; степень защиты оболочки IP20.

Для обеспечения более плавного регулирования рекомендуется принимать мощность ступени равной половине последующих.

Агрегаты секционные компенсирующие типа КУ-Лег 01:

КУ – Лег 01-Х1-Х2Х3-Х4Х5-Х6Х7-ХХХ

КУ – конденсаторная установка;

Лег 01 – отличительный индекс производителя (ООО «Легир»);

Х1 – Р – регулируемые; Н – нерегулируемые;

Х1Х2 – номинальное напряжение кВ: 0,4; 0,44; 0,525; 0,69;

Х4Х5 – номинальная мощность установки, кВАр:

35; 50; 75; 100; 125; 175; 150; 200; 250; 300; 400;

Х6Х7 – Номинальная мощность ступени, кВАр: 35; 12,5; 25; 50;

ХХХ – Климатическое исполнение и категория исполнения У3.

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо знать величину нагрузки?
2. К чему приводит завышение расчетной нагрузки?
3. Каковы последствия занижения расчетной нагрузки?
4. В чем состоят особенности определения нагрузок сельскохозяйственных объектов?
5. Какие существуют показатели для характеристики электроустановки?
6. Какие знаете методы определения нагрузок на вводе в здание?
7. В чем состоит сущность метода технологического графика?
8. В чем состоит сущность определения нагрузок методом упорядоченных диаграмм или метод эффективного числа электроприемников?
9. Что такое эффективное число электроприемников?
10. Каковы особенности учета однофазных нагрузок при расчетах?
11. С какой целью выполняют компенсацию реактивной мощности в сетях до 1 кВ?
12. Какие основные типы компенсирующих устройств вам известны?
13. Каковы особенности расчета и выбора компенсирующих устройств?

Лабораторная работа 1
ПОСТРОЕНИЕ СМЕННЫХ И СУТОЧНЫХ ГРАФИКОВ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПО ГРАФИКУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Цель работы: изучить способ построения сменных и суточных графиков электрических нагрузок; освоить методику расчета электрических нагрузок методом технологического графика; построить график электрических нагрузок по заданию; определить расчетные параметры, характеризующие электроустановку.

Задание для самостоятельной подготовки

1. По приведенному теоретическому материалу изучить способы построения сменных и суточных графиков и расчета электрических нагрузок методом технологического графика.
2. Построить график электрических нагрузок по определенному преподавателем варианту задания.
3. Определить основные показатели электроустановки по графику.
4. Результаты определения основных показателей записывают в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения основных показателей электроустановки

Обозначение	Основные данные электроустановки	Величина	Примечание
P_y	Установленная мощность, кВт		
P_p	Расчетная мощность, кВт		
P_{cp}	Средняя мощность за смену (сутки), кВт		
W	Расход электроэнергии за смену (сутки), кВт ч		
I_p	Расчетный ток, А		
$\cos\varphi$	Коэффициент мощности		

5. Оформить отчет и подготовиться к его защите.

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. График электрических нагрузок.
3. Результаты определения основных показателей электроустановки (табл. 1).
4. Выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для подготовки к защите отчета по лабораторной работе

1. Что называют графиком электрических нагрузок?
2. Цель построения графика электрических нагрузок.
3. Способ построения графика электрических нагрузок.
4. Способы определения величины расчетной мощности.
5. Как с помощью графика электрических нагрузок определить основные показатели электроустановки?

Индивидуальные задания

Задание 1

1. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за смену с 6⁰⁰ до 14⁰⁰.
2. Построить суточный график нагрузок (для вар. 1 или вар. 2).

Таблица 2

Технологическое оборудование	Количество		P _н (кВт)		Время работы
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2	
1. Приточные вентиляторы	4	5	2,2	2,0	7 ⁰⁰ -7 ²⁰ , 13 ⁰⁰ -13 ²⁰ , 18 ⁰⁰ -18 ²⁰ 7 ²⁵ -7 ⁴⁵ , 13 ²⁵ -13 ⁴⁵ , 18 ²⁵ -18 ⁴⁵ 7 ¹⁵ -8 ¹⁵ , 13 ¹⁵ -14 ¹⁵ , 18 ¹⁵ -19 ¹⁵ 6 ⁰⁰ -6 ⁵⁵ , 17 ³⁰ -17 ⁵⁵ 6 ²⁰ -9 ²⁰ , 17 ³⁰ -20 ⁰⁰ 1 раз в 4 мес. 9 ⁰⁰ -13 ⁰⁰
2. Вытяжные вентиляторы	22	20	0,37	0,55	
3. Кормораздатчик № 1	1	1	7,15	7,15	
4. Кормораздатчик № 2	1	1	7,15	7,15	
5. Транспортёр навозоудаления ТС-1	1	2	3,0	3,0	
6. Водонагреватель			6,5	6,5	
7. Электроосвещение -рабочее					
-дежурное (15 % от общ.)					
8. Моечная машина	1	1	4,0	4,0	

Задание 2

1. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за смену с 6⁰⁰ до 15⁰⁰.
2. Построить суточный график нагрузок (для вар. 1 или вар. 2).

Таблица 3

Технологическое оборудование	Количество		P _н (кВт)		Время работы
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2	
1. Вытяжные вентиляторы	3	4	1,5	0,55	6 ⁰⁰ -7 ⁰⁵ , 13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰ , 18 ⁰⁰ -19 ⁰⁵
2. Кормораздатчик	2	2	2,0	3,0	

Технологическое оборудование	Количество		P _н (кВт)		Время работы
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2	
3. Транспортёр навозоудаления	2	1	3,0	3,0	7 ⁰⁰ -7 ²⁰ , 14 ⁰⁰ -14 ²⁰ , 19 ⁰⁰ -19 ²⁰
4. Водонагреватель	1	1	1,0	1,5	7 ¹⁵ -7 ⁴⁵ , 19 ¹⁵ -19 ⁴⁵ 6 ⁰⁰ -20 ⁰⁰ (зимний период)
5. Электроосвещение			4,5	4,5	
- рабочее - дежурное (15 % общ.)					

Задание 3

1. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за смену с 6⁰⁰ до 15⁰⁰.
2. Построить суточный график нагрузок (для вар. 1 или вар. 2).

Таблица 4

Технологическое оборудование	Количество		P _н (кВт)		Время работы
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2	
1. Приточные вентиляторы	2	2	4,0	5,0	8 ⁰⁰ -8 ⁴⁵ , 19 ⁰⁰ -19 ⁴⁵ 7 ⁰⁰ -7 ²⁰ , 14 ⁰⁰ -14 ²⁰ , 19 ⁰⁰ -19 ²⁰ 6 ⁰⁰ -7 ⁰⁵ , 13 ⁰⁰ -14 ⁰⁵ , 18 ⁰⁰ -19 ⁰⁵ 6 ⁰⁰ -6 ⁵⁵ , 17 ³⁰ -17 ⁵⁵ 6 ²⁰ -9 ²⁰ , 17 ³⁰ -20 ⁰⁰ 1 раз в 4 мес. 9 ⁰⁰ -13 ⁰⁰
2. Вытяжные вентиляторы	10	12	0,37	0,55	
3. Кормораздатчик	1	1	7,15	7,15	
4. Шнек	1	1	4,0	5,0	
5. Запарник кормов	1	2	3,0	3,0	
6. Электроосвещение			6,5	6,5	
-рабочее -дежурное (15 % общ.)					
7. Моечная машина	1	1	4,0	4,0	

Задание 4

1. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за смену с 7⁰⁰ до 15⁰⁰.
2. Построить суточный график нагрузок (для вар.1 или вар. 2).

Таблица 5

Технологическое оборудование	Количество		P _н (кВт)		Время работы
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2	
1. Приточные вентиляторы	2	3	2,2	2,0	8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰ , 16 ⁰⁰ -17 ⁰⁰ 8 ⁰⁵ -9 ⁰⁵ , 16 ⁰⁵ -17 ⁰⁵ 9 ²⁰ -10 ²⁰ , 17 ²⁰ -18 ²⁰ 9 ³⁰ -10 ³⁰ , 17 ³⁰ -18 ³⁰ 6 ²⁰ -9 ²⁰ , 17 ³⁰ -20 ⁰⁰ 7 ¹⁵ -18 ⁴⁵
2. Вытяжные вентиляторы	6	4	0,37	0,55	
3. Кормораздатчик	1	1	3,0	4,0	
4. Шнек выгрузной	1	1	1,2	1,0	
5. Транспортёр навозоудаления ТС-1	1	2	3,0	3,0	
	2	2	1,5	1,0	
6. Вентиляторы вытяжки из каналов навозоудаления			6,5	6,5	
7. Электроосвещение					
- рабочее - дежурное (15 % общ.)					

Задание 5

1. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за 1-ю смену с 7⁰⁰ до 11⁰⁰.
2. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за 2-ю смену с 16⁰⁰ до 20⁰⁰.
3. Построить суточный график нагрузок (для вар. 1 или вар. 2).

Таблица 6

Технологическое оборудование	Количество		Pн (кВт)		Время работы
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2	
1. Приточные вентиляторы	4	5	7,5	6,0	7 ³⁰ -8 ⁴⁵ , 12 ³⁰ -13 ⁴⁵ , 17 ³⁰ -17 ⁴⁵ , 7 ¹⁵ -8 ⁰⁰ , 10 ¹⁵ -11 ⁰⁰ , 17 ¹⁵ -17 ⁴⁵ , 7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰ , 16 ¹⁵ -17 ⁰⁰ 6 ⁰⁰ -8 ⁰⁰ – 50 % 8 ⁰⁰ -17 ⁰⁰ – 100 % 17 ⁰⁰ 19 ⁰⁰ – 40 %
2. Вытяжные вентиляторы	20	22	0,18	0,55	
3. Раздатчик кормов	1	1	3,0	4,0	
4. Транспортёр	1	1	1,5	2,0	
5. Местный обогрев	20	30	1,0	1,0	
6. Электроосвещение (имитация)			8,0	8,0	

Задание 6

1. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за 1-ю смену с 6⁰⁰ до 11⁰⁰.
2. Построить график (для вар. 1 или вар. 2) за 2-ю смену с 17³⁰ до 20³⁰.
3. Построить суточный график нагрузок (для вар. 1 или вар. 2).

Таблица 7

Технологическое оборудование	Количество		Pн (кВт)		Время работы
	вар. 1	вар. 2	вар. 1	вар. 2	
1. Приточные вентиляторы	4	3	0,72	0,85	6 ³⁰ -7 ⁰⁰ , 17 ³⁰ -18 ⁰⁰ , 6 ⁵⁰ -17 ⁵⁰ , 9 ²⁰ -10 ²⁰ , 17 ²⁰ -18 ²⁰ 7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰ , 18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰ 6 ⁵⁵ -8 ⁴⁰ , 17 ⁵⁵ -19 ⁴⁰ 6 ⁵⁰ -11 ⁰⁰ , 17 ⁵⁰ -20 ³⁰
2. Вытяжные вентиляторы	8	10	0,25	0,18	
3. Подача молока	1	1	0,75	0,75	
4. Охлаждение молока	2	3	1,2	1,0	
5. Выпойка телят			3,0	3,0	
- приготовление	2	3	4,0	0,8	
- раздача (мол. насос)	1	1	0,75	1,0	
6. Электроосвещение			4,0	4,0	
- рабочее					
- дежурное (15 % общ)					

Практическая работа 2

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕТОДОМ ЭФФЕКТИВНОГО ЧИСЛА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Цель работы: получить практические навыки при расчете электрических нагрузок на вводе в здание методом эффективного числа электроприемников.

План работы:

1. По теоретическому материалу, приведенному в главе 2 данного учебно-методического пособия, изучить методику расчета электрических нагрузок зданий методом эффективного числа электроприемников.

2. На примере разобрать порядок расчета электрических нагрузок на вводе в здание.

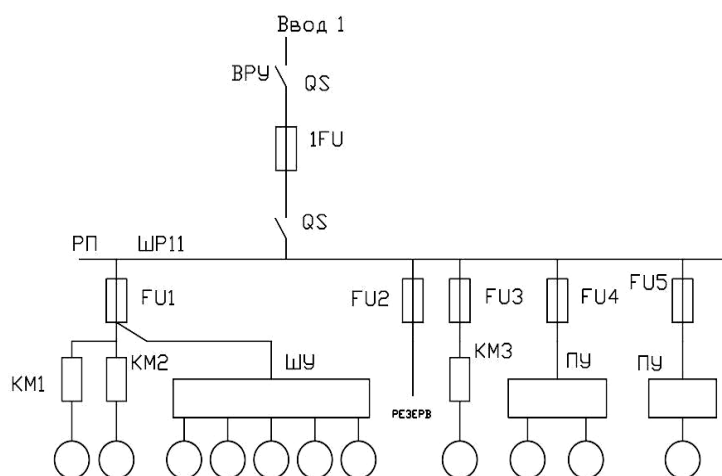
3. Согласно выданному преподавателем индивидуальному заданию определить расчетную мощность здания (цеха) методом эффективного числа электроприемников. Полученные расчетные данные свести в таблицу.

4. По полученным результатам сделать выводы.

Расчет электрических нагрузок на вводе в здание методом эффективного числа электроприемников рассмотрим на примере.

Пример

Требуется определить расчетные нагрузки группы электроприемников, подключенных к РП, структурная схема которого показана на рис. 1.



Номер электроприемника	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$P_{\text{у}}$, кВт	2,2	2,2	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	11,0	3,0	1,5	4,0

Рис. 1. Структурная схема электрической сети

Решение

Для заданных электроприемников определяем расчетные параметры – K_u и $\cos\varphi$. Значения величин принимаем по табл. 1. По найденным значениям $\cos\varphi$ находим величины $\operatorname{tg}\varphi$.

Таблица 1

Расчетные коэффициенты использования и коэффициенты мощности электрических нагрузок характерных групп электроприемников

Электроприемники	K_u	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1. <i>Металлообработка</i>			
1.1 Металлорежущие станки с легким режимом работы: сверлильные, мелкие токарные, фрезерные, строгальные, долбежные, точильные, карусельные и т. п.	0,1	0,5	1,73
1.2 То же, с тяжелым режимом работы: станки зубофрезерные, обдирочные, револьверные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, расточные; станки автоматы и полуавтоматы, прессы механические, резбонарезные станки, отрезные станки.	0,13	0,65	1,17
1.3 То же, с особо тяжелым режимом работы: молоты, машины гибочные и правильные, ковочные машины, прессы гидравлические и гибочно-штамповочные, построечные механизмы, а также особо крупные токарные, строгальные, фрезерные, расточные, карусельные и т. п. станки	0,15	0,65	1,17
1.4 Многошпиндельные автоматы для изготовления деталей из прутков (болтов, шпилек, гаек, стержней, шайб и т. п.)	0,15	0,65	1,17
1.5 Автоматы и полуавтоматы для холодной штамповки, автоматы резбонакатные и горячештамповочные	0,17	0,65	1,17
1.6 Поточные линии механообработки	0,2	0,65	1,17
1.7 Поточно-механизированные линии холодной штамповки	0,35	0,7	1,02
1.8 Поточные линии кузнечно-прессового производства	0,38	0,7	1,02
1.9 Автоматические линии механообработки	0,3	0,65	1,17
1.10 Автоматические линии холодной штамповки	0,4	0,7	1,02
1.11 Автоматические линии кузнечно-прессовые	0,43	0,7	1,02
1.12 Ножницы листовые, сортовые, фасонные, арматурные и т. п.	0,12	0,5	1,02
1.13 Автоматические линии для резки рулонного металлического листа	0,23	0,65	1,17
1.14 Станки шлифовальные	0,16	0,5	1,02
1.15 Автоматы шлифовально-полировочные	0,25	0,65	1,17
1.16 Различные мелкомоторные станки, механизмы, приборы лабораторий	0,08	0,5	1,73

Электроприемники	K_u	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
<i>2. Деревообработка</i>			
2.1 Станки для разделки древесины (пилорамы, пилы циркулярные, обрезные, балансирные, ленточные и т. п.)	0,2	0,65	1,17
2.2 Станки для обработки пиломатериалов (строгальные, фрезерные, токарные, долбежные, сверлильные и т. п.)	0,15	0,6	1,33
2.3 Станки шлифовальные, полировальные, наждачные	0,2	0,65	1,17
2.4 Оборудование заточное и по уходу за деревообрабатывающим инструментом	0,12	0,65	1,17
<i>3. Общепромышленное оборудование</i>			
3.1 Вентиляторы и насосы технологические, компрессоры, центрифуги, двигатель-генераторы, воздуходувки	0,55	0,8	0,75
3.2 Вентиляторы сантехнические (вытяжная вентиляция)	0,5	0,8	0,75
3.3 Вентиляторы с калориферами, кондиционеры с насосами, отопительные агрегаты (приточная вентиляция)	0,6	0,8	0,75
3.4 Тепловые завесы	0,55	0,8	0,75
3.5 Насосы водоснабжения (1-го и 2-го подъема)	0,6	0,8	0,75
3.6 Насосы обратной системы водоснабжения	0,65	0,8	0,75
3.7 Насосы промстоков и бытовой канализации	0,5	0,8	0,75
3.8 Дымососы, вентиляторы и насосы производственных котельных	0,6	0,8	0,75
3.9 Краны мостовые, козловые, грейдерные, кран-балки, тельферы, электротали, лифты при ПВ=25 %	0,1	0,45	1,98
3.10 То же при ПВ=40 %	0,15	0,5	1,73
3.11 Транспортёры, конвейеры, элеваторы, нории, шнеки, лебедки несблокированные	0,3	0,65	1,17
3.12 То же, сблокированные	0,4	0,7	1,02
3.13 Подъемные столы, рольганги, толкатели, сварочные столы, манипуляторы, механические вращатели, колонки, тележки, планшайбы	0,06	0,5	1,73
3.14 Электроинструмент переносной	0,06	0,45	1,98
3.15 Мельницы, дробилки, вибрационные машины, сепараторы	0,15	0,65	1,17
3.16 Разгрузчики	0,3	0,65	1,17

Электроприемники	K_u	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
<i>4. Электротермическое оборудование</i>			
4.1 Электрические печи сопротивления (камерные, шахтные и т. п.), нагревательные аппараты, сушильные шкафы, ванны и т. п. периодического действия	0,5	0,95	0,33
4.2 То же непрерывного действия	0,8	0,96	0,29
4.3 Нагревательные приборы и аппараты (печи сопротивления) в административно-бытовых помещениях и медико-санитарных службах	0,4	0,95	0,33
4.4 Автоматические и полуавтоматические линии термообработки изделий, деталей, инструмента	0,65	0,9	0,48
4.5 Лабораторные нагревательные приборы, автоклавы, сушильные ящики и т. п.	0,3	0,95	0,33
4.6 Мелкие нагревательные приборы в производственных цехах (плитки, рефлекторы, клееварки, электровулканизаторы и т. п.)	0,25	0,95	0,33
4.7 Электрические печи индукционные	0,6	0,8	0,75
4.8 Установки высокой частоты	0,55	0,75	0,88
4.9 Генераторы повышенной частоты машинные и полупроводниковые	0,6	0,8	0,75
4.10 Автоматы и полуавтоматы для закалки ТВЧ	0,6	0,85	0,62
<i>5. Установки обработки поверхностей, окрасочно-сушильные камеры</i>			
5.1 Электрооборудование линий металлических и неметаллических покрытий изделий (цинкование, хромирование, анодирование, никелирование и т.п.)	0,5	0,8	0,75
5.2 Электродвигатели встроенного оборудования установок гальванопокрытий	0,4	0,75	0,88
5.3 Камеры покраски (методом распыления, облива)	0,55	0,7	1,02
5.4 Автоматические линии лакокрасочных покрытий	0,6	0,8	0,75
5.5 Оборудование краскоизготовления (краскотёрки, краскодробилки, краскомешалки, смесители)	0,25	0,65	1,17
5.6 Камеры охлаждения изделий после покраски	0,55	0,7	1,02
5.7 Выпрямительные устройства гальванических цехов.	0,5	0,8	0,75

Электроприемники	K_u	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
<i>6. Сварочное оборудование</i>			
6.1 Сварочные трансформаторы ручной дуговой сварки	0,2	0,35	2,68
6.2 Сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,65	1,17
6.3 Сварочные полупроводниковые преобразователи для ручной сварки	0,3	0,4	2,29
6.4 Сварочные машины шовные, стыковые, точечные	0,35	0,55	1,52
6.5 Автоматические линии дуговой и точечной сварки	0,45	0,55	1,52
<i>7. Прочее оборудование</i>			
7.1 Испытательные стенды мелкомоторные	0,2	0,65	1,17
7.2 Испытательные стенды крупномоторные	0,25	0,65	1,17
7.3 Испытательные лабораторные установки	0,1	0,5	1,73
7.4 Преобразовательные агрегаты зарядных станций	0,4	0,7	1,02
7.5 Электрофильтры, механизмы пылеуборки	0,35	0,7	1,02

Для облегчения последующих расчетов представим данные в наглядной форме в виде табл. 2.

Таблица 2

Таблица расчетных параметров

Номер электроприемника	K_u	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	2	3	4
1, 2	0,5	0,8	0,75
3, 4, 5, 6, 7	0,6	0,8	0,75
8	0,25	0,65	1,17
9, 10	0,3	0,65	1,17
11	0,55	0,8	0,75

Эффективное число электроприемников подсчитываем по формуле (2.25).

Определяем величину $\sum P_n$

$$\sum P_n = 2,2 + 2,2 + 0,55 \cdot 5 + 11 + 3 + 1,5 + 4 = 26,65 \text{ кВт.}$$

$$\text{Тогда } n_3 = \frac{26,65^2}{2 \cdot 2,2^2 + 5 \cdot 0,55^2 + 11^2 + 3^2 + 1,5^2 + 4^2} = \frac{710,22}{159,44} = 4,45.$$

Значение n_s округляем до ближайшего меньшего целого числа – $n_s = 4$.

Средневзвешенное значение коэффициента использования:

$$K_{и} = \frac{\sum K_{и} \cdot P_{н}}{\sum P_{н}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2,2 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,55 + 0,25 \cdot 11 + 0,3 \cdot 3 + 0,3 \cdot 1,5 + 0,55 \cdot 4}{26,65} = \frac{10,15}{26,65} = 0,38.$$

Одновременно определим средневзвешенное значение величины $\text{tg}\varphi$:

$$\text{tg}\varphi_{\text{ср.взв.}} = \frac{\sum K_{и} P_{н} \text{tg}\varphi}{\sum K_{и} P_{н}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2,2 \cdot 0,75 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,55 \cdot 0,75 + 0,25 \cdot 11 \cdot 1,17 + 0,3 \cdot 3 \cdot 1,17 + 0,3 \cdot 1,5 \cdot 1,17 + 0,55 \cdot 4 \cdot 0,75}{10,15} = \frac{9,34}{10,15} = 0,92.$$

По табл. 3 для $n_s = 4$ и $K_{и} = 0,38$ определяем величину расчетного коэффициента K_p . Так как значение K_p находится в интервале «1,47...1,25», то для точного определения искомой величины пользуемся методом линейной интерполяции, который заключается в следующем.

Значение функции y для аргумента x , находящегося между значениями x_1 и x_2 , которым соответствуют величины y_1 и y_2 , определяется из соотношения:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}, \text{ откуда } y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (y_2 - y_1).$$

Подставив значения, получим

$$K_p = y = 1,47 + \frac{0,38 - 0,3}{0,4 - 0,3} (1,25 - 1,47) = 1,29.$$

Расчетная активная нагрузка – по формуле 2.30:

$$P_p = 1,29 \cdot 10,15 = 13,1 \text{ кВт.}$$

Расчетная реактивная нагрузка – по формуле 2.28, так как $n_3 < 10$:

$$Q_p = 1,1 \cdot 9,34 = 10,27 \text{ кВАр.}$$

Полная мощность расчетной нагрузки – по формуле 2.31:

$$S_p = \sqrt{13,1^2 + 10,27^2} = 16,64 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток в линии от ВУ к РП – по формуле 2.32:

$$I_p = 16,64 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 25,3 \text{ А.}$$

Расчет нагрузок закончен.

Таблица 3

Значения коэффициентов расчетной нагрузки K_p для питающих сетей напряжением до 1000 В

n_3	Коэффициент использования K_u								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	8	5,33	4	2,67	2	1,6	1,33	1,24	1
2	6,22	4,33	3,39	2,45	1,98	1,6	1,33	1,14	1
3	4,05	2,89	2,31	1,74	1,45	1,34	1,22	1,14	1
4	3,24	2,35	1,91	1,47	1,25	1,21	1,12	1,06	1
5	2,84	2,09	1,72	1,35	1,16	1,16	1,08	1,03	1
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,13	1,06	1,01	1
7	2,49	1,86	1,54	1,23	1,12	1,10	1,04	1	
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1	
9	2,27	1,71	1,43	1,16	1,09	1,07	1,01	1	
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,07	1,05	1		
11	2,11	1,61	1,35	1,1	1,06	1,04	1		
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,05	1,03	1		
13	1,99	1,52	1,29	1,06	1,04	1,01	1		
14	1,94	1,49	1,27	1,05	1,02	1			
15	1,89	1,46	1,25	1,03	1				
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1				
17	1,81	1,41	1,21	1					
18	1,78	1,39	1,19	1					
19	1,75	1,36	1,17	1					
20	1,72	1,35	1,16	1					
21	1,69	1,33	1,15	1					

n_3	Коэффициент использования K_u								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
22	1,67	1,31	1,13	1					
23	1,64	1,3	1,12	1					
24	1,62	1,28	1,11	1					
25	1,6	1,27	1,1	1					
30	1,51	1,21	1,05	1					
35	1,44	1,16	1	1					
40	1,4	1,13	1						
45	1,35	1,1	1						
50	1,3	1,07	1						
60	1,25	1,03	1						
70	1,2	1							
80	1,16	1							
90	1,13	1							
100	1,1	1							

Индивидуальные задания для практических занятий

Задание 1

Объект: Ремонтная мастерская сельскохозяйственной техники

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
25	Молот ковочный	1	7,5		+	
26	Компрессор 1101А	1	10		+	
27	Стенд для р/с подвески тракторов	1	7,5		+	
28	Стенд для монтажа и ремонта шин	1	7,5		+	
29	Стенд для испытания гидроагрегатов	1	22		+	
30, 31	Вентиляторы ПЗ, П4	2	1,5	+		
32	Электроинструмент 220В	4	0,6	+		
33	Горизонтально-фрезерный станок	1	7,5+2,2+0,12	+		
34	Вентилятор вытяжной В3	1	0,75	+		
35	Вентилятор вытяжной В7	1	7,5	+		
ЩО	Электроосвещение	1	10	+		

Задание 2

Объект: Ремонтная мастерская сельскохозяйственной техники

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	
36	Станок для шлифования фасок клапанов	1	0,25	+		
37	Стенд для притирки клапанов ОПР1841	1	1,1	+		
38	Стенд для заточки ножей с/х машин	1	0,55	+		
39	Стенд для р/с двигателей	1	1,5	+		

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	
40	Стенд для топливной аппаратуры	1	3,8	+		
41	Вентилятор приточный П1	1	7,5	+		
42, 43	Вентилятор вытяжной В2, В9	2	1,1		+	
44	Вентилятор вытяжной В1	1	2,2		+	
45	Вентилятор вытяжной В6	1	5,5		+	
46	Вентилятор вытяжной В7	1	7,5		+	
ЩО	Электроосвещение	1	5		+	

Задание 3

Объект: Ремонтная мастерская сельскохозяйственной техники

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
1	Пресс гидравлический	1	3	+		
2	Вертикально-сверлильный станок	1	2,2	+		
3	Электроталь	1	2,2	+		
4	Циркуляционная установка	4	1,5	+		
5	Настольно-сверлильный станок	1	0,6	+		
6	Насос №1	1	22	+		
7	Стенд обкаточно-тормозильный	1	55		+	
8, 9	Вентилятор вытяжной	2	0,1		+	
10	Вентилятор вытяжной	1	0,25		+	
11, 12	Вентилятор вытяжной	2	0,37		+	
13	Аппарат электросварочный	1	14		+	
ЩО	Электроосвещение	1	3,2		+	

Задание 4

Объект: Ремонтная мастерская сельскохозяйственной техники

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
25	Молот ковочный	1	7,5	+		
26	Компрессор	1	10	+		
27	Стенд для р/с подвески тракторов	1	7,5	+		
28	Стенд для монтажа и ремонта шин	1	7,5	+		
29	Стенд для испытания гидроагрегатов	1	22	+		
30, 31	Вентиляторы	2	1,5		+	
32	Электроинструмент 220В	4	0,6		+	
33	Горизонтально-фрезерный станок	1	7,5+2,2+0,12		+	
34	Вентилятор вытяжной В3	1	0,75		+	
35	Вентилятор вытяжной В7	1	7,5		+	
ЩО	Электроосвещение	1	5		+	

Задание 5

Объект: Ремонтная мастерская сельскохозяйственной техники

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
14...16	Станок точильно-шлифовальный	3	8,5	+		
17	Станок токарный	1	1,5	+		
18	Станок токарно-винторезный	1	10	+		
19	Насос № 2	1	7,5	+		
20	Вентилятор приточный	1	5,5	+		
21...24	Вентилятор вытяжной	4	0,55	+		
36	Станок для шлифования фасок клапанов	1	0,25	+		
37	Стенд для притирки клапанов	1	1,1	+		
ЩО	Электроосвещение	1	3	+		

Задание 6

Объект: Ремонтная мастерская сельскохозяйственной техники

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
38	Стенд для заточки ножей сельскохозяйственных машин	1	0,55	+		
39	Стенд для р/с двигателей	1	1,5	+		
40	Стенд для испытания топливной аппаратуры	1	3,8	+		
41	Вентилятор приточный	1	7,5	+		
42, 43	Вентилятор вытяжной	2	1,1	+		
44	Вентилятор вытяжной	1	2,2	+		
45	Вентилятор вытяжной	1	5,5	+		
46	Вентилятор вытяжной	1	7,5	+		
ЩО	Электроосвещение	1	5	+		

Задание 7

Объект: Механический цех производственной базы

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
1	Станок точильно-шлифовальный	1	5,3	+		
2	Станок заточной	1	1,5	+		
3	Станок вертикально-сверлильный	1	2,2	+		
4	Станок листогибочный	1	11	+		
5	Кран подвесной	1	3,9	+		
6	Таль электрическая	2	2,2		+	
7	Станок токарный	1	7,5		+	
8	Пневмомолот	1	2,2		+	

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
9	Вулканизационная установка	1	4		+	
10	Насос	1	1,1		+	
11	Приспособление для разогрева	2	0,8		+	
ЩО	Электроосвещение	1	6		+	

Задание 8

Объект: Механический цех производственной базы

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
12	Лебедка электрическая	1	3,2	+		
13	Компрессор	1	7,5	+		
14	Дымосос	1	5	+		
15	Электроинструмент трехфазный 380 В	2	1	+		
16	Электроинструмент однофазный 220 В	4	0,6	+		
17	Аппарат электросварочный	1	10,2		+	
18	Линия контактной сварки	1	40		+	
19	Вентилятор вытяжной	2	1,5		+	
20	Пылеосадительный агрегат	1	1,5		+	
ЩО	Электроосвещение	1	4,6		+	

Задание 9

Объект: Мастерская по ремонту технологического оборудования

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
1	Ножницы листовые	1	9	+		
2	Кран мостовой	1	2,8+3*0,4	+		
3	Компрессор	1	4	+		
4	Вентилятор приточный П1	1	0,75	+		
5	Вентилятор приточный П2	1	0,06	+		
6	Заслонка тепловая	1	0,18		+	
7	Вентилятор вытяжной В1	1	0,55		+	
8	Выпрямитель сварочный	1	24 кВА		+	
ЩО	Электроосвещение	1	6,1		+	

Задание 10

Объект: Мастерская по ремонту технологического оборудования

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
9	Станок радиально-сверлильный	1	1,5+0,87	+		
10	Станок токарно-винторезный	2	7,5+5,7	+		

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
11	Станок ножовочный	1	2,2+1,2	+		
12	Станок вертикально-фрезерный	1	10+2,2	+		
13	Станок вертикально-сверлильный	1	4+0,12	+		
14	Станок точильно-шлифовальный	1	3+2,3	+		
15	Пылеосадительный агрегат	1	1,5	+		
16	Электроинструмент 220 В	Розетка	0,6	+		
ЩО	Электроосвещение	1	8	+		

Задание 11

Объект: Корнеплодохранилище на 1000 т

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
1	Транспортер-подборщик ТПК-30	1	2,2	+		
2	Транспортер-загрузчик ТЗК-30	1	9,6	+		
3	Система транспортеров ТХБ-20	2	11,5	+		
4	Щиты автоматики	4	0,6	+		
5	Электроды ПЭТ-4	10	1	+		
V1...V4	Вентилятор крышный вытяжной	4	0,55		+	
П1...П4	Вентилятор приточной системы	4	5,5		+	
	Электрообогрев смесительных клапанов систем	4	2,4		+	
A1...A4	Отопительно-рециркуляционные агрегаты					
	-вентиляторы	4	0,37		+	
	-электрокалориферы	4	9,6		+	
A5	Вентилятор отопит.-цикул. сист.	1	0,37		+	
ЩО	Электроосвещение	1	8		+	

Задание 12

Объект: Станция ТО машин и ЭО кормопроизводства

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				ШР1	ШР2	ШР3
1	Пульт управления моечной машины ПУ-1	1	90	+		
2	Вентилятор приточный (П2, П3, П4)	3	0,25		+	
3	Вентилятор вытяжной В1, В3	2	1,1		+	
4	Накопитель доильных аппаратов	2	0,75		+	
5	Стенд СПДА	1	0,03		+	
6	Установка для мойки шлангов	1	3,5		+	
7	Электрокипятильник	1	3		+	
8	Мармит	1	3,5		+	
9	Вентилятор вытяжной	3	0,25			+
10	Вентилятор приточный П1	1	5,5			+

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				ШР1	ШР2	ШР3
11	Электрозаслонка	1	1,6			+
12	Стенд для настройки ПЗА	1	2			+
13	Шкаф сушильный	1	2			+
ЩО1	Электроосвещение	1	1,24			+
ЩО2	Электроосвещение	1	3,37			+

Задание 13

Объект: Станция ТО машин и ЭО кормопроизводства

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				ШР1	ШР2	ШР3
12	Шкаф сушильный	1	2	+		
13	Розетка для переносного инструмента 220 В	3	3	++		
14	Стенд для испытания арматуры	1	1,5	+		
15	Стенд для испытания вакуумных насосов	1	5,3	+		
16	Стенд для испытания арматуры	1	1,9	+		
17	Механизм построечный	1	1,7		+	
18	Станок точильно-шлифовальный	1	4,6		+	
19	Насос гидравлический 40т.	1	3		+	
20	Пылеулавливающий агрегат Зил-90М	3	1,5		+	
21	Станок вертикально-сверлильный	1	4		+	
22	Станок токарно-винторезный	1	10		+	
ЩО	Электроосвещение	1	5		+	

Задание 14

Объект: Станция ТО машин и ЭО кормопроизводства

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				ШР1	ШР2	ШР3
23	Пресс ножницы комбинированные	1	11	+		
24	Машина моечная	1	10,6	+		
25	Трансформатор сварочный	1	37 кВА	+		
26	Приспособление для заточки ножей	1	0,6	+		
27	Кран мостовой	1	2,24	+		
28	Станок настольно-сверлильный	2	0,95	+		
29	Приспособление для разогрева подшипников	1	0,8	+		
30	Кран консольный	1	1		+	
31	ПУ2 (пульт управления сварочный)	1	10		+	
32	Шкаф для сушки электродов	1	2,5		+	
33	Установка для разлива хладона	1	23,95		+	

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				ШР1	ШР2	ШР3
34	Кран консольный	1	6,4		+	
46	Мармит	1	3,5		+	
ЩО	Электроосвещение	1	4		+	

Задание 15

Объект: Зерноочистительно-сушильный комплекс

Номер	Наименование, тип	К-во	Мощн. P_n , кВт	ЭП подключен к:		
				РП1	РП2	РП3
1	Нория НПЗ-50	2	5,5	+		
2	Нория НПЗ-20	2	2,2	+		
3	Вентилятор	1	4	+		
4	Вентилятор	1	15	+		
5	Вентилятор Ц14-45-63	1	7,5	+		
6	Вентилятор Ц14	1	18,5	+		
7	Машина МПО-50	1	7,5	+		
8	Машина ЗВС-20А	1	5,5	+		
9	Блок триерный ЗАВ10-90	2	2,2	+		
10	Питатель-дозатор	1	2,2		+	
11	Транспортер передаточный	1	4		+	
12	Автомобилеразгрузчик	1	7,5		+	
13	Задвижка электрическая	2	0,25		+	
14	Сушилка барабанная СЗСБ-350	1	7,5		+	
15	Сушилка барабанная	1	1,1		+	
16	Блок топочный СЗСБ-8А	2	3		+	
17	Вентилятор 4БУШ-350	1	0,55		+	
ЩО	Электроосвещение	1	4		+	

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Какие объекты рассчитывают методом эффективного числа электроприемников?
2. Методика расчета электрических нагрузок зданий методом эффективного числа электроприемников.
3. Как определить активную, реактивную и полную мощность на вводе проектируемого объекта?
4. Как определить эффективное число электроприемников?

Практическая работа 3

РАСЧЕТ И ВЫБОР КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Цель работы: получить практические навыки по выбору и расчету компенсирующих устройств реактивной мощности.

План работы:

1. По теоретическому материалу, приведенному в главе 2 данного учебно-методического пособия, изучить методику расчета и выбора компенсирующих устройств, расчетные формулы и способы определения необходимых для проведения расчетов справочных значений параметров.

2. На примерах разобрать порядок расчета и выбора компенсирующих устройств реактивной мощности.

3. По индивидуальному заданию рассчитать и выбрать компенсирующие устройства, устанавливаемые на вводном устройстве здания и на низковольтном щите трансформаторной подстанции.

4. По результатам расчетов и выбора сделать выводы.

Определение мощности компенсирующих устройств, установленных непосредственно на вводном устройстве здания, исходя из средневзвешенного значения естественного коэффициента мощности, рассмотрим на примере 1.

Пример 1. Определить мощность компенсирующего устройства, установленного на вводном устройстве здания.

Исходя из расчета нагрузок, имеем: $P_p = 65,89$ кВт, $S_p = 100,3$ кВА, $Q_p = 75,7$ кВАр, $\cos \varphi_1 = 0,66$; $\operatorname{tg} \varphi_1 = 1,12$.

Коэффициент мощности, требуемый для энергосистемы предприятия:

$$\cos \varphi_2 = 0,96 - 0,98, \text{ соответственно } \operatorname{tg} \varphi_2 = 0,292 - 0,203.$$

Решение. Определяем по (2.41):

$$Q_{\text{к.у.}} = 65,89 \cdot (1,12 - 0,292) = 54,5 \text{ кВАр.}$$

Выбираем типовую конденсаторную установку АСК1-2-0,38-60У3 мощностью 60 кВАр.

Определяем фактический $\cos \varphi_2$ по $\operatorname{tg} \varphi_2$ при включении компенсирующего устройства:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 - \left(\frac{Q_{\text{к.к.у.}}}{P_p} \right),$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = 1,12 - \left(\frac{60}{65,89} \right) = 0,20, \text{ по табл. 1 определяем } \cos \varphi_2 = 0,98, \text{ что соот-}$$

ветствует требуемому коэффициенту мощности энергосистемы.

Таблица 1

Тригонометрические функции

cos	tg	cos	tg	cos	tg	cos	tg	cos	tg
1	0	0,94	0,363	0,86	0,593	0,74	0,909	0,62	1,266
0,995	0,1	0,935	0,379	0,85	0,62	0,73	0,936	0,61	1,299
0,99	0,142	0,93	0,395	0,84	0,646	0,72	0,964	0,6	1,334
0,985	0,175	0,925	0,411	0,83	0,672	0,71	0,992	0,55	1,519
0,98	0,203	0,92	0,426	0,82	0,698	0,7	1,021	0,5	1,732
0,975	0,228	0,915	0,441	0,81	0,724	0,69	1,049	0,45	1,984
0,97	0,251	0,91	0,456	0,80	0,75	0,68	1,078	0,4	2,291
0,965	0,272	0,905	0,47	0,79	0,776	0,67	1,108	0,35	2,68
0,96	0,292	0,9	0,484	0,78	0,802	0,66	1,138	0,3	3,17
0,955	0,311	0,89	0,512	0,77	0,829	0,65	1,169		
0,95	0,328	0,88	0,540	0,76	0,885	0,64	1,2		
0,945	0,345	0,87	0,567	0,75	0,882	0,63	1,233		

Полную мощность после компенсации определяем по (2.24):

$$S_p = \frac{65,89}{0,98} = 67,2 \text{ кВА} \qquad 67,2 \text{ кВА} \leq 103,3 \text{ кВА.}$$

Из расчета следует, что полная мощность уменьшается.

Определение мощности компенсирующих устройств, установленных непосредственно на вводном устройстве здания, по потреблению экономически выгодной реактивной мощности рассмотрим на примере 2.

Пример 2. Определить мощность компенсирующего устройства, установленного на вводном устройстве здания. Исходя из расчета нагрузок, имеем: $P_p = 65,89$ кВт, $S_p = 100,3$ кВА, $Q_p = 75,7$ кВАр, $\cos \varphi_1 = 0,66$, $\operatorname{tg} \varphi_1 = 1,12$.

Решение.

Определяем $Q_{э.к.} = P_p \cdot 0,28 = 65,89 \cdot 0,28 = 18,44$ кВАр.

Определяем $Q_{к.у.} = Q_p - Q_{э.к.} = 75,7 - 18,44 = 57,26$ кВАр.

Выбираем типовую конденсаторную установку АСК1-2-0,38-60У3 мощностью 60 кВАр.

Определяем фактический $\cos \varphi_2$ по $\operatorname{tg} \varphi_2$ при включении компенсирующего устройства:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 - \left(\frac{Q_{к.к.у.}}{P_p} \right) = 1,12 - \left(\frac{60}{65,89} \right) = 0,22, \quad \text{что} \quad \text{соответствует}$$

$$\cos \varphi_2 = 0,98.$$

Определим полную мощность с учетом компенсации реактивной мощности по (2.24):

$$S_p = \frac{65,89}{0,98} = 67,2 \text{ кВА.} \quad 67,2 \text{ кВА} \leq 103,3 \text{ кВА.}$$

Из расчета следует, что полная мощность уменьшается.

Определение реактивной мощности, потребляемой трансформатором, рассмотрим на примере 3.

Пример 3. Силовой трансформатор типа ТМГ13-100-10/04 кВ, полная номинальная мощность 100 кВА, ток х. х. $i_{х.х.} = 1,6$ %, напряжение к. з. $u_{к.з.} = 4,5$ %. Требуется определить потребляемую реактивную мощность в режиме х. х. при номинальной нагрузке и при нагрузке, составляющей 50 % номинальной.

Решение.

Реактивная мощность, потребляемая трансформатором при х. х.:

$$Q_{р.х.х} = S \frac{i_{х.х.} \%}{100} = 100 \frac{1,6}{100} = 1,6 \text{ кВАр.}$$

Реактивная мощность рассеяния, потребляемая при полной нагрузке

$$Q_{р.р} = S \frac{u_{к.з.} \%}{100} = 100 \frac{4,5}{100} = 4,5 \text{ кВАр.}$$

Реактивная мощность, потребляемая при полной нагрузке трансформатора

$$Q_{\text{тп}} = Q_{\text{р.х.х}} + Q_{\text{р.р}} = 1,6 + 4,5 = 6,1 \text{ кВАр.}$$

При загрузке трансформатора, составляющей 50 % номинальной $\beta=0,5$ (загрузка трансформатора) потребляемая реактивная мощность:

$$Q_{\text{тп}} = S \left(\frac{i_{\text{х.х}} \%}{100} + \frac{(u_{\text{к.з}} \%)}{100} \cdot \beta^2 \right) = 100 \cdot \left(\frac{1,6}{100} + 0,5^2 \frac{4,5}{100} \right) = 2,8 \text{ кВАр.}$$

Примечание. При установке двух трансформаторов и более полная номинальная мощность в расчете принимается равной мощности установленных трансформаторов.

Определение мощности компенсирующих устройств, при установке их на низковольтном щите трансформаторной подстанции, рассмотрим на примере 4.

Пример 4. Выбрать мощность компенсирующих устройств в сети электроснабжения фермы. Реактивная мощность составляет $Q_{\text{р}} = 305$ кВАр, активная $P_{\text{р}} = 377$ кВт. Мощность ТП-2х250 кВА, коэффициент загрузки трансформаторов до компенсации $\beta_{\text{н}} = 0,85$.

Решение.

Из справочных данных (табл. 2) находим для трансформатора ТМГСУ-250 мощностью 250 кВА с первичным напряжением 10 кВ:

$$\Delta P_{\text{х.х.}} = 0,58 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{\text{к.з.}} = 3,7 \text{ кВт}; \quad i_{\text{х.х.}} = 0,8 \% ; \quad u_{\text{к.з.}} = 4,56 \% .$$

Определяем реактивную мощность ($Q_{\text{тп}}$), потребляемую при полной загрузке трансформатора:

$$\begin{aligned} Q_{\text{тп}} &= S \left(\frac{(i_{\text{х.х.}} \%)}{100} + \frac{(u_{\text{к.з.}} \%)}{100} \cdot \beta^2 \right) = \\ &= 2 \cdot 250 \left(\frac{0,8}{100} + \frac{4,5}{100} \cdot 0,85^2 \right) = 20,2 \text{ кВАр.} \end{aligned}$$

Определяем суммарную величину реактивной мощности с учетом потребляемой реактивной мощности трансформаторами по формуле

$$Q_c = Q_p + Q_{тп}.$$

$$Q_c = 305 + 20,2 = 325,2 \text{ кВАр.}$$

Определяем полную мощность по (2.31):

$$S = \sqrt{377^2 + 325,2^2} = 497,8 \text{ кВА.}$$

Определяем $\cos \varphi_1$ до компенсации по формуле

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_p}{S} = \frac{377}{497,8} = 0,75,$$

по табл. 1 находим $\operatorname{tg} \varphi_1 = 0,885$, соответствующий $\cos \varphi_1$.

Коэффициент мощности, требуемый для энергосистемы предприятия:

$$\cos \varphi_2 = 0,96 - 0,98, \text{ что соответствует } \operatorname{tg} \varphi_2 = 0,292 - 0,203.$$

Определяем мощность компенсирующего устройства:

$$Q_{к.у.} = P_p (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 377 \cdot (0,885 - 0,292) = 223,5 \text{ кВАр.}$$

Выбираем две типовые конденсаторные установки АСК1-2-0,38-110У3 мощностью 110 кВАр каждая.

Определяем фактический $\cos \varphi_2$ по $\operatorname{tg} \varphi_2$ при включении компенсирующего устройства:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 - \left(\frac{Q_{к.к.у.}}{P_p} \right) = 0,885 - \left(\frac{220}{377} \right) = 0,3, \text{ что соответствует } \cos \varphi_2 = 0,96.$$

Полная мощность после компенсации по (2.24):

$$S = \frac{377}{0,96} = 392 \text{ кВА.}$$

Фактический коэффициент β_ϕ загрузки трансформатора после компенсации:

$$\beta_\phi = \frac{\sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{бк}})^2}}{N \cdot S_T} \leq \beta_n, \quad \beta_\phi = \frac{\sqrt{377^2 + (325,2 - 220)^2}}{2 \cdot 250} = 0,78 \leq \beta_n = 0,85.$$

Таблица 2

Технические характеристики трансформаторов серии ТМГСУ: напряжение ВН-6(10)кВ; НН-0,4кВ; напряжение короткого замыкания – 4,5 %; схема и группа соединения обмоток – Y-Yo

Тип	Номинальная мощность, кВА	Потери, Вт		Ток х. х., %
		х. х.	к. з.	
ТМГСУ-25/10-У3	25	115	600	2,8
ТМГСУ-40/10-У3	40	155	880	2,6
ТМГСУ-63/10-У3	63	220	1280	1,8
ТМГСУ-100/10-У3	100	270	1970	1,2
ТМГСУ-160/10-У3	160	410	2600	1,0
ТМГСУ-250/10-У3	250	580	3700	0,8

Индивидуальные задания для практических занятий

Для выбора компенсирующих устройств, устанавливаемых на вводном устройстве здания, использовать результаты практического занятия 1.

Для выбора компенсирующих устройств, устанавливаемых на низковольтном щите трансформаторной подстанции, использовать для расчета данные, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Исходные данные для расчета и выбора компенсирующих устройств

Номер варианта	Мощность ТП	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S , кВА	β_n	Тип трансформатора
1	2x160	212,9	114,5	241,7	0,75	ТМГСУ
2	2x250	377,2	302	483,2	0,96	ТМГСУ
3	2x160	168	134	216	0,67	ТМГСУ

Номер варианта	Мощность ТП	P_p , кВт	Q_p , кВАр	S , кВА	β_n	Тип трансформатора
4	2x160	168	126	210	0,65	ТМГСУ
5	2x160	189,5	151	236,8	0,73	ТМГСУ
6	2x250	326	244,5	407	0,81	ТМГСУ
7	2x160	145	139,8	201	0,62	ТМГСУ
8	2x160	210	185,2	288	0,9	ТМГСУ
9	2x250	250	187,5	312	0,63	ТМГСУ
10	2x100	135	83,7	158,8	0,79	ТМГСУ
11	2x160	175	131,2	218	0,68	ТМГСУ
12	2x250	340	299,9	453,4	0,9	ТМГСУ
13	2x100	140	105	175	0,87	ТМГСУ
14	2x100	125	77,5	147,8	0,73	ТМГСУ
15	2x250	280	202,7	345,7	0,69	ТМГСУ

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Как определить мощность компенсирующего устройства, установленного на вводном устройстве здания, исходя из средневзвешенного значения естественного коэффициента мощности?

2. Как определить мощность компенсирующего устройства, установленного на вводном устройстве здания, исходя из потребления экономически выгодной реактивной мощности?

3. Методика выбора компенсирующих устройств, устанавливаемых на вводном устройстве здания.

4. Методика выбора компенсирующих устройств, устанавливаемых на низковольтном щите трансформаторной подстанции.

Питающие и распределительные сети могут быть выполнены по схемам трех видов: радиальной, магистральной и смешанной.

Радиальная схема питания (рис. 3.2) применяется в случаях, когда на объекте имеются относительно мощные одиночные электроприемники, когда мелкие по мощности электроприемники распределяются по цеху неравномерно или сосредоточены группами на отдельных участках; когда имеются электроприемники, требующие самостоятельного учета.

Достоинство радиальной схемы питания заключается в высокой надежности электроснабжения и удобстве в эксплуатации.

При повреждении проводников или коротком замыкании прекращают работу один или несколько электроприемников, подключенных к поврежденной линии, в то время как остальные продолжают нормальную работу.

К недостаткам радиальной схемы питания может относиться: большое число питающих линий к электроприемникам; увеличенная протяженность сети, а, следовательно, перерасход цветного металла и дополнительные капитальные затраты; увеличенное число коммутационных и защитных аппаратов, что приводит к увеличению числа панелей щита и его габаритов.

Магистральная схема (рис. 3.3) применяется в случаях, когда нагрузки равномерно распределены по площади цеха, для одной технологической линии или машины.

При магистральной схеме питающие (главные) магистрали присоединяются к распределительным щитам 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций или непосредственно к трансформаторам по схеме блока трансформатор-магистраль. Дальнейшее распределение энергии производится распределительными магистралями, присоединенными к главной магистрали с помощью коммутационных и защитных аппаратов.

Достоинство магистральной схемы питания заключается в гибкости и универсальности, что обеспечивает в условиях частых реконструкций и усовершенствовании технологических процессов большое удобство при добавлении нагрузок и подводе проводок к перемещенному оборудованию; сравнительно небольшом количестве отходящих линий, что уменьшает расход проводниковых материалов; уменьшает расход коммутационных аппаратов, что приводит к сокращению габаритов распределительных устройств.

Недостатком магистральной схемы является меньшая надежность в эксплуатации в сравнении с радиальной схемой, т. к. при повреждении магистрали одновременно отключают все подключенные к ней электроприемники.

Обычно в чистом виде радиальная и магистральная схемы применяются редко, и сеть выполняется «смешанной». При смешанной схеме (радиально-магистральная) присоединение потребителей выполняется в зависимости от их места расположения, характера производства и условий окружающей среды.

Смешанные схемы (рис. 3.4) наиболее точно удовлетворяют требованию надежности, простоты и дешевизны электроустановок.

При смешанных схемах для подключения питающих кабелей используют вводно-распределительные устройства (ВРУ) или магистральные шкафы, а распределительные сети от них выполняются по радиальной схеме с использованием отдельных силовых шкафов.

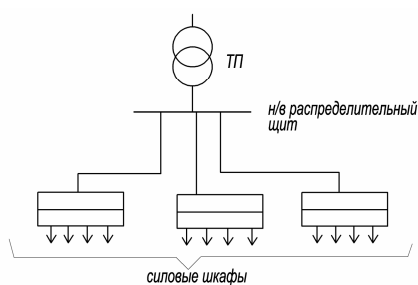


Рис. 3.2. Радиальная схема питания

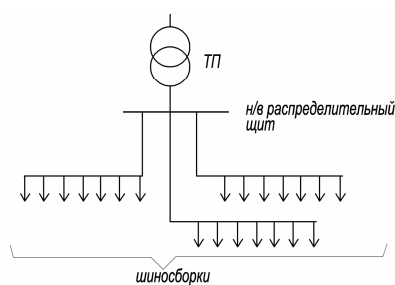


Рис. 3.3. Магистральная схема питания

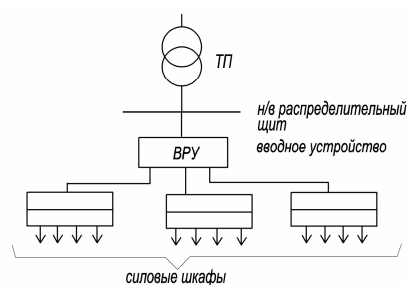


Рис. 3.4. Смешанная схема питания

Конструктивно радиальные сети выполняются кабелем, проложенным открыто по стенам, или изолированными проводами, проложенными в трубах. Магистральные сети выполняются чаще всего магистральными шипопроводами типа ШМА68-Н или распределительными шипопроводами типа ШРА64. Для питания электроприемников сельскохозяйственных потребителей чаще используются смешанные или радиальные схемы питания.

3.1.3. Построение питающих схем распределения электроэнергии зданий и сооружений

В зависимости от категории надежности электроснабжения электроприемников здания или сооружения питающие сети могут прокладываться от одной или двух трансформаторных подстанций (трансформаторные подстанции могут быть отдельно стоящими или встроенными). Внутри здания устанавливается вводное устройство, соответствующее данной категории надежности электроснабжения. Питающие сети могут выполняться кабельными линиями или воздушными на опорах. В основном сети от трансформаторных подстанций преимущественно выполняются кабельными линиями. В сельской местности подвод

к жилым домам осуществляется ВЛ-0,38 кВ с использованием изолированных самонесущих проводов.

При использовании двух трансформаторных подстанций, шины щита низшего напряжения, как правило, разделяются на две секции по числу трансформаторов. Между секциями устанавливается секционный выключатель, позволяющий при аварийном отключении одного из трансформаторов объединить обе секции в одну. Для электроприемников второй категории надежности электроснабжения переключение вводов выполняется вручную, для электроприемников первой категории в автоматическом режиме (используется АВР на секционном выключателе), для особой группы электроприемников первой категории кроме двух независимых источников питания предусматривается третий независимый источник питания, в качестве которого используются дизельные станции, аккумуляторные батареи и т. п. Если мощность электроприемников первой категории составляет лишь небольшую часть номинальной мощности трансформаторов, следует использовать возможности обеспечения АВР на цеховых распределительных пунктах с помощью автоматических выключателей или контакторов. Рабочее и аварийное освещение для электроприемников первой и второй категории надежности электроснабжения, запитывается от разных секций шин низковольтного щита трансформаторной подстанции, присоединенных к разным трансформаторам одной ТП или разных подстанций, если таковые имеются на объекте, в зданиях – от разных секций вводного устройства. Присоединение сетей освещения всех видов к распределительной силовой сети запрещается.

3.1.4. Проектирование питающих и распределительных сетей внутри зданий и сооружений

При проектировании питающих и распределительных сетей внутри зданий руководствуются СН 357–77 «Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий».

В проектах силового электрооборудования предусматривают, как правило, переменный ток напряжением 380 В или 380/220 В, с глухозаземленной нейтралью. В отдельных случаях в специальных установках, где по условиям технологического процесса необходим постоянный ток, проектируют сеть постоянного тока с использованием преобразователей, выпрямителей переменного тока в постоянный. Наибольшая мощность трех фазных электроприемников, питаемых от этих систем переменного тока, как правило, не должна превышать величины, допускающей применение контакторов на силу тока 630 А.

Схемы управления должны конструироваться таким образом, чтобы при исчезновении напряжения в главных цепях электроприемников линейные аппараты этих цепей отключались, и повторное их включение было бы возможно, либо только по команде оператора или автоматически по установленной программе.

Расположение источников питания, а также схема, конструкция и сечение проводников силовой сети должны быть выбраны и выполнены таким образом, чтобы в условиях нормальной эксплуатации отклонения напряжения на зажимах силовых электроприемников не превышали величин, установленных в нормативных документах.

Для любого проектируемого здания можно разработать множество вариантов схем распределения электроэнергии. Только меняя, например, типы вводных устройств, получим несколько вариантов схем.

Многовариантность – специфика схем распределения электроэнергии внутри здания.

Виды схем распределения электроэнергии приведены на рис. 3.5 и 3.6.

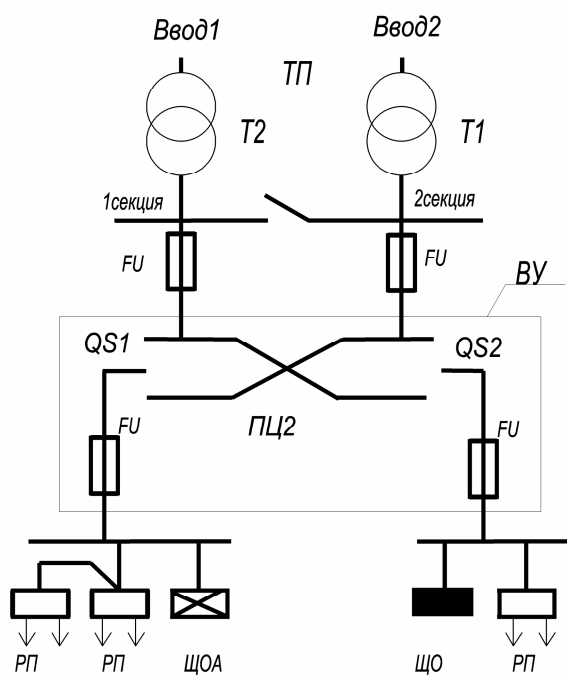


Рис. 3.5. Схема питания от двухтрансформаторной подстанции

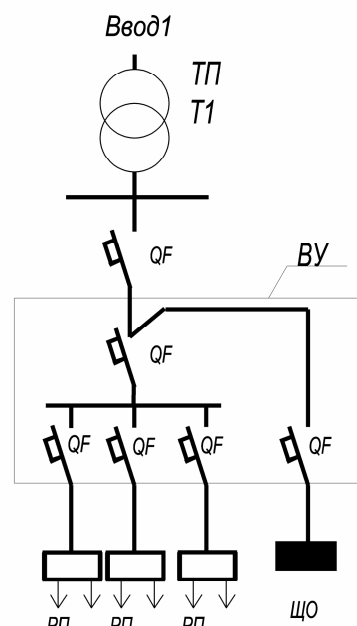


Рис. 3.6. Схема питания от однострансформаторной подстанции

3.1.5. Конструктивное исполнение внутренних электрических сетей

В зависимости от принятой схемы распределения электроэнергии, условий окружающей среды, строительных конструкций зданий внутренние сети выполняют

кабелями или проводами (в практике с.-х строительства и промышленного). Шинопровода получили широкое распространение в промышленном (машиностроении) строительстве.

Во всех случаях, если не препятствуют местные условия, главные магистрали прокладывают на отметке 3–4 метра над уровнем пола.

Сети, выполняемые изолированными проводами и кабелями в цехах, расположенных в зданиях и сооружениях второй степени огнестойкости, следует, как правило, прокладывать открыто по конструкциям и стенам, в лотках, коробах, на тросах. Необходимо предусматривать защиту от механических воздействий при стесненных условиях. Применять комбинированную прокладку проводов и кабелей – открыто на одних участках и скрыто, в трубах, на других (например, в трубах в полу, по оборудованию).

В электрощитовых силовые и контрольные кабели прокладывают открыто, независимо от высоты над полом.

Скрытые проводки рекомендуется выполнять без использования стальных труб, а применять винипластовые трубы.

Для защиты от механических повреждений стояков кабелей следует применять стальные трубы, кожухи из листовой стали, а для пропуска открыто прокладываемых кабелей сквозь несгораемые стены и перекрытия следует применять пластмассовые или асбоцементные (ГОСТ 31416–2009) трубы, защиту кабелей выполняют на высоту 2 м от пола. Во взрывоопасных и пожароопасных зонах электрические сети должны прокладываться в соответствии с ПУЭ. Стальные обыкновенные водо-газопроводные трубы (ГОСТ 3262–75 с изм. 1992), если требуется, применяют во взрывоопасных зонах, в невзрывоопасных используют тонкостенные стальные трубы (ГОСТ 10704–91 с изм. 2022).

3.1.6. Практические рекомендации при выполнении схем распределения электрической энергии

В схемах распределительных шкафов для силовых сетей и щитков освещения должно быть обеспечено отключение всего шкафа или щитка без нарушения работы остальных шкафов или щитков, питающихся от одной магистрали. При питании силовых шкафов иногда используют присоединение «цепочкой». Так называется схема питания одной линией ряда приемников или силовых шкафов.

Для силовых шкафов это достигается применением общих рубильников на вводе, причем при питании группы шкафов «цепочкой» каждый шкаф может быть отключен без нарушения работы самой «цепочки». Ответвления от силовых шкафов и щитков освещения защищаются предохранителями или автоматическими выключателями. Если участок ответвления не превышает 3 м и защищен от токов к. з., то устройство защиты можно не устанавливать на ответвлении.

При магистральных схемах питания рекомендуется питать не более 4–5 щитков освещения в «цепочку». Электроустановки организаций, обособленных в административно-хозяйственном отношении рекомендуется питать отдельными линиями от вводного или вводно-распределительного устройства.

3.1.7. Структурные схемы. Практические рекомендации построения структурных схем распределения электроэнергии

Структурная схема – это графический документ, дающий общее представление об электрической сети здания. Структурная схема определяет основные функциональные части сети и их взаимосвязь.

Для выполнения структурной схемы электрической сети здания необходимо изучить и проанализировать электроприемники по категорийности электроснабжения на основании технологического задания, систем отопления, вентиляции, водопровода. Определить их месторасположение; выявить мощность каждого электроприемника, выяснить режим работы; определить принадлежность электроприемников к технологическим линиям, если таковые имеются; определить наличие резервного оборудования их количество и режим включения; выделить из общего числа единиц оборудования ремонтное оборудование; выделить кратко-временно-работающие электроприемники (задвижки, вентили); выделить электроприемники первой категории надежности электроснабжения, если таковые есть; выявить однофазные электроприемники и способы их подключения к электросети.

На основании изучения и анализа электроприемников принимается решение об узлах их питания, т. е. о распределительных пунктах (РП), их количестве, месте установки, а также о вводном устройстве и месте его установки. После принятия решения об отнесении электроприемников к определенному РП формируют количество РП.

Обычно электроприемники группируют по их принадлежности к однородным режимам работы: технологическое оборудование, вентиляционное и др. или можно выделить в отдельные группы, если это целесообразно,

в зависимости от его количества. К одной характерной категории относят ЭП, имеющие одинаковое технологическое назначение и одинаковые верхние границы возможных значений коэффициентов использования и коэффициентов реактивной мощности $\text{tg}\varphi$. При размещении РП следует учитывать архитектурно-строительные решения, если имеются помещения электрощитовых, то РП и ВРУ устанавливают в них.

Распределительные устройства, устанавливаемые в цехе (щиты, силовые распределительные пункты, станции управления), располагают как можно ближе к электроприемникам.

На структурных схемах показывают питающую и распределительную сеть. Пример структурной схемы распределения электроэнергии представлен на рис. 3.7.

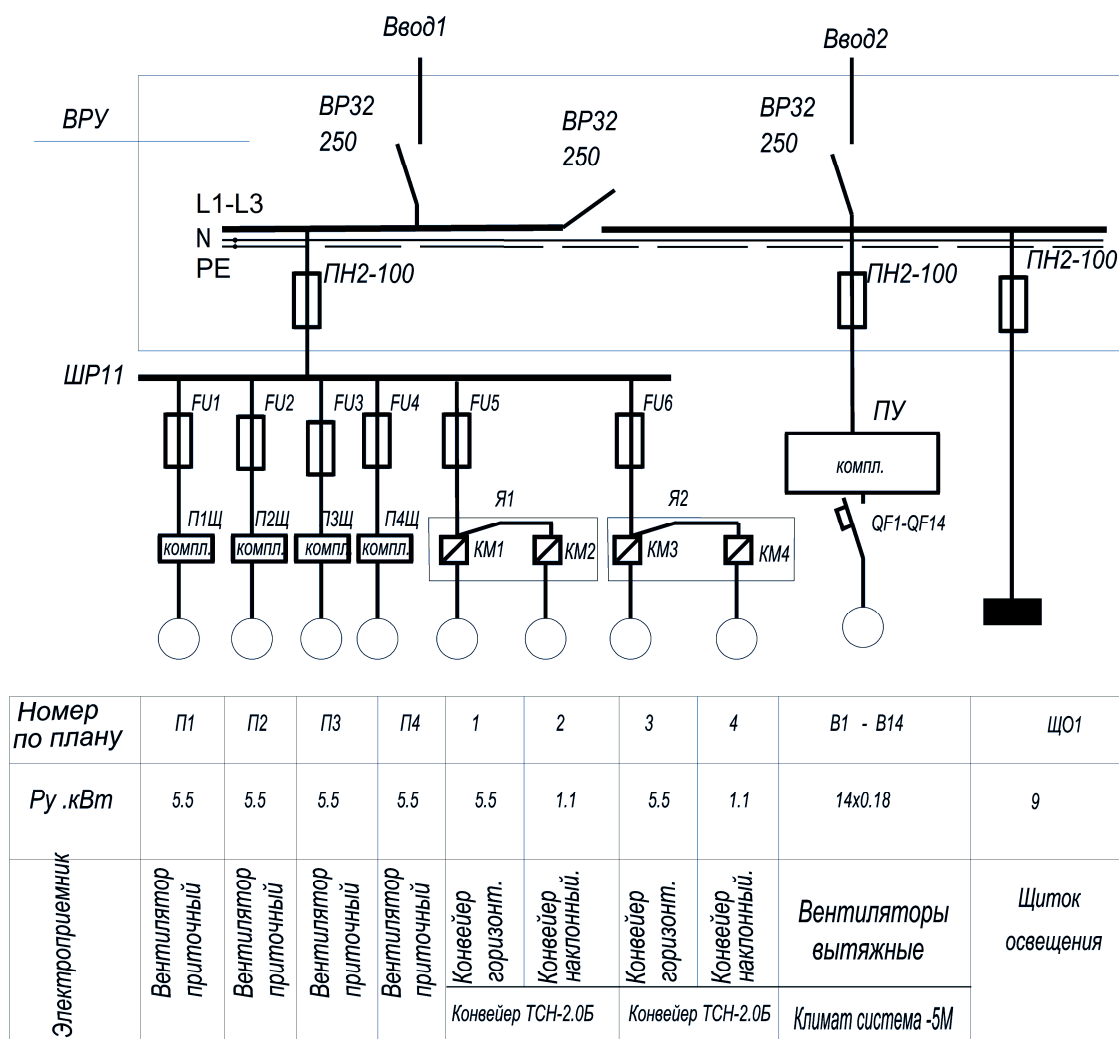


Рис. 3.7. Структурная схема распределения электроэнергии

3.2. Категории электроприемников по степени обеспечения надежности электроснабжения. Системы заземления в электроустановках

3.2.1. Категории электроснабжения электроприемников

Электроснабжением называется обеспечение потребителей электрической энергией.

Надежность электроснабжения потребителей должна соответствовать ТКП 385–2022, согласно которому в отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяют на 3 категории:

1 категория – электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства.

Из состава электроприемников 1 категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров, повреждения дорогостоящего оборудования.

2 категория – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества жителей.

3 категория – все остальные электроприемники, не подходящие под 1 и 2 категории.

3.2.2. Обеспечение надежности электроснабжения электроприемников

Электроснабжение электроприемников 1 категории

Электроприемники первой категории в нормальных режимах должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника.

В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников и в качестве второго независимого источника для остальных электроприемников первой категории могут быть использованы местные электростанции, электростанции энергосистем (в частности, шины генераторного напряжения), предназначенные для этих целей агрегаты бесперебойного питания, аккумуляторные батареи и т. п.

Если резервированием электроснабжения нельзя обеспечить непрерывность технологического процесса или если резервирование электроснабжения экономически нецелесообразно, должно быть осуществлено технологическое резервирование, например, путем установки взаимно резервирующих технологических агрегатов, специальных устройств безаварийного останова технологического процесса, действующих при нарушении электроснабжения.

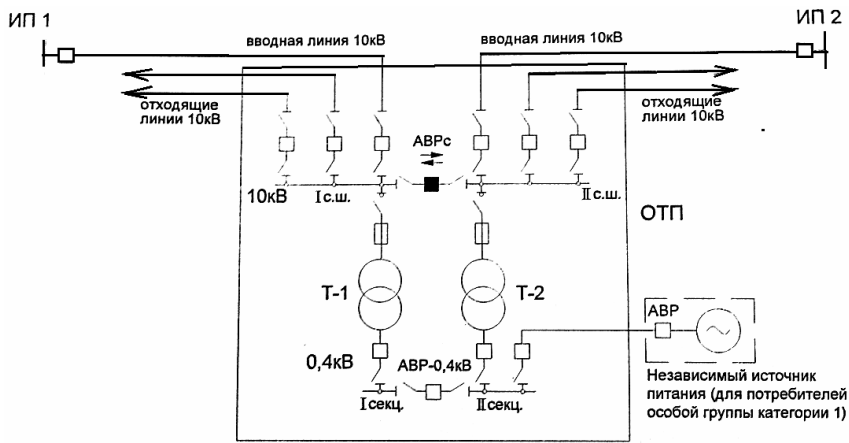
В основном для потребителей 1 категории в сельском хозяйстве используются дизельные электростанции (ДЭС). ДЭС могут быть следующих типов: небольшой мощности – бензиновые, большой – дизельные.

Независимым источником питания электроприемника или группы электроприемников называется источник питания, на котором сохраняется напряжение в пределах приведенного в ТКП для послеаварийного режима, при исчезновении его на другом или других источниках питания этих электроприемников.

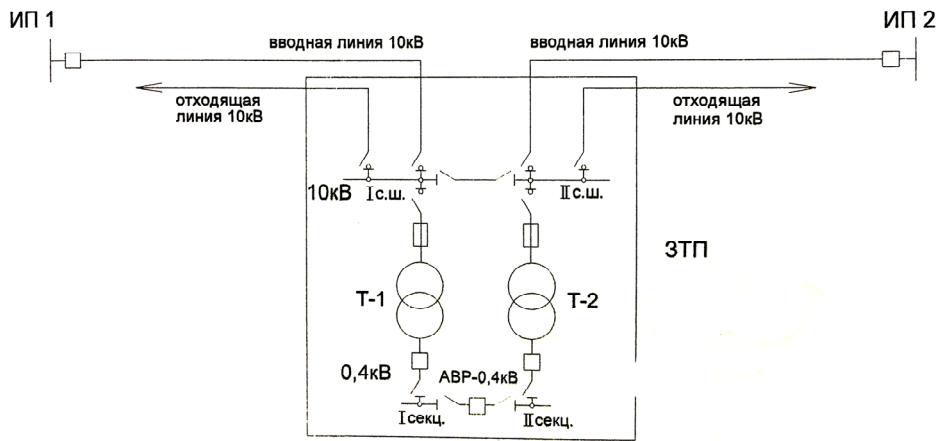
К числу независимых источников питания относятся две секции или системы шин одной или двух электростанций и подстанций при одновременном соблюдении следующих условий:

- каждая из секций или систем шин, в свою очередь, имеет питание от независимого источника питания;

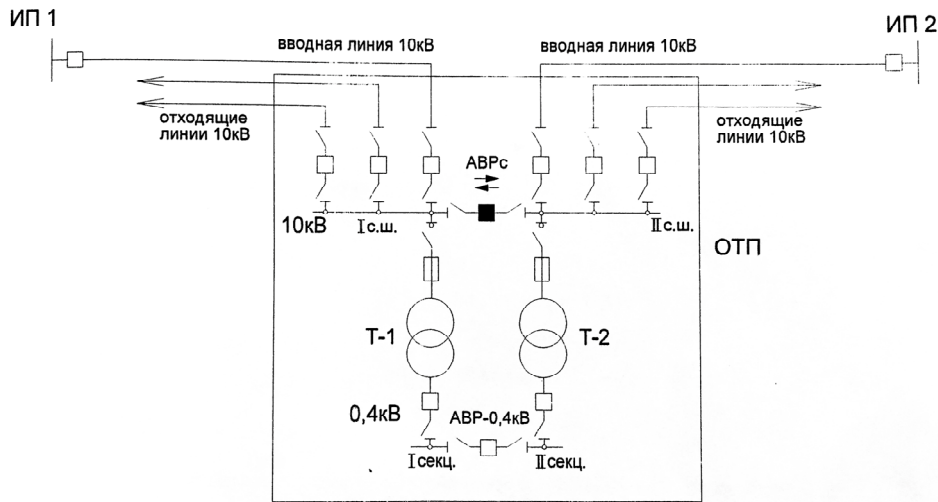
- секции (системы) шин не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций (систем) шин.



а



б



в

Рис. 3.8 (а–в). Схемы электроснабжения электроприемников 1-й категории надежности

Схемы распределения электроэнергии с АВР должны применяться, как правило, только для питания электроприемников, относимых к 1-й категории по надежности электроснабжения.

Электроснабжение электроприемников 2-й категории

Электроприемники 2-й категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых, взаимно резервируемых источников питания.

Для 2-й категории (рис. 3.9) при нарушении электроснабжения от одного из источников допустимы перерывы в электроснабжении на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

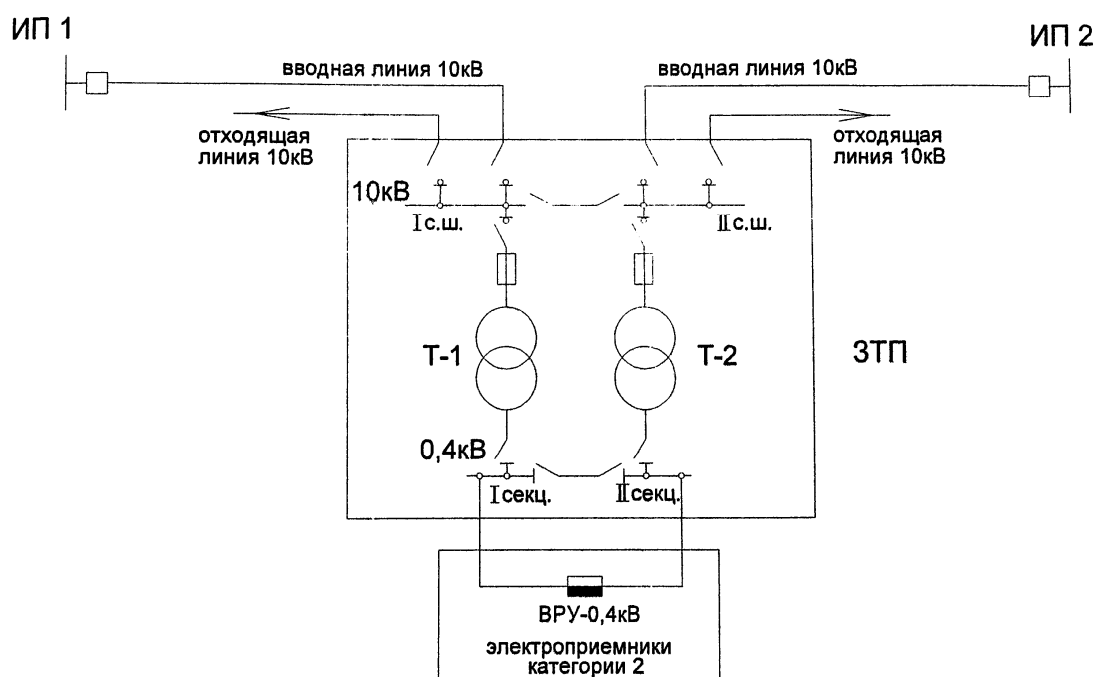
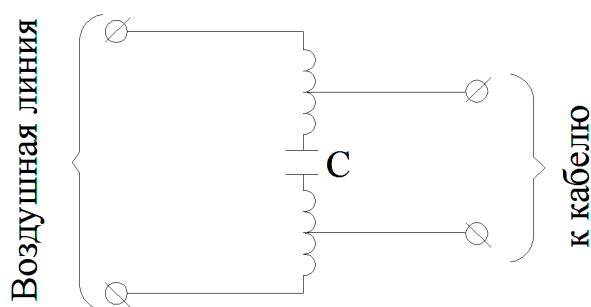


Рис. 3.9. Схема электроснабжения электроприемников 2-й категории надежности

Электроприемники 2-й категории надежности электроснабжения должны обеспечиваться питанием от одной ВЛ, в т. ч. кабельной вставкой (рис. 3.10), если обеспечена возможность проведения аварийного ремонта этой линии не более одних суток. Кабельная вставка должна выполняться 2 кабелями, каждый из которых выбирается по наибольшему длительному току ВЛ.

Допускается питание электроприемников 2-й категории электроснабжения по одной кабельной линии, состоящей не менее чем из 2-х кабелей, присоединенных к одному аппарату.

Допускается также питание электроприемников от одного источника питания при условии наличия централизованного резерва трансформатора и замены поврежденного трансформатора за время не более одних суток.



$$I_{\text{доп. каб. вст}} = I_{\text{дл. мах ВЛ}}$$

Рис. 3.10. Схема электроснабжения при использовании кабельной вставки

Электроснабжение электроприемников 3-й категории

Для электроприемников 3-й категории (рис. 3.11) электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения не превышают одних суток.

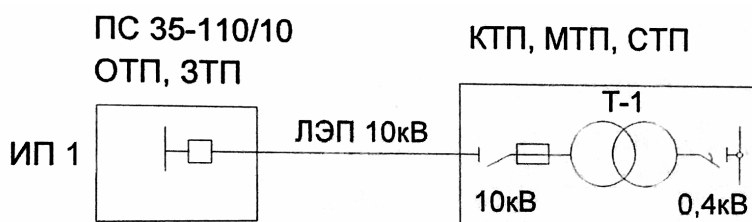


Рис. 3.11. Схема электроснабжения электроприемников 3-й категории надежности

Нормативно-технические документы для определения надежности электроснабжения:

– СН 4.04.01–2019 (с изм. 2021) «Системы электрооборудования жилых и общественных зданий»

– ТПК 385-2022 (33240) Сети электрические распределительные сельские напряжением 0,38-10 кВ. Правила технологического проектирования.

3.2.3. Рекомендации при проектировании схем электроснабжения объектов сельскохозяйственного назначения

При проектировании схем электроснабжения объектов сельскохозяйственного назначения следует соблюдать следующие рекомендации:

1. Строительство двухтрансформаторных подстанций, включаемых в транзитную кольцевую сеть, или по схеме двух блоков «линия-трансформатор» следует проектировать с устройством АВР на стороне 10 кВ, на секционном выключателе.

2. Двухтрансформаторные подстанции следует подключать линиями 10 кВ от разных независимых источников питания.

3. Если от ТП запитываются потребители напряжением 0,38 кВ, то устройства АВР на напряжение 0,38 кВ устанавливаются непосредственно на вводах электроприемников 1-й категории, также целесообразно дополнительно устанавливать АВР на низковольтном щите ТП.

4. Для электроприемников 2-й категории основным принципом построения распределительной сети является сочетание петлевых линий напряжением 10 кВ, обеспечивающих двухстороннее питание каждой ТП и петлевых линий 0,4 кВ для питания потребителей. Петлевые линии могут присоединяться к одной или разным трансформаторным подстанциям.

5. Для электроприемников 3-й категории основным принципом построения распределительной сети является сочетание резервируемых линий 10 кВ с целью двухстороннего питания каждой ТП и радиальных резервируемых линий 0,38 кВ, подключаемых к потребителю. При выполнении сети 10 кВ воздушными линиями их резервирование может не предусматриваться.

3.2.4. Системы заземления в электроустановках напряжением до 1 кВ переменного тока

При проектировании питающих электрических сетей переменного или постоянного тока необходимо определить тип системы токоведущих проводников, тип системы заземления, а также способы и устройства защиты от пожара (взрыва).

Типы систем токоведущих проводников переменного тока бывают: однофазные двухпроводные; однофазные трехпроводные; двухфазные трехпроводные; трехфазные четырехпроводные; трехфазные пятипроводные; постоянного тока: двухпроводные; трехпроводные.

Рассмотрим типы систем заземления в сетях до 1 кВ переменного тока. Стандартом ГОСТ 30331.3–95 «Электроустановки зданий» определены типы систем заземления и их буквенное обозначение.

Первая буква – характер заземления источника питания (состояние нейтрали источника питания): Т – заземленная нейтраль; I – изолированная нейтраль.

Вторая буква – характер заземления открытых проводящих частей электроустановки (состояние открытых проводящих частей относительно земли): Т – открытые проводящие части заземлены, независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети; N – открытые

проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания (может быть TN, TT, IT).




Наиболее распространенная система – TN, иногда встречается TT (например, питание погруженных насосов водопроводных насосных станций).

Последующие (после N) – совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников.

S – нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники разделены.

C – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (PEN-проводник).

ГОСТ 30331.2–95 регламентирует обозначение:

-  нулевой рабочий проводник N
-  нулевой защитный проводник PE
-  совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник PEN

Системы заземления сетей переменного тока показаны на рис. 3.12.

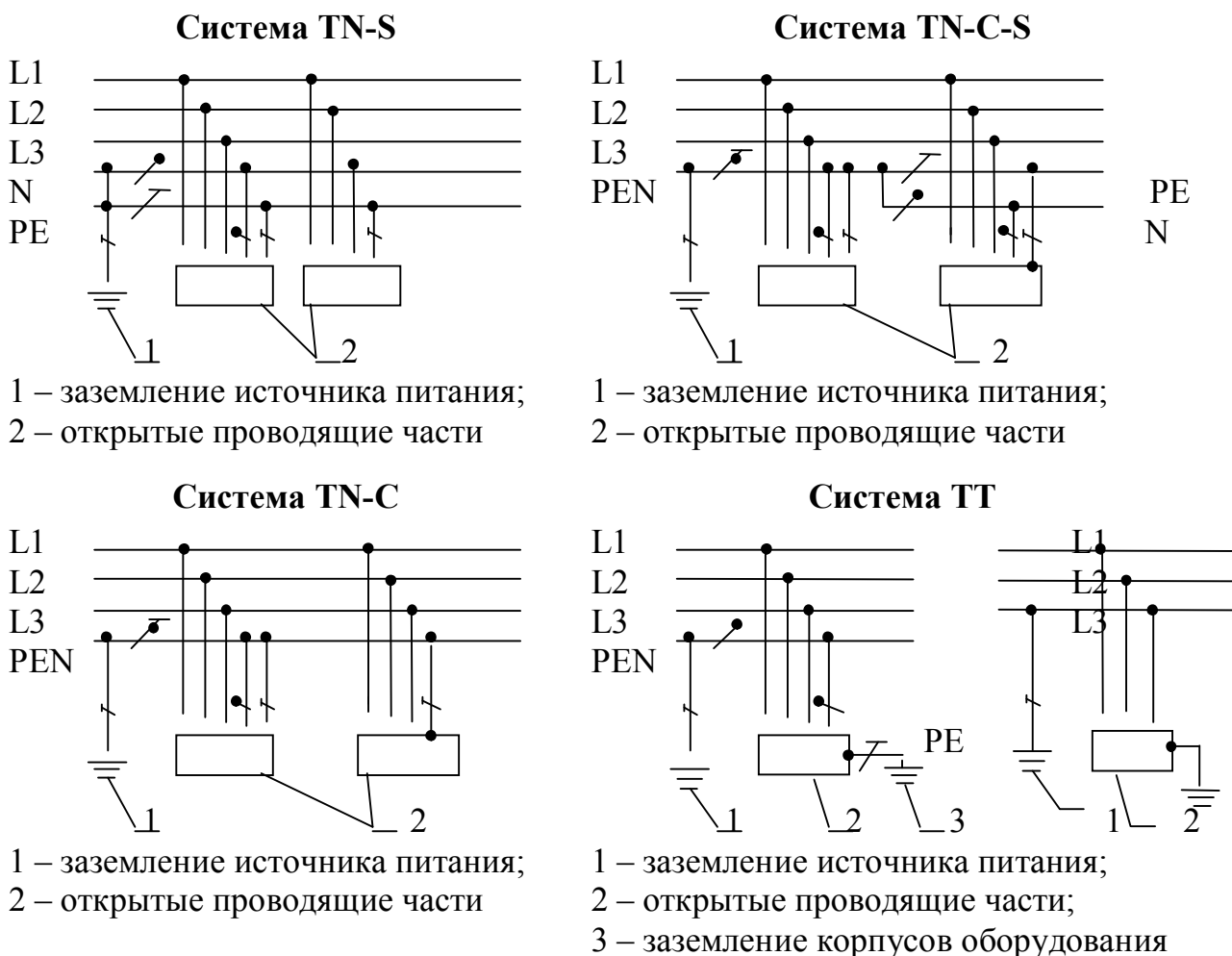


Рис. 3.12. Системы заземления: а – TN-S; б – TN-C-S; в – TN-C; г – TT

Система TN-S – нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают раздельно;

Система TN-C-S – в части сети нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены до ГЗШ (главная заземляющая шина);

Система TN-C – нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены по всей сети;

Система TT – питающая сеть имеет точку, непосредственно связанную с землей, а открытые проводящие части электроустановки присоединены заземлителю, электрически не зависимому от заземлителя нейтрали источника питания.

Функции нулевого рабочего N и нулевого защитного PE проводников можно совмещать, если сечение PEN проводника не менее 10 мм² по меди и не менее 16 мм² по алюминию, и рассматриваемая сеть не защищена устройством дифференциальной защиты (УЗО). После разделения PEN проводника на PE и N дальнейшее объединение их запрещается.

Трехфазные четырех- и пятипроводные линии при питании трехфазных симметричных нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих N-проводников, равное сечению фазных проводов, если фазные проводники имеют сечение до 16 мм² по меди (Cu) и 25 мм² по алюминию (Al), а при больших сечениях – не менее 50 % сечения фазных проводников, но не менее 16 мм² по меди (Cu) и 25 мм² по алюминию (Al). Сечение PE-проводников, согласно ГОСТ, должно равняться сечению фазных проводников до 16 мм² (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Наименьшее сечение PE-проводников

Сечение фазных проводников	Наименьшее сечение защитных проводников
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Буквенно-цифровые и цветовые обозначения одноименных шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены при переменном трехфазном токе:

- _____ А – желтым
- _____ В – зеленым
- _____ С – красным
- _____ N – голубым

----- РЕ-проводник, чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины желтого и зеленого цветов.

———— PEN-проводник, голубым цветом по всей длине и желто-зелеными полосами на концах.

Цветовое обозначение должно быть выполнено по всей длине шины электроустановки.

В каждой электроустановке должна быть выполнена *система уравнивания потенциалов* путем объединения защитных проводников, стальных труб коммуникаций, металлических частей строительных конструкций, молниезащиты, систем вентиляции, отопления, кондиционирования. Все указанные части должны быть присоединены к главной заземляющей шине (ГЗШ) при помощи проводников системы уравнивания потенциалов. В качестве ГЗШ в электроустановке можно использовать шину «РЕ» вводного устройства или отдельно установленную.

Главные проводники системы уравнивания потенциалов должны быть сечением не менее половины наибольшего проводника (РЕ) установки, но не менее: медных – 6 мм², алюминиевых – 16 мм², стальных – 50 мм². При применении системы TN рекомендуется выполнять повторное заземление РЕ и PEN-проводников на вводе в электроустановки зданий. Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется.

Для возможности до минимума свести время поражения электрическим током людей или животных, которые могут оказаться под напряжением вследствие неисправности или повреждения изоляции и попадания потенциала на токопроводящие части корпусов или конструкций крепления электроустановок, применяют устройства защитного отключения (УЗО).

ГОСТ 30331.3–95 «Защита от поражения электрическим током» оговаривает наибольшее время отключения защитных устройств для любых систем TN (TN-C-S, TN-C, TN-S). Данные представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Время отключения защитных аппаратов для любых систем заземления

Напряжение между фазой и землей, В	Время отключения, сек.	
120	0,8	Система 380/220 В
230	0,4	
277	0,4	
400	0,2	
580	0,1	

Что касается сетей от подстанции до ГРЩ, ВУ, ВРУ здания и далее до распределительных пунктов и щитков (по ГОСТ 21.613–2014 на силовое электрооборудование их называют питающими сетями), то время отключения не должно превышать 5 секунд.

Для животноводческих помещений в соответствии с ГОСТ 30331.14–2001 нормальное напряжение прикосновения 0,2 В переменного тока (без патологических последствий). Время отключения при различных напряжениях прикосновения приведено в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Время отключения при различных допустимых напряжениях прикосновения

Время возможного воздействия напряжения прикосновения, сек.	Наибольшее допустимое напряжение прикосновения, В
0,2	150
0,5	100
1,0	75
5,0	35
10,0	25
Свыше 10	Не более 12

Розеточные сети должны быть защищены УЗО на ток не более 30 мА. Во избежание возникновения пожара на вводе в сельскохозяйственные и животноводческие помещения следует устанавливать УЗО с уставкой по дифференциальному току не выше 300 мА.

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы TN в помещениях для содержания животных представлено в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Допустимое время защитного отключения для системы TN

Наибольшее фазное напряжение, В	Время отключения, сек.
127	0,35
220	0,2 (система 380/220 В)
380	0,05

Необходимо выбирать защиту так, чтобы время ее срабатывания удовлетворяло требованиям стандарта.

Если предохранители при низких значениях токов короткого замыкания не обеспечивают требуемое время отключения, следует применять автоматические выключатели, а если автоматические выключатели не обеспечивают время

отключения, необходимо применять устройства защитного отключения (УЗО), имеющие дифференциальную защиту.

С 1 июня 1999 г. применение УЗО в проектах является обязательным:

– если устройство защиты от сверхтока не обеспечивает время автоматического отключения 0,4 сек., и электроустановка не охвачена системой уравнивания потенциалов;

– для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током;

– для групповых линий в мобильных (инвентарных) зданиях из металла или с металлическим каркасом, предназначенных для уличной торговли и бытового обслуживания населения, а также на питающих линиях к этим зданиям;

– для групповых линий и помещений с повышенной опасностью и особо опасных в отношении поражения электрическим током при высоте установки светильников общего освещения менее 2,5 м от пола и использовании светильников класса защиты 1;

– на вводе в сельскохозяйственные и животноводческие помещения с уставкой по дифференциальному току не выше 300 мА, но не ниже 100 мА.

3.3. Расчет сечений проводников по нагреву. Проверка выбранных проводов и кабелей по потере напряжения на участках сети

3.3.1. Выбор проводов и кабелей по нагреву

Электрический ток, протекающий по проводникам линий электрической сети, нагревает токоведущие жилы. Одновременно происходит охлаждение проводников путем отвода тепла в окружающую среду. Через некоторое время, если величина протекающего тока в проводниках не меняется, температура жилы достигает предельного значения, которое в дальнейшем остается неизменным.

Наибольшая допустимая температура для проводов и кабелей определяется условиями безопасности, надежности и экономичности. Излишне высокая температура изолированного провода или кабеля служит причиной быстрого износа изоляции и сокращения срока службы проводника. Особенно опасным является нагревание изоляции проводников в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, где воспламенение изоляции может вызвать пожар

или взрыв. Поэтому величина тока, протекающего через сечение проводника, не должна превышать определенного предела.

ТКП устанавливают следующие максимально допустимые температуры при нагревании током:

- голые провода и шины – 70 °С;
- провода и кабели с резиновой и ПВХ изоляцией – 65 °С;
- кабели с бумажной изоляцией – 80 °С ($U=3$ кВ).

Допустимые токовые нагрузки зависят от сечений проводника, его конструктивного выполнения и условий охлаждения.

В ТКП 339–2021 имеются таблицы, в которых приведены значения допустимых длительных токов для проводов и кабелей, разных сечений, изоляции, конструктивных исполнений, получивших сейчас наибольшее распространение.

Допустимые токовые нагрузки приведены для нормальных условий прокладки проводов и кабелей в воздухе при +25 °С, в земле – при +15 °С, с учетом расстояния между соседними кабелями при прокладке в воздухе – 35 мм, в каналах – 50 мм, в земле – 1 кабель в траншее, расстояние в свету 100 мм, резервные кабели не учитываются. Число прокладываемых кабелей в воздухе не ограничивается, в земле в траншее допускается максимальная прокладка не более 8 кабелей. Если условия прокладки кабелей отличаются от нормальных, то вводятся поправочные коэффициенты.

3.3.2. Определение сечений проводов и кабелей в зависимости от условий прокладки и внешних воздействующих факторов (ВВФ)

При выборе сечений проводов и кабелей необходимо учитывать поправочные коэффициенты на условия прокладки кабелей. Если эти условия отличаются от нормальных, то величина $I_{\text{доп}}$ определяется с учетом поправочных коэффициентов:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{п}} \geq I_{\text{р}}, \quad (3.1)$$

где $K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий охлаждения.

Поправочный коэффициент:

1. На температуру окружающей среды (нормальные условия: температура жил +65 °С, окружающего воздуха +25 °С, земли +15 °С, $K_{\text{п}} = 1$).

2. На число кабелей, проложенных в одной траншее (нормальные условия: 1 кабель в траншее, расстояние в свету 100 мм, резервные кабели не учитываются, $K_{\text{п}} = 1$).

3. На провода, прокладываемые более четырех в трубах, коробах, а также на лотках пучками, токи должны приниматься как для проводов, проложенных открыто в воздухе, с введением коэффициентов: 0,68 для 5 и 6; 0,63 для 7 – 9; 0,6 для 10 –12 проводников.

Для вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся.

Поправка на повторно-кратковременный и кратковременный режимы используется при выборе питающих проводников для электродвигателей, время работы которых чередуется со временем отключения. Проводники линии при таких режимах электродвигателя находятся в лучших условиях охлаждения по сравнению с проводниками, несущими нагрузку без перерывов. Такие проводники допускают увеличение нагрузки, учитываемой коэффициентом:

$$K_{\text{пв}} = \frac{0,875}{\sqrt{\text{ПВ}}}, \quad (3.2)$$

где ПВ – относительная продолжительность рабочего периода, равная

$$\text{ПВ} = \frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (3.3)$$

где $t_{\text{р}}$ – длительность рабочего периода, мин.;

$t_{\text{ц}}$ – общая длительность цикла, мин.

Этот коэффициент может быть применен при условии:

1. Если $t_{\text{р}} = 4$ мин., $t_{\text{п}} = 6$ мин. ($t_{\text{ц}} = 4 + 6 = 10$ мин.);

2. Если $F_{\text{меди}} \geq 10\text{мм}^2$, $F_{\text{алюминия}} \geq 16\text{мм}^2$.

В этом случае ТКП рекомендует приводить кратковременный ток $I_{\text{кр}}$ к длительному $I_{\text{дл}}$ по формуле

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{кр}} \frac{0,875}{\sqrt{\text{ПВ}}}. \quad (3.4)$$

Поправочные коэффициенты на температуру окружающей среды и на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб), приведены в табл. 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5

Поправочный коэффициент на температуру окружающей среды

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,0	0,96	0,92	0,83	0,88	0,73	0,73	0,68
25	80	1,24	1,2	1,17	1,13	1,09	1,04	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74
25	70	1,29	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1,0	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,1	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

Таблица 3.6

Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,9	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,9	0,87	0,86	0,85

3.3.3. Проверка выбранных проводов и кабелей по потере напряжения

Повышение или снижение напряжения на зажимах электроприемника по сравнению с номинальным приводит к ухудшению его работы, неблагоприятно сказывается на величине светового потока лампы (уменьшает его), приводит к повышенному износу двигателей, снижает производительность труда из-за недостаточной освещенности. Наилучшие условия эксплуатации электроприемников – при номинальном напряжении на зажимах, но это невыполнимо, т. к. провода и кабели обладают некоторым сопротивлением, и при протекании тока происходит снижение напряжения.

Разность напряжений на зажимах электроприемника и номинальным сети называется отклонением напряжения.

Допустимые отклонения напряжения:

- электродвигатели 5 %–10 %;
- лампы рабочего освещения промпредприятий и общественных зданий – 4 % – 2,5 %;
- остальные электроприемники – 4 %– 5 %;
- электроприемники сельских сетей – 7,5 %.

В послеаварийных режимах допускается дополнительное понижение напряжения на 5 %.

а) *Расчет потери напряжения с нагрузкой в конце линии*

$$\Delta U = \sqrt{3}(r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi) \cdot I \cdot L, \% \quad (3.5)$$

где I – ток в проводнике линии, А;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки линии;

L – длина линии, км;

r – активное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

x – индуктивное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

$\sin \varphi$ – определяется как тригонометрическая функция по $\cos \varphi$.

Активное сопротивление линии Ом/км:

$$r = \frac{1000}{\gamma \cdot F}, \quad (3.6)$$

где γ – удельное сопротивление материала проводника, $\gamma = 53$ м/Ом·мм² для медных проводников; $\gamma = 31,7$ м/Ом·мм² для алюминиевых проводников;

F – сечение проводника; мм².

Индуктивное сопротивление линии зависит от магнитного потока, пронизывающего пространство между ее проводниками. Чем больше расстояние между проводниками, тем больше индуктивное сопротивление линии. Для кабелей оно мало – 0,06 – 0,08 Ом/км, для воздушных линий до 1кВ – 0,3 – 0,4 Ом/км.

Активное и индуктивное сопротивления проводов и кабелей в зависимости от их сечения приводятся в справочных материалах.

Активное сопротивление при расчете кабельной сети по потере напряжения всегда учитывается, индуктивным можно пренебречь.

При $\cos \varphi = 1$, $\sin \varphi = 0$ (для тепловых нагрузок). Для сети постоянного тока индуктивное сопротивление ($X_{\text{инд}}$) равно нулю.

Пренебречь индуктивным сопротивлением можно:

- 1) для сети постоянного тока;
- 2) для сети переменного тока при $\cos \varphi = 1$;
- 3) для сетей, выполненных кабелями.

б) *Расчет сети по потере напряжения без учета индуктивного сопротивления линии, %:*

$$\Delta U = \frac{1}{10\gamma \cdot U_{\text{н}}^2} \cdot \frac{\sum P \cdot l}{F}, \quad \text{или} \quad \Delta U = \frac{\sqrt{3} \sum I_{\text{а}} \cdot l}{10\gamma \cdot U_{\text{н}} \cdot F}, \quad (3.7)$$

где $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

$\sum P \cdot l = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + \dots$ – сумма произведений нагрузок, протекающих по участкам линий, м;

$I_{\text{а}}$ – активная составляющая тока.

Для упрощения расчетов при $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$ $10\gamma \cdot U_{\text{н}}^2 = C$, тогда потери напряжения можно определить по формуле, %

$$\Delta U = \frac{\sum P \cdot l}{C \cdot F}, \quad (3.8)$$

где P – активная мощность, кВт;

F – сечение проводника, мм^2 ;

l – длина проводника, м;

C – коэффициент, значение которого зависит от напряжения, числа фаз и материала проводника, определяется по данным из табл. 3.7.

Численные значения коэффициента C

Напряжение сети, В	Вид сети	Значения коэффициента C для проводов и кабелей	
		медных	алюминиевых
380/220	Трёхфазная с нулевым проводом	77	46
380/220	Двухфазная с нулевым проводом	34	20
220	Двухпроводная	12,8	7,7

в) *Определение сечения проводников при заданной величине напряжения*

$$F = \frac{\sum P \cdot l}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}}, \quad (3.9)$$

где $\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимая потеря напряжения в линии, %.

г) *Расчет сети по потере напряжения с учетом индуктивного сопротивления линии.*

При данном расчете пользуются таблицами удельных потерь напряжения. Удельные потери напряжения представляют собой потери напряжения в линии, заранее вычисленные для различных сечений проводов и кабелей и различных $\cos \varphi$, при значении моментов нагрузок, равном единице.

$$\Delta U = \Delta U_0 \cdot M,$$

$$M = \sum P \cdot l, \quad \Delta U = \frac{\Delta U_{\text{доп}}}{M}, \quad (3.10)$$

где ΔU – потери напряжения в линии, расчетная величина;

ΔU_0 – удельные потери, кВт/км;

$\Delta U_{\text{доп}}$ – заданная потеря напряжения, кВт/м.

При расчете определяется расчетное значение удельной потери напряжения и по таблице подбирается сечение провода с ближайшим меньшим значением величины удельной потери напряжения.

Допустимые потери напряжения в кабелях на участке сети от вводного устройства до электроприемника не должны превышать 4 % (п. 525 ГОСТ 30331.15–2001).

3.4. Соответствие выбранных проводов и кабелей защите и требованиям ТКП. Расчет и выбор питающих кабелей

3.4.1. Соответствие выбранных проводов и кабелей по условию соответствия выбранному аппарату токовой защиты

К выбору сечения проводника по условию соответствия выбранному аппарату токовой защиты приступают после определения номинального тока плавкой вставки или уставки расцепителя автоматического выключателя.

Электрические сети разделяются на две группы:

группа 1 – сети, которые должны быть защищены от перегрузок и токов к. з.;

группа 2 – сети, которые должны быть защищены только от токов к. з.

К группе 1 относятся:

– сети всех видов в помещениях с взрывоопасными зонами и наружных установок;

– сети внутри помещений, выполненные открыто незащищенными изолированными проводами и кабелями с горючей оболочкой;

– осветительные сети в жилых и общественных зданиях, служебно-бытовых помещениях промпредприятий, а также сети в пожароопасных помещениях промпредприятий;

– сети в промпредприятиях и общественных зданиях, торговых помещениях, когда по условиям технологического процесса или режиму работы сети может возникнуть длительная перегрузка проводов и кабелей.

Группа 2 – все остальные сети.

Условия соответствия выбранному аппарату токовой защиты:

$$I_{\text{доп.провод}} \geq \frac{K_3 \cdot I_3}{K_{\text{п}}}, \quad (3.11)$$

где I_3 – ток срабатывания защитного аппарата, А;

K_3 – кратность допустимого длительного тока для провода или кабеля по отношению к номинальному току или току срабатывания защитного аппарата.

$K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий условия прокладки проводов и кабелей;

$I_{\text{доп.провод}}$ – длительно допустимый ток проводника, А.

При нормальных условиях прокладки $K_{\text{п}}=1$, тогда

$$I_{\text{доп.провод}} = K_3 \cdot I_3 \quad (3.12)$$

Значения K_3 определяются из табл. 3.8 в зависимости от значения тока защитного аппарата I_3 , характера сети, изоляции проводников и условий прокладки.

Таблица 3.8

Кратности допустимых токов защитных аппаратов

Ток защитного аппарата I_3 , А	Кратность допустимых длительных токов, K_3			
	сети, для которых защита от перегрузки обязательна			сети, не требующие защиты от перегрузки
	взрыво- и пожароопасные помещения	невзрыво- и непожароопасные производственные помещения	кабели с бумажной изоляцией	
Номинальный ток плавкой вставки предохранителя	1,25	1,0	1,0	0,33
Ток уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель	1,25	1,0	1,0	0,22
Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки)	1,0	1,0	1,0	1,0
Ток трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (при наличии на автоматическом выключателе отсечки кратность тока не ограничивается)	1,0	1,0	0,8	0,66

По наибольшему значению тока проводника $I_{\text{доп.провод}}$, выбранного по условию нагревания и при срабатывании защиты, выбирается сечение провода или кабеля по таблицам длительно допустимых токовых нагрузок ТКП.

3.4.2. Проверка надежности действия защитных аппаратов при к. з. в наиболее удаленной точке сети

Выбранные защитные аппараты и сечения проводов и кабелей во всех случаях, согласно ТКП 339–2021 должны удовлетворять условию: надежно отключать короткое замыкание, произошедшее в наиболее удаленной точке сети.

Для сети, проложенной в *не взрывоопасном помещении*, ток к. з. должен превосходить токи: плавкой вставки ($I_{н.пв}$) или ток уставки теплового расцепителя ($I_{н.т.р}$), ток уставки комбинированного расцепителя ($I_{н.комб.р}$) автоматического выключателя не менее чем в 3 раза

$$I_{к.з.}^{(1)} \geq 3I_3, \text{ т. е. коэффициент чувствительности: } k_{\text{ч}} = \frac{I_{к.з.}^{(1)}}{I_3} \geq 3.$$

Для помещений *со взрывоопасной зоной* ток к. з. должен превосходить токи:

– при защите предохранителями – плавкой вставки ($I_{н.пв}$) не менее чем в 4 раза $I_{к.з.}^{(1)} \geq 4I_3$;

– при защите автоматическими выключателями с обратно зависимой характеристикой – ток уставки теплового расцепителя ($I_{н.т}$), ток уставки комбинированного расцепителя ($I_{н.комб.р}$) автоматического выключателя не менее чем в 6 раз $I_{к.з.}^{(1)} \geq 6I_3$.

Наименьшие допустимые кратности тока короткого замыкания на землю приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Наименьшие допустимые кратности тока короткого замыкания на землю

Вид защитного аппарата	Кратность тока замыкания	
	Помещения с нормальной средой	Помещения со взрывоопасной средой
Предохранители	$3I_3$	$4I_3$
Автоматические выключатели с обратно зависимой регулируемой характеристикой	$3I_3$	$6I_3$
Автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями	$1,4I_3$ при $I_3 = 100A$ $1,25I_3$ при $I_3 \geq 100A$	$1,4I_3$ при $I_3 \leq 100A$ $1,25I_3$ при $I_3 \geq 100A$

Ток однофазного к.з. при любой мощности питающей энергосистемы и с учетом токоограничивающего действия дуги в месте повреждения определяется по выражению:

$$I_{\text{к.з.}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{т}}}{3} + Z_{\text{линии}} l}, \quad (3.13)$$

где $Z_{\text{т}}$ – сопротивление трансформатора, приведенное к вторичному напряжению обмотки трансформатора, определяется по таблице и зависит от схемы соединения обмоток и мощности трансформатора;

$Z_{\text{линии}}$ – полное сопротивление петли проводника «ф-0», определяется по таблице;

l – длина проводника, м;

U_{ϕ} – фазное напряжение, В (принимается $U_{\phi} = 230$ В);

$I_{\text{к.з.}}^{(1)}$ – ток однофазного короткого замыкания, А.

Допускается не выполнять расчетной проверки к. з., если выполняется условие:

$$\frac{I_{\text{пв}}}{I_{\text{дл.провод}}} \leq 3 \text{ – при защите только от к. з. предохранителями;}$$

$$\frac{I_{\text{пв}}}{I_{\text{дл.провод}}} \leq 0,8 \text{ – при защите от перегрузки предохранителями (взрывоопас-}$$

ные помещения);

$$\frac{I_{\text{н.тр}}}{I_{\text{дл.провод}}} \leq 1 \text{ – при защите от перегрузки автоматическими выключателями,}$$

имеющими обратно зависящую от тока характеристику (независимо от наличия или отсутствия отсечки).

Наличие аппаратов защиты с завышенными уставками тока не является обоснованием для увеличения сечения проводников сверх указанных при выборе кабелей ТКП 339–2021 (например, когда учитываем селективность срабатывания). Проводники ответвлений к электродвигателям с короткозамкнутым ротором до 1кВ взрывоопасных зон, кроме зон В-Иб, В-Иг, должны быть защищены от перегрузок, а сечения их должны допускать длительную нагрузку не менее 125 % номинального тока электродвигателя.

3.4.3. Расчет и выбор питающих кабелей

При выборе питающих кабелей учитывают следующее:

1. Сечение кабелей выбирают исходя из суммарной расчетной нагрузки линии, с учетом поправочных коэффициентов для условий прокладки (в воздухе, земле, коробе, трубе и т. п.)

$$I_{\text{доп}} \cdot K_{\text{п}} \geq I_{\text{р}}. \quad (3.14)$$

2. Сечение питающих кабелей проверяют исходя из допустимой потери напряжения

$$F = \frac{\sum P \cdot l}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}}}, \quad (3.15)$$

где $\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимая потеря напряжения.

Суммарная потеря напряжения (распределительная сеть + питающая сеть) не должна превышать согласно ГОСТ 30331.3–95 – 4 %.

3. Проверка на отключение к. з. защитным аппаратом в конце линии для нормальных помещений:

$$I_{\text{к.з.}}^{(1)} \geq 3I_{\text{з}}. \quad (3.16)$$

4. Количество жил кабелей выбирают исходя из принятой системы заземления электроустановки: система TN-S – 5 жил, система TN-C-S – 4 жилы, причем PEN-проводник будет иметь минимальное сечение алюминиевых проводников – 16 мм², медных – 10 мм², при условии, если электроустановка не охвачена системой уравнивания потенциалов.

5. Тип питающих кабелей зависит от внешних воздействующих факторов.

Кабели, используемые в пожаро- и взрывоопасных помещениях

Для взрывоопасных зон используют медные или алюминиевые кабели, в зависимости от типа взрывоопасной зоны в соответствии с ПУЭ.

Для пожароопасных зон используют кабели с изоляцией из негорючих или трудносгораемых материалов.

Для прокладки в земле используют бронированные кабели (требования ТКП-385–2022).

6. При большой протяженности кабельной линии, питающей асинхронный электродвигатель, выполняется проверка на его пуск (например, электродвигатели артскважин, находящиеся на значительном расстоянии от питающей подстанции) и т. п.

Контрольные вопросы и задания

1. От каких факторов зависит выбор рациональной схемы питания силовых и осветительных нагрузок предприятий?

2. Какие знаете виды схем распределения электроэнергии напряжением до 1 кВ?

3. Назовите достоинства и недостатки радиальной схемы питания электроприемников.

4. Назовите достоинства и недостатки магистральной схемы питания электроприемников.

5. Охарактеризуйте категории надежности электроснабжения.

6. Назовите типы систем заземления в сетях до 1 кВ переменного тока.

7. Как определить сечения проводов и кабелей в зависимости от условий прокладки и ВВФ?

8. В чем заключается проверка выбранных сечений проводов и кабелей?

Лабораторная работа 2

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНЫХ СХЕМ И ВЫБОР АППАРАТОВ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Цель работы: изучить способ составления структурных схем, ознакомиться с аппаратами управления и защиты, используемыми при проектировании силового электрооборудования, изучить их выбор.

Задачи работы:

1. Освоить методику выполнения структурных схем электрической сети здания и выбора аппаратов управления и защиты при проектировании силового электрооборудования.
2. На основе плана здания с электроприемниками провести анализ электроприемников и составить структурную схему электрической сети здания.
3. Ознакомиться с аппаратами защиты и управления, используемыми при проектировании силового электрооборудования.
4. Выбрать аппараты защиты и управления для составленной структурной схемы электрической сети здания.

Общие сведения

Структурная схема – это графический документ, дающий общее представление об электрической сети здания. Структурная схема определяет основные функциональные части сети и их взаимосвязь.

Для выполнения структурной схемы электрической сети здания необходимо изучить и проанализировать электроприемники по категорийности электроснабжения на основании технологического задания сетей отопления, вентиляции, водопровода. Определить их месторасположение; выявить мощность каждого электроприемника и выяснить режим работы; определить принадлежность электроприемников к технологическим линиям, если таковые имеются; определить наличие резервного оборудования, его количество и режим включения; выделить из общего числа единиц оборудования ремонтное оборудование; выделить временно работающие электроприемники (задвижки, вентили); выделить электроприемники первой категории электроснабжения, если таковые есть; выявить однофазные электроприемники и способы их подключения к электросети.

На основании изучения и анализа электроприемников принимается решение об узлах их питания, т. е. о распределительных пунктах (РП), их количестве, месте установки, а также о вводном устройстве и месте его установки. После принятия решения об отнесении электроприемников к определенному РП формируют количество РП.

Обычно электроприемники группируют по их принадлежности к однородным режимам работы. Технологическое оборудование, вентиляционное и др. выделяются в отдельные группы, если это целесообразно, в зависимости от их количества. К одной характерной категории относят ЭП, имеющие одинаковое технологическое назначение и одинаковые верхние границы возможных значений коэффициентов использования и коэффициентов реактивной мощности $\text{tg}\varphi$. На структурных схемах показывают питающую и распределительную сети. Внутри здания должно быть установлено соответствующее данной категории надежности электроснабжения вводное устройство. Силовые электропроводки внутри сельскохозяйственных зданий и сооружений могут быть выполнены по радиальной, магистральной и смешанной схемам.

Радиальная схема питания применяется в тех случаях, когда на объекте имеются относительно мощные электроприемники или когда мелкие по мощности электроприемники распределяются по территории помещения неравномерно.

Магистральные схемы находят применение при электроприемниках, распределенных равномерно по территории помещения.

Обычно в чистом виде обе схемы питания (радиальная и магистральная) применяются редко, а сеть выполняется «смешанной» с присоединением потребителей в зависимости от их места расположения, характера производства и других условий.

Задание на самостоятельную подготовку к выполнению работы:

– по теоретическому материалу, приведенному в настоящей главе, рекомендуемой литературе и учебно-методическим пособиям изучить способ построения структурных схем электрической сети здания, выбор аппаратов защиты и управления;

– в соответствии с требованиями ниже приведенного подраздела «Содержание отчета» подготовить форму для отчета по лабораторной работе в соответствии с изученным теоретическим материалом, привести в ней краткие сведения о цели и задачах занятия, назначении структурных схем электрической сети здания и методике выбора аппаратов управления и защиты.

Методические указания по выполнению работы

1. По теоретическому материалу изучить способ построения структурных схем электрической сети здания и выполнения их на персональном компьютере.
2. Составить структурную схему электрической сети здания для разработанного плана силового электрооборудования.
3. Ознакомиться по каталогам фирм-производителей с аппаратами управления и защиты.
4. Произвести выбор аппаратов управления и защиты в соответствии с методикой их выбора для составленной структурной схемы, для чего:
 - определить расчетные токи участков сети и электроприемников;
 - определить требуемые токи уставок защитных аппаратов и выбрать защитные аппараты. Результаты выбора аппаратов управления и защиты записать в табл. 1.

Таблица 1

Результаты выбора аппаратов управления и защиты

Поз. обозначение по схеме	Расчетный ток сети, А	Тип аппарата	Технические данные			
			I_n защитного аппарата, А	$I_{пв}$ предохранителя или I_p автоматического выключателя, $I_{\Delta n}$ УЗО	Электротепловое реле	
					тип реле	$I_{реле}$, А

2. Оформить отчет и подготовиться к его защите у преподавателя.

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. Краткие сведения о назначении структурных схем, об использовании аппаратов управления и защиты. Основные типы автоматических выключателей, предохранителей, дифференциальных автоматов, магнитных пускателей, используемых при проектировании силовой сети.
3. Структурная схема электрической сети здания.
4. Результаты выбора аппаратов управления и защиты (табл. 1).
5. Выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для подготовки к защите отчета по лабораторной работе

1. Что такое структурная схема электрической сети здания?
2. Что необходимо учитывать при составлении структурной схемы электрической сети здания?
3. Какие аппараты защиты используют для защиты электродвигателей от перегрузки?
4. Какие аппараты защиты используют для защиты от сверхтоков в сети?
5. Как выбирается плавкая вставка предохранителя?
6. Какие расцепители имеются в автоматических выключателях различных видов?
7. Как выбирается уставка тока расцепителя с обратной зависимости от тока характеристик (тепловой расцепитель) автоматического выключателя?
8. Как выбирается максимальный (отсечка) расцепитель автоматического выключателя?
9. Как выбирается тепловое реле магнитного пускателя?
10. Как определить номинальный ток электродвигателя?
11. Как определить пусковой ток электродвигателя?
12. Как рассчитывается ток утечки электроустановки?
13. Как выбирается номинальный отключающий предельный ток УЗО?

Лабораторная работа 3

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ И СХЕМЫ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Цель работы: изучить способы проектирования схем питающей и распределительной сетей в соответствии с ГОСТ 21.613–2014 «Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи». Научиться выполнять схемы питающей и распределительной сетей при проектировании силового электрооборудования здания (сооружения).

Задачи работы:

1. Освоить методику выполнения схем питающей и распределительной сетей по формам 2 и 3 ГОСТ 21.613–2014.
2. По индивидуальному заданию построить схему распределительной сети и схему питающей сети.
3. Рассчитать электротехнические параметры сетей, выбрать и указать на схеме пускозащитную аппаратуру и электропроводку.

Общие сведения

Принципиальные электрические схемы питающей и распределительной сетей составляют в проекте силового электрооборудования здания или сооружения в соответствии с ГОСТ 21.613–2014. Это схемы электрических сетей для питания электроприемников напряжением до 1 кВ в пределах проектируемого здания, сооружения, а также управляющих устройств электроприводов систем вентиляции, водоснабжения, канализации и других механизмов общего назначения, если электроприводы этих механизмов поставляются без управляющих устройств (без щитов, шкафов или ящиков управления). Если пускозащитная аппаратура и устройства управления поставляются заводами-изготовителями комплектно с технологическим оборудованием, то в чертежах силового электрооборудования выполняют подвод питания к оборудованию и к шкафам управления, комплектно поставляемым с этим оборудованием.

Прежде чем выполнять принципиальные электрические схемы питающей и распределительной сетей, строят схему распределения электроэнергии внутри здания в структурном виде (см. примеры проектирования принципиальных схем распределительной и питающей сетей). Вид схемы распределения электроэнергии внутри здания зависит от места расположения электроприемников, от наличия в комплекте с электроприемниками пускозащитной и управляющей

аппаратуры (шкафов, пультов и ящиков управления), от категории по надежности электроснабжения электроустановки, от внешних воздействующих факторов окружающей электроприемник среды и от вида требуемой по ПУЭ (п. 3.1.8, 3.1.10 и 7.3.94) защиты электросетей (электропроводок), подводимых к электроприемникам здания.

Принципиальная схема распределительной сети выполняется по форме 3, а принципиальная схема питающей сети – по форме 2) (см. ГОСТ 21.613–2014).

Задание для самостоятельной подготовки

– по теоретическому материалу, приведенному в настоящей главе и рекомендуемой литературе, изучить способ выполнения схем питающей и распределительной сетей здания;

– выполнить схему распределительной сети по форме 3, принципиальную схему питающей сети по форме 2, согласно индивидуальному заданию.

Индивидуальные задания

Задание 1. Сварщик

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Защитные аппараты							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
№ на плане	1	2	2SB	3	4	5	6
P_n , кВт	1,5	1,0		9	0,75	4	2,2
Наименование	Вентилятор	Вентилятор	Кнопочный пост	Нагревательный элемент	Насос	Транспортер навозоудаления горизонтальный	Транспортер навозоудаления наклонный

Задание 2. Кормоприготовительная для молодняка КРС

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	В1
P_n , кВт	0,75		1,1	1,1	4	1,5
Наименование	Задвижка	Пост управления	Транспортер	Транспортер	Измельчитель	Вентилятор

Задание 3. Коровник на 10 дойных коров

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	3	4	5	6	6SB
P_n , кВт	0,75	0,75	4	2,2	7,5	1,5	
Наименование электроприемника	Вентилятор	Вентилятор	Транспортер горизонтальный	Транспортер наклонный	Измельчитель	Шнек	Кнопочный пост

Задание 4. Насосная

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	5
P_n , кВт	0,37		4	2,2	7,5	0,75
Наименование электроприемника	За-движка	Кнопоч-ный пост	Насос	Насос	Электроводо-нагреватель	Вентилятор центробеж-ный

Методические указания по выполнению работы

1. По теоретическому материалу, приведенному в настоящей главе, рекомендуемой литературе, к занятиям изучить способ построения схем питающей и распределительной сетей и выполнения их на персональном компьютере.

2. По заданному преподавателем варианту задания выполнить чертеж принципиальных электрических схем питающей и распределительной сетей.

3. Оформить отчет и подготовиться к защите работы.

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.

2. Краткие сведения о назначении схем питающей и распределительной сетей.

3. Представить чертеж принципиальных электрических схем питающей и распределительной сетей с заполнением всех данных аппаратов управления и защиты и данных электропроводки своего варианта задания.

4. Результаты выбора аппаратов управления и защиты.
5. Выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для подготовки к защите отчета по лабораторной работе

1. Что такое схема распределительной сети?
2. Как на схеме выполняется соединение аппаратов защиты «в цепочку»?
3. Как записываются номера трасс в строках: 1) «участок сети 1», 2) «участок сети 2»?
4. Какие данные записывают в графе «магистраль»?
5. Как правильно выбрать количество жил и сечение кабеля?

Практическая работа 4

РАСЧЕТ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Цель работы: получить практические навыки по расчету сечений проводов и кабелей питающей сети.

План работы:

1. По теоретическому материалу, приведенному в главе 3 данного учебно-методического пособия изучить методику выбора сечений проводов и кабелей питающей сети.

2. Разобрать на примере порядок расчета и выбора сечений проводов и кабелей питающей сети.

3. По индивидуальному заданию рассчитать и выбрать сечения проводов и кабелей питающей сети.

4. По результатам расчетов сделать выводы.

Расчет проводов и кабелей питающей сети ремонтной мастерской рассмотрим на примере 1.

Пример 1.

Выполнить расчет проводов и кабелей питающей сети ремонтной мастерской.

Структурная схема питающей сети приведена на рис. 1.

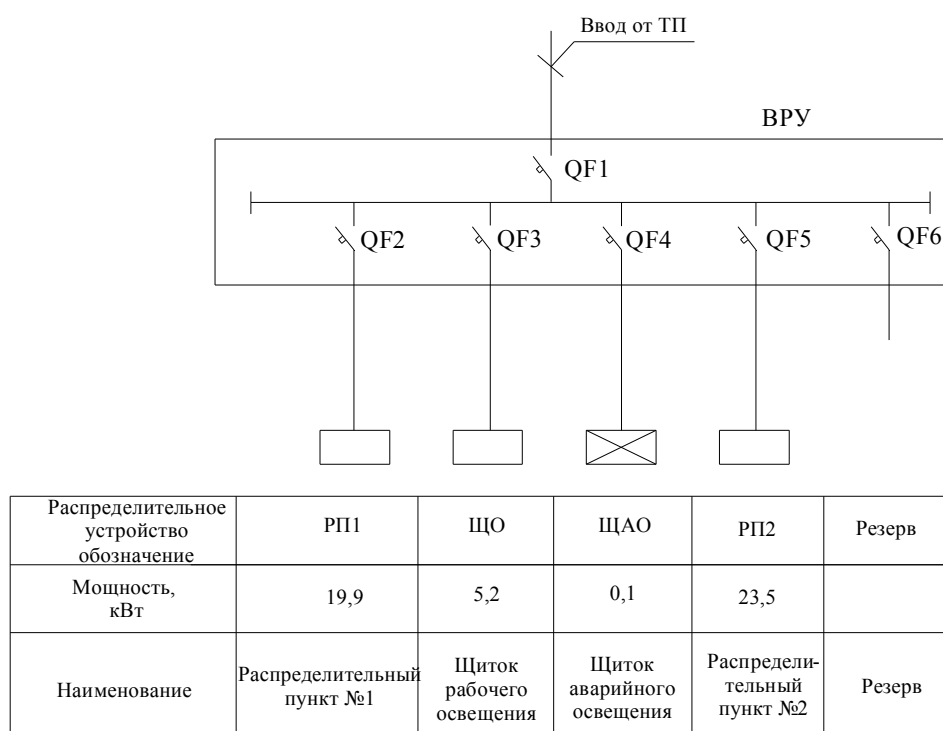


Рис. 1. Структурная схема питающей сети

Выполним расчет кабельной линии от трансформаторной подстанции до вводно-распределительного устройства, установленного в ремонтной мастерской. Длина кабельной линии 105 м. Кабель прокладываем в траншее в земле. Здание является потребителем третьей категории по надежности электроснабжения. Предусматриваем одну кабельную линию, которую рассчитываем на полную нагрузку. Допустимая потеря напряжения 4 % [2].

Расчетная нагрузка на вводе ремонтной мастерской определена методом эффективного числа электроприемников, $P_p = 48,7$ кВт.

Определим расчетный ток линии.

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{48,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 101,3 \text{ А.}$$

По расчетному току выбираем сечение кабеля, для выбранного сечения по таблицам [1] определяем допустимый ток.

Принимаем кабель АВБбШв 4х25 с $I_{\text{доп. каб}} = 115$ А, прокладываемый в земле.

Должно выполняться условие:

$$I_{\text{доп. каб}} \geq I_p, \quad 115 \text{ А} \geq 101,3 \text{ А, условие выполняется.}$$

Проверим выбранный кабель по потере напряжения.

$$\Delta U_{\text{уч}} = \frac{Pl}{cF} = \frac{48,7 \cdot 105}{46 \cdot 25} = 4,4 \text{ \%}.$$

Потеря напряжения превышает допустимую величину 4 %.

Следовательно, увеличим сечение проводника до 35 мм² с $I_{\text{доп. каб}} = 140$ А.

$$\Delta U_{\text{уч}} = \frac{48,7 \cdot 105}{46 \cdot 35} = 3,17 \text{ \%}.$$

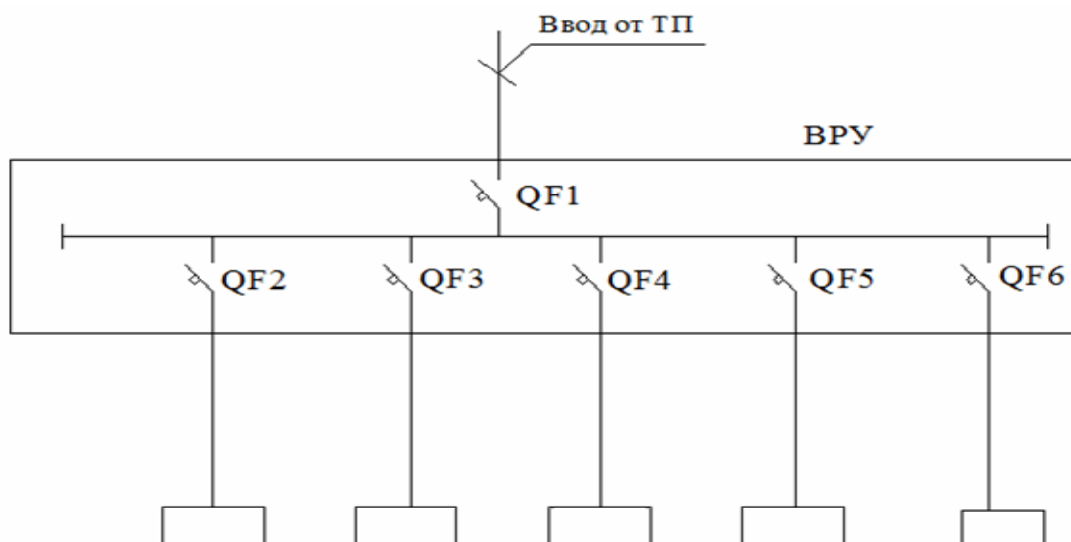
$$140 \text{ А} \geq 101,3 \text{ А.}$$

Так как условие соблюдается, то принимаем к установке кабель АВБбШв 4×35 мм².

Индивидуальные задания для практических занятий

Выполнить расчет проводов и кабелей питающей сети свинарника.

Структурная схема питающей сети свинарника приведена на рис. 2, исходные данные в табл. 1.



Распределительное устройство, обозначение	РП1	РП2	ЩО	РП3	РП4
Наименование	Распределительный пункт № 1	Распределительный пункт № 2	Щиток освещения	Распределительный пункт № 3	Распределительный пункт № 4

Рис. 2. Структурная схема питающей сети свинарника

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Мощность распределительного устройства, кВт					Длина кабельной линии от ТП до ВРУ, м
	РП1	РП2	ЩО	РП3	РП4	
1	20	18	6,0	25	30	100
2	21	19	6,1	26	31	110
3	22	20	6,2	27	32	120
4	23	21	6,3	28	33	130
5	24	22	6,4	29	34	140
6	25	23	6,5	30	35	150
7	26	24	6,6	31	36	160
8	27	25	6,7	32	37	170
9	28	26	6,8	33	38	180

Вариант	Мощность распределительного устройства, кВт					Длина кабельной линии от ТП до ВРУ, м
	РП1	РП2	ЩО	РП3	РП4	
10	29	27	6,9	34	39	190
11	30	28	7,0	35	40	200
12	31	29	7,1	36	41	210
13	32	30	7,2	37	42	220
14	33	31	7,3	38	43	230
15	34	32	7,4	39	44	240

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Какие сети защищают от к. з.?
2. Какие сети защищают от к. з. и перегрузки?
3. Методика выбора сечений проводов и кабелей по нагреву.
4. Как проверяют выбранное сечение проводов и кабелей по потере напряжения?
5. Как проверяют выбранное сечение проводов и кабелей по условию соответствия выбранному аппарату защиты?
6. Как рассчитать и выбрать сечение кабеля питающей сети?

Практическая работа 5

РАСЧЕТ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Цель работы: получить практические навыки по расчету сечений проводов и кабелей распределительной сети.

План работы:

1. Изучить методику выбора сечений проводов и кабелей распределительной сети.
2. На примере разобрать порядок расчета и выбора сечений проводов и кабелей распределительной сети.
3. По индивидуальному заданию рассчитать и выбрать сечения проводов и кабелей распределительной сети.
4. По результатам расчетов сделать выводы.

Расчет проводов и кабелей распределительной сети рассмотрим на примере компрессорной ремонтной мастерской.

Пример

Выполнить расчет проводов и кабелей распределительной сети компрессорной ремонтной мастерской.

Определим внешние воздействующие факторы среды, влияющие на выбор электропроводок.

Так как в результате аварии или неисправности в помещении машинного отделения может возникнуть утечка аммиака, в соответствии с [1] (издание шестое) пункт 7.3.42 эта зона относится к взрывоопасной класса В-1Б, по табл. 7.3.3 [1] категория взрывоопасной смеси ПА, группа смеси Т1. Проводку допускается выполнять кабелем с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной изоляцией. По надежности электроснабжения установки компрессорной относят к II категории.

Так как мощности приводов различные, а по условиям работы вентилятор не работает без насоса, примем смешанную схему распределительной сети.

Структурная схема распределительной сети приведена на рис. 1.

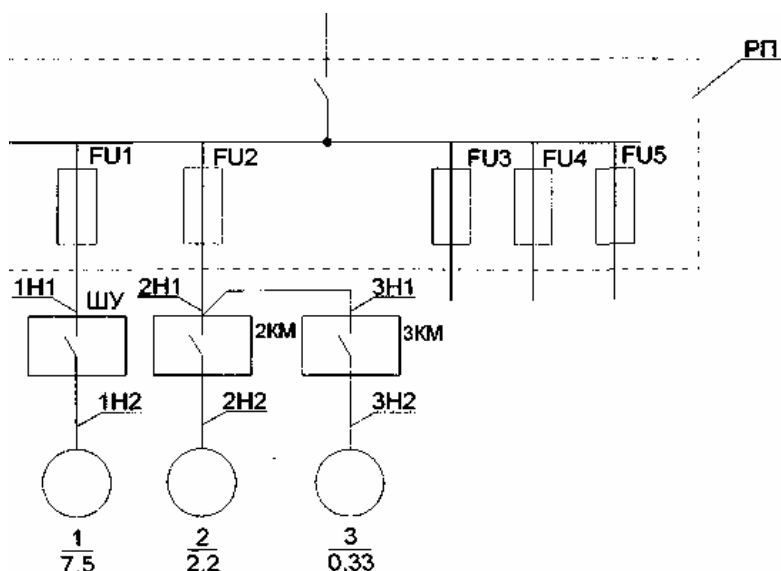


Рис. 1. Структурная схема распределительной сети

В соответствии с требованием [8] обозначаем трассы электропроводок распределительной сети буквенно-цифровыми символами. Первые цифры – номер токоприемника на плане, затем буква Н для силовых электропроводок и буква К для электропроводок цепей управления и сигнализации (контрольных), далее цифра – порядковый номер трассы к электроприемнику, указанному на первом месте настоящего обозначения.

Например, для насоса 2, трасса от РП1 до пускателя 2КМ обозначается 2Н1, далее от 2КМ до электродвигателя – 2Н2.

Для токоприемника 1 трасса от РП1 до ШУ 1Н1, от ШУ до электродвигателя – 1Н2. Расчетный ток линии 15,2 А. По конструктивному исполнению трасса 1Н1 – кабель по стене с креплением скобами, 1Н2 – провода в трубе скрыты в полу.

По нагреву выбираем для 1Н1 кабель марки АВВГ сечением $5 \times 2,5 \text{ мм}^2$, длительно допустимый ток кабеля 17,5 А, для 1Н2 провод АПВ $4(1 \times 2,5) \text{ мм}^2$ в стальной водогазопроводной легкой трубе ГОСТ 3262–86 диаметром 20 мм. Длительно допустимый ток проводов 19 А.

Длина трассы 1Н1 – 12 м, длина кабеля тоже 12 м. Длина трассы 1Н2 – 4 м, длина трубы – 4 м, длина провода определяется $4 \times 4 = 16$ м с прибавлением на «змейку» проводов в трубе и на разделку концов.

Принимаем длину проводов трассы 1Н2 – 20 м.

Аналогично выбираем электропроводку для остальных токоприемников.

Проверим провода и кабели по потере напряжения.

Определим потерю напряжения от РП1 до электродвигателя насоса 2.

К участку 2Н1 подключены электродвигателя 2 и 3 общей мощностью $2,2 + 0,55 = 2,75$ кВт, длина трассы 7 м.

$$\Delta U_{\%} = \frac{P \cdot l}{C \cdot F} = \frac{2,75 \cdot 7}{46 \cdot 2,5} = 0,17 \%$$

На участке 2Н2 $P=2,2$ кВт, $l=12$ м.

$$\Delta U_{\%} = \frac{2,2 \cdot 12}{46 \cdot 2,5} = 0,23 \%$$

Общая потеря напряжения от распределительного шкафа до электродвигателя насоса 2 составляет $0,17 + 0,23 = 0,4$ %. Допускаются потери в сетях до 4 % [12].

Проверим соответствие выбранного сечения электропроводки выбранной защите. Трассы 1Н1 и 2Н1 расположены в помещении с нормальными условиями среды, участки этой сети должны быть защищены только от токов к. з., защита сети от перегрузки не требуется. Ток к. з. в конце линии должен быть не менее $3I_{\text{пв}}$
 $I_{\text{к.з.}} \geq 3 \cdot 63 = 189 \text{ А}$ для трассы 1Н1; $I_{\text{к.з.}} \geq 3 \cdot 16 = 48 \text{ А}$ для 2Н1.

Допускается не выполнять расчетной проверки тока к.з., если выполняется условие:

$$\frac{I_{\text{пв}}}{I_{\text{доп.пров}}} \leq 3.$$

Для трассы 1Н1 $\frac{63}{17,5} = 3,6$ условие не выполняется, сечение кабеля трассы должно быть увеличено.

Примем сечение $5 \times 4 \text{ мм}^2$ $I_{\text{доп.пров}} = 24,8 \text{ А}$ $\frac{63}{24,8} = 2,54 < 3$, условие выполняется.

Для трассы 2Н1 $\frac{16}{17,5} = 0,91 < 3$, условие выполняется.

Трассы 1Н2 и 2Н2 расположены во взрывоопасной зоне класса В-1б. Эти участки сети должны быть защищены от перегрузки. Должно быть выполнено условие:

$$\frac{I_{пв}}{I_{доп.пров}} \leq 0,8 \text{ для предохранителей или } \frac{I_{нр}}{I_{доп.пров}} \leq 1 \text{ при защите автоматическим выключателем.}$$

Трасса 1Н2 защищена автоматическим выключателем с комбинированным расцепителем, который установлен в шкафу ШУ, поставляемом комплектно с компрессором. Номинальный ток комбинированного расцепителя 16А

$$\frac{16}{19} = 0,64 < 1 \text{ условие выполняется.}$$

Трасса 2Н2 защищена от перегрузки предохранителем FU2

$$\frac{I_{пв}}{I_{доп.пров}} = \frac{16}{19} = 0,64 < 0,8, \text{ условие выполняется.}$$

Индивидуальные задания по практическим занятиям

По схемам распределительной сети (задание 1–15) выполнить расчет сечений проводов и кабелей.

Задание 1. Коровник на 10 дойных коров

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	3	4	5	6	SB6
P_n , кВт	0,75	0,75	4	2,2	7,5	1,5	
Наименование электроприемника	Вентилятор	Вентилятор	Транспортер горизонтальный	Транспортер наклонный	Измельчитель	Шнек	Кнопочный пост

Задание 2. Кормоцех 3

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	В1	4	SB	1	2	3
P_n , кВт	1,5	0,37		2,2	2,2	2,2
Наименование электроприемника	Вентилятор центробежный	Задвижка	Кнопочный пост	Транспортер соломы	Транспортер соломы	Транспортер соломы

Задание 3. Здание КРС

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	1	2	3	SB3	4	5
P_n , кВт	4	2,2	10		2,2	1,0
Наименование электроприемника	Транспортер горизонтальный	Транспортер навозоудаления наклонный	УНТ-10 (Установка транпортировки навоза)	Кнопочный пост	Вентилятор приточный	Вентилятор вытяжной

Задание 4. Мастерская

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	3	4	SB4	5	6
P_n , кВт	0,75	12	2,2	1,5		2,2+1,1	1,0+0,37
Наименование электроприемника	Насос	Электро-Водонагреватель	Вентилятор	Вентилятор	Кнопочный пост	Таль электрический	Станок

Задание 5. Кормоцех 4

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	5	5
P_n , кВт	10		2,2	5,5	1,5	0,75	2,2+1,1
Наименование электроприемника	Воздушный компрессор	Кнопочный пост	Транспортер	Измельчитель	Вентилятор	Задвижка	Таль электрический

Задание 6. Свинарник

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Защитные аппараты							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	SB2	3	4	5	6
P_n , кВт	1,1	0,55		12	1,1	4	1,5
Наименование	Вентилятор	Вентилятор	Кнопочный пост	Нагревательный элемент	Насос	Транспортер навозоудаления горизонтальный	Транспортер навозоудаления наклонный

Задание 7. Кормоприготовительная для молодняка КРС

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	SB1	2	3	4	B1	
P_n , кВт	1,1		2,2	2,2	11	2,2	
Наименование	Задвижка	Пост управления	Транспортер	Транспортер	Измельчитель	Вентилятор	

Задание 8. Коровник на 10 дойных коров

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	2	3	4	5	6	SB6
P_n , кВт	1,1	1,1	4	1,5	18,5	1,1	
Наименование электроприемника	Вентилятор	Вентилятор	Транспортер горизонтальный	Транспортер наклонный	Измельчитель	Шнек	Кнопочный пост

Задание 9. Насосная

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	5
P_n , кВт	0,75		5,5	2,2	18,5	1,1
Наименование электроприемника	Задвижка	Кнопочный пост	Насос	Насос	Электродвигатель	Вентилятор центробежный

Задание 10. Цех разделения навозных стоков

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	1SB	2	3	4	5	5SB
P_n , кВт	2,2		22	4+1,5	1,5	0,55	
Наименование электроприемника	Лебедка	Кнопочный пост	Насос НЖН-200	Установка ФАН	Насос	Вентилятор	Кнопочный пост

Задание 11. Кормоцех 3

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	B1	4	SB	1	2	3
P_n , кВт	2,2	0,55		2,2	2,2	2,2
Наименование электроприемника	Вентилятор центробежный	Задвижка	Кнопочный пост	Транспортер соломы	Транспортер соломы	Транспортер соломы

Задание 12. Мастерская

Аппараты защиты						
Длина участка линии, м						
Аппараты отходящей линии (ввода)						
Длина, м						
Пусковой аппарат						
Длина, м						
Условное обозначение						
Номер на плане	1	2	SB2	3	4	5
P_n , кВт	3,0	0,75		4	2,2	11
Наименование электроприемника	Насос	Задвижка	Кнопочный пост	Транспортер	Транспортер	Вентилятор центробежный

Задание 13. Цех разделения навозных стоков

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м							
Условное обозначение							
Номер на плане	1	SB1	2	3	SB3	4	5
P_n , кВт	1,5		2,2	2,2		1,5	7,5
Наименование электроприемника	Задвижка	Кнопочный пост	Барaban установки ФАН	Транспортер	Кнопочный пост	Вентилятор осевой	Вентилятор центробежный

Задание 14. Участок хранения зерна

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м	1	2	SB2	3	4	5	SB5
Условное обозначение	7	10	20	3	5	4	8
Номер на плане	2,2	5,0		3,0	3,0	1,1	
P_n , кВт	Транспортер	Нория	Кнопочный пост	Транспортер	Транспортер	Задвижка	Кнопочный пост
Наименование электроприемника							

Задание 15. Участок помола зерна

Аппараты защиты							
Длина участка линии, м							
Аппараты отходящей линии (ввода)							
Длина, м							
Пусковой аппарат							
Длина, м	1	2	3	SB3	4	5	SB4
Условное обозначение	4	5	6	15	5	7	20
Номер на плане	4,0	2,2	0,75		18,5	1,5	
P_n , кВт	Вентилятор центробежный	Транспортер	Задвижка	Кнопочный пост	Измельчитель	Шнек	Кнопочный пост
Наименование электроприемника							

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Какие сети защищают от к. з.?
2. Какие сети защищают от к. з. и перегрузки?
3. Методика выбора сечений проводов и кабелей по нагреву.
4. Как проверяют выбранное сечение проводов и кабелей при потере напряжения?
5. Как проверяют выбранное сечение проводов и кабелей по условию соответствия выбранному аппарату защиты?
6. Как рассчитать и выбрать сечение проводов и кабелей распределительной сети?

4. ПЛАНЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

4.1. Требования к выполнению планов силового оборудования в электроустановках. Пожаро- и взрывоопасные зоны в электроустановках согласно ПУЭ. Условные графические обозначения оборудования и электропроводок на планах

4.1.1. Выполнение плана силового электрооборудования

Основой для выполнения плана расположения электрооборудования и электропроводок является архитектурный план здания с расположением технологического, сантехнического и другого оборудования, а также размеров между буквенными и цифровыми осями здания, стен, оконных и дверных проемов. Этот план вычерчивается в масштабе 1:100, 1:200 по стандарту с учетом обеспечения четкого графического изображения электрооборудования и электропроводок. План здания выполняется тонкими линиями, а электротехнические решения более толстыми линиями (рис. 4.2).

Размещение электрооборудования на плане выполняется следующим образом. Сначала на плане здания показывают электроприемники и приводят их характеристики: номер по плану и мощность. На плане здания показывают размещение электроприемника приблизительно в его реальном месте расположения. Выполняют это путем графических изображений согласно ГОСТ 21.210–2014 и буквенно-цифровых обозначений. При этом рекомендуется использовать номера, приведенные в задании. Надпись выполняется в виде дроби, в числителе которой указывается номер по плану, а в знаменателе – мощность в кВт.

Пример: $\bigcirc \frac{1}{3,0}$.

Затем на плане размещают аппараты управления и защиты, устанавливаемые «в россыпь», то есть не на щитах. Это пускатели, кнопки, посты управления – для простых принципиальных схем (обычно это схемы с местным режимом управления). Затем на плане размещают щиты управления электроприемниками (ящики, шкафы, пульты) с установленными на них аппаратами

(пускателями, кнопками, переключателями, сигнальными лампами и т. д.) – для более сложных схем. При размещении электрооборудования на плане необходимо рассматривать несколько возможных вариантов, основной из этих вариантов (оптимальный, по мнению исполнителя) выполняется в условных изображениях аппаратов и электропроводок по стандарту. Для облегчения чтения схем и планов расположения, щиты и пульты рекомендуется условно обозначать следующим образом:

ШУ – шкаф управления, изготавливаемый в проекте по индивидуальному заказу (по заданию завода-изготовителя)

ЯУ – ящик управления. Щиты, поставляемые комплектно с технологическим оборудованием и устанавливаемые вблизи технологического оборудования (на полу, на стене, на стойке и т. п.)

ПУ – пульт управления. Щиты управления, поставляемые в комплекте с технологическим оборудованием и устанавливаемые на самом технологическом оборудовании.

Условное изображение электроприемников, электротехнических устройств показано в табл. 4.1.

На плане указываются места установки вводно-распределительных устройств (ВРУ) и распределительных пунктов (РП), магнитных пускателей. При размещении силового электрооборудования следует учитывать архитектурно-строительные решения, если есть помещения электрощитовых, то РП, ВРУ, пускозащитную аппаратуру устанавливают в них.

Распределительные устройства, устанавливаемые в цехе (щиты, силовые распределительные пункты, станции управления), располагают как можно ближе к электроприемникам.

Щиты и аппараты, устанавливаемые на стенах, вычерчивают на расстоянии 2...3 мм от линии стены, чтобы можно было в промежутке показать трассу электропроводки.

Прокладку электропроводок выполняют следующим образом. Вычерчиваются трассы электропроводок ко всем электроприемникам. Показываются как силовые проводки, так и проводки цепей управления. Трассы электропроводок выполняются в однолинейном исполнении. Количество кабелей, проложенных на данном участке трассы, показывается на выносной линии с полкой (полками), на которой (которых) записывают номера кабелей. Выносные линии рекомендуется выполнять под острым углом (выполненные под прямым углом зачастую затрудняют чтение чертежа). Номера должны соответствовать обозначению кабеля на схеме питающей и распределительной сети.

Пример обозначения трасс показан на рис. 4.1.

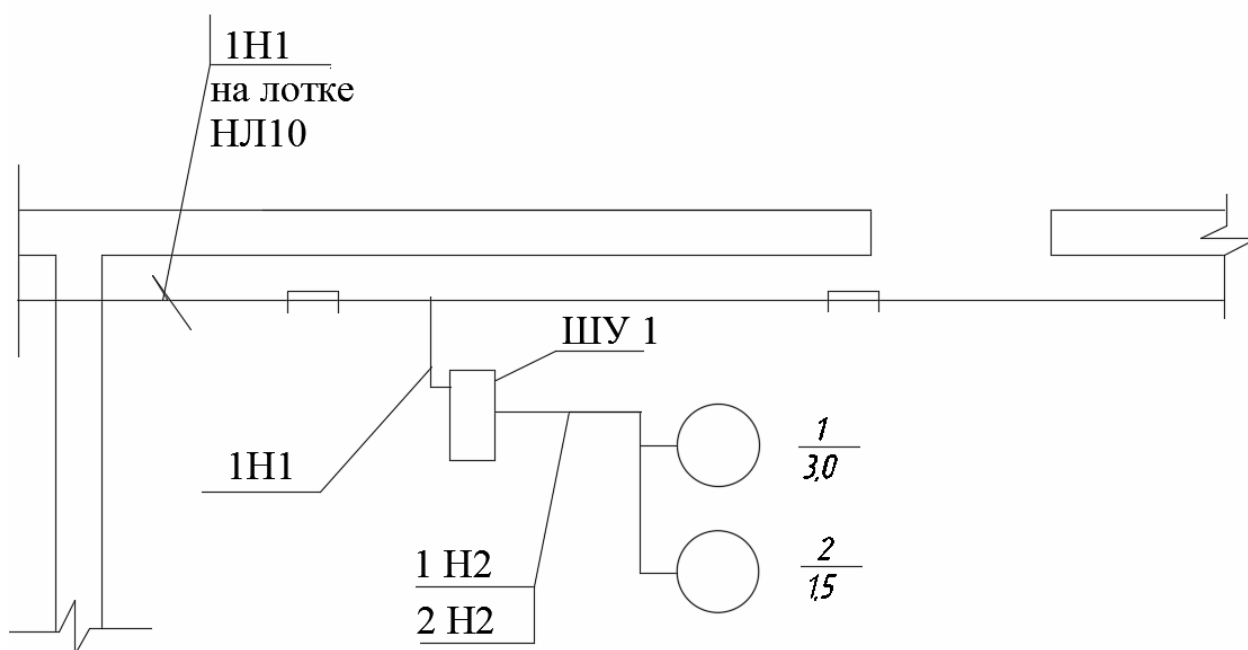


Рис. 4.1. Пример обозначения трасс

Линии электропроводок на плане следует выполнять толщиной 0,8–1 мм, толщина линий плана здания и технологического оборудования 0,25 мм. Аналогично вычерчиваются и все электротехнические аппараты и устройства. Линии электропроводок выполняются в соответствии со стандартными обозначениями (табл. 4.2).

В соответствии с ПУЭ, транзит кабелей и проводов через пожароопасные и взрывоопасные помещения (зоны) запрещен. В электрощитовых силовые и контрольные кабели прокладываются открыто, независимо от высоты их прокладки над полом.

При вертикальных электропроводках, т. е. при переходе проводки с одной отметки на другую или через перекрытия трассы электропроводок имеют специальное графическое обозначение в соответствии с ГОСТ 21.210–2014.

Главные магистрали прокладывают на отм. 2,8 – 4 м над полом.

Пожаро- и взрывоопасные зоны на планах показывают в виде прямоугольника с указанием класса по пожаро- и взрывоопасности. На планах указывают также категорию окружающей среды в помещении, температуру и влажность.

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ЭЛЕКТРОПРОВОДОК И ПРОВОДОК НА ПЛАНАХ

Таблица 4.1

Изображение электроприемников, электротехнических устройств

Номер	Наименование	Изображение	Размер, мм
1	Электродвигатель		Ø 5...6
2	Устройство электротехническое. Общее изображение		
3	Механизм (машина, агрегат) с многодвигатель- ным электроприводом		
4	Устройство электронагревательное. Общее изображение		
5	Комплектное трансформаторное устройство		
	– с одним трансформатором		Ø 3...4
	– с несколькими трансформаторами		
6	Установка конденсаторная комплектная		
7	Установка преобразовательная комплектная		
8	Автоматический выключатель		
9	Электромагнитный пускатель		
10	Пост кнопочный:		
	10.1 на одну кнопку		
	10.2 на две кнопки		
	10.3 на три кнопки		
	10.4 с двумя светящимися кнопками		
11	Выключатель путевой		

Изображение линий электропроводок и токопроводов

Но- мер	Наименование	Изображение	Размер, мм
1	Линия проводки. Общее изображение		Толщина 1 мм
2	Прокладка проводов и кабелей		
	1.1 Открытая прокладка одного проводника		
	2.2 Открытая прокладка нескольких проводников		
	2.3 Проводка в лотке		
	2.4 Проводка в коробе		
	2.5 Проводка под плинтусом		
	2.6 Проводка на тресе и его концевое крепление		
2.7 Конец проводки кабеля			
3	Вертикальная проводка		
	3.1 Проводка уходит на более высокую отметку или приходит с более высокой отметки		
	3.2 Проводка уходит на более низкую отметку или приходит с более низкой отметки		
3.3 Проводка пересекает отметку, изображенную на плане сверху вниз или снизу вверх, и не имеет горизонтальных участков в пределах данного плана			
4	Проводка в трубах. Общее изображение		
	4.1 Проводка в трубе, прокладываемой открыто		
	4.2 Проводка в трубах, прокладываемых открыто		

Но- мер	Наименование	Изображение	Размер, мм
	4.3 Проводка в трубе, прокладываемой под перекрытием, площадкой, с указанием отметки заложения		
	4.4 Проводка в трубе, прокладываемой скрыто (в бетоне, в грунте и т. п.) с указанием отметки заложения		
	4.5 Проводка в трубах, прокладываемых скрыто		
	4.6 Проводка в трубе, прокладываемой от отметки вверх		
	4.7 Проводка в трубе, прокладываемой от отметки вниз		
	4.8 Конец проводки в трубе		
	4.9 Проводка в патрубке через стену		
	4.10 То же, сквозь перекрытие		
	4.11 Разделительное уплотнение в трубах для взрывоопасных помещений		
	4.12 Проводка гибкая в металлорукаве, гибком вводе		
5	Прокладка шин и шинопроводов		
	5.1 Общее изображение		Толщина 2 мм
	5.2 Шины на изоляторах		
	5.3 Шины или шинопроводы на стойках		
	5.4 Троллейная линия		

4.1.2. Пожаро- и взрывоопасные зоны в электроустановках по ПУЭ

Взрывоопасная зона – помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси.

Зоны класса В-1 – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранения или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т. п.

Легковоспламеняющаяся жидкость (в дальнейшем ЛВЖ) – жидкость, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания и имеющая температуру вспышки не выше 61 °С. К взрывоопасным относятся ЛВЖ, у которых температура вспышки не превышает 61 °С, а давление паров при температуре 20 °С составляет менее 100 кПа (около 1 атм.).

Взрывоопасная смесь – смесь воздуха с горючим газом, паров ЛВЖ, горючих пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м³ при переходе их во взвешенное состояние, которая при определенной концентрации способна взорваться при возникновении источника инициирования взрыва (искры), зажженной сигареты или другого источника высокой температуры.

Зоны класса В-1а – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможно только в результате аварии или неисправностей.

Зоны класса В-1б – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварии и неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей:

- 1) горючие газы в этих зонах обладают нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом;
- 2) помещения, связанные с обращением газообразного водорода, в объеме, не превышающем 5 % свободного объема помещения (например, зарядные кислотных аккумуляторов).

К помещениям класса В-1б относятся лаборатории, в которых работают с горючими газами ЛВЖ в небольших количествах без применения открытого

пламени. Если работают в вытяжных шкафах, то эти лаборатории относятся к невзрывоопасным помещениям.

Зоны класса В-1г – пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ. Пределы взрывоопасных зон класса В-1г для наружных взрывоопасных установок определены пунктом 7.3.44 ПУЭ.

Зоны класса В-2 – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, которые способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при разгрузке или загрузке технологических аппаратов).

Зоны класса В-2а – зоны с горючей пылью или волокнами, но в которых опасные состояния возможны только в результате аварий или неисправностей.

Пожароопасные зоны:

Зоны класса П-1 – зоны, расположенные в помещениях, в которых образуются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С.

Зоны класса П-2 – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха.

Зоны класса П-2а – зоны, расположенные в помещениях, в которых образуются твердые горючие вещества.

Зоны класса П-3 – расположенные вне помещения зоны, в которых образуются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества.

Таблица 4.3

Класс зоны помещения, смежного с взрывоопасной зоной другого помещения

Класс взрывоопасной зоны	Класс зоны помещения, смежного с взрывоопасной зоной другого помещения и отделенного от нее	
	Стеной с дверью	Стеной без проемов (дверей) или с проемами оборудованными тамбур-шлюзами
В-1	В-1а	Не взрыво- и не пожароопасная
В-1а	В-1б
В-1б	Не взрыво- и не пожароопасная
В-2	В-2а
В-2а	Не взрыво- и не пожароопасная

4.1.3. Размещение электрооборудования в пожаро- и взрывоопасных зонах

Пожароопасные зоны

Электрооборудование может размещаться в пожароопасных зонах любого класса, при этом необходимо учитывать требования ПУЭ гл. 7.4 к электрическим машинам, аппаратам и приборам, электрическим грузоподъемным механизмам. При размещении учитывают климатическое исполнение, степень защиты оболочки для пожароопасной зоны.

Минимальные допустимые степени защиты оболочек электрических аппаратов, приборов и шкафов и сборок зажимов в зависимости от класса пожароопасной зоны согласно ПУЭ (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Минимальные допустимые степени защиты оболочек

Вид установки и условия работы	Степень защиты оболочки для пожароопасной зоны			
	П-I	П-II	П-IIa	П-III
Установленные стационарно или на передвижных механизмах или установках (краны, тельферы, электротележки и т. п.)	IP44	IP54	IP44	IP44
Установленные стационарно или на передвижных механизмах и установках, не искрящих по условиям работы	IP44	IP44	IP44	IP44
Шкафы для размещения аппаратов и приборов	IP44	IP54	IP44	IP44
Коробки сборок зажимов силовых и вторичных сетей	IP44	IP44	IP44	IP44
Лампы накаливания	IP53	IP53	2'3	2'3
Лампы ДРЛ	IP53	IP53	IP23	IP23
Люминесцентные лампы	5'3	5'3	IP23	IP23

Щитки и выключатели осветительных сетей рекомендуется выносить из пожароопасных зон любого класса, если это не вызывает существенного удорожания и расхода цветных металлов. Электроустановки запираемых складских помещений должны иметь аппараты для отключения извне силовых и осветительных сетей.

Взрывоопасные зоны

Все электрические аппараты рекомендуется устанавливать вне взрывоопасных зон и устанавливать их во взрывоопасных зонах в случае технической необходимости с учетом требований ПУЭ, изд. 6.

Выбор электрооборудования для взрывоопасных зон производить в соответствии с пунктом 7.3.54, 7.3.72 ПУЭ, изложены в табл. 7.3.10 – 7.3.12.

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов в зависимости от класса взрывоопасной зоны (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Допустимый уровень взрывозащиты

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
	Стационарные установки
В-I	Взрывобезопасное, особо взрывобезопасное
В-I а, В-I г	Повышенной надежности против взрыва – для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С Без средств взрывозащиты – для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С. Оболочка со степенью защиты не менее IP54
В-Iб	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью не менее IP44
В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63), особо взрывобезопасное
В-IIа	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63). Оболочка со степенью защиты не менее IP54
	Стационарные светильники
В-I , В-I а	Взрывобезопасное, особо взрывобезопасное
В-I б, В-I г	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасное (при соблюдении требований 7.3.63), особо взрывобезопасное
В-IIа	Без средств взрывозащиты (при соблюдении требований 7.3.63). Оболочка со степенью защиты не менее IP54

4.2 Выбор способа и вида прокладки проводов и кабелей. Конструкции для прокладки проводов и кабелей. Типы кабелей, используемые в электроустановках

4.2.1 Выбор способа и вида прокладки проводов и кабелей

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими защитными конструкциями и деталями. Электропроводки разделяются в соответствии с ТКП 121 2008 на наружную и внутреннюю.

Наружная электропроводка прокладывается по наружным стенам зданий и сооружений, на территориях предприятий, районов, дворов, строительных площадках, под навесами, а также между зданиями на опорах вне улиц и дорог. *Внутренняя* электропроводка прокладывается внутри зданий и сооружений.

Внутренняя электропроводка по видам прокладки подразделяется на:

- открытую;
- скрытую.

Открытая электропроводка прокладывается по поверхности стен, потолков, фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений и может быть стационарной, временной, передвижной и переносной. *Скрытая электропроводка* прокладывается внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах и перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом, за подвесными потолками и внутри пустотных перегородок.

Внутренние электропроводки должны соответствовать условиям окружающей среды, назначению помещений, их конструкции и архитектурным особенностям.

Методика выбора электропроводок и способов монтажа приведены в ГОСТ 30331.15–2001, гл. 5.2 ПУЭ.

Методика выбора конструктивного выполнения силовых сетей связан с определением вида электропроводок, способа прокладки, марки проводов, кабелей.

Способы прокладки

При этом следует применять следующие способы прокладки электропроводок: на тресе; на лотках и в коробах; в пластмассовых и стальных трубах, металлических и резинотканевых гибких рукавах; в каналах строительных

конструкций; по строительным основаниям и конструкциям; в штукатуренных бороздах и замоноличивание. Выбор способа монтажа электропроводки приведен в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Способы монтажа электропроводок

Провода и кабели		Способ монтажа							
		Без крепления	С непосредственным креплением	В трубах	В коробах	В специальных коробах	На лотках и кронштейнах	На изоляторах	На тросе (струне)
Неизолированные		-	-	-	-	-	-	+	-
Изолированные		-	-	+	+	+	-	+	-
Изолированные провода в защитной оболочке и кабели в оболочках	Многожильные	+	+	+	+	+	+	0	+
	Одножильные	0	+	+	+	+	+	0	+

Обозначения:

«+» – разрешается;

«-» – не разрешается;

«0» – не применяется или обычно в практике не используется.

Примечание. Специальный короб – это короб прямоугольного сечения, предназначенный для прокладки проводов и кабелей, не имеющий съемных или открывающихся крышек.

Внутри зданий электропроводки могут быть открытыми или скрытыми, при этом должны учитываться требования электро, взрыво- и пожаробезопасности. Возможна комбинированная прокладка проводов и кабелей – открыто на одних участках и скрыто, в трубах на других (например, в трубах в полу, по оборудованию). Конструктивные элементы для прокладки кабелей открыто, выбирают исходя из условий внешних воздействующих факторов, монтажа электропроводок, в зависимости от типа используемого провода, кабеля, а также места прокладки.

При этом, как правило, должны применяться проводники с алюминиевыми жилами. Только при подключении переносных, передвижных и установленных

на виброоснованиях электроприемников, необходимо подключать их гибкими кабелями и проводами с медными жилами.

Во взрывоопасных зонах любого класса применение неизолированных проводников, в том числе токопроводов к кранам, таям и т. п. запрещается. Во взрывоопасных зонах класса В-I, В-Ia используют кабели с медными жилами, во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами. В пожароопасных зонах используются кабели в оболочках, не распространяющих горение.

При прокладке проводов и кабелей в трубах необходимо использовать преимущественно пластмассовые трубы. Электропроводки в стальных трубах в производственных помещениях применять только в технически и экономически обоснованных случаях. В пожароопасных и взрывоопасных зонах электрические сети должны прокладываться в соответствии с ПУЭ, гл. 7.3–7.4. Стальные обыкновенные водогазопроводные трубы (ГОСТ 3262–75 с изм. 1992 г.), если требуется, применяют во взрывоопасных зонах, в пожароопасных используют тонкостенные стальные трубы (ГОСТ 10704–91 с изм. 2022 г.).

Предусматривать защиту от механических воздействий при стесненных условиях. Для защиты от механических повреждений стояков кабелей следует применять стальные трубы, кожухи из листовой стали, стальные уголки. Защиту кабелей выполняют на высоту 2 м от пола. Для пропуска открыто прокладываемых кабелей сквозь несгораемые стены и перекрытия следует применять пластмассовые или асбоцементные (ГОСТ 31416–2009) трубы.

4.2.2. Конструкции для прокладки проводов и кабелей

Для прокладки проводов и кабелей внутри помещений используют различные способы монтажа на опорных конструкциях. Широкое распространение получили открытые прокладки кабелей с использованием лотковых конструкций.

Лотки лестничного типа НЛ5, НЛ10, НЛ20, НЛ40, изготовитель «Белэлектромонтаж». Изготавливают из стального профиля, оцинкованные или неоцинкованные. Лотки сетчатые из нержавеющей стали, лотки типа НЛП стальные с крышками (Россия). Лотки бывают шириной 5, 10, 20, 300, 400 см. Для установки лотков используются стойки, полки, кронштейны. Стойки крепятся к строительным конструкциям зданий и сооружений. Лотки используют для

прокладки кабелей сечением до 16 мм^2 . Для кабелей большего сечения $16\text{--}240 \text{ мм}^2$ применяют кабельные прогоны УЭМИТ66 «Белэлектромонтаж» (рис. 4.1–4.4).



Рис. 4.1. Кабельный лоток лестничного типа НЛ

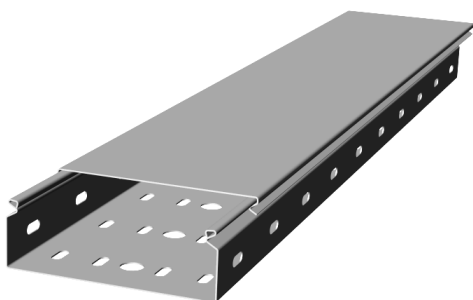


Рис. 4.2. Кабельный лоток перфорированный НЛП

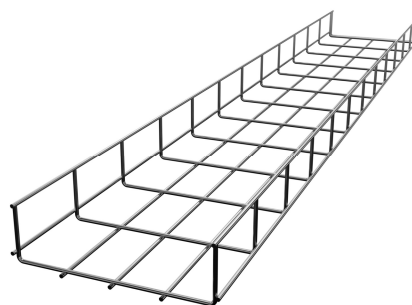


Рис. 4.3. Кабельный лоток сетчатый

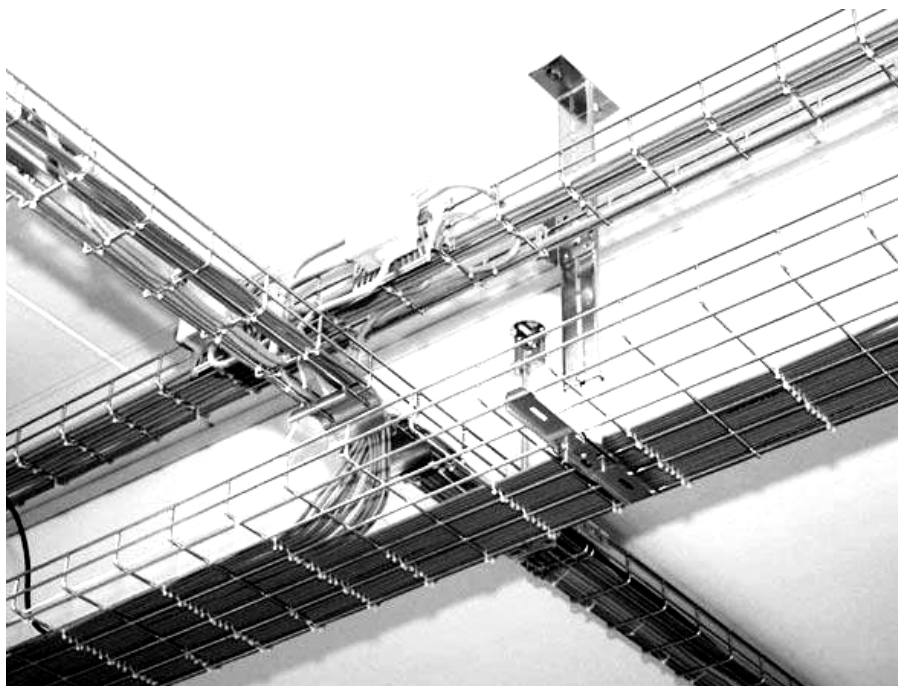


Рис. 4.4. Прокладка кабелей на лотках

Для прокладки открыто одиночных кабелей применяют металлополимерный трос типа Пр2,5–Пр8. Латунированный трос покрыт пластиком. Диаметр троса – 2,5–8 мм. Ответвительные коробки используют пластмассовые. Для прокладки

одинокных кабелей используют скобы, подвески, короба. Количество кабелей, прокладываемых на лотках типа *НЛ*, приведено в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Количество кабелей, прокладываемых на лотках типа *НЛ*

Сечение кабеля, мм ²	Количество кабелей			
	Тип лотка			
	НЛ5	НЛ10	НЛ20	НЛ40
2,5–4	4	8	8	16
6	–	4	7	15
10	–	–	7	14
16	–	–	6	13

Короба поливинилхлоридные (ПВХ) типа ЛН, ЕК, РЛН ИП «КОПОС ЭЛЕКТРО» и др.

4.2.3. Требования к способам прокладки

Правила устройства электроустановок определяют требования к способам прокладки проводов и кабелей:

1. *Допускается совместная прокладка проводов и кабелей:*

- в стальных трубах, м/рукавах, лотках, коробах, каналах;
- всех цепей одного агрегата;
- силовых и контрольных цепей, связанных технологическим процессом.

Не допускается совместная прокладка:

- взаиморезервируемых цепей;
- сетей аварийного и рабочего освещения.

2. Прокладка фазных и нулевых проводников должна осуществляться в одной трубе.

3. Должна быть обеспечена возможность замены проводников при прокладке в трубах, коробах.

4. Конструктивные элементы зданий должны быть несгораемыми.

5. Места соединений, ответвлений должны быть доступны для осмотра, должен быть предусмотрен запас провода.

6. При прокладке на лотках, в трубах учитывать коэффициент снижения токовых нагрузок, в зависимости от количества прокладываемых кабелей в пучках на лотке, в коробе, а также количество проводов в трубе.

7. Электродвигатели, установленные на виброоснованиях, следует подключать гибкими медными проводами или кабелями.

8. Выбранные кабели и провода должны соответствовать требованиям стандартов по взрыво- и пожаробезопасности, способности не распространять горение.

9. Проходы кабелей через элементы строительных конструкций зданий и сооружений (полы, стены, потолки, крыши, перегородки и т. п.) должны быть загерметизированы, уплотнены, обеспечивать ту же огнестойкость, что имеют элементы конструкций.

10. Сближение с инженерными коммуникациями: при проектировании электропроводок должны учитываться их сближения и пересечения с другими коммуникациями в соответствии с ПУЭ (гл. 12). Выбираются способы защиты при прохождении вблизи источников тепла, дыма, пара, труб холодоснабжения, под сетями, подверженными выделению конденсата в местах, где проходит электропроводка под ними.

4.2.4. Типы проводов и кабелей, применяемые в электроустановках

Наиболее распространенные типы силовых кабелей: АВВГ, АВВГз, АВВГзнг, АВВГнг-LS, АВББШв с алюминиевой жилой.

Изоляция: АВВГ – поливинилхлоридный пластикат (ПВХ), жилы изолированные, многопровочной круглой или секторной формы, алюминиевые (рис. 4.5).

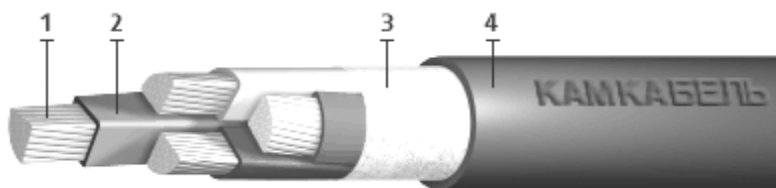


Рис. 4.5. Элементы конструкции кабеля силового АВВГ:

- 1 – одножильная или многожильная алюминиевая жила 1-го или 2-го класса;
- 2 – маркировка, изоляция из ПВХ. Маркировка может быть как цифровая, так и цветом;
- 3 – обмотка из нетканого полотна; 4 – ПВХ – оболочка кабеля

АВВГнг – ПВХ пластикат пониженной горючести, не распространяет горение при прокладке в пучках; АВВГнг-LS – поливинилхлоридная композиция пониженной пожароопасности; кабели: ВВГ, ВВГнг, ВВГнг-LS с медной жилой, изоляция аналогична кабелям с алюминиевой жилой. Кабель АВВГ используют только при одиночной прокладке, т. к. он распространяет горение.

АВБбШв, ВБбШв (ГОСТ 31996–2012) – изоляция: поливинилхлоридный пластикат (ПВХ), поясная изоляция – защитный покров БбШв (броня из 2-х стальных лент, защитный шланг).

Кабели: ВВГ, ВВГнг, ВВГнгLS.

Шкала сечения жил: 1,5, 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 50; 95; 120; 150; 185; 240.

Сечения – 1x2,5..240 ; 2x2,5...185 ; 3x2,5...50; 3x4+1x2,5 ... 3x150+1x50; 4x2,5...4x240; 5x2,5...5x150; 6x2,5...6x50;

Контрольные кабели:

КВВГ; АКВВГ; КВВГнг; АКВВГнг; КВВнг; АКВВГнгLS; КВВГнгLS;

Сечения – 4x0,75; 4x1; 5 x1; 7x1; 10x1; 14x1; 19x1; 27x1;

4x2,5...37x2,5; 4x4; 7x4; 10x4; 4x6; 7x6; 10x6.

Провода:

АПВ – изоляция: поливинилпластикат (ПВ), одножильный круглой формы, алюминиевый.

Сечения: 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95.

ПВЗ – изоляция: поливинил пластикат (ПВ), одножильный гибкий, круглой формы, медный.

Сечения: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95.

Провода самонесущие изолированные, для осветительных и силовых воздушных линий: СИП4и; САПсш.

СИП – многожильные провода для ВЛ электропередачи, содержащие изолированные жилы и несущий элемент, предназначенный для крепления и подвески проводов.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термина «электропроводка».
2. Перечислите виды электропроводок, их использование в соответствии с ТКП.
3. Назовите виды электропроводок, используемых на сельскохозяйственных объектах.
4. Какие способы прокладок электропроводки в зависимости от монтажа применяют для неизолированных и изолированных проводов и кабелей?
5. Исходя из каких условий, выбирают конструктивные элементы для прокладки кабелей открыто?
6. Какие кабели используют для взрыво- и пожароопасных зон?
7. Какие трубы преимущественно рекомендуется использовать при прокладке проводов?

8. На какую высоту от пола при защите от механических повреждений закрывают кабель? Что можно использовать в качестве защиты?
9. Перечислите конструкции для прокладки проводов и кабелей.
10. Назовите требования к способам прокладки проводов и кабелей.
11. Какие типы силовых проводов и кабелей применяют в электроустановках?
12. Какие типы контрольных кабелей применяют в электроустановках?
13. Каким кабелем, проводом подключают переносные и установленные на виброоснованиях электроприемники?

4.3. Размещение вводно-распределительных устройств, силовых шкафов, аппаратов управления и защиты, их место установки в соответствии с ТКП и ГОСТ

4.3.1. Размещение ВРУ и силовых шкафов в электрощитовых и производственных помещениях

Вводные или вводно-распределительные устройства, как правило, должны устанавливаться на вводе в здание в электрощитовых помещениях, доступных только для обслуживающего персонала, а при отсутствии таковых должны быть расположены в удобных и доступных для обслуживания местах, иметь запирающиеся замки. Место размещения ВРУ должно определяться с учетом следующих факторов:

- не мешать производству;
- не загромождать проходы;
- быть удобными в обслуживании. В коридорах и проходах они должны быть встроены в ниши. В главных проходах, предназначенных для эвакуации, устанавливать ВРУ не разрешается, исходя из пожарных требований;
- вводные устройства должны устанавливаться на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, газопроводы);
- вводные устройства, имеющие нижний ввод питающих кабелей, необходимо устанавливать на прямки;
- вводные устройства требуется размещать с максимальной приближенностью к электроприемникам;
- протяженность питающих линий должна быть минимальной (рациональной), а трасса удобной в эксплуатации и доступной для ремонта;

– необходимо, как правило, исключать случаи обратного питания электроприемников к основному потоку электроэнергии;

– по условиям эксплуатации не размещать вводные устройства в категорических помещениях (пожаро и взрывоопасных).

При размещении вводных устройств и другой электроаппаратуры в электрощитовых необходимо соблюдать следующие требования к данным помещениям:

1. Не допускается располагать данные помещения под санузлами, ванными комнатами, помещениями с мокрыми технологическими процессами.

2. Не допускается прохождение через электрощитовые газопроводов, трубопроводов с горючими жидкостями, вентсистем, остальные трубопроводы как исключение, при прохождении через помещения должны быть заключены в гильзы, не должны иметь ответвлений, трубы для отопления должны быть гладкими.

3. Двери электрощитовых помещений должны открываться наружу.

Помещения электрощитовых, относящиеся к нормальным, должны иметь естественную вентиляцию, отопление обеспечивающее температуру не ниже +5 °С, электроосвещение рабочее и аварийное. При установке электрооборудования в электропомещениях должны соблюдаться следующие требования:

– ширина проходов в свету – 0,8 м, при стесненных условиях минимальная 0,6 м; высота не менее 1,8 м;

– в проходах не должны находиться предметы, которые могли бы стеснять передвижение людей и оборудования. Ширина прохода до противоположной стены или оборудования, не имеющего неогражденных неизолированных токоведущих частей при $U=660$ В – 1м;

– расстояние по обе стороны прохода должно быть при $U=660$ В не менее – 1,5 м, если расстояние меньше, то неизолированные токоведущие части должны быть ограждены.

4.3.2. Место установки аппаратов защиты в соответствии с ТКП и ГОСТ

Нормативными документами установлены определенные требования к месту установки АУиЗ.

1. При защите сетей предохранителями последние должны устанавливаться на всех нормально незаземленных полюсах и фазах. *Установка предохранителей в нулевых рабочих проводниках запрещается.*

2. При защите сетей с глухозаземленной нейтралью автоматическими выключателями расцепители их должны устанавливаться во всех нормально

не заземленных проводниках. Однако расцепители в нулевых проводниках допускается устанавливать при условии, что при их срабатывании отключаются от сети одновременно все проводники, находящиеся под напряжением.

3. Аппараты защиты следует устанавливать, как, правило, в местах, где сечение проводника уменьшается (по направлению к месту потребления электроэнергии) или где это необходимо для обеспечения чувствительности и селективности защиты.

4. Аппараты защиты должны устанавливаться непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к питающей линии. Допускается в случаях необходимости принимать длину участка между питающей линией и аппаратом защиты от ответвления до 3 м. Проводники на этом участке могут иметь сечение меньше, чем сечение проводников питающей линии, но не менее сечения проводников после аппарата защиты.

5. Аппараты защиты допускается не устанавливать в местах в соответствии с ТКП 339–2021:

- ответвления проводников от шин щита к аппаратам, установленным на том же щите; при этом проводники должны выбираться по расчетному току ответвления;

- снижения сечения питающей линии по ее длине и на ответвлениях от нее, если защита предыдущего участка линии защищает участок со сниженным сечением проводников или если незащищенные участки линии или ответвления от нее выполнены проводниками, выбранными с сечением не менее половины сечения проводников защищенного участка линии;

- ответвления от питающей линии к электроприемникам малой мощности, если питающая линия защищена аппаратом с уставкой не более 25 А для силовых электроприемников и бытовых приборов;

- участок электропроводки не превышает 3 м риск к. з. отсутствует, участок электропроводки защищен от токов к. з. при уменьшении сечения;

- ответвления от питающей линии проводников цепей измерения, если эти проводники не выходят за пределы соответствующих машин или щита.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие факторы должны учитываться при размещении вводных устройств и силовых шкафов в производственных помещениях?

2. Требования, предъявляемые к электропомещениям.

3. Требования ТКП к месту установки АУиЗ в сетях с глухозаземленной нейтралью.

4. Где допускается не устанавливать АУиЗ в сетях с глухозаземленной нейтралью, согласно ТКП?

Лабораторная работа 4

РАЗРАБОТКА ПЛАНА СИЛОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: изучить условные обозначения электрооборудования и электропроводок на планах, способы прокладки проводов и кабелей, выбор электрооборудования с учетом внешних воздействующих факторов (ВВФ), требования и правила проектирования планов электрооборудования в соответствии с ГОСТ 21.613–2014 «Силовое электрооборудование».

Задачи работы:

1. Освоить методику проектирования планов силового электрооборудования с учетом требований ГОСТ 21.613–2014, ПУЭ и в соответствии с теоретическим материалом, изложенным в лекции и в общих сведениях данной работы.

2. Ознакомиться с силовым электрооборудованием, монтажными конструкциями для прокладки проводов и кабелей по каталогам фирм производителей.

3. Ознакомиться с типовыми проектами А26-94 «Прокладка кабелей и проводов на лотках типа НЛ», А10-93 «Защитное заземление и зануление электроустановок».

4. Выполнить план расположения силового электрооборудования и прокладки кабеля по заданному преподавателем архитектурному плану с размещением технологического и сантехнического оборудования согласно индивидуальному заданию.

Общие сведения

Выполнение плана силового электрооборудования

Основой для выполнения плана расположения электрооборудования и электропроводок является архитектурный план здания с нанесенным расположением технологического и другого оборудования, с размерами между буквенными и цифровыми осями здания, указанными в метрах, стен, оконных и дверных проемов. Этот план вычерчивается в масштабе 1:100, 1:200 по ГОСТ 21.613–2014 с учетом обеспечения четкого графического изображения электрооборудования и электропроводок. План здания выполняется тонкими линиями, а электротехнические решения более толстыми (см. рис. 4.2, глава 4).

Размещение электрооборудования на плане выполняется следующим образом. Сначала на плане здания показывают электроприемники и приводят

их характеристики – номер по плану и мощность. На плане здания показывают размещение электроприемника приблизительно в его реальном месте расположения. Выполняют это путем графических изображений согласно ГОСТ 21.210–2014 и буквенно-цифровых обозначений (см. приложение ПЗ). При этом рекомендуется использовать номера, приведенные в задании. Надпись выполняется в виде дроби, в числителе которой указывается номер по плану, а в знаменателе – мощность (кВт).

Затем на плане размещают аппараты управления и защиты, устанавливаемые по месту, то есть не на щитах. Для простых принципиальных схем (обычно это схемы с местным режимом управления) – это пускатели, кнопки, посты управления. Затем на плане размещают щиты управления электроприемниками (ящики, шкафы, пульты) с установленными на них аппаратами (пускателями, кнопками, переключателями, сигнальными лампами и т. д.) – для более сложных схем. При размещении электрооборудования на плане необходимо рассматривать несколько возможных вариантов. Основной из этих вариантов (оптимальный, по мнению исполнителя) выполняется в условных изображениях аппаратов и электропроводок по стандарту [10].

На плане указываются места установки вводно-распределительных устройств (ВРУ) и распределительных пунктов (РП), магнитных пускателей. При размещении силового электрооборудования следует учитывать архитектурно-строительные решения. Если есть помещения электрощитовых, то РП, ВРУ, пускозащитную аппаратуру по возможности устанавливают в них.

Распределительные устройства, устанавливаемые в цехе (щиты, силовые распределительные пункты, станции управления), располагают как можно ближе к электроприемникам.

Щиты и аппараты, устанавливаемые на стенах, вычерчивают на расстоянии 2...3 мм от линии стены, чтобы можно было в промежутке показать трассу электропроводки.

План прокладки электропроводок выполняют следующим образом. Вычерчиваются трассы электропроводок ко всем электроприемникам. Показываются как силовые проводки, так и проводки цепей управления. Трассы электропроводок выполняются в однолинейном исполнении. Количество кабелей, проложенных на данном участке трассы, показывается на выносной линии с полкой (полками), на которой (которых) записываются номера кабелей. Выносные линии рекомендуется выполнять под острым углом (выполненные под прямым углом зачастую затрудняют чтение чертежа). Номера должны соответствовать обозначению кабелей на схеме питающей и распределительной сети.

Линии электропроводок на плане следует выполнять толщиной 0,8–1 мм, толщина линий плана здания и технологического оборудования составляет 0,25 мм. Аналогично вычерчиваются и все электротехнические аппараты и устройства (см. пример выполнения плана силового оборудования). Линии электропроводок выполняются в соответствии со стандартными обозначениями.

Выбор типов электропроводок

Выбор конструктивного выполнения силовых сетей связан с определением вида электропроводок, способа их прокладки, марок проводов, кабелей. Для сельскохозяйственных объектов рекомендуется использовать следующие типы электропроводок.

1. *Открытый* – электропроводки, проложенные по поверхности стен, потолков, по фермам, опорам и другим строительным элементам зданий и сооружений.

2. *Скрытый* – электропроводки, проложенные внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях).

3. *Наружный* – по фасаду зданий или под навесом.

При этом следует применять следующие *способы прокладки электропроводок*: на тресе; на лотках и в коробах; в пластмассовых и стальных трубах, металлических и резиноканевых гибких рукавах; в каналах строительных конструкций; по строительным основаниям и конструкциям; в заштукатуренных бороздах и замоноличиванием.

Комбинированную прокладку проводов и кабелей можно применять открыто на одних участках и скрыто в трубах на других (например, в трубах в полу, по оборудованию). Во всех случаях, если не препятствуют местные условия, главные магистрали прокладывают на отметке 3–4 м над полом.

В электрощитовых силовые и контрольные кабели прокладываются открыто, независимо от высоты их прокладки над полом. При вертикальных электропроводках, т. е. при переходе проводки с одной отметки на другую или через перекрытия, эти переходы трасс электропроводок имеют специальное графическое обозначение (см. табл. 4.2, глава 4). Внутренние электропроводки должны соответствовать условиям окружающей среды, назначению помещений, их конструкции и архитектурным особенностям.

Выбор вида электропроводки, проводов, кабелей и способов их прокладки следует осуществлять, используя ГОСТ, ПУЭ. При этом, как правило, должны применяться проводники с алюминиевыми жилами. Только при подключении переносных и передвижных электроприемников необходимо применять шнуры

и гибкие кабели с медными жилами, а также в помещениях взрывоопасных в соответствии с требованиями ПУЭ.

При прокладке проводов и кабелей в трубах необходимо использовать преимущественно пластмассовые трубы. В производственных помещениях электропроводки в стальных трубах нужно применять только в технически и экономически обоснованных случаях. В пожароопасных и взрывоопасных зонах электрические сети должны прокладываться в соответствии ПУЭ. Стальные обыкновенные водогазопроводные трубы (ГОСТ3262–75 с изм. 1992 г.), если требуется, применяют во взрывоопасных зонах, в невзрывоопасных используют тонкостенные стальные трубы (ГОСТ 10704–91 с изм. 2022 г.).

Необходимо предусматривать защиту проводов и кабелей от механических воздействий при стесненных условиях. Для защиты от механических повреждений стояков кабелей следует применять стальные трубы, кожухи из листовой стали, стальные уголки, а для пропуска открыто прокладываемых кабелей сквозь несгораемые стены и перекрытия – пластмассовые или асбоцементные трубы (ГОСТ 31416–2009). Защиту кабелей выполняют на высоту 2 м от пола.

Транзит кабелей и проводов через пожароопасные и взрывоопасные помещения (зоны) запрещен и выполняется в соответствии с ПУЭ.

Категорию электроприемников по надежности электроснабжения определяют в соответствии [13].

Выбор оборудования с учетом внешних воздействующих факторов (ВВФ)

Нормативные требования учета факторов внешних воздействий устанавливаются рядом стандартов, определяющих характеристики климатических воздействий на изделие, которые учитываются при изготовлении этих изделий с целью обеспечения сохранения их параметров в пределах установленных техническими условиями норм отклонений и допусков в течение расчетных сроков службы. В ГОСТ 30331–95 определены типы климатов земного шара. Республика Беларусь относится к региону с умеренным холодным климатом.

Электрооборудование выбирают по электротехническим и конструктивным параметрам.

К конструктивному исполнению относят следующее:

- тип (серия) электрооборудования;
- вид климатического исполнения и категории размещения (табл. 2, 3);
- степень защиты оболочки (табл. 1, 4, 5).

При выборе конструктивного исполнения электрооборудования, прежде всего, необходимо учитывать условия его эксплуатации: воздействие климатических

факторов, состав окружающей среды (в частности, содержание коррозионно-активных элементов, взрывопожароопасных смесей и т. п.).

Таблица 1

Степени защиты для аппаратов общепромышленного использования на напряжение до 1000 В

Степень защиты от прикосновения и попадания твердых тел	Степень защиты от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	-	-	-	-	-	-	-	-
1	IP10	IP11	IP12	-	-	-	-	-	-
2	IP20	IP21	IP22	IP23	-	-	-	-	-
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	-	-	-	-
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	-	-	-	-
5	IP50	IP51	-	-	IP54	IP55	IP56	-	-
6	IP60	-	-	-	-	IP65	IP66	IP67	IP68

Для взрывоопасных и пожароопасных зон степени защиты оболочки определены в ПУЭ.

Таблица 2

Характеристика климатического исполнения электрооборудования

Буквенное обозначение		Климатическое исполнение изделий
русское	латинское	
1	2	3
Изделия, предназначенные для эксплуатации на суше, реках и озерах		
У	N	Для макроклиматического района с умеренным климатом, где средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура равна +40 °С или ниже, а средняя из ежегодных абсолютных минимумов температура равна – 45 °С
ХЛ	F	Для макроклиматического района с холодным климатом, т. е. в районах, где средняя из ежегодных абсолютных минимумов температура воздуха ниже – 45 °С
УХЛ	NF	Для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом
ТВ		Для макроклиматического района с влажным тропическим климатом, где сочетание температуры, равной или выше 20 °С, и относительной влажности, равной или выше 80 %, наблюдается примерно 12 часов в сутки или более за непрерывный период от 2 до 12 месяцев в году
ТС		Для макроклиматического района с сухим тропическим климатом, где средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура воздуха выше 40 °С, кроме районов, отнесенных к макроклиматическому району с влажным тропическим климатом

Буквенное обозначение		Климатическое исполнение изделий
русское	латинское	
Т	Т	Для макроклиматических районов, как с сухим, так и с влажным тропическим климатом (тропическое исполнение)
О	U	Общеклиматическое исполнение. Для всех районов на суше, кроме очень холодного (Антарктида)
УХЛ	NF	Для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом
ТВ		Для макроклиматического района с влажным тропическим климатом, где сочетание температуры, равной или выше 20 °С, и относительной влажности, равной или выше 80 %, наблюдается примерно 12 часов в сутки или более за непрерывный период от 2 до 12 месяцев в году
ТС		Для макроклиматического района с сухим тропическим климатом, где средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура воздуха выше 40 °С, кроме районов, отнесенных к макроклиматическому району с влажным тропическим климатом
Т	Т	Для макроклиматических районов, как с сухим, так и с влажным тропическим климатом (тропическое исполнение)
О	U	Общеклиматическое исполнение. Для всех районов на суше, кроме очень холодного (Антарктида)

Таблица 3

Категории мест размещения электрооборудования

Обозначение	Характеристика мест размещения электрооборудования
1	Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района)
2	Для эксплуатации под навесом или в помещениях, где колебания температур и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха (отсутствие прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков)
3	Для эксплуатации в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, а также других параметров, зависящих от климатических условий
4	Для эксплуатации в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями (отсутствие прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка, пыли, наружного воздуха, существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)
5	Для эксплуатации в помещениях с открытой влажностью, в которых возможны длительное пребывание воды и частичная конденсация влаги на стенах и потолке

Электрическое оборудование выпускают в защитных оболочках, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала, а также самой машины от попадания в нее посторонних предметов.

Для обозначения степени защиты применяют латинские буквы IP и следующие за ними две цифры (ГОСТ14254–2015 с изм. 2019 г.).

Структура кодового обозначения степени защиты: IP X1 X2 X3 X4, где IP – буквы кода (от слов International Protection – международная защита);

X1 – первая характеристическая цифра (от 0 до 6);

X2 – вторая характеристическая цифра (от 0 до 8);

X3 – дополнительная буква (буквы *A, B, C, D*, поясняющие вид контакта: *A* – тыльной стороной руки, *B* – пальцем, *C* – инструментом, *D* – проволокой);

X4 – вспомогательная буква (буквы *H, M* или *S*, где *H* – высоковольтные аппараты, *M* – состояние движения во время испытаний защиты от воды; *S* – состояние неподвижности во время испытаний защиты от воды).

Дополнительные и вспомогательные буквы (X3, X4) применяются редко.

Таблица 4

Степень защиты электрооборудования от попадания внутрь посторонних тел

Первая цифра	Степень защиты	
	Определение	Определение
0	Нет защиты от доступа к опасным частям	Нет защиты от проникновения твердых тел
1	Защищено от доступа к опасным частям тыльной стороной руки	Защита от проникновения внутрь оболочки твердых тел размером свыше 50 мм
2	Защищено от доступа к опасным частям пальцем	Защита от проникновения внутрь оболочки твердых тел размером свыше 12 мм
3	Защищено от доступа к опасным частям инструментом	Защита от проникновения внутрь оболочки твердых тел размером свыше 2,5 мм
4	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Защита от проникновения внутрь оболочки твердых тел размером свыше 1 мм
5	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Пылезащищенное
6	Защищено от доступа к опасным частям проволокой	Пыленепроницаемое

Степень защиты электрооборудования от попадания воды

Вторая цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	Защита от капель при наклоне до 15°	То же, что и 1, но при наклоне изделия на любой угол до 15° относительно нормального положения
3	Защита от дождя	Дождь, падающий на оболочку под углом до 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	Защита от брызг	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не оказывает вредного воздействия на изделие
5	Защита от водяных струй	Струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не оказывает вредного воздействия на изделие
6	Защита от волн воды	Вода при волнении не должна попасть внутрь оболочки
7	Защита при погружении в воду	Вода не проникает внутрь при недолговременном погружении и низком давлении воды на оболочку
8	Защита при длительном погружении	Изделия пригодны для длительного погружения при низком давлении на оболочку

Задание для самостоятельной подготовки к выполнению работы

– по рекомендуемой литературе к данному практикуму изучить требования и правила выполнения планов силового электрооборудования, выбор оборудования с учетом ВВФ;

– в соответствии с требованиями нижеприведенного подраздела «Содержание отчета» подготовить форму для отчета по лабораторной работе в соответствии с изученным теоретическим материалом, привести в ней краткие сведения о цели и задачах занятия, требованиях при проектировании планов силового электрооборудования.

Методические указания по выполнению работы

1. По теоретическому материалу изучить требования и правила при проектировании планов силового электрооборудования.

2. Выполнить согласно предложенному преподавателем индивидуальному заданию (1–15) план подключения электроприемников с использованием условных графических обозначений.

3. Определить категорию помещений по условиям окружающей среды в соответствии с ПУЭ.

4. Выбрать места установки аппаратов защиты и управления, силовых шкафов, ВРУ с учетом ВВФ. Выбрать степень защиты проектируемого силового оборудования по климатическому исполнению и степени защиты оболочки. Данные представить в таблице.

5. Определить категорию надежности электроснабжения объекта.

6. Выбрать способ прокладки проводов, кабелей и монтажные конструкции для их прокладки.

7. Присвоить марку чертежу.

8. Оформить отчет и подготовиться к его защите.

Таблица 6

Выбор защиты оборудования и категории надежности электроснабжения объекта

Обозначение оборудования на плане	Климатическое исполнение и категория размещения	Степень защиты оболочки	Категория надежности электроснабжения объекта

Содержание отчета

1. Назначение, цель и задачи работы.

2. Краткие сведения о вводно-распределительных устройствах, силовых шкафах, конструкциях для прокладки проводов и кабелей.

3. Подготовить лист марки ЭМ. На листе поместить план силового оборудования, экспликацию помещений. Пример оформления плана расположения и прокладки электрических сетей – см. рис. 4.2, глава 4.

4. Таблица результатов выбора защиты оборудования и категории надежности электроснабжения объекта (табл. 6).

5. Выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для подготовки к защите отчета по лабораторной работе

1. Как обозначаются на планах электродвигатели, силовые шкафы, магнитные пускатели, кнопочные посты?

2. Как обозначаются на планах различные способы прокладки проводов и кабелей (на лотках, коробах, тресе, в трубах), гибкие проводки?

3. Как маркируется оборудование по климатическому исполнению?

4. Как выбирается оборудование по степени защиты оболочки?

5. Какие бывают помещения в соответствии с ПУЭ?
6. Какие помещения относятся к помещениям опасным, особо опасным в соответствии с ПУЭ?
7. Какие категории надежности электроснабжения определены в соответствии с ТКП?
8. В каком масштабе выполняются планы расположения силового электрооборудования?
9. Что показывают на планах расположения при проектировании?
10. В каких документах отражены типовые проектные решения узлов крепления, установки, заземления оборудования и т. п.?
11. Какая степень защиты оболочки электрооборудования применяется при проектировании сельскохозяйственных зданий для содержания животных?
12. Какая степень защиты оболочки электрооборудования допускается при проектировании в пожароопасных помещениях?
13. Какие пожароопасные зоны существуют согласно ПУЭ?
14. Какие взрывоопасные зоны существуют согласно ПУЭ?

Варианты индивидуальных заданий

Задание № 1

ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Номер помещения	Наименование	Категория помещения по В/В
1	Прием лица	БЗ t=+16...+20°C П-лив φ=60...70%
2	Сортировочный ящик	БЗ t=+16...+20°C П-лив φ=60...70%
3	Камера дезинфекции	БЗ t=+16...+20°C П-лив φ=70%
4	Хранение лица	БЗ t=+16...+20°C П-лив φ=60...70%
5	Клавиатура диктофона	Д t=+16°C φ=60%
6	Сенсорный шлюз	Д t=+16°C φ=60%
7	Морозная инкубационная тележка	БЗ t=+16°C П-лив φ=45%
8	Цельные инкубационные лотки	БЗ t=+16°C П-лив φ=45%
9	Тамбур	Д t=+16°C φ=60%
20	Электрощитовая	Д t=+16°C φ=60%

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование	Тип, марка, ГОСТ	Кол.
1.1	Инкубационные тележки, 1600x470x2030 мм		компл
5	Машина для микроирригации лица, N = 0,8 кВт		2
6	Полы для лица, N = 0,55 кВт		2
8	Электроплиты офлюорофорная N = 1,5 кВт, U = 220 В; 250x343x88 мм	ЭПЧ-1,1,Э220	2
11	Передающий аппарат высшего давления с подогревом воды; N = 5,6+12,0 кВт	Каптер НДБ 307Е	1
14	Весы электронные; НПВ 10 кг; погр. 2 г	ВТНп-10М	
	400x360x600 мм N = 0,2 кВт, U = 220 В		1
ЩО	Щиток рабочего освещения N = 1,5 кВт		1
ЩОА	Щиток аварийного освещения N = 0,8 кВт		1
В1, В2, В3	Вентилятор вытяжной крышный N = 0,55 кВт		3

02.68.XXX.14 - ЭМ	
Лабораторная работа № 1 Задание № 1	
Икубаторий	Страниц Листов С 1 1
План на откл. 0.000	БГАУ, АЭФ Группа

Иск.	Кол.	Лист	Док.	Подпись	Дата
Разр.					
Руковод.					
Консулт.					

ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Номер помещения	Наименование	Категория помещения по ВГБ
9	Инкубационный зал	ВЗ r=1822, 21°C ПДЛ r=60, 60%
20	Электрощитовая	Д r=5°C φ=60%
21	Венткамера	r=+18°C φ=60%
23	Кабинет начальника	r=+18°C φ=60%
24	Кабинет лектолога	r=+18°C φ=60%
25	Компьютерная	r=+18°C φ=60%
26	Коридор	

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование	Тип, марка, ГОСТ	Кол.
1	Инкубационная машина вместимостью 38400 яиц	S - 384	8
	Визор - базис; N= 8,52 кВт; 3414;3634;2303 мм		
24	Компьютер	N= 0,25 кВт; U= 220 В	покуп.
25	Стул компьютерный		покуп.
26	Принтер	N= 0,15 кВт; U= 220 В	3
П1	Вентилятор приточный	N= 2,2 кВт	1
П2	Вентилятор приточный	N= 0,75 кВт	1
В1, В2	Вентилятор вытяжной	N= 0,65 кВт	2
ЩО	Щиток рабочего освещения	N= 1,5 кВт	1
ЩОА	Щиток аварийного освещения	N= 0,9 кВт	1

02.68.XXX.14 - ЭМ			
Лабораторная работа № 1			
Задание № 2			
Разраб.	Исполн.	Лист	Листов
Руковод.		С	1
Консульт.		БГАТУ АЭФ	
План на отим. 0,000		Группа	

Задание № 4

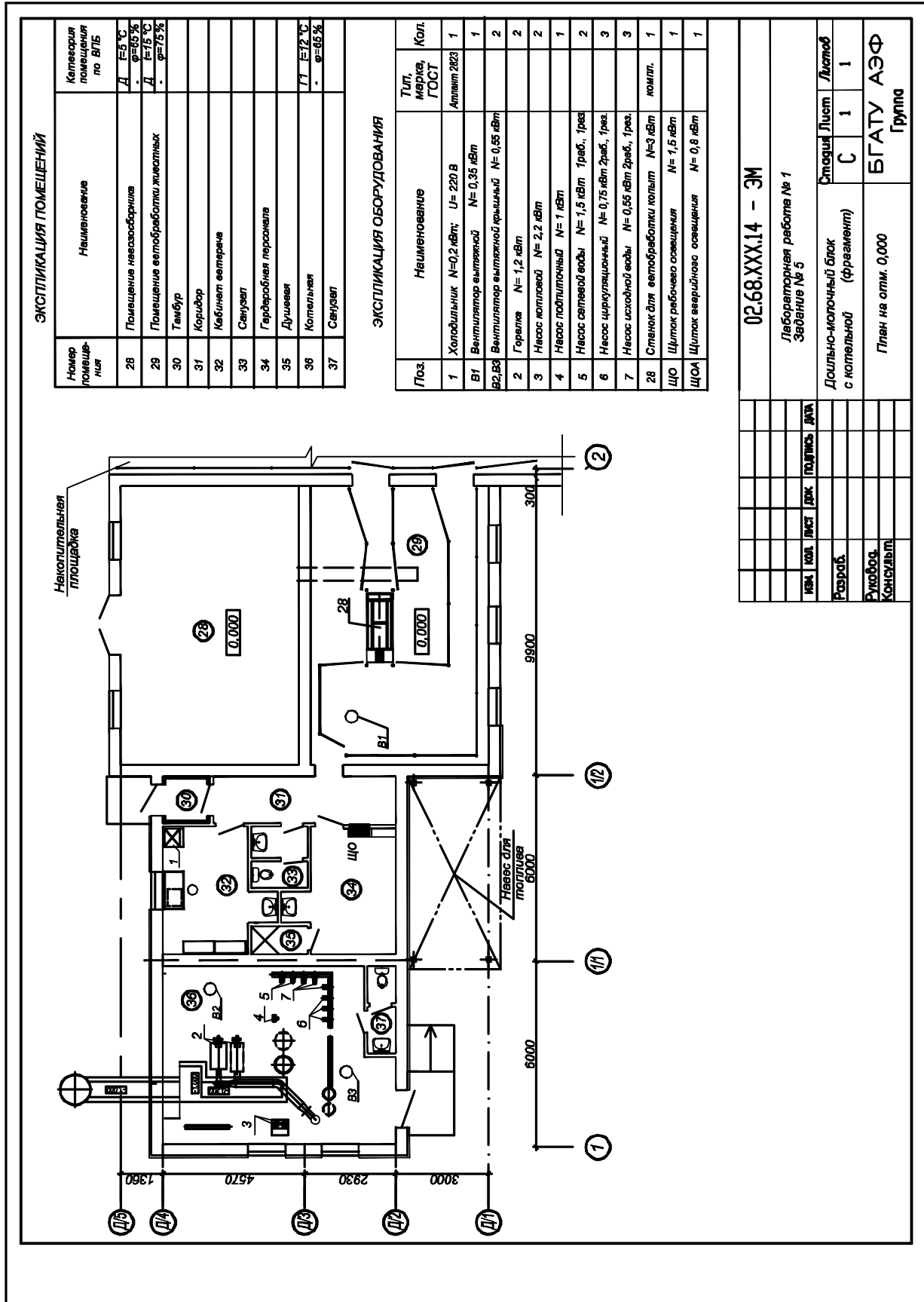
ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

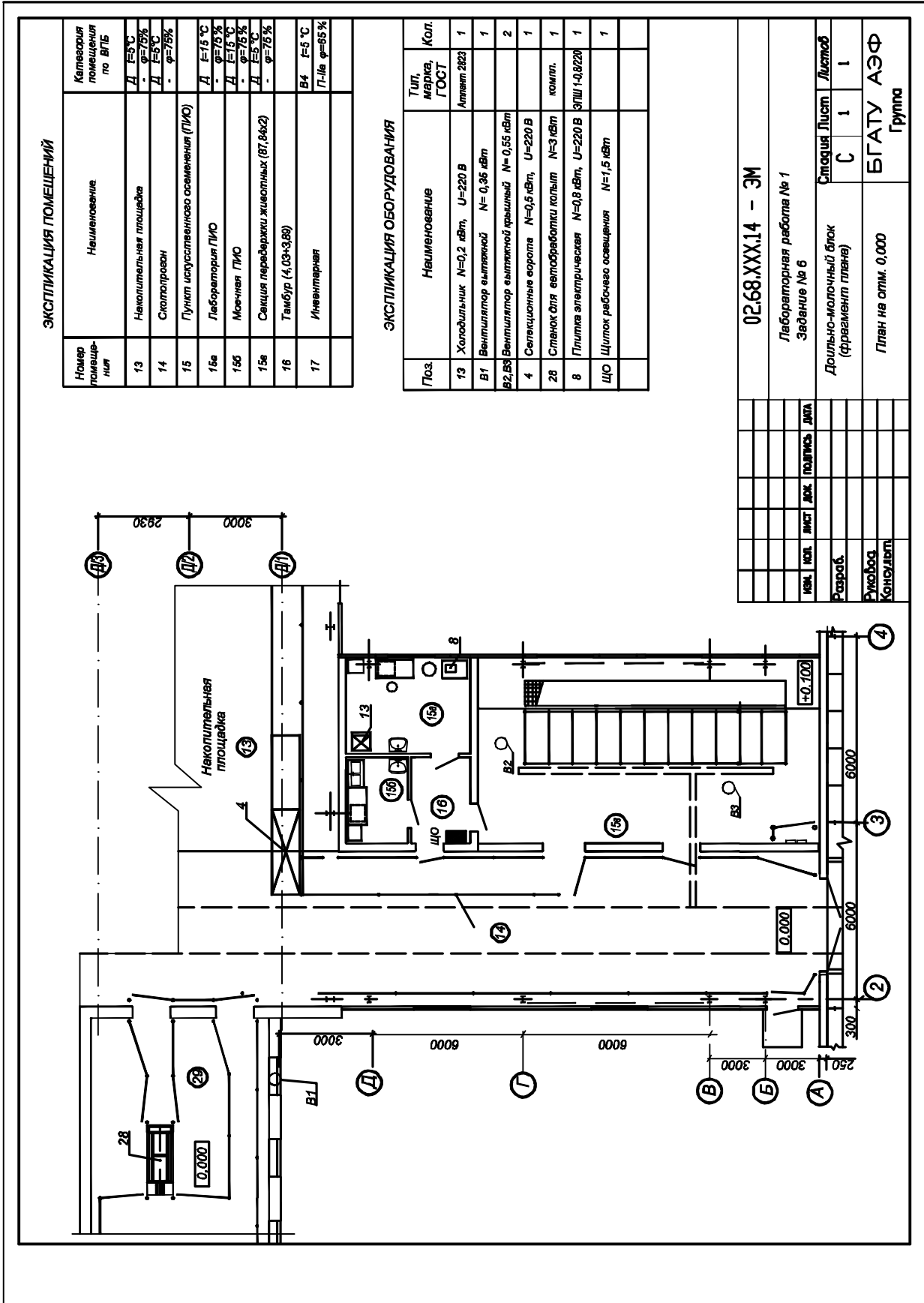
Номер помеще-ния	Назначение	Классификация помещений по ВЛБ
1	Табур (2.17+2.2)	
2	Коридр	
3	Кабинет заведующего фермой	
4	Молочная	Д t=15 °С Ф=2,6 %
5	Лаборатория молока	Д t=18 °С Ф=2,6 %
6	Техническое помещение	В4 t=15 °С Ф=1,0 %
7	Помещение ИВТ	В2 t=10 °С Г/Ив Ф=60 %
8	Помещение хранения молока средней	В4 t=5 °С Г/Ив Ф=60 %
9	Склад	
10	Электрощитовая	В4 t=5 °С Ф=80 %
11	Узел вода	
12	Дрильный зал	Д t=15 °С Ф=15 %
19	Гидробалка молока (2 чел.-6)	
20	Дризовая камера	
21	Гидробалка молока (чел.-10)	
22	Дризовая камера	
23	Капсула уборочного инвентаря	В4 t=16 °С Г/Ив Ф=60 %
24	Капсула персонала	
25	Вентилятор	
26	Лестничная клетка	

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование	Тип, марка, ГОСТ	Кол.
1	Шкаф управления дально-используемой установки		1
1.2	Микропараметры основной линии емк. 180 л, N=21,1 кВт		1
1.3	Микропараметры стеновой линии емк. 90 л, N=1,1 кВт		1
1.6	Автомат промывки с баком N=1,0 кВт		1
1.7	Вакуумная установка N=32,75 кВт		1
1.8	Воздушная компрессорная установка N=7,6 кВт		1
1.10	Компьютер с принтером N=0,5 кВт		1
1.12	Спиральный прецизионер, Ф90 мм, N=0,75 кВт		1
2.1	Танк-охладитель молока, емк. 10000 л, N=7,5 кВт	УМ4.10	2
2.2	Компрессорно-охладительный агрегат N=14,3 кВт	Бойлер, V=450 л, N=16 кВт	2
3	Бойлер, V=450 л, N=16 кВт		2
6	Насос центробежный молочный, N=1,1 кВт	КМ 32-32-100	3
7	Центробежная колонка, N=0,78 кВт	СМ 8.01	1
8	Платформа весовая, N=0,8 кВт	ЭШ 1.0.0200	1
13	Упаковочная N=0,2 кВт, Б00500х1500 мм	МШМ 2820	1
25	Вентилятор для охлаждения молока на 1050 л, N=7 кВт	СВС 7000	1
26	Спиральная автоматическая машина, единый экзр. в кв. N= 2,20 кВт	СМ4-0840Т	1
ЩО	Щиток рабочего освещения, N= 1,5 кВт		1
ЩСН	Щиток аварийного освещения, N= 0,8 кВт		1

02.68.XXX.14 - 3И	
Лабораторная работа № 1 Задание № 4	
Имя	Фамилия
Группа	С 1 1
Решено	БГАУ АЭФ
Решено	План на отд. 0,000
Компьютер	Группа





ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ		Категория помещений по ВГБ
Номер помещения	Наименование	
13	Накопительная площадка	Д, F=5°C - φ=75%
14	Складирован	Д, F=5°C - φ=75%
15	Пункт исправления освещения (ЛПО)	Д, F=15°C - φ=75%
15a	Лаборатория ЛПО	Д, F=15°C - φ=75%
15b	Мочевая ЛПО	Д, F=15°C - φ=75%
15c	Секция передержки животных (ВГ, БК2)	Д, F=15°C - φ=75%
16	Тамбур (4, 03-03, Б8)	В4, F=5°C
17	Линейный узел	Г-ла φ=85%

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ		Тип, марка, ГОСТ	Кол.
Поз.	Наименование		
13	Холодильник N=0,2 кВт, U=220 В	Аппарат 2823	1
В1	Вентилятор вытяжной N=0,35 кВт		1
В2, Б8	Вентилятор вытяжной крышной N=0,55 кВт		2
4	Селекционные королы N=0,5 кВт, U=220 В		1
28	Ступенчатый блок N=3 кВт	компл.	1
8	Плитка электрическая N=0,8 кВт, U=220 В ЭПШ 1-0,8220		1
ЦО	Щиток рабочего освещения N=1,5 кВт		1

02.68.XXX.14 - ЭМ			
Лабораторная работа № 1			
Задание № 6			
Изм.	Испол.	Дек.	Диагн.
Резерв.			
Руковод.			
Консульт.			
Стойки		Листы	Листов
С	1	1	1
Плен на отгн. 0,000		БГАТУ АЭФ	
		Группа	

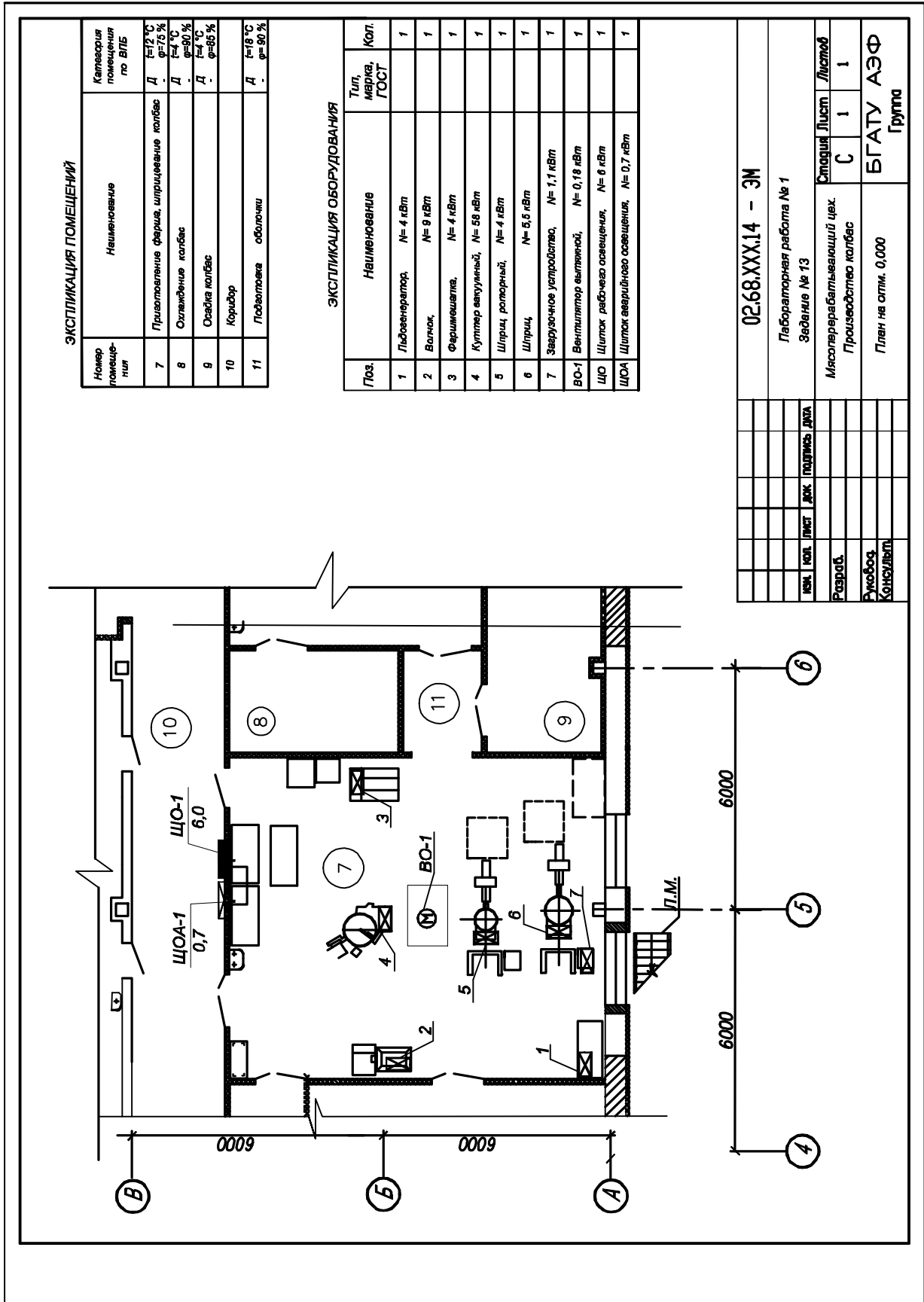
ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Номер помещения	Наименование	Категория помещения по ВГБ
2	Коридор	
13	Москва	Д F=15°C - φ=75%
14	Вакуум-насосная	В4 F=5°C - φ=80%
16	Кабинет едвараче	
17	Помещение хранения вентиляторов	В4 F=10°C П-1в φ=80%
18	Инструментарная	В4 F=5°C П-1в φ=80%
19	Классовая чистовая белая	В4 F=16°C П-1в φ=80%
20	Классовая арзаного белая	В4 F=16°C П-1в φ=80%
21	Тамбур	
22	Гардеробная мужская (12 чел.)	
23	Гардеробная мужская	
24	Душевая мужская	
25	Санузел мужской	
37	Тамбур	
38	Помещение персонала	Д F=16°C - φ=80%

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование	Тип, марка, ГОСТ	Кол.
6.5	Вакуумная установка, N=5,5 кВт	Оборудование из комплекта бытовых	2
6.7	Автомат промывки, N=12,9 кВт	установка	2
6.6	Электросиловый, N=19,0 кВт	Аппарат 2823	2
13	Холодильник, N=0,2 кВт, 600x600x1500 мм	40T	4
28	Аппарат чай-кофе, N=1,1 кВт, U=220 В	"Горизонт"	1
29	Микроволновая печь, N=1,2 кВт, U=220 В	СМА-60С84	1
37	Стерильная автоматическая машина, N=2,2 кВт	ИД1025-	1
47	Переделочной изоляцией аппарат высокого давления без подогрева, N=0,2 кВт		1
50	Устройство для уничтожения мух, 2x20 Вт	400/230	1
52.В1	Вентилятор вытяжной крышный, N= 0,37кВт	4ААВ3А2	2
ЩО	Щиток рабочего освещения		1
ЩОА	Щиток аварийного освещения		1

02.68.XXX.14 - ЭМ	
Лабораторная работа № 1 Задание № 9	
Молочный блок	Страниц Лист Листов С 1 1
План на отгм. 0,000	
БГАУ АЭФ Группа	



ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Номер помеще-ния	Наименование	Категория помещения по ВПБ
1	Помещение для содержания животных	Д t=18 °C φ=75 %
2	Помещение для обслуживания персонала	Д t=18 °C φ=50 %
3	Помещение для приёмоной станции	Д t=6 °C φ=75 %
4	Корректировочная	В2 t=18 °C φ=65 %
5	Помещение для санобработки животных	В3 t=5 °C φ=60 %
6	Тамбур	В4 t=10 °C φ=70 %
7	Коридор	Д t=10 °C φ=70 %

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование	Тип, марка, ГОСТ	Кол.
1	Транспортер, N= 1,5 кВт		1
2	Кормораздатчик, N= 3 кВт		1
3.1, 3.2	Шнек, N= 0,4 кВт		2
4	Буффер		1
5	Буффер		1
8	Мясная машина, N= 4 кВт		1
ЦО	Штук рабочего освещения, N= 1,2 кВт		1
В1	Вентилятор вытяжной, N=0,55 кВт		1
ВВ, ВТ4	Вентилятор вытяжной, N=0,25 кВт		6
П1-П4	Вентилятор приточный, N= 1,5кВт		4

ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Категория помещения по ВПБ	Наименование	Температура t, °C	Влажность φ, %
Д	Помещение для содержания животных	18	75
Д	Помещение для обслуживания персонала	18	50
Д	Помещение для приёмоной станции	6	75
В2	Корректировочная	18	65
В3	Помещение для санобработки животных	5	60
В4	Тамбур	10	70
Д	Коридор	10	70

02.68.XXX.14 - ЭМ

Лабораторная работа № 1
Задание № 14

Имя ИО ИМЕТ ДИЖ ПОДПИСЬ ДИЖ	Страниц Листов
Сварщик	С 1 1
Руковод. Консулент.	БГАТУ АЭФ Группа

План на отм. 0,000

ЭКСПЛИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Номер помещения	Наименование	Категория помещения по ВПБ
2	Узелок ремонта трансформаторов	Д, t=16 °C φ=80 %
3	Электроциклоны	Д, t=5 °C φ=80 %
5	Узелок комплектации и жестяничной пранкспортеров	Д, t=16 °C φ=75 %
7	Узелок сборки валов, редукторов, пранкспортеров	Д, t=16 °C φ=85 %
8	Вентильера	Д, t=16 °C φ=80 %
18	Тамбур	В4 t=10 °C П1в φ=80 %

ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование	Тип, марка, ГОСТ	Кол.
1	Установка для смазки и заправки, N=1,5 кВт		1
2	Контрольно-испытательный стенд, N=1,5 кВт		1
3	Токарно-винтовой станок, N= 3 кВт		1
4	Вертикально-сверлильный станок, N=2,2 кВт		1
5	Лебедка электрическая, N= 3 кВт		1
6	Установка для промазки салотемы смазки, N= 11 кВт		1
7	Пресс гидравлический, N= 3 кВт		1
8	Электроножницы, N= 0,55 кВт		1
В9	Вентилятор вытяжной, N= 0,55 кВт		1
П1	Вентилятор приточный, N= 2,2 кВт		1
ЦО	Щиток рабочего освещения, N= 3,2 кВт		1

02.68.XXX.14 - ЭМ	
Лабораторная работа № 1	
Задание № 15	
Иск.	Лист
Кол.	Док.
Дата	
Цех по ремонту с/х оборудования	
Страниц	Листов
С	1
БГАТУ АЭФ	
Группа	
План на стпк. 0,000	

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

5.1. Электрические схемы, виды, типы. Основные требования к выполнению схем управления, контроля и сигнализации.

Режимы управления

5.1.1. Виды и типы электрических схем, их назначения

В соответствии с ГОСТ 2.701–2008 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» схемы подразделяются по видам и типам. Вид схемы определяется входящими в изделие элементами, связями между ними, энергоносителями, необходимыми для действия элементов. Виды схем обозначаются буквами. Классификация схем по видам и типам приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Классификация схем по видам

Вид схемы	Обозначение	Элементы	Связи	Энерго-носитель
Электрические	Э	Электротехнические изделия	Проводники	Электрический ток
Гидравлические	Г	Насосы, задвижки, вентили	Трубопроводы	Жидкость
Пневматические	П	Компрессоры, клапаны, золотники	Трубопроводы (импульсные)	Сжатый воздух, газ
Газовые	Х	Вентили газового оборудования	Трубопроводы	Газ
Кинематические	К	Части механизмов	Цепи, тяги, рычаги	Механическая энергия
Вакуумные	В	Кольца, золотники, вентили	Трубопроводы	
Оптические	Л	Линзы, зеркала	Лучи, свет	
Энергетические	Р			
Деления	Е			
Комбинированные	С			

В пределах каждого вида схемы подразделяются по основному назначению на типы. Типы обозначаются цифрами:

– структурные – 1;

- функциональные – 2;
- принципиальные (полные) – 3;
- соединений (монтажные) – 4;
- подключения – 5;
- общие – 6;
- расположения – 7;
- объединенные – 0.

Наименование и обозначение схемы определяется ее видом и типом. Например: схема электрическая принципиальная – ЭЗ; схема гидравлическая структурная – Г1.

Структурные схемы

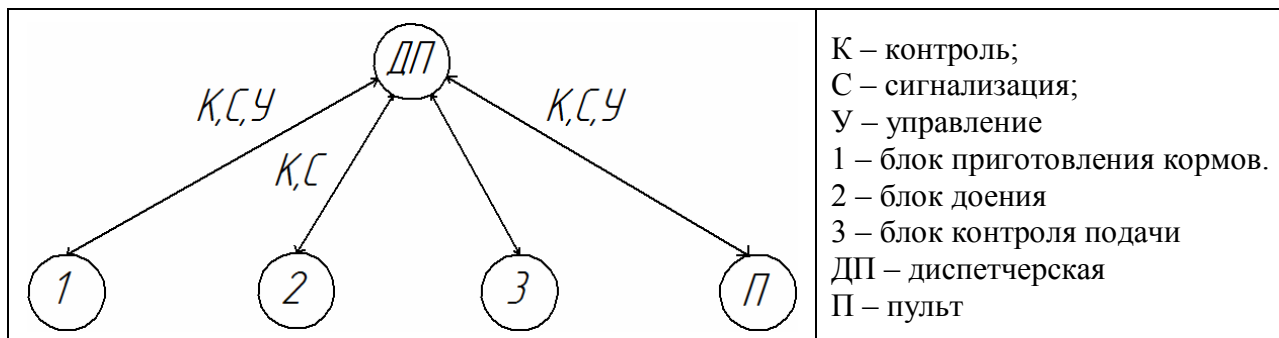
Определяют основные функциональные части изделий или установок и их взаимосвязи. Структурные схемы выполняют на стадиях, предшествующих разработке схем других типов. Назначение структурных схем:

а) при разработке изделия – для раскрытия общего замысла предполагаемого изделия с делением его на укрупненные узлы, блоки в самом общем виде и связями между ними;

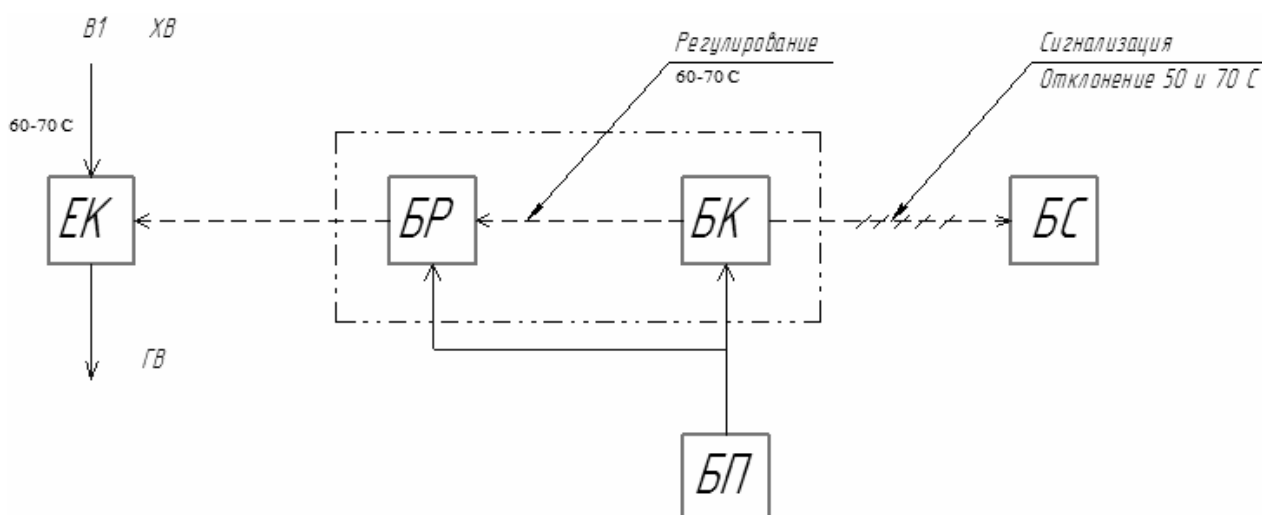
б) при применении изделия – для общего ознакомления с его устройством.

На схеме изображают в виде прямоугольников, окружностей или других условных обозначений все основные функциональные части изделия, установки. Внутри условного знака записывают наименование, тип части или другие данные. Если функциональных частей много или сложные наименования, допускается проставлять номера по порядку (над изображением или справа от него). В этом случае наименования приводят на свободном поле чертежа схемы в виде описания или таблицы. Для несложных изделий изображения функциональных частей располагают в виде цепочек в соответствии с ходом рабочего процесса в направлении слева направо. Стрелками между изображениями функциональных частей показывают ход процесса. На схемах допускается помещать технические характеристики, поясняющие надписи, диаграммы или таблицы представляющие последовательность процесса во времени, а также параметры в характерных точках (величины токов, напряжений и т. д.).

Пример 1. Структурная схема диспетчеризации животноводческого комплекса



Пример 2. Структурная схема установки нагрева воды



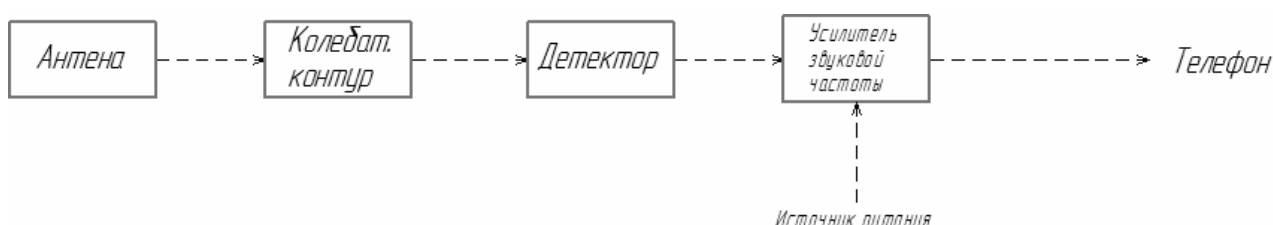
Комментарий к схеме:

Стрелки указывают направление процесса. Блок-регулятор БР через блок контроля БК включает и отключает нагреватель ЕК, благодаря этому температура воды в баке поддерживается на заданном уровне, т. е. в пределах 60 °С–70 °С. При отклонении температуры от заданного значения (50 °С и ниже, 80 °С и выше) в блок сигнализации (БС) подаются сигналы: 1) температура понижена; 2) температура повышена. Поясняющие надписи: регулирование 60 °С–70 °С, сигнализация 50 °С и 80 °С – дают возможность задать интервалы регулирования и сигнализации. Знание этих сигналов является одним из главных при прочтении схемы.

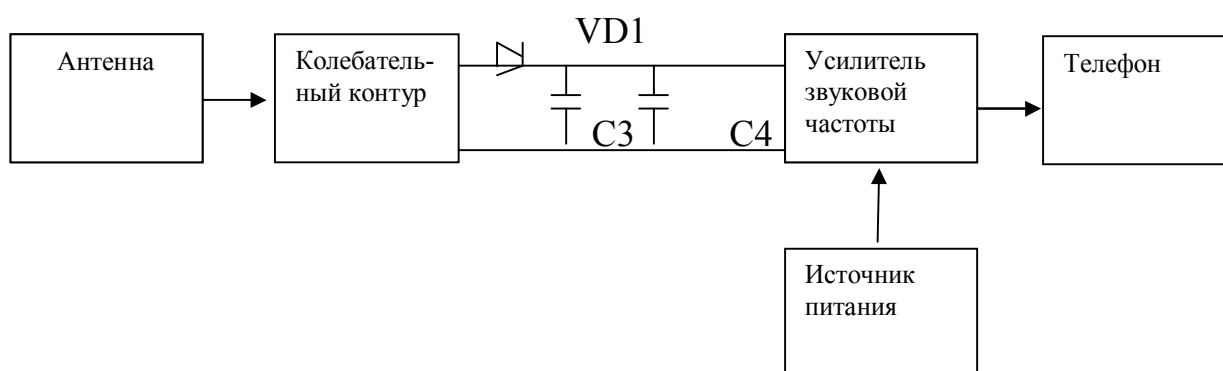
Функциональные схемы

Схемы, поясняющие происходящие процессы в отдельных функциональных частях изделия или изделии в целом в соответствии с ГОСТ, называются функциональными.

Пример 3. Структурная схема радиоприемного устройства



Пример 4. Функциональная схема радиоприемного устройства



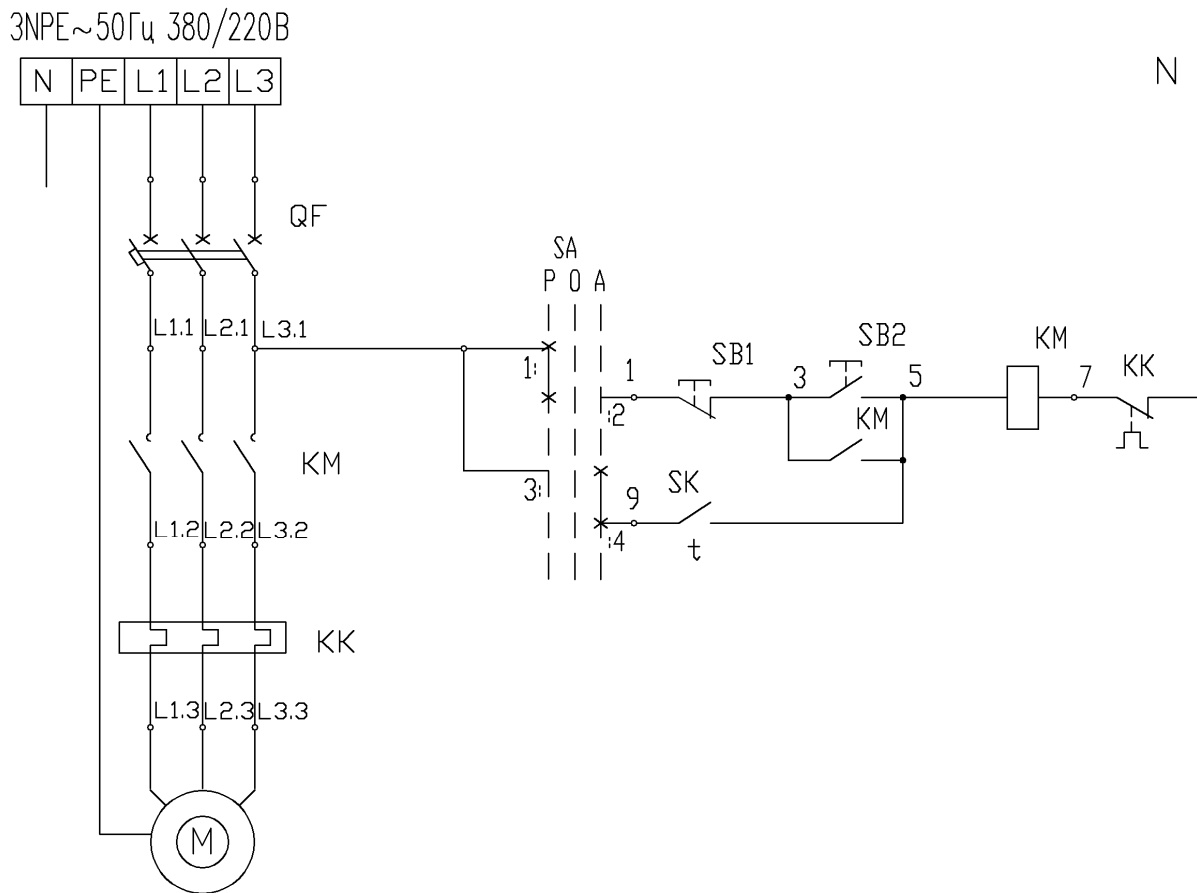
Чаще всего мы с функциональными схемами встречаемся, когда изучаем технологические процессы на объектах сельского хозяйства. Так называемые технологические схемы – это также функциональные схемы только не одного какого-то изделия, а всей технологической установки. На базе технологических схем в проектах АТП выполняются «схемы автоматизации», которые в литературе до 1992 года назывались функциональными схемами. (Подробно схемы автоматизации рассматриваются на кафедре АСУП).

Технологические схемы – это также функциональные схемы только не одного какого-то изделия, а всей технологической установки.

Принципиальные схемы

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия.

Пример 5. Принципиальная схема управления электродвигателем



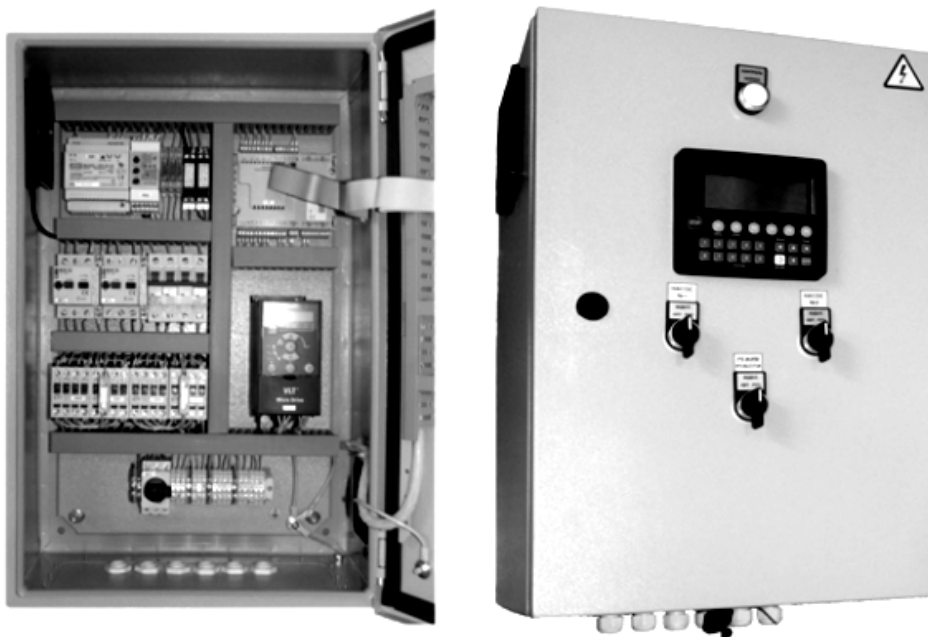
Схемы расположения

Схемы расположения показывают относительное расположение составных частей изделия или какого-либо узла изделия. Применительно к щитам управления схемы расположения – это общий вид щита управления.

Разработка схем расположения или, как их чаще называют, общих видов щитов, пультов осуществляется по своим правилам и требованиям с учетом допустимых расстояний между приборами, их взаимном расположении и т. д.

Схемы расположения выполняют в масштабе, так как по ним производятся сборочные работы для разрабатываемого изделия. Например, по чертежам общих видов щитов производится разметка всех мест сверления или выбивка отверстий в щитах под приборы, установка конструкций под монтаж электроаппаратов и т. д.

Пример 6. Схема расположения (Общий вид щита управления)



Схемы расположения необходимы:

- для изготовления конструкций щитов, пультов;
- для последующей разработки схем соединений и схем подключений.

Схемы соединений

Схемы соединений (монтажные) разрабатываются на основании принципиальных схем и схем расположения.

На схемах соединений показываются проводники, которыми осуществляются электрические связи между составными частями электроустановки, способы подключений, типы проводников и вспомогательных материалов, необходимых для выполнения этих связей (например, клеммные зажимы и т. д.).

Схемы соединений необходимы:

- для выполнения монтажных и наладочных работ;
- для разработки других проектных документов (например, чертежей по прокладке проводов и кабелей).

Виды схем соединений:

- 1) схемы внутренних соединений (вторичная коммутация);
- 2) схемы внешних соединений.

На схемах внутренних соединений показываются приборы и аппараты, входящие в состав щита, панели, шкафа, в виде монтажных символов. Соединения между приборами и аппаратами показываются проводами. Расположение приборов, аппаратов, рядов зажимов соответствует их действительному месту расположения. На схемах внешних соединений изображаются щиты, панели и т. д. с рядами зажимов и подводимые к ним провода и кабели.

Существует три основных способа составления схем соединений:

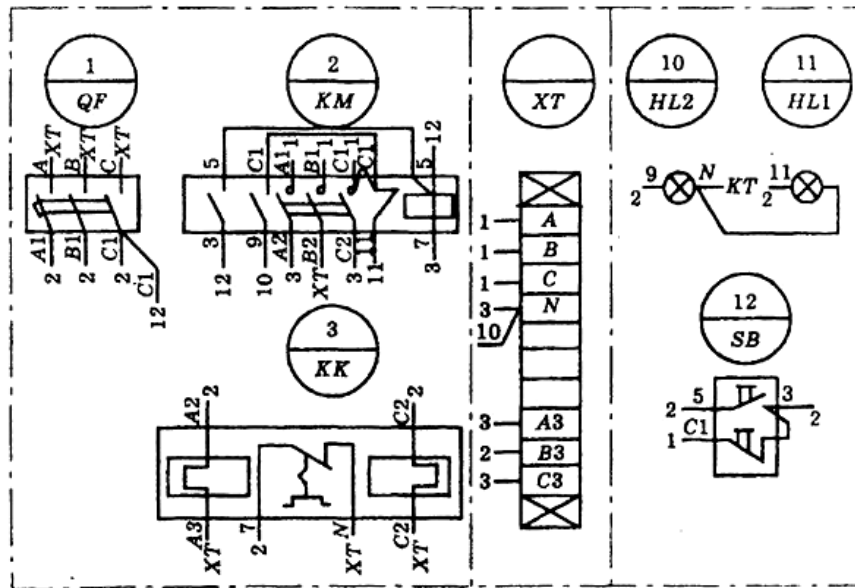
- 1) графический;
- 2) адресный;
- 3) табличный.

1. Графический. На схемах показывают всю соединительную проводку. Маркировка на схемах соединений должна соответствовать маркировке на принципиальных электрических схемах. Графический способ применяется для щитов с небольшим количеством аппаратов.

2. Адресный. Данный способ иногда называют «встречный», в соответствии с ГОСТ является основным.

При этом способе линии связи между отдельными элементами не изображают, а на месте присоединения провода на каждом аппарате проставляют цифровой или буквенно-цифровой адрес того аппарата или элемента с которым он должен быть электрически связан. Такое начертание схемы соединений не загромождает чертеж линиями связи. Чертеж легко читается. При составлении схем соединений адресным способом необходимо соблюдать взаимное расположение элементов, принятое на чертеже общего вида конструкции. При наличии на конструкции нескольких элементов конструкции (стенки, крыши и т. д.) выполняется развернутый вид на одной плоскости с соблюдением их взаимного расположения; пропорций и изображения установленных на них приборов.

Пример 7. Адресный способ выполнения схем соединений



3. *Табличный* способ характеризуется тем, что вместо схем соединений составляют монтажную таблицу. В ней в определенной форме записывают:

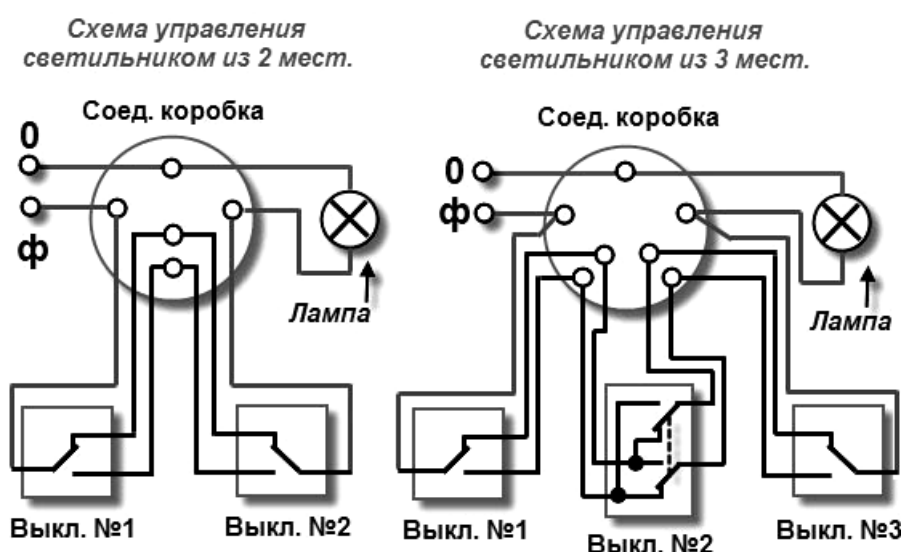
- номера каждой электрической цепи;
- перечисляют все условные буквенно-цифровые обозначения контактов, с которыми эти цепи соединяются.

Маркировка должна полностью соответствовать принципиальной схеме.

Схемы подключений

Схемы показывают внешние подключения аппаратов, установленных вне щитов со щитами, между собой, а также связи между отдельными щитами. Электрические связи изображаются сплошными линиями. Для сокращения числа линий многопроводные линии одного назначения изображают однолинейно и разделяют только в местах присоединения к аппаратам, чтобы показать, куда конкретно подключается провод и дать маркировку.

Пример 8. Схемы подключений



Схемы общие. Схемы определяют составные части электроустановки и соединения их между собой. Пользуются общими схемами для ознакомления с электроустановкой. Разрабатываются при необходимости.

Схемы объединенные. На одном конструкторском документе, чертеже выполняют схемы двух или нескольких типов:

- ЭО – схема электрическая соединений и подключений;
- ГО – схема гидравлическая структурная.

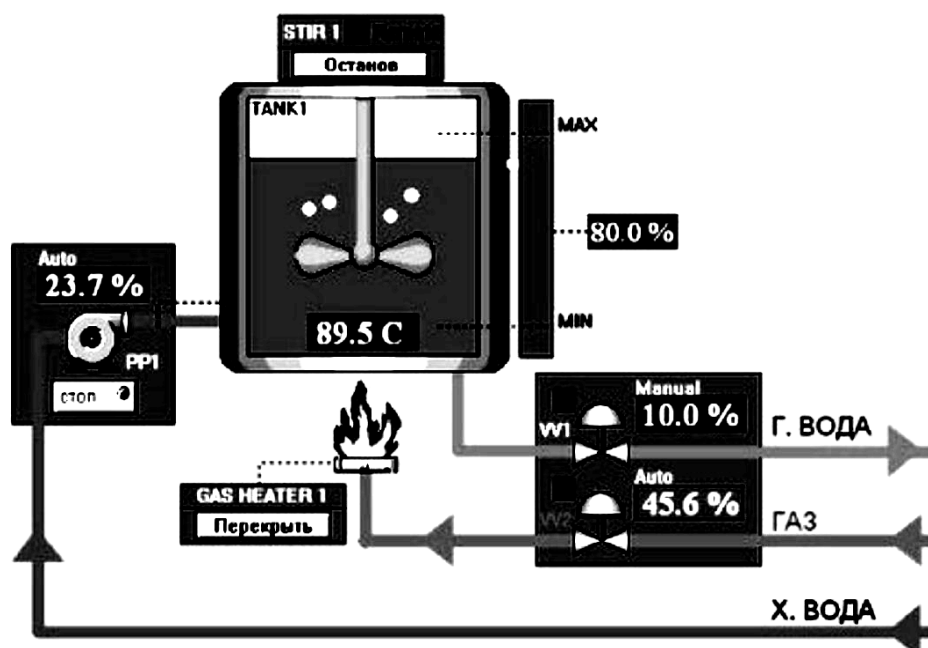
Мнемосхемы

Мнемосхема – это одно из средств отображения информации. Является графическим изображением технологического процесса (технологической линии) на щите управления и сигнализации. Мнемосхема предназначена для операторов и диспетчеров и позволяет им быстро оценить ход процесса, состояние объекта управления, его параметры. На мнемосхеме отображаются все основные контуры управления, однако детализация не должна быть чрезмерной. Информация должна быть ограничена тем, что необходимо оператору. На мнемосхемах не показывают второстепенные элементы технологического процесса. Мнемосхемы должны удовлетворять не только техническим, но и эстетическим требованиям. Проектирование мнемосхем является задачей художественного проектирования или конструирования.

Отдельные машины и механизмы изображаются символами, Контурные символы, как правило, должны соответствовать контурам машин и аппаратов. Соблюдать масштабное соотношение между соответствующими символами не обязательно и даже нецелесообразно. Символами самых больших размеров изображается, прежде всего, ответственное оборудование. Плотность изображения символом на мнемосхеме должна быть такой, чтобы в дальнейшем можно было вносить в мнемосхему дополнения и изменения. Направление основного потока на мнемосхемах изображается слева направо. Символы изображаются таким образом, чтобы исключить или свести к минимуму взаимное пересечение линий мнемосхемы. Линии технологического потока между символами необходимо проводить по кратчайшему пути и на линиях показывать стрелки. На линиях, которые не заканчиваются символами, необходимо помещать поясняющие надписи. При размещении символов необходимо руководствоваться отведенной площадью. Мнемосхемы должны читаться оператором на расстоянии.

Пример 9. Мнемосхема технологического процесса

Изображенная на чертеже мнемосхема будет в масштабе перенесена на панель щита, а элементы и связи между ними окрашиваются в цвет, указанный на чертеже.



5.1.2. Основные требования к выполнению схем управления, контроля и сигнализации

Правила выполнения и оформления схем регламентируют стандарты 7 классификационной группы ЕСКД:

– ГОСТ 2.701–2008 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению»;

– ГОСТ 2.702–2011 «Правила выполнения электрических схем».

1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделия (кроме схем расположения и мнемосхем).

2. На схемах используют стандартные графические условные обозначения. (Если необходимо использовать нестандартные, то делают пояснения). Они могут быть буквенные и графические.

3. Следует добиваться наименьшего числа изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 мм. Линии связи между элементами схемы, как правило, выполняются параллельными между собой.

4. На схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и ее отдельные элементы. Эти сведения помещают либо рядом с графическими обозначениями элементов, либо на свободном месте схемы.

5. Разрешается выполнять схему на нескольких листах (объединенную или комбинированную схему).

6. Схемы выполняют для изделий, находящихся, как правило, в отключенном состоянии, т. е. все элементы изображают при отсутствии тока во всех цепях схемы и на кнопочные посты, рубильники и подобные аппараты не действуют внешние принудительные силы (концевые выключатели, датчики в состоянии «пуск», «пусто» и т. п.).

Способы выполнения электрических схем управления:

1. Вычерчивание схем возможно двумя способами: разнесенным или совмещенным.

Принципиальные схемы выполняют, как правило, разнесенным способом, при этом способе совершенно отчетливо видны все электрические цепи, что значительно облегчает чтение схем. Разнесенный способ для принципиальных схем рекомендуется стандартом. При разнесенном способе элементы одного и того же устройства (аппарата) могут быть показаны в разных местах схемы.

Принадлежность элементов одному и тому же аппарату устанавливается буквенно-цифровым обозначением по ГОСТ. При совмещенном способе цепи не видны, их в схеме трудно проследить, а, значит, затруднительно чтение схемы.

2. Принципиальные схемы рекомендуется выполнять строчным способом (последовательные цепочки элементов образуют строки).

3. Позиционные обозначения элементов схемы выполняют буквенно-цифровыми и наносят их над элементом, если он изображен горизонтально, если вертикально – справа от элемента. Буквенно-цифровые обозначения присваивают в пределах каждого устройства.

4. На принципиальных схемах допускается выполнять упрощения. Упрощения не должны снижать качество информации.

Компоновка чертежа принципиальной схемы управления

Чертеж содержит следующие материалы:

1. Графическое изображение принципиальной схемы управления.

2. Перечень элементов схемы выполняется в виде табл. 5.2 и охватывает элементы всей схемы, если даже схема выполняется на нескольких листах. Допускается перечень элементов выполнять отдельным чертежом. При заполнении таблицы делается заголовок «Шкаф ШУ», перечисляются элементы схемы, установленные в шкафу управления, затем делается заголовок «По месту», перечисляются аппараты, установленные непосредственно на оборудовании, приборы, кнопки управления, все, что установлено вне шкафа, элементы (контакты) которые находятся в другой схеме, использованные в данной схеме. Порядок записи в перечень элементов определен. Элементы записывают по группам (видам) в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений, располагая по возрастанию порядковых номеров каждой группы, при цифровых обозначениях – в порядке их образования.

3. Диаграммы замыкания контактов многопозиционных устройств (переключателей, конечных выключателей и т. п.) располагают на свободном месте чертежа.

4. Поясняющие надписи о назначении участков схемы и отдельных цепей выполняют справа схемы, напротив линий связи в схемах.

Таблица 5.2

Перечень элементов схемы

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Шкаф управления ШУ</u>		
КМ	Пускатель магнитный ПМЛ110004ТУ	1	$U_k = 220 \text{ В } I = 10 \text{ А}$
	<u>По месту</u>		
М	Электродвигатель АИР80В4	1	$P = 1,5 \text{ кВт}$

5.1.3 Режимы управления

Для разработки схем выбирается вид управления электроприемниками.

Виды управления:

- местное (*М*);
- дистанционное (*Д*);
- автоматическое (*А*).

Эти виды могут применяться в любых сочетаниях: *М-Д*, *М-А*, *М-Д-А*, в зависимости от требований или соответствия технологическому процессу:

- заблокированный (*Сб*);
- деблокированный (*Дб*).

Местное (М) – осуществляется оператором с помощью органов управления (кнопочными постами, расположенными в непосредственной близости от управляемого механизма). Контроль работы механизма осуществляется по слуху или визуально. Местное управление иногда называют «ручное» или «ремонтное», или «из одного места», или «наладочный режим».

Дистанционное (Д) – пуск и остановка механизма осуществляется из такого места управления, когда приводимый в движение механизм не виден оператору, контроль включения или отключения осуществляется по сигналам «включено», «отключено». Режим дистанционного управления иногда называют «управление из двух мест».

Автоматическое (А) – обеспечивается с помощью средств автоматизации технологических параметров-регуляторов, сигнализаторов температуры, давления, уровня и т. п. или программируемых устройств (контроллеров и т. п.).

Контрольные вопросы и задания

1. Чем определяется вид схемы?
2. Как маркируются электрические схемы?
3. Назовите типы схем и их обозначение.
4. Для чего предназначены структурные схемы?
5. Что обозначают на структурных схемах?
6. Привести пример структурной схемы.
7. Для чего предназначена структурная схема?
8. Привести пример функциональной схемы.
9. Что определяет принципиальная схема?
10. Что показывают на схеме расположения?
11. Для чего предназначена схема расположения?
12. Перечислите способы составления схем соединений.

13. Какой способ составления схем соединений является основным по ГОСТ?
14. Назначение схем подключений. Привести пример.
15. Для чего предназначены мнемосхемы?
16. Назовите основные требования к выполнению схем управления.
17. Каким способом, как правило, вычерчивают схемы управления?
18. Как маркируются позиционные обозначения на схеме?
19. Назовите компоновочные материалы чертежа принципиальной схемы управления.
20. Назовите виды управления электроприемниками.
21. Какой вид управления осуществляется кнопочными постами?
22. Какие средства управления относятся к автоматическим?

5.2. Схемы сигнализации. Разработка принципиальных электрических схем управления по технологическому заданию. Выбор элементов схемы

5.2.1. Схемы сигнализации

Одним из важнейших элементов контроля технологического процесса являются схемы сигнализации. Виды схем сигнализации различают по назначению: *технологическая сигнализация и аварийная сигнализация*.

Технологическая сигнализация оповещает о ходе технологического процесса в нормальных режимах и о значениях параметров, характеризующих нормальный технологический процесс (предпусковая – о включении, работе, значениях параметров, характеризующих нормальный режим (температура, давление и т. д.).

Аварийная оповещает о ненормальных режимах в работе технологических установок, инженерных сетях. Оповещение выносится в помещения с круглосуточным пребыванием людей (диспетчерские, помещения дежурного персонала).

По способу исполнения:

- *показывающая* – световая, сигнализирующая (лампы, табло, указательные реле (блинкерные реле));
- *регистрирующая* – самопишущие приборы, приборы регистрации *max*. или *min* параметров и др.

– звуковая – звонки, сирены, сигнальные звуковые оповещатели;

По времени, одновременно с ходом технологического процесса:

– до определенных действий в технологическом процессе (предпусковая, предупреждающая);

– после выполнения технологических операций или исполнения процессов (регистрирующая, запоминающая, указывающая).

По месту расположения:

– на рабочем месте;

– в производственном цехе и на расстоянии от объекта: диспетчерская.

По средствам передачи сигнализационной информации:

– электрические;

– механические;

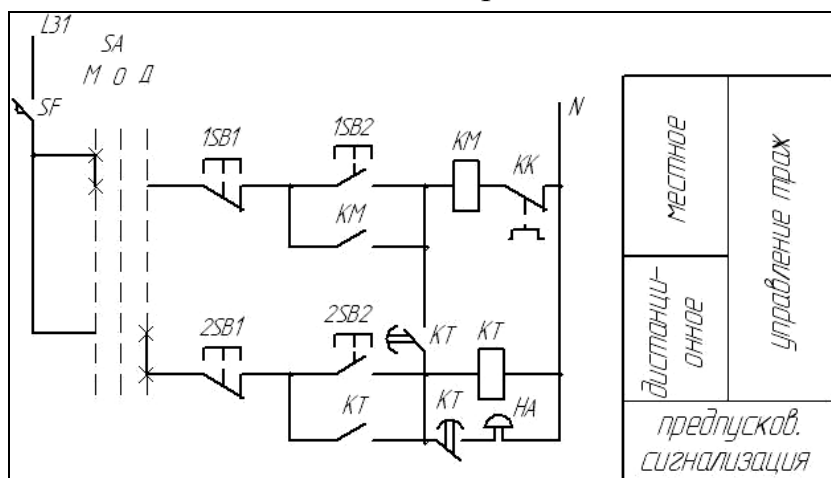
– радиоэлектронные;

– телемеханические и др.

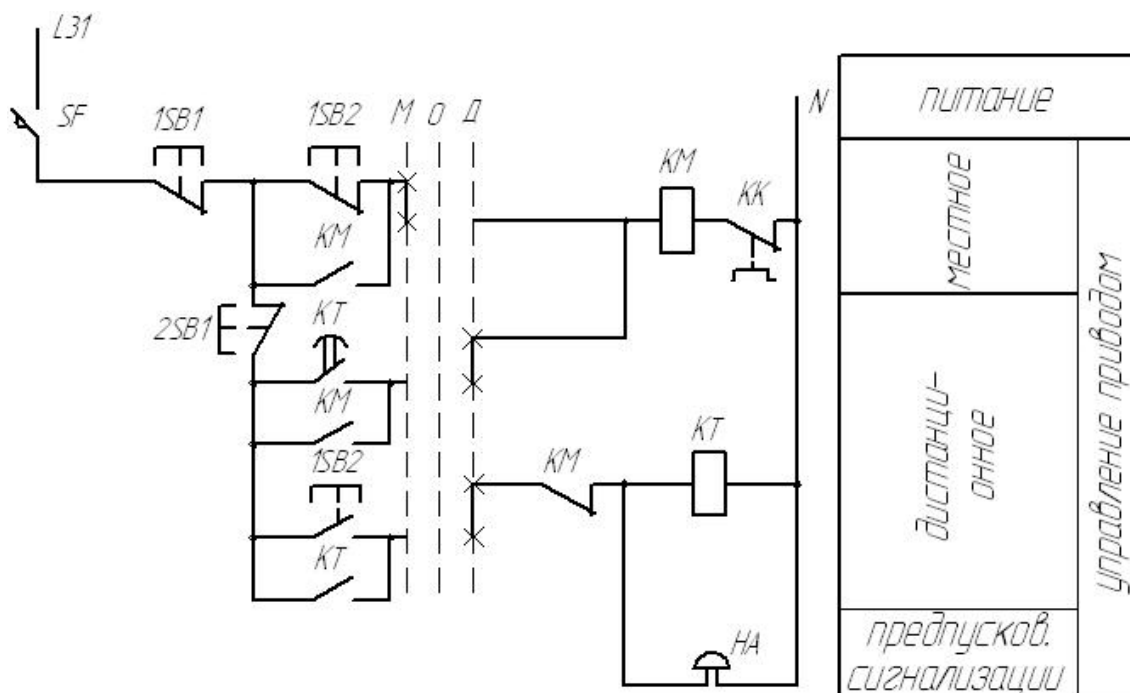
Примеры схем с предпусковой сигнализацией.

Выполнить схему управления транспортером, подающим картофель из склада в кормоцех. Предусмотреть два режима управления транспортером: местный наладочный и дистанционный с предпусковой сигнализацией о выключении.

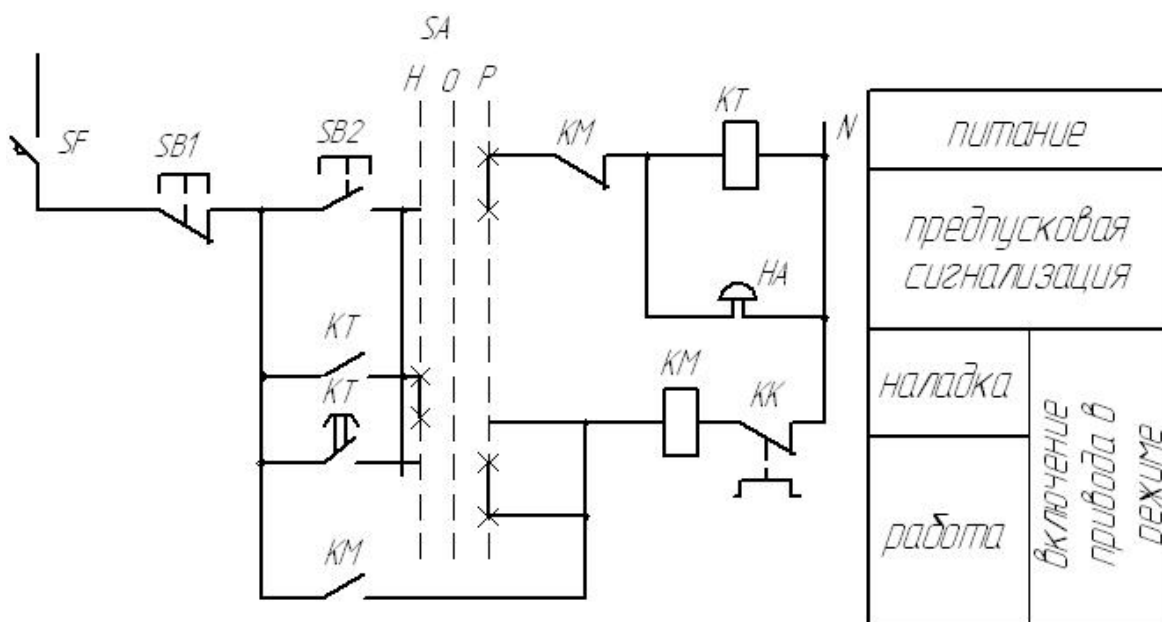
Пример 1. В схеме КТ под током все время, пока включен двигатель



Пример 2. В этой схеме после предпусковой сигнализации реле времени КТ обесточено.



Пример 3. Управление длинным конвейером. Кнопка управления размещается рядом с приводом транспортера и используется как в режиме наладки без предпусковой сигнализации, так и в режиме работы с предпусковой сигнализацией.



Принципиальная электрическая схема технологической и аварийной сигнализации приведена на рис. 5.1.

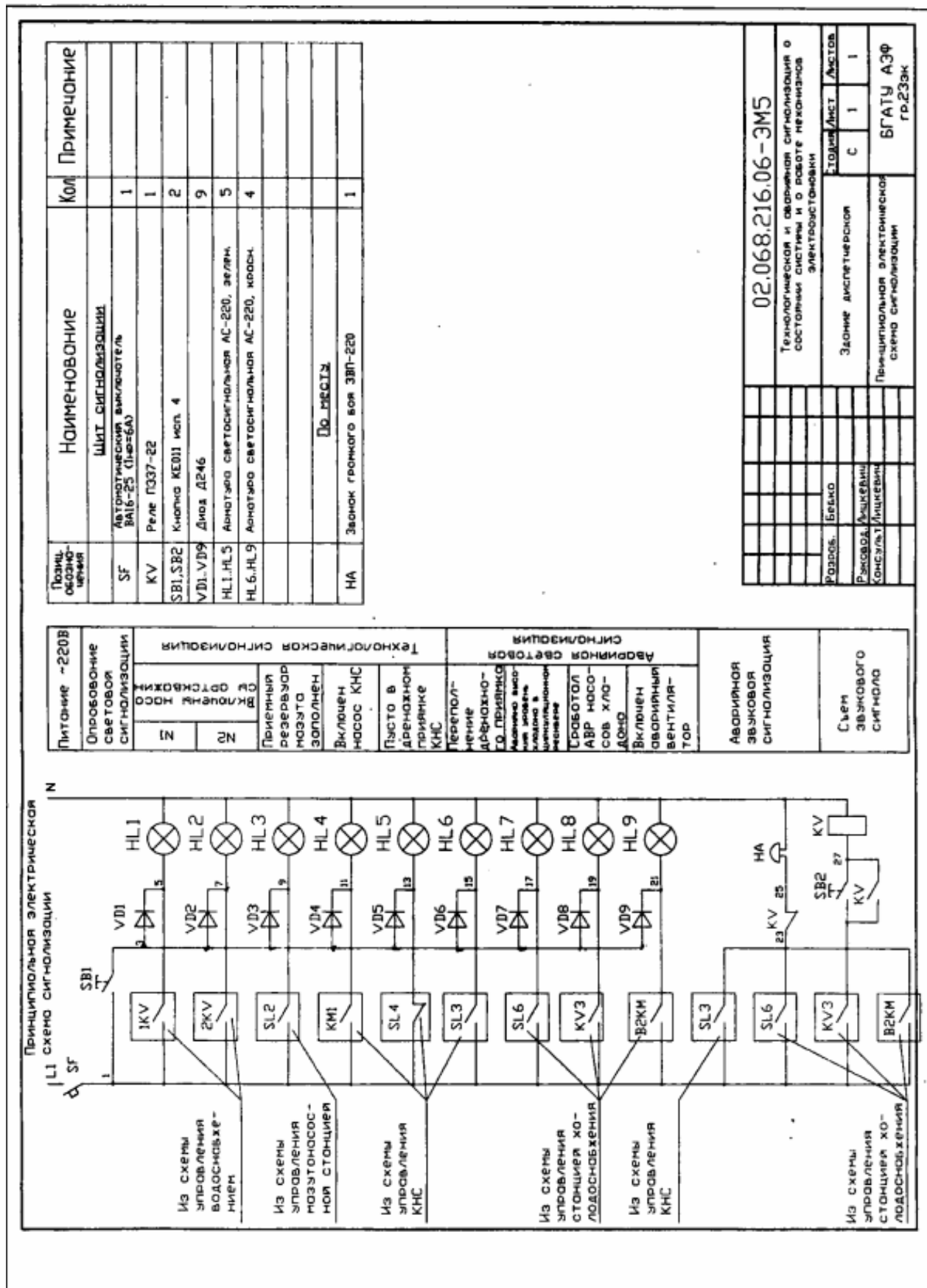


Рис. 5.1. Принципиальная электрическая схема технологической и аварийной сигнализации

5.2.2. Разработка принципиальных электрических схем управления по технологическому заданию

В соответствии с ГОСТ 21.613–2014 в проекте силового электрооборудования здания или сооружения должны быть выполнены схемы управления механизмами общецехового назначения, если в комплекте с этими механизмами нет аппаратов управления (щитов, пультов).

Анализ технологического процесса и требования к управлению

По технологическому заданию и требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА) следует изучить технологический процесс, определить места расположения приводов и требования к расположению аппаратов управления и сигнализации.

Уточнить!

- 1) какие виды управления будут использованы в проекте (местное, дистанционное, автоматическое и т. д.);
- 2) какую сигнализацию (технологическую (предпусковую), аварийную (световую, звуковую и т. д.) следует предусматривать в проекте;
- 3) места расположения аппаратов управления и сигнализации;
- 4) какие аппараты управления и защиты будут применены в проекте (серия, страна-изготовитель, поставщик).

Следует (при необходимости) составить для себя структурную технологическую схему работы установки, чтобы иметь четкое представление о том, кто, откуда и как будет ею управлять. Далее следует проектировать электрическую схему. Электрические элементы на схемах изображают условными графическими изображениями в соответствии с действующими стандартами. В основном это стандарты системы ЕСКД: ГОСТ 2.709–89, ГОСТ 2.710–81, ГОСТ 2.727–68 (изм. 1996), ГОСТ 2.728–74 (изм. 1992), ГОСТ 2.730–73 (изм. 1992), ГОСТ 2.731–81 (изм. 1988), ГОСТ 2.732–68 (изм. 1996), ГОСТ 2.755–87, а также руководящие материалы системы автоматизации технологических процессов РМ 4-231-90 и РМ 4-106-91 ГПКИ. Условные графические обозначения основных элементов в принципиальных электрических схемах приведены в главе 5, табл. 5.1.2.

Помнить!

– очередность включения приводов технологической линии производится против потока продукции. Это значит, что если продукт (сырье для изготовления

продукта) перемещается от механизма 1 к механизму 2 и т. д., то последовательность включения механизмов начинается с последнего (первый механизм включается последним);

- срабатывание контактов происходит слева-направо, сверху-вниз;
- контакты датчиков уровня показываются в схеме при состоянии «пусто»;
- контакты концевых выключателей показываются в «не нажатом» состоянии;
- срабатывание контактов датчиков температуры, давления концентрации и др. показывают на схеме в виде диаграммы замыкания контактов;
- для сложных элементов схемы (исполнительных механизмов, переключателей и др.) следует приводить на чертеже диаграмму замыкания контактов;
- в схемах управления принято показывать контакты реле, пускателей, контакторов, автоматических выключателей и других аппаратов при отключенном состоянии обмоток этих аппаратов.

Задача № 1. Выполнить схему управления вытяжным вентилятором. Предусмотреть два режима управления: ручной и автоматический, в зависимости от влажности воздуха в помещении. При достижении влажности воздуха в помещении 90 % вентилятор включается, при достижении 60 % –отключается. Мощность вентилятора 2,2 кВт.

Описание работы принципиальной схемы управления (задача № 1)

Выполнение схемы управления (см. пример № 1).

Принципиальная схема управления может работать в двух режимах: ручном и автоматическом.

Ручной режим. Включаем автоматический выключатель QF1, переключатель SA устанавливаем в положение «Р», при нажатии кнопки SB2 (пуск) получает питание катушка магнитного пускателя КМ, его контакты замыкаются, блокируя кнопку SB2, запускается двигатель вентилятора М. При нажатии кнопки SB1 (стоп) прерывается цепь питания катушки КМ, и вентилятор М отключается.

Автоматический режим. Устанавливаем переключатель SA в положение «А». При влажности воздуха в помещении $\varphi = 60\%$ вентилятор отключен. При достижении влажности воздуха в помещении 75 % замыкается контакт датчика SM, что приводит к включению вентилятора.

Задача № 1

~380/220 В, 50 Гц

PE N

L1 L2 L3

L11 L12 L13

L21 L22 L23

L31 L32 L33

QF1 SF KM

SA POA

SB1 SB2 KM

KK HL

SM W%

M

Автомат. Ручное

Управление вращением

Вентилятором (ВВ1)

~380/220 В

Перечень элементов схемы

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
QF1	Щит управления (ЩУ)		
QF1	Выключатель автоматический АЕ2026-10	1	$I_n = 16 \text{ A}$, $I_{tr} = 63 \text{ A}$ ~380 В, IP00
SF	Выключатель автоматический АЕ2024-10	1	$I_n = 16 \text{ A}$, $I_{tr} = 2 \text{ A}$, ~220 В, IP00
KM	Магнитный пускатель ПМЛ-11.104	1	$I_n = 10 \text{ A}$, $U_c = 220 \text{ В}$
KK	Реле тепловое РТЛ-1012М4	1	$I_{tr} = 5,5 \text{ A}$
SA	Универсальный переключатель УПС311УХЛ4	1	$U = 220 \text{ В}$
SB1	Кнопка КЕ011УХЛ4 исп. 5	1	
SB2	Кнопка КЕ011УХЛ4 исп. 4	1	
HL	Светосигнальная арматура СКЛ-12-А-2-3-220В	1	
	По месту		
SM	Замыкающий контакт датчика влажности (SM)	1	
M	Электродвигатель АИР90L4 2,2 кВт, 380 В	1	2,2 кВт, 5,02 А, ~380 В

Диаграмма замыкания контактов
адапторрегулятора SM

Контакты	0% 93% 98% 100%
SM	
W%	

Диаграмма замыкания контактов
универсального переключателя SA УПС311

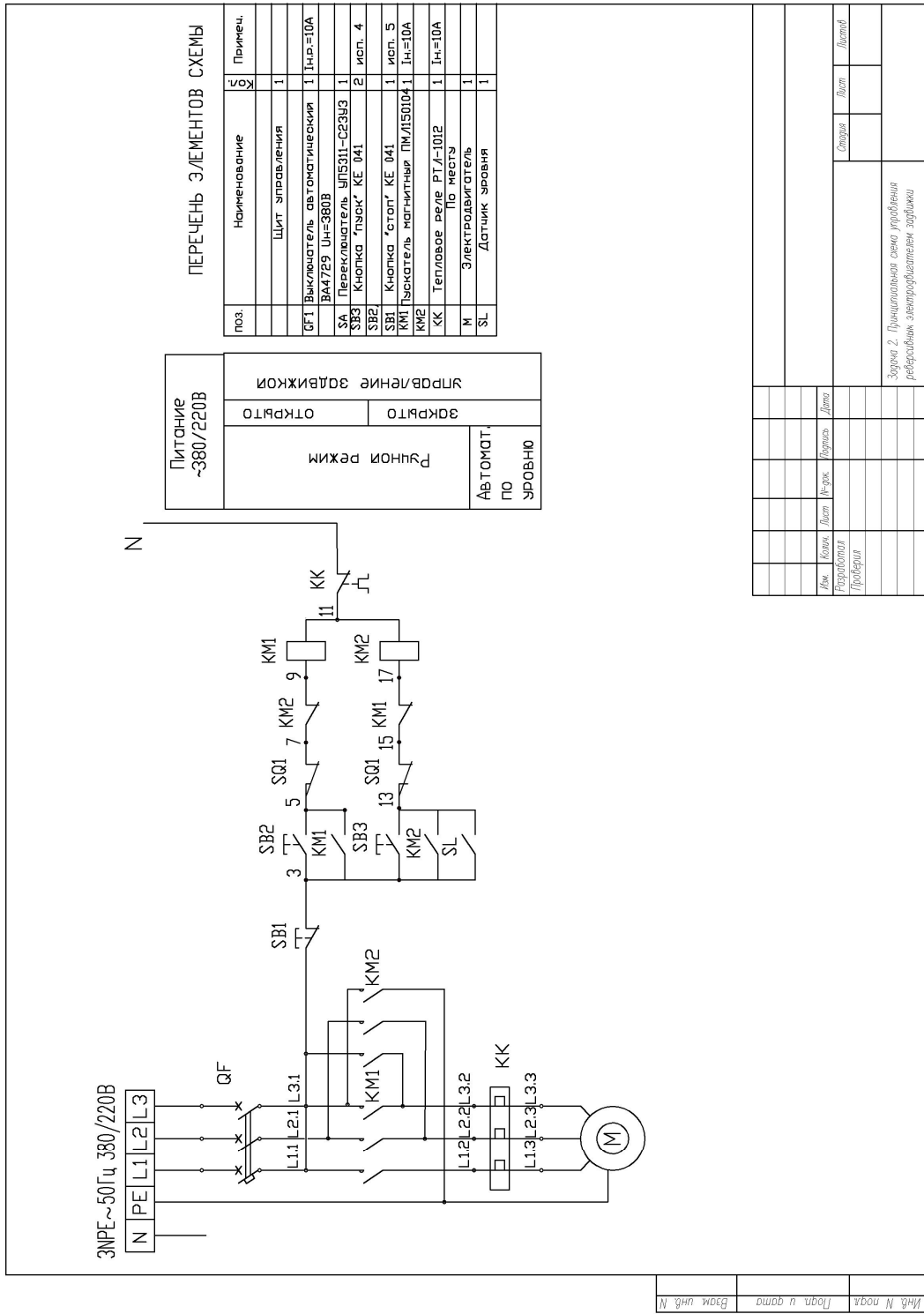
Контакты	Положение рукоятки	
1-2	-45° 0 +45°	
3-4		

02.68.XXX.14 - ЭМ	
Силовое электрооборудование корнеплодохранилища на 2000 тонн	
Изм.	№ докум.
Разработ.	Провер.
Руководит.	Дата
Комп. инж.	Лист
	из листов
Корнеплодохранилище на 2000 тонн	
Принципиальная электрическая схема управления приводом влажного вентилятора (ВВ1)	
БГАТУ, АЭФ	

Пример принципиальной электрической схемы управления приводом вы-тяжного вентилятора

Задача № 2. Выполнить схему управления задвижкой на канализационном коллекторе. Предусмотреть автоматическое закрытие задвижки при переполнении коллектора.

Пример принципиальной электрической схемы управления реверсивным электроприводом задвижки.



Выполнение схемы управления (см. пример № 1).

Принципиальная схема управления может работать в двух режимах: ручном и автоматическом.

Ручной режим. Включаем автоматический выключатель QF. При нажатии кнопки SB2 (пуск) получает питание катушка реверсивного магнитного пускателя KM1, его контакты замыкаются, блокируя кнопку SB2, при этом контакт KM2 замкнут в положении «открыто», запускается двигатель задвижки М. При нажатии кнопки SB2 происходит включение электродвигателя на «закрытие» задвижки, KM1 замкнут. Концевые выключатели QS1.QS2 также предназначены для отключения электродвигателя. Ввод нормально замкнутых контактов KM1, KM2 в схему, предотвращает короткое замыкание в силовой цепи. При нажатии кнопки SB1 (стоп) прерывается цепь питания катушек KM1 и KM2, и электродвигатель М отключается.

Автоматический режим. При переполнении коллектора задвижка должна закрыться, для чего в схему управления вводится контакт датчика уровня SL.

При срабатывании данного контакта происходит отключение электродвигателя задвижки.

5.2.3. Выбор элементов схемы

Разработка схем электрических принципиальных питания и управления электроприводами предусматривает выбор электроаппаратуры защиты, управления, сигнализации, коммутирующих устройств и расчет параметров элементов схемы.

Выбору и расчету подлежат следующие элементы схемы:

- аппараты защиты цепей питания и управления;
- аппараты управления;
- электроаппаратура сигнализации;
- коммутационная аппаратура схем управления;
- приборы контроля и управления;
- исполнительные механизмы и регулирующие органы.

В качестве аппаратуры защиты в схемах управления применяют предохранители, автоматические выключатели, УЗО и тепловые реле. Предохранители и автоматические выключатели являются аппаратами защиты

от сверхтоков (токов короткого замыкания и токов перегрузки). Тепловые реле – аппараты защиты электродвигателя от токов перегрузки. УЗО – аппараты защиты от токов утечки.

В качестве аппаратуры управления в схемах управления используют пакетные выключатели и переключатели, электромагнитные пускатели, реле, выключатели кнопочные, посты кнопочные и др.

В качестве электроаппаратуры сигнализации используют светосигнальную и звуковую арматуру.

В качестве коммутационной аппаратуры схем управления используют промежуточные реле и реле другого назначения.

В качестве приборов контроля и управления применяют блок контроля электродвигателя, реле контроля фаз и др.

В качестве исполнительных механизмов и регулирующих органов используют электродвигатели, конечные выключатели, датчики, реле.

Рекомендации по выбору аппаратов защиты и управления (предохранителей, автоматических выключателей, тепловых реле, магнитных пускателей) приведены в разделе 1.3 главы 1 данного практикума.

Выбор предохранителей в цепи управления:

$$I_{пв} \geq \sum I_{раб.мах} + 0,1 \sum I_{вкл.мах} , \quad (5.1)$$

где $\sum I_{раб.мах}$ – максимальный ток, потребляемый катушками аппаратов, сигнальными лампочками и т. п. при одновременной работе;

$\sum I_{вкл.мах}$ – наибольший суммарный ток, потребляемый при включении катушек одновременно включаемых аппаратов.

Выбор пакетных выключателей, рубильников и тумблеров производится:

1. По номинальному напряжению

$$U_n \geq U_{н.сети}.$$

2. По длительному расчетному току цепи

$$I_n \geq I_{дл}; \quad I_{откл} \geq I_{дл}, \quad (5.2)$$

где U_n – номинальное напряжение рубильника, пакетного выключателя, тумблера;
 $U_{н.сети}$ – номинальное напряжение сети;
 I_n – номинальный ток рубильника;
 $I_{откл}$ – наибольший, отключаемый выключателем (тумблером) ток;
 $I_{дл}$ – длительный расчетный ток цепи.

Кроме того, рубильники, пакетные выключатели и тумблеры должны без повреждений включать пусковые токи электроприемников, которые, как известно, могут превосходить их номинальные токи в несколько раз и отключать полный рабочий ток, а также без разрушения отключать пусковые токи. Термин «без разрушения» означает, что при отключении пусковых токов электроприемников происходит повышенный износ (подгорание контактов), что в какой-то мере является повреждением. Однако сам аппарат не разрушается и после ревизии и зачистки контактов готов к дальнейшей эксплуатации.

Выбор многопозиционных коммутационных устройств зависит от режима работы электрооборудования. Вид управления в схемах выбирают с помощью переключателей электрических цепей, их называют избирателями вида работы или избирателями режима работы «ИР».

Переключатели выбирают по следующим условиям:

– по конструктивным параметрам и способу фиксации рукоятки, количеству позиций;

– по количеству контактов и требуемой диаграмме замыкания контактов;

– по степени защиты и способу монтажа:

а) для щитов – IP00, монтаж на панели с задним присоединением проводов;
б) для установки по месту – IP44, IP54, IP20.

в) для монтажа к любой ровной поверхности с помощью бокового фланца, скобы или другого специального устройства.

– по наличию или отсутствию надписи на фронтальной панели переключателя, указывающей назначение положения рукоятки переключателя («ручное – откл. – автомат.», «мест. – дистанц.», «правое – левое», «меньшее – большее»).

Диаграмма-таблица замыкания контактов переключателя представлена на рис. 5.2.

Контакты	Положение рукоятки переключателя SA			
	1	2	3	4
	-90°	-45°	0°	+45°
1-2	+			
3-4		+		
5-6	+			+
7-8			+	

Число позиций

Номера зажимов, указанные заводом-изготовителем на переключателе

Отклонение рукоятки по отношению к вертикали

Положение рукоятки переключателя SA

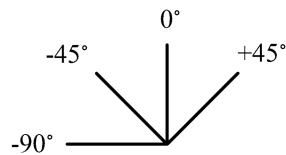


Рис. 5.2. Диаграмма переключателя

Структура условного обозначения переключателя серии УП53 представлена на рис. 5.3, обозначение переключателя УП 53-11-С23У3 (схема) на рис. 5.4.

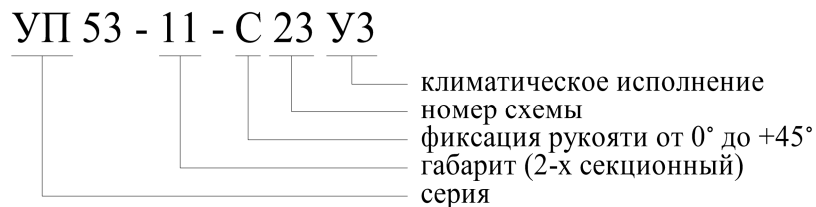


Рис. 5.3. Структура условного обозначения переключателей серии УП53

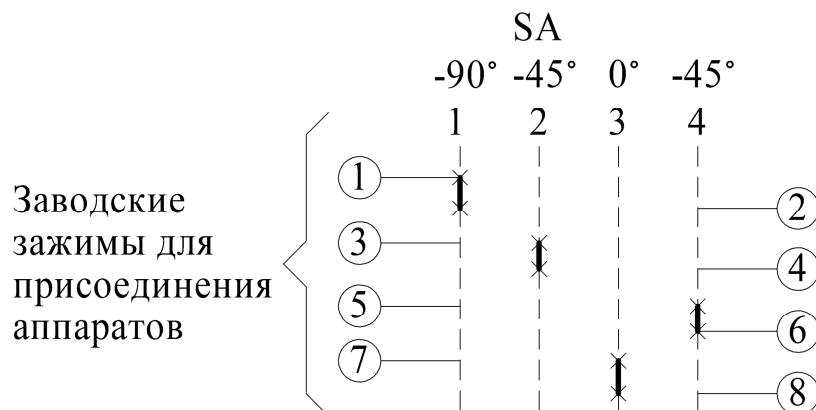


Рис. 5.4. Обозначение переключателя УП 53-11-С23У3 (в схеме)

Вертикальные штриховые линии обозначают положение рукоятки переключателя. Цифры над штриховыми линиями – условное цифровое значение положения рукоятки переключателя, соответствующее поясняющим надписям, наносимым на изделие, например, «Мест», «Авт», «Откл», «Дист». Утолщенная линия на штриховой линии означает позицию замыкания соответствующих контактов (здесь знак «х» – символ функции выключателя) (см. ГОСТ 2.755–87).

Диаграммы замыкания контактов переключателей даются в каталогах или другой документации заводов-изготовителей или поставщиков (рис. 5.5).

Секции	Контакты		Способ фиксации: А; Ж; С						Положение контактов 0°		
			Положение рукоятки								
			-45°		0°		+45°				
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П			
I	1	2							1		2
II	3	4							3		4
III	5	6							5		6
IV	7	8							7		8

Рис. 5.5. Схема и диаграмма № 29 переключателя УП53

Выключатели кнопочные выбираются по следующим параметрам:

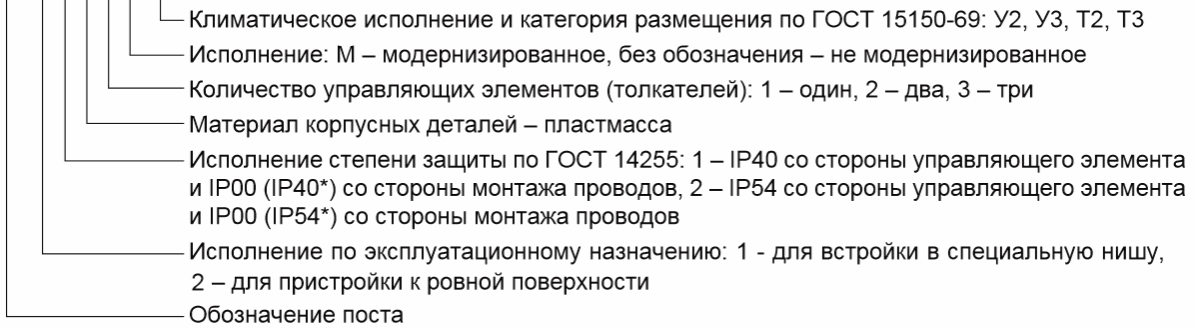
- по конструктивным параметрам: степени защиты, способу монтажа;
- по способу фиксации положения толкателей и возвращения их в исходное положение;
- форме толкателей (грибовидная, цилиндрическая и др.);
- по цвету (красный, черный и др.);
- по количеству контактов;
- по наличию дополнительных устройств (светосигнальной арматуры).

Кнопочные посты управления ПКЕ 112, ПКЕ 122, ПКЕ 212, ПКЕ 222, ПКЕ 612, ПКЕ 622, ПКЕ 712, ПКЕ 722 – устройства, предназначенные для коммутации электрических цепей постоянного тока напряжением 440 В и переменного тока напряжением 660 В и частотой 50 Гц. Номинальный ток 10 А.

Посты управления предназначены для дистанционного управления различными приборами, пускателями машин на 2 или 3 кнопки.

Структура условных обозначений пультов кнопочных серии ПКЕ приведена на рис. 5.6.

ПКЕ Х Х 2-Х Х ХХ



* Посты для пристройки к любой ровной поверхности

Рис. 5.6. Структура условного обозначения выключателей кнопочных серии

Выключатели кнопочные серии КЕ размещаются на подвижных и неподвижных частях стационарных установок и предназначены для коммутации электрических цепей управления переменного и постоянного тока. Выключатели изготавливаются в исполнениях для умеренного (У), тропического (Т) и холодного (ХЛ) климата.

Структура условных обозначений выключателей кнопочных серии КЕ приведена на рис. 5.7.

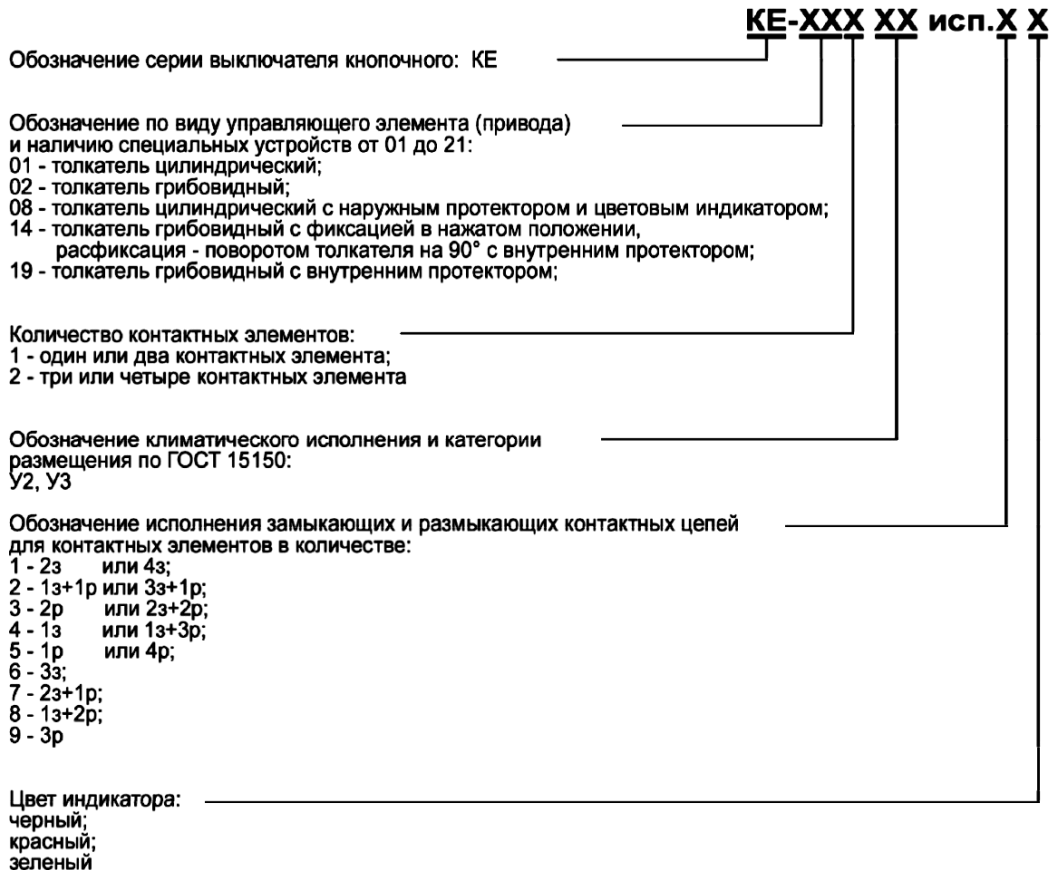


Рис. 5.7. Структура условного обозначения выключателей кнопочных серии КЕ

Реле выбирают по следующим параметрам:

- по назначению (реле времени, напряжения, тока, давления, тепловые, температурные и т. д.);
- по диапазону параметров управления (диапазон выдержки времени, диапазон уставок тока срабатывания, диапазон давления, температуры и т. д.);
- по срабатыванию при увеличении или уменьшении заданного параметра (реле максимального тока (по току), тепловые реле (по току, нагреваемому тепловые элементы реле и вызывающему срабатывание блок-контактов));
- по напряжению питания (380 В, 220 В или более низкое напряжение (110 В, 48 В, 36 В, 24 В, 12 В) катушки реле в зависимости от напряжения питания цепей управления проектируемой схемы);
- по величине зоны нечувствительности или по величине дифференциала.

Светосигнальная арматура выбирается:

- по напряжению питания;
- по назначению цепей сигнализации;
- по цвету свечения светосигнальной арматуры.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите виды схем сигнализации по назначению и поясните их.
2. Назовите способы исполнения сигнализации.
3. Привести пример схемы управления с предупредительной сигнализацией.
4. Что необходимо изучить при выполнении схем по технологическому заданию?
5. Какая очередность включения приводов технологической линии предусматривается при составлении схемы управления?
6. Как принято показывать контакты реле, пускателей, автоматических выключателей в схемах управления?
7. Для каких элементов схемы предусматривают диаграмму замыкания контактов?
8. В каком состоянии показывают контакты датчиков уровня в схемах?
9. В каком направлении происходит срабатывание контактов элементов схемы?
10. Какие элементы схемы подлежат выбору и расчету?
11. Для чего используют в схемах пакетные выключатели и переключатели?

На трубопроводе, подающем молоко в резервуары 1 или 2, имеется перекидной клапан с электрическим исполнительным механизмом ИМ (типа МЭО, МЭЖ или др.), который открывает трубопровод для заполнения резервуара 1 или 2 (рис. 6.2).

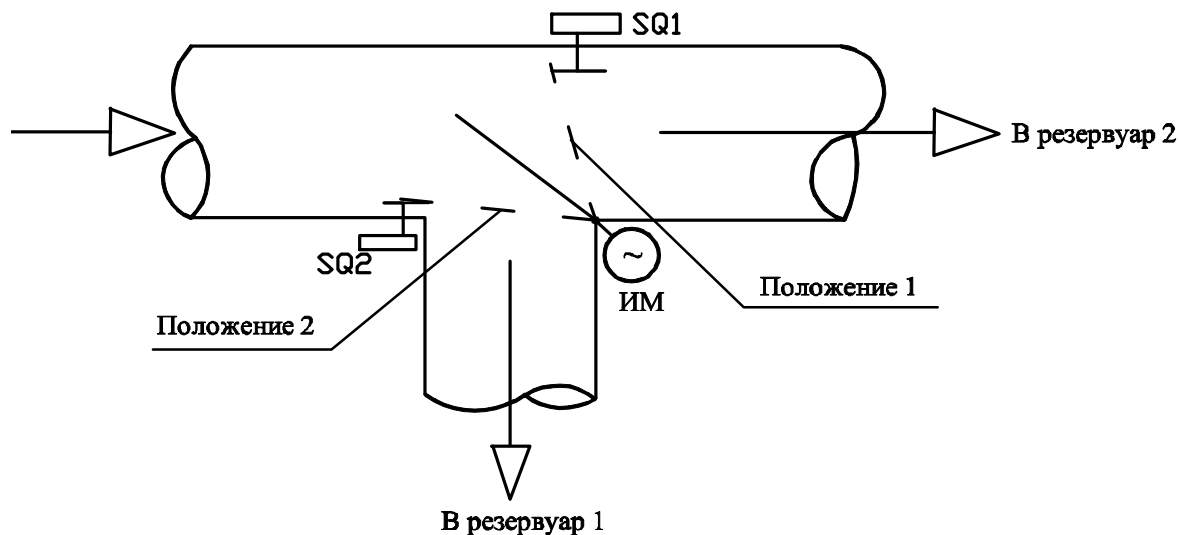


Рис. 6.2. Схема работы перекидного клапана

В комплекте с перекидным клапаном ИМ имеются концевые выключатели SQ1 и SQ2. Если положение перекидного клапана таково, что открыт трубопровод заполнения резервуара 1 и закрыт трубопровод заполнения резервуара 2, то нажат концевой выключатель SQ1; если перекрыт трубопровод к резервуару 1, а открыт трубопровод к резервуару 2, то нажат концевой выключатель SQ2. Концевые выключатели имеют по одному замыкающему и одному размыкающему контакту.

Предусмотреть два режима управления электроприводом насоса: 1) ручной (местный, наладочный) кнопками управления; 2) автоматический в зависимости от уровня молока в приемной емкости: включение насоса при достижении верхнего уровня в приемной емкости и отключение насоса при опустошении емкости (при нижнем уровне).

Сначала следует заполнить резервуар 1. После его заполнения следует автоматически переключить перекидной клапан на заполнение резервуара 2.

Предусмотреть световую сигнализацию о заполнении резервуаров и о положении перекидного клапана, а также звуковую сигнализацию, если заполнена приемная емкость и заполнены оба резервуара, а молоко нужно откачивать.

Выполнение задачи

Разработка схемы управления

Приемная емкость, насос и перекидной клапан расположены в помещении приема молока, которое относится к помещениям с нормальными условиями среды.

Питание электропривода насоса проектируем от силового распределительного шкафа сети на напряжение 380/220 В пятипроводной линией (*система TN-S*) 3NPE 380/220 В, 50 Гц. Кабель марки АВВГ проложим открыто, подвод к электродвигателю – в металлорукаве. В соответствии с требованиями ПУЭ п. 3.1.8 – 3.1.10 сеть, питающую привод насоса, следует защищать от токов к. з., а защита сети от перегрузки не требуется. Защиту сети от токов к. з. (от сверхтоков) осуществляет автоматический выключатель типа АЕ2016.

После изучения технологического процесса приходим к выводу, что необходимо установить датчики верхнего (SL3) и нижнего (SL4) уровней в приемной емкости, а также датчики верхнего уровня в резервуарах 1 (SL1) и 2 (SL2). Выбираем для установки мембранные датчики уровней МДУ с одним замыкающим и одним размыкающим контактами. Контактная система датчиков изолирована от измеряемой жидкости, поэтому можно принять напряжение питания цепей управления 220 В. Конструктивно датчики могут быть любые: поплавковые, электронные, электродные и др. Представим проектируемую схему на рис. 6.3.

Для защиты цепей управления и удобства в эксплуатации предусмотрим однополюсный автоматический выключатель SF.

Для управления электродвигателем насоса предусматриваем магнитный пускатель КМ, для защиты от перегрузки – тепловое реле КК.

Для выбора режима управления предусматриваем пакетный переключатель SA с тремя положениями рукоятки: «–45°» – ручное, «0» – отключено, «+45°» – автоматическое.

В ручном режиме управление насосом осуществляем кнопками 1SB2 (пуск) и 1SB1 (стоп), управление исполнительным механизмом – кнопками 2SB1 – открытие трубопровода на резервуар 1 и 2SB2 – открытие трубопровода на резервуар 2. При этом кнопку 2SB1 или 2SB2 следует держать нажатой до полного открытия трубопровода (полного срабатывания клапана). При полном открытии трубопровода исполнительный механизм сам себя отключит нажатием соответствующего концевого выключателя SQ1 и SQ2, имеющегося в комплекте с исполнительным механизмом. Кнопка «стоп» в данном случае не нужна.

В автоматическом режиме включение электродвигателя следует осуществить датчиком верхнего уровня SL3 в приемной емкости, а отключение – датчиком нижнего уровня в приемной емкости SL4, а также дополнительно датчиками верхнего уровня в резервуарах 1 (SL1) или 2 (SL2) в зависимости от положения клапана.

Для увеличения числа контактов концевых выключателей, перекидного клапана и датчиков уровня предусмотрим реле-повторители KV1 – KV5.

При замыкании контактов концевых выключателей или датчиков уровня катушки соответствующих реле попадают под ток, реле срабатывают, а их блок-контакты можно использовать в схеме.

Позиционное обозначение реле-повторителей указано в скобках рядом с соответствующими аппаратами (см. рис. 6.1).

Пусть перекидной клапан находится в положении 1, тогда открыт к наполнению резервуар 1, нажат концевой выключатель SQ1, катушка реле KV1 под током и замыкающие контакты реле KV1 замкнуты.

Замыкающий контакт реле KV1 должен быть включен последовательно с катушкой пускателя насоса КМ. При этом, если резервуар 1 не заполнен до верхнего уровня SL1, реле KV3 обесточено, то размыкающий контакт реле KV3 также должен быть включен последовательно с катушкой пускателя КМ.

Роль пусковой кнопки в автоматическом режиме должно осуществлять реле KV5 (SL3 – верхний уровень в приемной емкости). Замыкающий контакт реле KV5 включаем последовательно в цепь катушки пускателя КМ.

Подав питание с автоматического выключателя SF через контакт пакетного переключателя SA, замкнутый в автоматическом режиме, и подключив катушку КМ последовательно с блок-контактом теплового реле КК к N (к нулевому рабочему проводу), получим замкнутую цепь последовательно включенных контактов SA – KV5 – KV1 – KV3 – КК и катушки КМ. Насос включится.

Как только насос откачает часть молока из приемной емкости, его уровень понизится и контакт KV5 (SL3) разомкнется, насос остановится. Чтобы этого не произошло и насос не останавливался до опустошения приемной емкости, параллельно с замыкающим контактом KV5 нужно включить замыкающий контакт пускателя КМ («поставить на самопитание»).

Отключение насоса должен произвести датчик нижнего уровня SL4. Его замыкающий контакт включим последовательно с контактом КМ в цепь питания катушки пускателя КМ.

Если перекидной клапан в положении 2 (см. рис. 6.2) и насос заполняет резервуар 2, то в цепи катушки КМ должны быть последовательно подобно KV1 и KV3 включены контакты KV2 (замыкающий) и KV4 (размыкающий).

Так как идет заполнение либо резервуара 1, либо резервуара 2, цепи KV1–KV3 и KV2–KV4 соединим параллельно (одновременно нажатыми концевые выключатели SQ1 и SQ2 и одновременно включенными KV1 и KV2 быть не могут).

Рассмотрим работу перекидного клапана в автоматическом режиме. Если резервуары 1 и 2 не заполнены в автоматическом режиме, заполняем сначала резервуар 1, затем резервуар 2.

Через контакт переключателя SA, замкнутый в автоматическом режиме, подаем питание на обмотку двигателя исполнительного механизма, поворачивающего клапан в положение 1 (см. рис. 6.2), последовательно включаем замыкающий контакт KV3 (SL1), который замкнут до тех пор, пока резервуар 1 не заполнен до верхнего уровня SL1. Как только резервуар 1 заполнится, SL1 замкнется, KV3 сработает и разомкнется его размыкающий контакт в цепи катушки пускателя, насос отключится. Чтобы клапан автоматически переключился в положение 2 (см. рис. 6.2), в цепь обмотки исполнительного механизма, переключающего клапан в положение 2, нужно включить замыкающий контакт KV3, который замкнется и перекинет клапан в положение 2.

Если резервуар 2 уже заполнен до верхнего уровня, клапан не должен переключиться, поэтому в эту цепь включаем последовательно размыкающий контакт KV4 (SL2). Соответственно размыкающий контакт KV3 нужно включить в цепь обмотки исполнительного механизма, переключающего клапан в положение 1.

Разработанная схема управления имеет недостаток: в автоматическом режиме у нас всегда заполняется сначала резервуар 1, затем резервуар 2. Для возможности заполнения сначала резервуара 2, а затем 1 схему нужно дополнить переключателем выбора резервуара SA2 с 2 положениями рукоятки: «1» – заполнение резервуара 1, затем резервуара 2; «2» – заполнение сначала резервуара 2, затем резервуара 1. В этом случае схема между потенциальными точками 23, 25 и 31 примет вид, показанный на рис. 6.4.

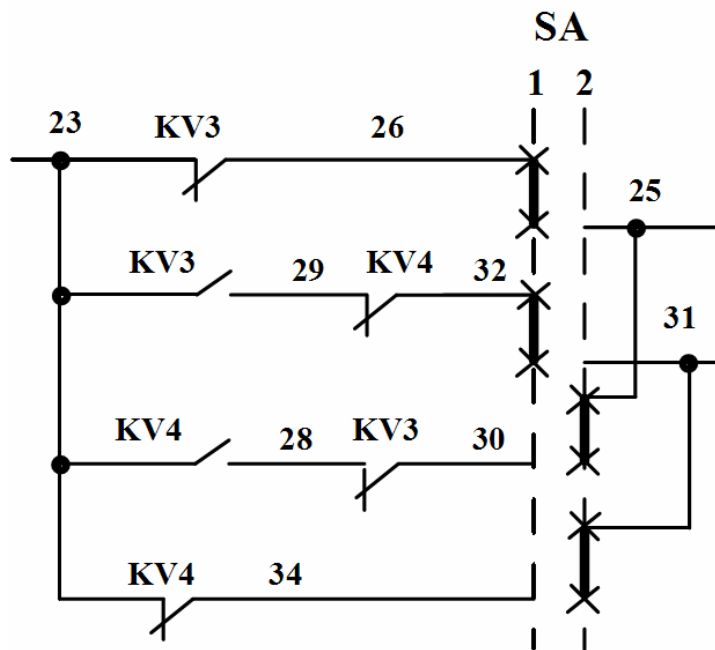


Рис. 6.4. Фрагмент схемы

Световую сигнализацию осуществляем путем включения последовательно со светосигнальной арматурой соответствующих контактов реле KV1, KV2...KV4.

Для опробования световой сигнализации одной кнопкой управления и для исключения в схеме перемычек между лампочками включим последовательно с кнопкой 3SB и лампочками диоды.

При нажатии кнопки лампочки будут гореть «вполнакала», зато перемычки между лампочками исключены, так как диоды включены встречно.

Для осуществления звуковой сигнализации о заполнении всех емкостей включаем последовательно замыкающие контакты реле KV3 (SL1), KV4 (SL2), KV5 (SL3) и звонок HA.

Для съема звукового сигнала предусмотрим реле KV6 и кнопку 4SB с замыкающими контактами. Размыкающие контакты реле KV6 включим последовательно в цепь звонка.

При нажатии кнопки 4SB реле KV6 включится, разомкнет контакты и отключит звонок. Кнопку 4SB шунтируем замыкающим контактом реле KV6, чтобы цепь питания катушки KV6 не разомкнулась после отпускания кнопки 4SB.

После освобождения хотя бы одной емкости цепи звонка HA и реле KV6 обесточатся контактом реле KV3 или KV4. Схема придет в исходное состояние. Порядок разработки схемы сигнализации описан в следующем разделе. Схема представлена на рис. 6.5.

Справа от схемы в табличке выполним поясняющие надписи о назначении участков схемы и ее отдельных цепей.

Составим перечень элементов принципиальной схемы с обязательным разделением элементов схемы по их расположению: в шкафу управления и по месту. На чертеже необходимо представить также диаграммы замыкания контактов пакетных переключателей и других сложных элементов схемы.

*Разработка схемы технологической и аварийной сигнализаций
о состоянии и работе механизмов электроустановки*

Информацию о работе электроустановок, состоянии системы управления и ее параметрах (температуре, давлении, уровнях и т. п.) можно передать на щит сигнализации. В качестве устройства, воспринимающего информацию, может быть использован микропроцессор, компьютер, контроллер, регулятор и т. д. Наглядно и просто можно принять указанную информацию, зажигая лампочки светосигнальной арматуры на щите сигнализации. В предлагаемой схеме для сигнализации о нормальном состоянии системы и о работе приводов принята светосигнальная арматура зеленого цвета; для аварийного состояния системы – светосигнальная арматура красного цвета на напряжение 220 В. Все аварийные сигналы выведены на звонок НА.

Для подключения питания и защиты цепей сигнализации предусмотрен автоматический выключатель SF.

Схемой предусмотрено опробование световой сигнализации нажатием кнопки SB1. При этом все светосигнальные лампочки будут гореть «вполнакала», так как питание на лампочки подается через диоды. Диоды нужны для того, чтобы исключить соединение между собой потенциальных точек схемы 5–7–9 и т. д. Все контакты, сигнализирующие об аварийных состояниях электроустановок, соединены между собой параллельно (цепи 1–23) и через них подается питание на звонок НА.

При замыкании любого контакта аварии будет звенеть звонок и гореть соответствующая лампочка, которая дает расшифровку, где аварийное состояние. Снять звуковой сигнал можно кнопкой SB2 (цепь 23–27). При нажатии кнопки SB2 катушка реле KV попадает под ток, замыкаются контакты реле KV в цепи 23–27 и размыкаются в цепи 23–25. После устранения аварии схема автоматически приходит в исходное положение.

Составление перечня элементов, пояснений и оформление чертежа схемы аналогично, как и для схемы управления. Разработанная принципиальная электрическая схема сигнализации представлена на чертеже (см. рис. 6.5).

Индивидуальные задания для практических занятий

Задание № 1. Выполнить схему управления вытяжным вентилятором. Предусмотреть два режима управления: ручной и автоматический в зависимости от температуры воздуха в помещении (включение при повышении температуры до 18 °С и отключение при снижении температуры до 16 °С).

Задание № 2. Выполнить схему управления вентилятором вытяжки из каналов навозоудаления. Предусмотреть два режима управления: ручной и автоматический – включение вытяжного вентилятора при включении транспортера навозоудаления, отключение вентилятора при отключении транспортера навозоудаления.

Задание № 3. Воздушный компрессор поддерживает давление воздуха в резервуаре чистой воды хозяйственного водоснабжения. Выполнить схему управления компрессором. Предусмотреть местный (наладочный) режим и автоматический в зависимости от давления в резервуаре (включение при P_{\min} , отключение при P_{\max}).

Задание № 4. Вода обратного водоснабжения, после охлаждения компрессора, насосом подается в градирню, где, разбрызгиваясь, охлаждается вентилятором и возвращается опять в рубашку компрессора.

Выполнить схему управления вентилятором градирни. Предусмотреть три режима управления: 1) ручной (наладочный) кнопками управления, расположенными у вентилятора; 2) дистанционный из помещения компрессорной; 3) автоматический: включение вентилятора при включении насоса обратного водоснабжения, отключение при отключении насоса, а также при снижении температуры оборотной воды ниже 12 °С. В схеме управления насосом через обмотку реле KV3 течет ток при включенном насосе. В реле KV3 имеются неиспользованные замыкающие и размыкающие контакты, которые можно использовать в схеме управления вентилятором градирни.

Задание № 5. Выполнить схему управления деревообрабатывающим станком и вентилятором отсоса стружки.

Предусмотреть заблокированный режим работы механизмов: нельзя включить станок, если не включен вентилятор.

Предусмотреть возможность в наладочном режиме включать вентилятор и станок независимо друг от друга.

Задание № 6. Выполнить схему управления вытяжным вентилятором.

Предусмотреть два режима управления: 1) ручной местный кнопкой управления; 2) автоматический: вентилятор включается при включении устройства

зарядки аккумуляторов. Зарядка аккумуляторов контролируется реле К5, которое входит в состав зарядного устройства. Реле К5 имеет свободные замыкающие и размыкающие контакты, которые можно использовать в схемах с напряжением цепей управления до 220 В переменного или постоянного тока.

Задание № 7. Выполнить схему управления насосом НЖН-200, откачивающим навоз из приемного резервуара в хранилище, и мешалкой.

Предусмотреть два режима управления: 1) ручной наладочный кнопками управления; 2) автоматический. При достижении верхнего уровня в резервуаре должна включиться мешалка, а через 3 минуты (с выдержкой времени 3 минуты) должен включиться насос, а мешалка отключиться. Насос должен работать до нижнего уровня (до полной откачки) и отключиться.

Задание № 8. Разработать схему управления шнеком подачи корма из бункера в кормораздатчик. Включение шнека производится кнопкой «пуск» при условии, что кормораздатчик находится под шнеком (нажат концевой выключатель), отключение кнопкой «Стоп» или датчиком нижнего уровня бункера (при опустошении бункера).

Задание № 9. Составить схему управления насосом, перекачивающим молоко в танк для охлаждения молока и мешалки. Предусмотреть два режима управления:

- местный: кнопками;
- автоматический: включение насоса кнопкой, отключение по датчику верхнего уровня резервуара танка, после чего должна включиться мешалка и перемешать охлаждаемое молоко, а спустя 10 минут отключиться.

Задание № 10. Составить схему управления пастеризатором молока, подогревающим молоко до температуры 60 градусов с одновременным его перемешиванием. Предусмотреть два режима управления:

- местный: кнопками;
- автоматический: включение ТЭНов и мешалки после заполнения пастеризатора молоком до верхнего уровня, подогрев молока до температуры 60 градусов и отключение ТЭНов и мешалки.

Задание № 11. Составить схему управления молочным такси для выпойки телят. Предусмотреть два режима управления:

- местный: кнопками;
- автоматический: обеспечить перемешивание ЗЦМ в резервуаре молочного такси с помощью мешалки в течение 3 минут, затем смесь ЗЦМ подогревается до температуры 38–40 градусов.

Задание № 12. Составить схему управления соломосилосорезкой, измельчающей силос на корм КРС, которая состоит из транспортера подачи корма и измельчителя. Предусмотреть два режима управления:

– местный: кнопками;

– дистанционный: включение транспортера подачи корма производится только при работающем измельчителе и пустом бункере измельченного корма, отключение по датчику верхнего уровня бункера измельченного корма или кнопкой стоп.

Задание № 13. Составить схему управления лифтовой системой яйцесбора. Элеватор поднимается на ярус сбора яиц и принимает с ленты яйцесбора яйцо, которое поступает на прутковый транспортер, а затем транспортируется к столу очистки и маркировки. Произведя яйцесбор на одном ярусе, элеватор опускается на следующий ярус. В нерабочем состоянии поперечный транспортер находится на уровне верхнего этажа и не мешает обслуживающему персоналу птичника. Предусмотреть два режима управления:

– местный: кнопками;

– автоматический. Предусмотреть управление элеватором и прутковым транспортером. Включение пруткового транспортера только после фиксации элеватора на ярусе сбора яиц. Отключение по датчику веса.

Задание № 14. Составить схему управления машиной для мойки овощей. Корнеклубнеплоды, подающиеся транспортером из хранилища, попадают на загрузочный лоток, а оттуда в барабан, который вращаясь, обеспечивает продвижение клубнекорнеплодов к выгрузному транспортеру. Предусмотреть два режима управления:

– местный: кнопками;

– автоматический, включение подающего транспортера только после включения барабана. Предусмотреть управление барабаном при наличии воды в барабане. Отключение кнопками «Стоп».

Задание № 15. Разработать схему управления шнеком подачи пеллетных гранул в котел. Предусмотреть два режима управления:

ручной – кнопками «Пуск» и «Стоп»;

автоматический – в зависимости от температуры внутри помещения и уровня пеллетных гранул в емкости для закладки топлива. Включение шнека при снижении температуры внутри помещения ниже 20 °С при условии,

что топливо в емкости находится выше датчика нижнего уровня. Отключение шнека при повышении температуры до 23 °С или опустошении емкости для топлива.

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Какие аппараты защиты используются в схемах управления?
2. Каким способом выполнена схема в соответствии с ГОСТ?
3. Какие режимы управления предусмотрены при разработке схем?
4. Каким символом обозначают переключатель на схеме?
5. Какие элементы схемы перечисляют в таблице «Перечень элементов схемы»?
6. Где наносят позиционное обозначение, если элемент изображен вертикально или горизонтально?
7. Как маркируют позиционные обозначения в схемах?

Практическая работа 7

РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы: получить практические навыки при расчете и выборе элементов схемы управления.

План работы:

1. По теоретическому материалу, приведенному в главе 5 данного учебно-методического пособия, изучить методику расчета и выбора элементов схемы управления.
2. На примере разобрать порядок расчета и выбора элементов схемы управления.
3. По индивидуальному заданию рассчитать и выбрать элементы схемы управления.
4. По результатам расчетов и выбора сделать выводы.

Рассмотрим пример расчета и выбора элементов схемы управления.

Пример.

Выбрать аппараты защиты (предохранители) и управления (электромагнитные пускатели) по схеме, приведенной на рис. 1, с учетом того, что электроприемники находятся в производственном помещении с нормальными условиями среды. Питающее напряжение 380 В.

Исходные данные:

- электродвигатель № 1: $P_n = 22$ кВт, $\cos \varphi = 0,87$, $\eta = 0,905$, $K_I = 7,0$;
- электродвигатель № 2: $P_n = 1,5$ кВт, $\cos \varphi = 0,83$, $\eta = 0,78$; $K_I = 5,5$;
- электродвигатель № 3: $P_n = 2,2$ кВт, $\cos \varphi = 0,83$, $\eta = 0,81$. $K_I = 6,5$;

Электродвигатели № 1, № 2 и № 3 защищены предохранителями.

Рассчитываем токи плавких вставок предохранителей для защиты группы электродвигателей № 1–№ 3.

Номинальные токи электродвигателей определим по формуле (1.7).

Для электродвигателя № 1

$$I_{н1} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,87 \cdot 0,905} = 40,4 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 2

$$I_{н2} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,83 \cdot 0,78} = 3,3 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 3

$$I_{н3} = \frac{2,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,83 \cdot 0,81} = 4,7 \text{ А.}$$

Определим суммарный длительный ток

$$I_{дл} = I_{дл1} + I_{дл2} + I_{дл3} = 40,4 + 3,3 + 4,7 = 48,4 \text{ А.}$$

Определим максимальные (пусковые) токи для каждого электродвигателя по формуле (1.8).

Для электродвигателя № 1

$$I_{пуск1} = 40,4 \cdot 7,0 = 282,8 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 2

$$I_{пуск2} = 3,3 \cdot 5,5 = 18,1 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 3

$$I_{пуск3} = 4,7 \cdot 6,5 = 30,5 \text{ А.}$$

Определим максимальный ток для цепи, питающей группу электроприемников по формуле (1.9).

$$I_{макс} = 282,8 + 3,3 + 4,7 = 290,8 \text{ А.}$$

Выбираем ток плавкой вставки по большему току из двух условий:

– по первому условию (1.5)

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл}} = 48,4 \text{ А};$$

– по второму условию (1.6)

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{макс}}}{\alpha} = \frac{290,8}{2,5} = 116,3 \text{ А}.$$

По второму условию по табл. приложения П1.1 выбираем предохранители типа ПН2-250 с номинальным током плавкой вставки – 125 А.

Для управления электродвигателем №1 выбираем электромагнитный пускатель КМ1 серии ПМЛ. Степень защиты пускателя IP40.

Электромагнитный пускатель КМ1 выбираем по:

– по номинальному напряжению (1.18):

$$660 \text{ В} \geq 380 \text{ В};$$

– по номинальному току (1.19):

$$60 \text{ А} \geq 40,4 \text{ А};$$

– по номинальному напряжению обмотки (катушки) электромагнитного пускателя (1.20):

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В}.$$

К установке принимаем пускатель ПМЛ-414002.

Для управления электродвигателями № 2 и № 3 выбираем электромагнитный пускатель КМ2 серии ПМЛ. Степень защиты пускателя IP40.

Электромагнитный пускатель КМ2 выбираем:

– по номинальному напряжению (1.18):

$$660 \text{ В} \geq 380 \text{ В};$$

– по номинальному току (1.19):

$$10 \text{ A} \geq 3,3 + 4,7 = 8 \text{ A};$$

– по номинальному напряжению обмотки (катушки) электромагнитного пускателя (1.20):

$$380 \text{ В} \geq 380 \text{ В}.$$

К установке принимаем пускатель ПМЛ-114002.

Индивидуальные задания для практических занятий

Выбрать аппараты защиты и управления необходимо по двум схемам, приведенным на рис. 1 и 2, с учетом того, что электроприемники находятся в производственном помещении с нормальными условиями среды, в соответствии с вариантами.

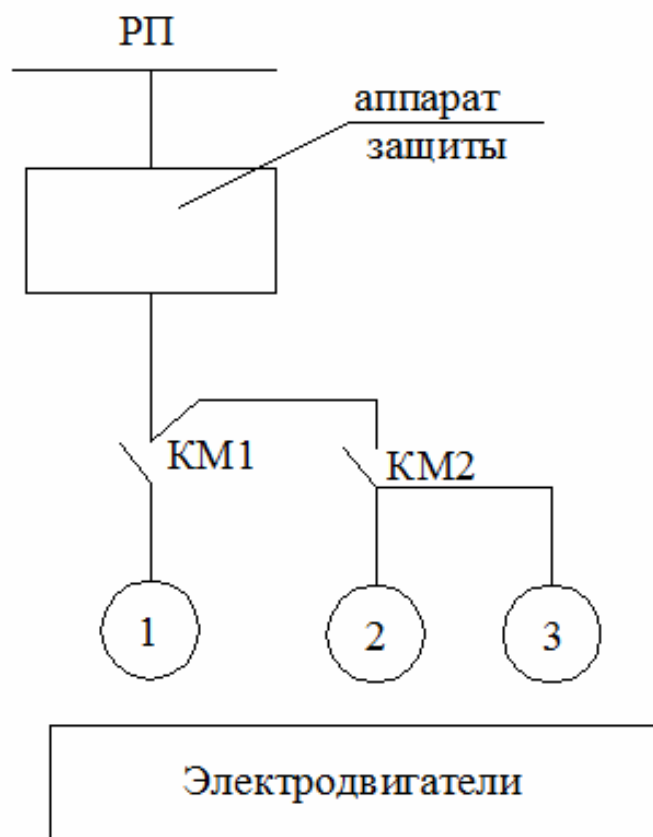


Рис. 1. Расчетная схема к табл. 1

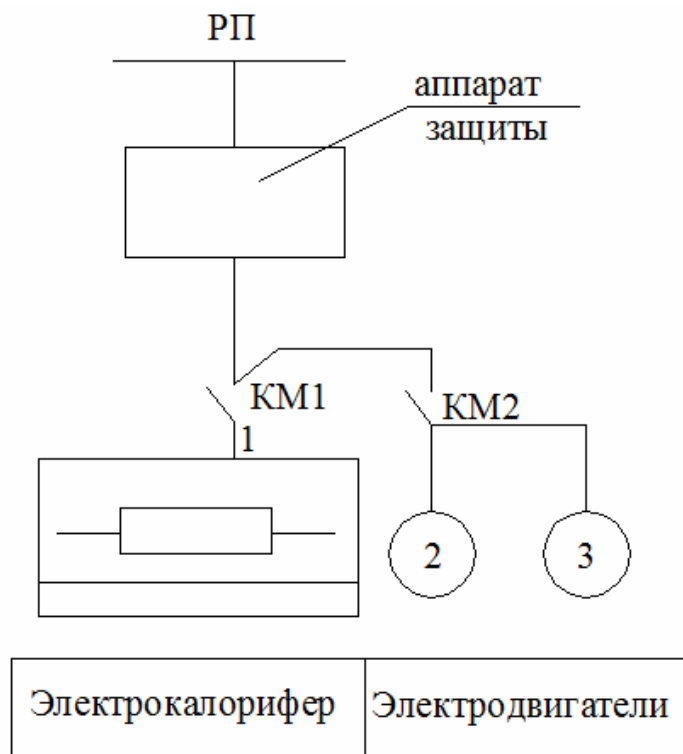


Рис. 2. Расчетная схема к табл. 2

Порядок выполнения задания

1. Рассчитать и выбрать аппараты защиты:

а) предохранители;

б) автоматические выключатели (расцепитель комбинированный).

2. Выбрать электромагнитные пускатели с тепловыми реле.

Магнитные пускатели установлены по месту. Магнитный пускатель КМ1 – нереверсивный, КМ2 – реверсивный.

Исходные данные для соответствующего варианта к табл.1 и .2.

Таблица 1

Исходные данные для схемы к рис. 1

Варианты	Параметры электродвигателей								
	1			2			3		
	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18,5	0,89	0,905	11	0,83	0,88	4	0,84	0,85
2	22	0,83	0,9	11	0,83	0,88	2,2	0,74	0,81
3	30	0,85	0,9	11	0,83	0,88	4	0,88	0,87
4	22	0,83	0,9	7,5	0,86	0,875	2,2	0,74	0,81
5	18,5	0,89	0,905	5,5	0,86	0,855	1,1	0,74	0,74

Варианты	Параметры электродвигателей								
	1			2			3		
	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η
6	15	0,85	0,87	5,5	0,8	0,85	0,55	0,75	0,76
7	11	0,85	0,87	4	0,84	0,81	0,37	0,65	0,7
8	10	0,85	0,87	4	0,84	0,81	0,18	0,7	0,67
9	7,5	0,87	0,9	2,2	2,2	0,74	0,25	0,62	0,59
10	5,5	0,87	0,9	2,2	0,87	0,905	4	0,7	0,83
11	11	0,87	0,92	1,1	0,75	0,7	0,18	0,7	0,65
12	15	0,87	0,85	1,1	0,77	0,7	0,37	0,75	0,67
13	28	0,85	0,9	7,5	0,82	0,91	5,5	0,76	0,85
14	22	0,83	0,9	5,5	0,82	0,91	2,2	0,87	0,83
15	18,5	0,89	0,905	7,5	0,82	0,91	1,1	0,74	0,74

Таблица 2

Исходные данные для схемы к рис. 2

Варианты	Параметры электрокалорифера и электродвигателей						
	1		2		3		
	P_n , кВт	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η	P_n , кВт	$\cos\varphi$	η
1	2	3	0,83	0,87	6	0,81	0,86
1	5	11	0,87	0,875	4	0,87	0,9
2	10	11	0,83	0,88	2,2	0,85	0,8
3	16	11	0,88	0,9	4	0,87	0,9
4	25	7,5	0,86	0,9	2,2	0,85	0,8
5	5	5,5	0,88	0,9	1,1	0,8	0,85
6	10	5,5	0,82	0,9	0,55	0,75	0,76
7	16	4	0,84	0,81	0,37	0,65	0,7
8	25	4	0,84	0,81	0,18	0,7	0,67
9	5	2,2	0,86	0,8	1,5	0,72	0,76
10	10	2,2	0,87	0,85	4	0,7	0,76
11	16	1,1	0,75	0,7	0,18	0,7	0,65
12	25	1,1	0,77	0,7	0,37	0,75	0,67
13	5	7,5	0,82	0,91	5,5	0,76	0,85
14	10	5,5	0,82	0,91	2,2	0,87	0,83
15	16	7,5	0,82	0,91	1,1	0,8	0,85

Результаты расчетов сводим в табл. 3.

Результаты выбора аппаратов управления и защиты

Показатели	Аппараты защиты	
	предохранители	автоматические выключатели
Тип		
I_n, A		
$I_{вст}$ или $I_{нр.}$		
Показатели	Аппараты управления	
	электромагнитный пускатель КМ1	электромагнитный пускатель КМ2
Тип		
I_n, A		
I_T, A		

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Назовите условия выбора предохранителя.
2. Назовите условия выбора плавкой вставки предохранителя.
3. Приведите формулу выбора плавкой вставки в цепи управления.
4. Назовите условия выбора автоматического выключателя.
5. Приведите формулу условия выбора расцепителя автоматического выключателя с обратозависимой от тока характеристикой (теплового).
6. Приведите формулу условия выбора расцепителя автоматического выключателя по току уставки срабатывания (отсечки), имеющего максимальный, мгновенно действующий расцепитель (электромагнитный).
7. Назовите условия выбора магнитных пускателей.
8. Назовите условия выбора электротепловых реле.
9. По каким условиям выбирают переключатели?
10. Какие параметры учитывают при выборе кнопочных постов?

Лабораторная работа 5

РАЗРАБОТКА СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕРЕВЕРСИВНЫМ И РЕВЕРСИВНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ

Цель работы: научиться выполнять проекты элементарных схем управления электроприводами механизмов общепромышленного назначения.

Задача работы: выполнить чертеж схемы управления механизмом или несколькими механизмами по индивидуальному технологическому заданию.

Общие сведения

Изучить методику составления схем управления нереверсивным и реверсивным электроприводами по технологическому заданию по изложенному материалу (глава 5) и литературе [1]. Рассмотреть пример разработки схемы управления. Составить схему управления по индивидуальному технологическому заданию. Сделать выводы.

Задание для самостоятельной подготовки к выполнению работы

По теоретическому материалу, приведенному в настоящей главе и литературе [1] (работа 5.1), изучить методику составления схем управления нереверсивным и реверсивным электроприводами.

Методика выполнения работы

По технологическому заданию и требованиям технических нормативных правовых актов (ТНПА) следует изучить технологический процесс, определить места расположения приводов и требования к расположению аппаратов управления и сигнализации.

Уточнить!

1. Какие виды управления будут использованы в проекте (местное, дистанционное, автоматическое и т. д.)?
2. Какую сигнализацию (технологическую, предупредительную, аварийную, световую, звуковую и т. д.) следует предусматривать в проекте?
3. Места расположения аппаратов управления и сигнализации.
4. Какие аппараты управления и защиты будут применены в проекте (серия, страна-изготовитель, поставщик)?
5. Какая сигнализация нужна?

Проектировщику следует составить для себя структурную технологическую схему работы установки, чтобы иметь четкое представление о том, кто, откуда и как будет ею управлять.

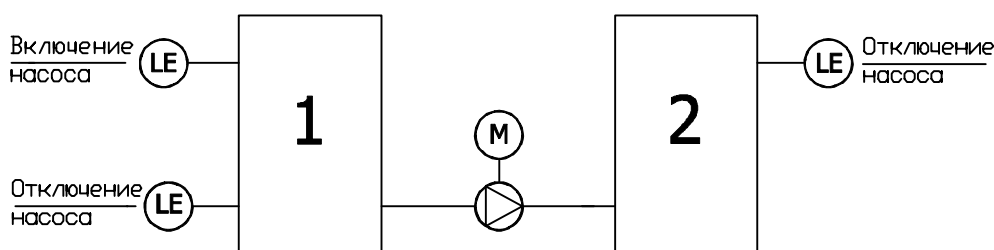
Далее следует проектировать электрическую схему.

Индивидуальные задания

Задача № 1

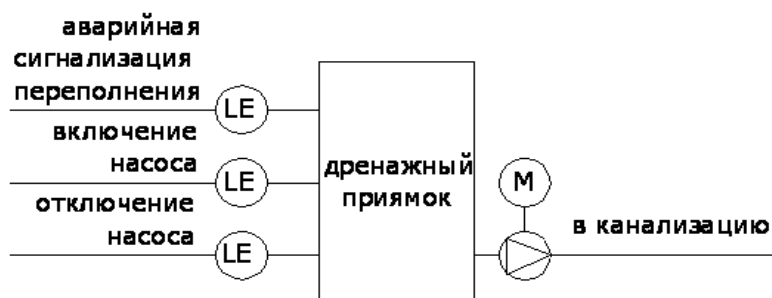
Выполнить схему управления насосом мощностью 1,1 кВт, который откачивает жидкость из резервуара 1 в резервуар 2.

Предусмотреть местный ручной режим управления и автоматический, зависящий от уровней жидкости в резервуарах.



Задача № 2

Выполнить схему управления дренажным насосом мощностью 1,1 кВт («Гном»), который откачивает стоки из приемка. Предусмотреть местный ручной и автоматический режимы управления насосом, от уровней стоков в приемке, а также предусмотреть аварийную световую сигнализацию переполнения дренажного приемка.



Задача № 3

Выполнить схему управления вентилятором мощностью 0,55 кВт воздушной завесы ворот гаража. Предусмотреть два режима управления: 1) ручной

местный и 2) автоматический: включение при открывании ворот и при закрытых воротах, но при снижении температуры воздуха в гараже ниже $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$; отключение вентилятора при закрытии ворот и при повышении температуры выше $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (например, при $7\text{ }^{\circ}\text{C}$).

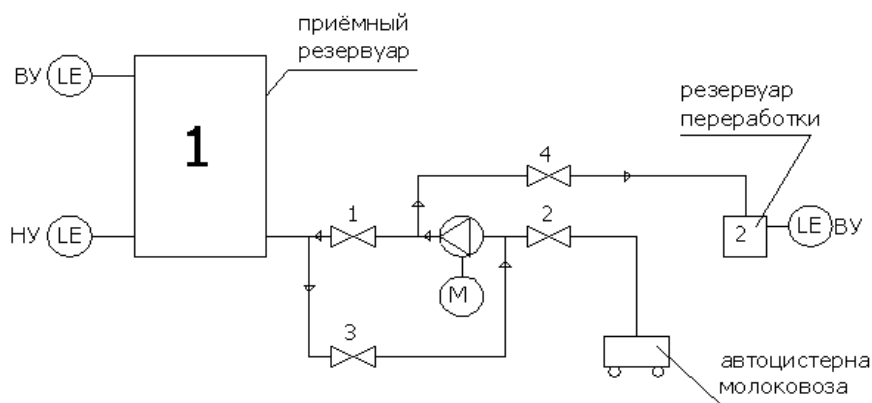
Задача № 4

Выполнить схему управления насосом молока. Мощность насоса 1,5 кВт. Предусмотрены 3 режима управления насосом.

1. Режим заполнения резервуара 1 из автоцистерны: ручные задвижки 1 и 2 открыты, а задвижки 3 и 4 закрыты. Включение насоса кнопкой, отключение кнопкой, если в молоковозе пусто, или автоматически датчиком верхнего уровня приемного резервуара 1.

2. Режим откачки молока из резервуара 1 в резервуар 2: ручные задвижки 3 и 4 открыты, а задвижки 1 и 2 закрыты. Включение насоса кнопкой, отключение автоматически датчиком нижнего уровня резервуара 1 при его опустошении или датчиком верхнего уровня резервуара 2 при его наполнении.

3. Наладочный режим: без влияния датчиков уровня на включение и отключение насоса (ручной).



Задача № 5

Выполнить схему управления молочным насосом мощностью 1,1 кВт, который заполняет приемные резервуары 1–3 из молоковозов. Предусмотреть четыре режима управления.

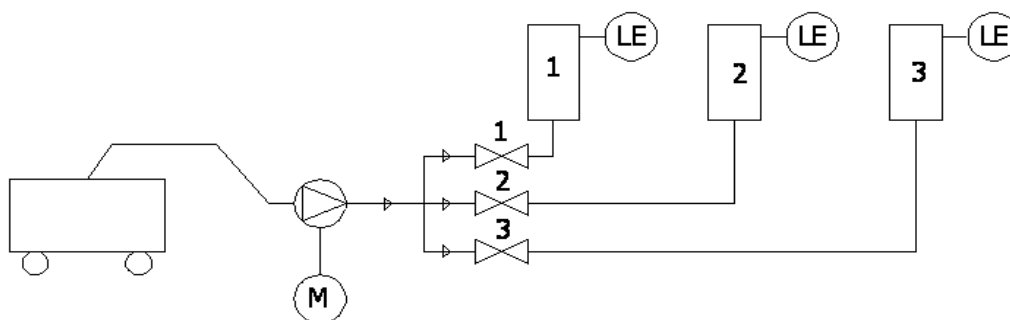
1. Заполнение резервуара 1, включение насоса кнопкой, отключение кнопкой или датчиком верхнего уровня резервуара 1.

2. Заполнение резервуара 2, включение насоса кнопкой, отключение кнопкой или датчиком верхнего уровня резервуара 2.

3. Заполнение резервуара 3 то же, но отключение датчиком верхнего уровня резервуара 3.

4. Наладочный режим, управление кнопками вне зависимости от датчиков уровня.

Задвижки 1, 2, 3 – ручные; открыта одна, две закрыты.

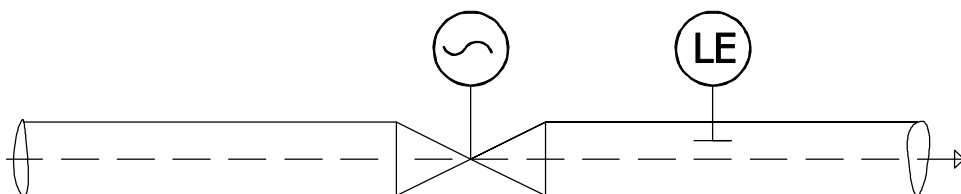


Задача № 6

Предусмотреть включение аварийного вентилятора вытяжки при повышении концентрации вредных паров в помещении. Выполнить схему управления аварийным вентилятором в ручном наладочном режиме и автоматическом режиме от срабатывания контактов рН-метра, при автоматическом режиме запитать на 220 В прибор рН-метр.

Задача № 7

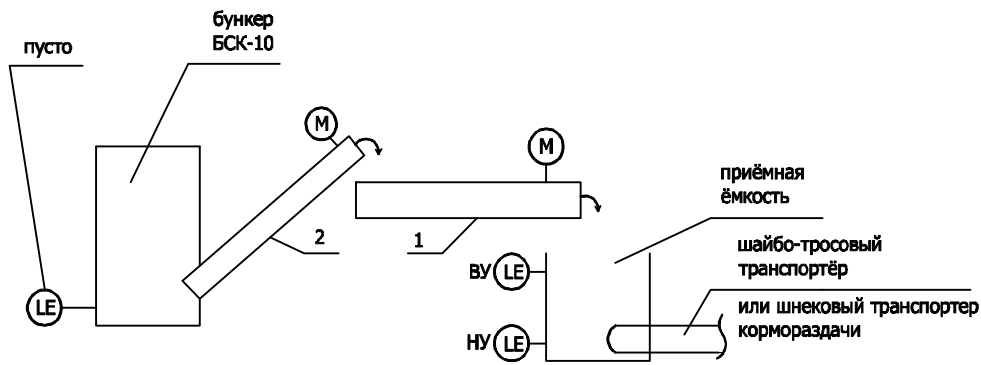
Выполнить схему управления задвижкой на канализационном коллекторе. Предусмотреть автоматическое закрытие задвижки при переполнении коллектора.



Задача № 8

Выполнить схему управления транспортерами системы заполнения кормом приемной емкости шайбо-тросового кормораздатчика клеточной батареи птичника. Предусмотреть два режима управления транспортерами подачи корма из бункера БСК-10 в приемную емкость:

- 1) местный наладочный деблокированный режим;
- 2) автоматический сблокированный режим: включение транспортеров при нижнем уровне в приемной емкости, их отключение при верхнем уровне, а также отключение при опустошении бункера БСК-10.



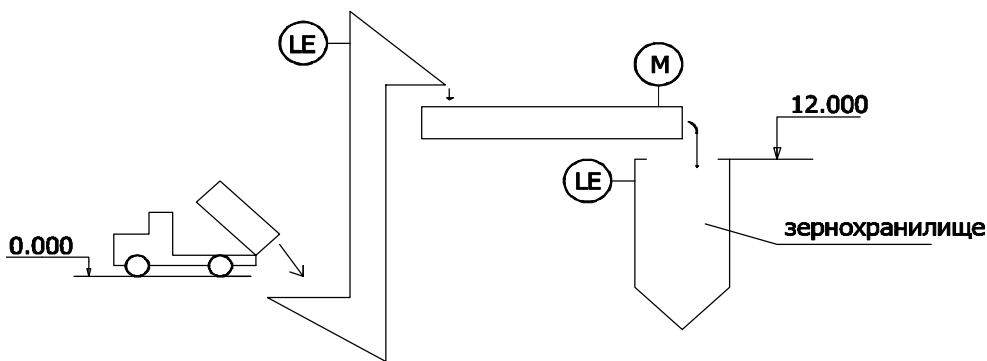
Задача № 9

Выполнить схему управления транспортером кормораздачи в клеточной батарее птичника. Предусмотреть два режима управления транспортером – ручной местный (наладочный) и автоматический: включение по суточному реле времени, отключение по весовому датчику последней кормушки.

Задача № 10

Выполнить схему загрузки зернохранилища. Из автотранспорта зерно сгружают в приемный бункер нории, норией поднимают на отметку 12.000, сыплют на транспортер, который подает зерно в емкость (бункер) зернохранилища. Обслуживающего персонала, постоянно работающего на отметке 12.000, нет. Предусмотреть два режима управления транспортером и норией:

- 1) местный наладочный с кнопками управления у приводов на отметке 12.000;
- 2) дистанционный, кнопочным постом с отметки «0», при этом система должна отключиться, если бункер зернохранилища заполнится до верхнего уровня.



Задача № 11

Выполнить схему управления компрессором холодильной машины и насосом охлаждения рубашки компрессора. Предусмотреть два режима управления приводами:

- 1) ручной (кнопками управления);
- 2) автоматический: включение компрессора при повышении температуры в холодильной камере выше $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, отключение при понижении ниже $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$;

одновременно с включением компрессора должен включиться насос охлаждения рубашки компрессора.

Компрессор не может работать без охлаждения (без насоса).

Задача № 12

Из резервуара навозных стоков навоз перекачивают насосом НЖН-200 в навозохранилище. Перед включением насоса нужно включить мешалку на определенное время (например, на 3 минуты). Выполнить схему управления насосом и мешалкой. Предусмотреть ручной (наладочный) режим работы и автоматический, зависящий от уровней стоков в резервуаре. При этом при достижении верхнего уровня в резервуаре (ВУ) должна включиться мешалка, через 3 минуты должен включиться насос, а мешалка отключиться. Насос должен работать до полной откачки навоза из резервуара (до нижнего уровня НУ в резервуаре).

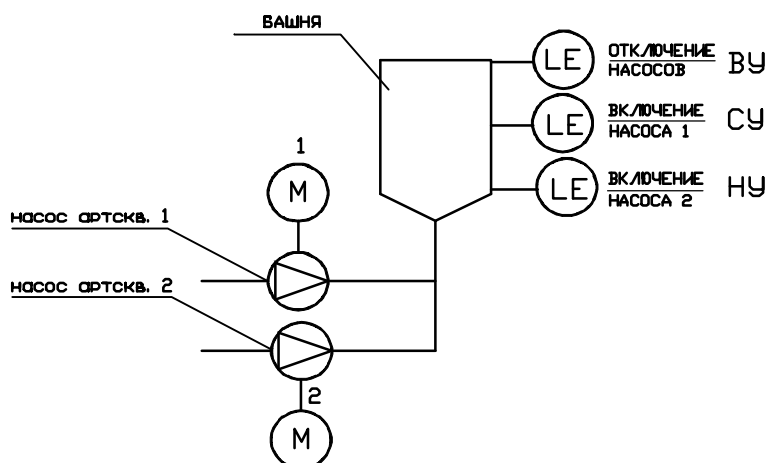
Задача № 13

Воздушный компрессор поддерживает давление воздуха в резервуаре чистой воды хозпитьевого водоснабжения. Выполнить схему управления компрессором. Предусмотреть местный (наладочный) режим и автоматический в зависимости от давления в резервуаре (включение при P_{\min} , отключение при P_{\max}).

Задача № 14

Наполнение башни производится из двух артезианских скважин.

Выполнить схему управления насосами артезианских скважин в ручном (наладочном) и автоматическом режимах в зависимости от уровня воды в башне по представленной схеме.



Пустую башню заполняют водой из двух скважин до верхнего уровня (ВУ), затем их отключают. При снижении воды до среднего уровня (СУ) включается насос первой скважины и наполняет до ВУ. Если снижение воды происходит и дальше, то при нижнем уровне (НУ) включается насос второй скважины и работают оба насоса до достижения ВУ.

Задача № 15

Опускание и подъем насоса НЖН-200 для перекачки жидкой фракции навозных стоков производится лебедкой с реверсивным приводом и контролируется концевыми выключателями: SQ1 нажат при нижнем уровне расположения насоса, SQ2 нажат при верхнем уровне расположения насоса.

Выполнить схему управления лебедкой. Для управления лебедкой предусмотреть кнопочный пост с тремя толкателями «вверх–вниз–стоп» (трехштифтовую кнопку). Включение передвижения насоса вниз и вверх, т. е. включение лебедки предусмотреть кнопками управления, остановку – концевыми выключателями SQ1, SQ2 или кнопкой «Стоп».

Содержание отчета

1. Назначение, цель и задачи работы.
2. Составить и начертить схему управления для своего варианта (по заданию преподавателя).

Помните, что на чертеже схемы должны быть приведены: схема; пояснения отдельных цепей схемы в виде таблицы справа, поясняющей назначение цепей; диаграмма замыкания контактов переключателя; перечень элементов схемы в виде таблицы с указанием места расположения аппаратов схемы: «шкаф (щит) управления», «по месту».

3. Выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Объяснить работу схемы и назначение всех элементов схемы управления насосом молока, описанной в методических указаниях по выполнению настоящей работы.

2. Объяснить работу исполнительного механизма перекидного клапана и назначение концевых выключателей.

3. Какие элементы схем управления подлежат выбору?

4. По каким условиям выбираются промежуточные реле, предусмотренные в схеме?

5. Какую диаграмму замыкания контактов переключателей применить для выбора режимов работы электрооборудования?

6. По каким основным параметрам выбирают аппараты защиты и управления. Какие характеристики подлежат расчету?

7. Как учитываются условия эксплуатации аппаратов защиты и управления?

8. Объяснить работу схемы, выполненной по индивидуальному заданию.

Лабораторная работа 6

РАЗРАБОТКА И СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ С ПРЕДПУСКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИЕЙ О ВКЛЮЧЕНИИ

Цель работы: изучить нормативные требования к проектированию схем с предпусковой сигнализацией о включении приводов механизмов.

Задачи работы: изучить предлагаемые варианты схем управления приводами с предпусковой сигнализацией, связанные с их включением, по литературе [1]. Уметь применить данные варианты схем при проектировании других схем управления механизмами. Выполнить чертеж схемы управления по заданию.

Общие сведения

В соответствии с п. 7.2.5.11 ТКП 339–2021 при наличии дистанционного или автоматического управления должна быть предусмотрена предварительная (перед пуском) сигнализация или звуковое оповещение о предстоящем пуске.

Такую сигнализацию не требуется предусматривать у механизмов:

- а) расположенных в пределах видимости с места управления;
- б) доступных только квалифицированному обслуживающему персоналу (например, вентиляторы, устанавливаемые на крышах, вентиляторы и насосы, устанавливаемые в отдельных помещениях);
- в) конструктивное исполнение механизмов исключает возможность случайного прикосновения к движущимся и вращающимся частям;
- г) аппарат местного управления механизмов имеет фиксацию команды на отключение.

Предпусковую сигнализацию можно использовать как сигнал о начале работы установки с целью предупреждения о начале технологического процесса (например, «нагружай транспортер», «открывай вентиль подачи...» и т. д.).

Задание для самостоятельной подготовки к выполнению работы

По выданному преподавателем заданию, теоретическому материалу, приведенному в настоящей главе 5, рекомендованной литературе [1], выяснить, какие аппараты управления и защиты будут применены в проекте, изучить требования к выполнению схем управления приводами при дистанционном или автоматическом управлении и составить чертеж. Подготовить форму для отчета

по лабораторной работе, привести в ней краткие сведения о целях и задачах занятия, подготовить таблицу перечня элементов схемы.

Методика выполнения работы

1. Разработку схемы управления нереверсивным электроприводом с предупредительной сигнализацией о включении рассмотреть на примерах в литературе [1] (работа 6).

2. Изучить технологический процесс, определить места расположения приводов и требования к расположению аппаратов управления и сигнализации.

3. Какие виды управления будут использованы в проекте (местное, дистанционное, автоматическое)?

4. Какой вид технологической предупредительной сигнализации использовать в проекте (световая, звуковая)?

5. Уточнить места расположения аппаратов управления и сигнализации.

6. Какие аппараты управления и защиты будут применены в проекте?

Далее следует проектировать электрическую схему.

Индивидуальные задания

Задача 1. Выполнить схему управления линией разделения навозных стоков, которая состоит из установки «ФАН», разделяющей стоки на твердую и жидкую фракции, и транспортера твердой фракции навоза (всего 2 привода).

Предусмотреть два режима управления приводами:

1) местный наладочный кнопками у приводов;

2) дистанционный – одним кнопочным постом «Пуск–Стоп» включать и отключать линию.

Расположить кнопочный пост на щите диспетчера.

Предусмотреть предупредительную сигнализацию о включении приводов в дистанционном режиме.

Задача 2. Выполнить схему управления линией дробления камней, которая состоит из транспортера подачи камней и дробилки (два привода).

Предусмотреть два режима управления:

1) местный (наладочный) кнопками, расположенными у приводов механизмов;

2) дистанционный – одним кнопочным постом «Пуск–Стоп» с поста диспетчера.

Предусмотреть предупредительную сигнализацию о включении приводов.

Содержание отчета

1. Назначение, цель и задачи работы.

2. Выполнить и начертить схему управления задачи № 1 или задачи № 2 (по заданию преподавателя).

Помните, что на чертеже схемы должны быть приведены: принципиальная схема управления; пояснения отдельных цепей схемы в виде таблицы справа, поясняющей назначение цепей; диаграмма замыкания контактов переключателя; перечень элементов схемы в виде таблицы с указанием места расположения аппаратов схемы: «шкаф (щит) управления», «по месту».

2. Выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для подготовки к защите отчета по лабораторной работе

1. Объяснить работу всех элементов разработанной схемы управления.

2. Каково назначение всех элементов разработанной схемы управления?

6. ВНУТРИПЛОЩАДОЧНЫЕ СЕТИ

6.1. Генплан объекта

Генплан объекта выполняют на топографической съемке в масштабе 1:500, 1:1000. На чертеже генплана показывают: знак «роза ветров», экспликацию зданий и сооружений, ситуационный план, кабельный журнал, ведомость опор, проектируемые здания и сооружения, проектируемые инженерные сети.

Трассы кабелей на генплане нумеруют в соответствии с номерами в кабельном журнале. Если электрические сети проложены на опорах, выполняют таблицу «Ведомость опор» (рис. 6.4). В данную ведомость записывают номера опор, их наименование, количество. Кабельный журнал выполняют по форме (рис. 6.3). Условные обозначения выносят на лист «Общие данные». Проект «Внутриплощадочные сети» (рис. 6.2) имеет марку «ЭС». Генплан объекта делается для каждой специальности: ЭС, ВК, ТХ, ТТ, ХС и др. На объект делается сводный план инженерных сетей.

6.2. Выбор воздушных и кабельных внутриплощадочных сетей

Электрические сети могут быть кабельными или воздушными. Согласно ПУЭ воздушной линией электропередачи до 1 кВ называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружений (мостах, путепроводах и т. п.).

Воздушные линии прокладываются на опорах. Воздушные линии в настоящее время рекомендуется выполнять самонесущими изолированными проводами. В зависимости от напряжения 0,4 или 10 кВ они могут быть выполнены проводами типа СИП или САПШ. Сети 0,4 кВ рекомендуется выполнять проводами СИП без отдельного несущего элемента в соответствии с требованиями ТКП 339–2021 и ТКП 385–2022. При выборе сечения провода по условиям механической прочности минимально допустимые сечения СИП на магистралях и линейных ответвлениях должны быть: СИП без отдельно несущего элемента в 1 районе по гололеду ($b_3=10$ мм) – 25 мм², во 2 районе по гололеду ($b_3=15$ мм) – 35 мм².

Сечения изолированных проводов на ответвлениях к вводам должно быть не менее 16 мм^2 , длина пролета воздушного ответвления к вводу должна быть не более 25 м, если расстояние магистрали или линейного ответвления до здания превышает 25 м, то должны устанавливаться дополнительные опоры.

ВЛ электропередачи должны размещаться так, чтобы опоры не загромождали входов в здания и въездов во дворы и не затрудняли движение транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта, опоры должны быть защищены от наезда (например, отбойными тумбами).

Климатические условия для расчета ВЛ должны приниматься в соответствии с картами климатического районирования и региональными картами по скоростному напору ветра и толщине стенки гололеда. Данные карты представлены в ТКП 339–2021.

Для ВЛ могут применяться одно- и многопроволочные провода, расчет которых на прочность должен производиться для следующих условий: при наибольшей внешней нагрузке, при низшей температуре. Для выполнения ВЛ могут применяться следующие типы опор: опоры промежуточные, анкерные, угловые, концевые, ответвительные, перекрестные ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.186-19 «Железобетонные опоры для воздушных линий электропередачи напряжением 0,4 кВ с самонесущими изолированными проводами марки СИП-4и. Технические требования».

Условные обозначения опор:

X14X2-X3xx

X1 – тип опоры: **П** – промежуточная; **ПЛ** – промежуточная линейного ответвления; **Пк** – перекрестная промежуточная; **УП** – угловая промежуточная; **О** – ответвительная; **ОА** – ответвительная анкерная; **УА** – угловая анкерная; **К** – концевая; **А** – анкерная; **КО** – концевая ответвительная.

4 – Опора для крепления провода марки СИП-4и. **X2** – Количество линий (цепей) на опоре, – одноцепная; **2** – двухцепная; **3** – трехцепная.

X3 – Тип применяемой стойки

1 – СВ95; 2 – СВ110.

xx – дополнительные характеристики опоры:

оп – с обратным подкосом; **от** – с оттяжкой; **б** – с бетонированием; **дп** – с дополнительным подкосом.

Пример. К41-1 Опора концевая, одноцепная, на базе стойки СВ95.

Правила прокладки кабельных и воздушных линий регламентируют ТКП 339–2021. Правила распространяются на линии кабельные до 220 кВ, воздушные до 1кВ и выше.

Кабельные линии прокладываются в земле (в траншее), по эстакадам, стенам зданий, на тросе. Для прокладки кабельных линий в земле, в траншее используют кабель марки АВБ_бШ_в.

Кабельная линия – это линия для передачи электроэнергии или ее отдельных импульсов, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными стопорными и концевыми муфтами и крепежными деталями, а для маслonaполненных линий, кроме того, с подпитывающими аппаратами и системой сигнализации давления масла.

На кабельных линиях применяются, как правило, бронированные кабели с пластмассовой изоляцией с алюминиевыми жилами. Рекомендуется использование бронированных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, имеющих более высокую термическую стойкость.

Кабельный ввод 0,4 кВ в здание рекомендуется выполнять сечением жил не менее 16 мм².

Выбранные провода и кабели должны быть проверены на:

- допустимые отклонения напряжения у потребителя;
- допустимые токовые нагрузки по условию нагрева в нормальном и послеаварийном режимах;
- обеспечение надежного срабатывания защиты при к. з.;
- пуск асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором;
- термическую устойчивость к токам к. з. (кабели с пластмассовой изоляцией и СИП, защищаемые плавкими вставками или автоматическими выключателями с тепловыми расцепителями).

6.2.1. Общие требования при проектировании кабельных линий

1. Проектирование кабельных линий должно производиться на основе технико-экономических расчетов с учетом развития сети, ответственности и назначения сети, характера трассы, способа прокладки, конструкции кабелей и т. п.

2. При выборе трассы кабельной линии следует, по возможности, избегать участков с грунтами, агрессивными по отношению к металлическим оболочкам кабелей.

3. Над подземными кабельными линиями в соответствии с действующими правилами охраны электрических сетей должны устанавливаться охранные зоны в размере площадки над кабелями:

- для кабельных линий выше 1 кВ – по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей;

– для кабельных линий до 1 кВ – по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей, а при прохождении линии в городах под тротуарами – на 0,6 м в сторону зданий и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

4. Трасса кабельной линии должна выбираться с учетом наименьшего расхода кабеля, обеспечения его сохранности при механических воздействиях, обеспечения защиты от коррозии, вибрации, перегрева и от повреждений соседних кабелей электрической дугой при возникновении короткого замыкания на одном из кабелей. При размещении кабелей следует избегать перекрещивания их между собой, с трубопроводами и пр.

5. Кабельные линии должны выполняться так, чтобы было исключено возникновение в них опасных механических напряжений и повреждений.

Для чего:

– кабели должны быть уложены с запасом по длине, достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей и конструкций, по которым они проложены;

– кабели, проложенные горизонтально по конструкциям, стенам и т. п., должны быть жестко закреплены в конечных точках, у соединительных и стопорных муфт, с обеих сторон изгибов;

– кабели, расположенные в местах, где возможны механические повреждения, должны быть защищены по высоте на 2 м от уровня пола или земли и на 0,3 м в земле;

– открытая прокладка кабельных линий должна производиться с учетом непосредственного воздействия солнечного излучения. При прокладке кабелей на географической широте более 65 защита от солнечного излучения не требуется.

6.3. Прокладка кабельных линий в земле

Выбор способов прокладки

При выборе способов прокладки силовых кабелей необходимо руководствоваться следующим:

1. При прокладке кабелей в земле рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести кабелей. При большем количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 м или в каналах, туннелях, по эстакадам (при количестве кабелей, идущих в одном направлении, более 20). Кабели для электроприемников 1 категории

надежности электроснабжения прокладывают в разных траншеях. Расстояние между траншеями 1 м.

2. Прокладка кабелей в блоках применяется в местах пересечений с железнодорожными путями, а также под дорогами. Кабельную канализацию проектируют как телефонную с колодцами для осмотра кабелей и ремонтных работ. При пересечении дорог кабели защищают асбоцементными (а/ц) трубами ГОСТ 3262–75 (изм. 1992) или полиэтиленовыми ГОСТ Р51613–2000.

3. На территориях промышленных предприятий кабельные линии должны прокладываться в земле в траншеях, туннелях, блоках, по эстакадам, стенам зданий.

4. В городах и поселках одиночные кабельные линии следует, как правило, прокладывать в земле (в траншеях) по непроезжей части улиц (под тротуарами), по дворам и техническим полосам в виде газонов.

Выбор кабелей

Для кабельных линий, прокладываемых в земле или воде, должны применяться преимущественно бронированные кабели.

Кабели с другими конструкциями внешних защитных покрытий (небронированные) должны обладать необходимой стойкостью к механическим воздействиям при прокладке во всех видах грунтов, при протяжке в блоках и трубах.

При смешанной прокладке (земля – кабельное сооружение или производственное помещение) рекомендуется применение тех же марок кабелей, что и для прокладки в земле, но без горючих наружных защитных покровов. Для открытой прокладки не допускается применять кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией.

6.4. Пересечение и сближение воздушных и кабельных линий с внутриплощадочными инженерными коммуникациями

1. При прокладке кабельных линий в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли. Кабели на всем протяжении должны быть защищены от механических повреждений путем покрытия глиняным обыкновенным кирпичом в один слой поперек трассы кабелей. Кабели до 1 кВ должны иметь такую защиту лишь на участках, где вероятны механические повреждения (например, в местах частых раскопок). Допускается не защищать от механических повреждений, но при этом использовать сигнальную ленту по согласованию с РЭС.

2. Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки должна быть не менее 0,7 м; при пересечении улиц и площадей – 1 м, по пахотным землям – 1 м.

3. Расстояние в свету от кабеля, проложенного непосредственно в земле, до фундаментов зданий и сооружений должно быть не менее 0,6 м.

Прокладка кабелей непосредственно в земле **под фундаментами зданий и сооружений не допускается.**

4. При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали между кабелями должно быть не менее:

100 мм между силовыми кабелями;

500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями.

5. При прокладке кабельных линий в зоне насаждений расстояние от кабелей до стволов деревьев должно быть не менее 2 м, кустарников – 0,75 м.

6. При параллельной прокладке расстояние от кабельных линий до трубопроводов, водопровода, канализации должно быть не менее 1 м, газопроводов – не менее 1 м, до теплопроводов – 2 м.

Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами – не допускается!

7. При прокладке кабельной линии параллельно с железными дорогами кабели должны прокладываться, как правило, вне зоны отчуждения. Расстояние от кабеля до оси пути железной дороги должно быть не менее 3,25 м, а для электрифицированной дороги – не менее 10,75 м.

8. При прокладке кабельной линии параллельно с автомобильной дорогой кабели должны прокладываться на расстоянии не менее 1 м от бровки или не менее 1,5 м от бордюрного камня.

9. При пересечении кабельными линиями других кабелей они должны быть разделены слоем земли толщиной не менее 0,5 м. При защите трубами – 0,15 м + 1 м в каждую сторону. При пересечении трубопроводов – 0,5 м + 2 м в каждую сторону.

При проектировании кабельных линий в земле используют типовой проект Арх. № 1. 10503 ТМ «Прокладка силовых кабелей напряжением до 10 кВ в траншеях». В данном типовом проекте приведены данные о типах траншей, потребностях земли, песка, кирпича, а также типовые решения при пересечениях кабелей с инженерными коммуникациями, вводы в здания, пикеты по трассе в ненаселенной местности.

6.5. Концевые и соединительные муфты для кабелей напряжением до 1 кВ

Для подключения кабелей 16 мм²–240 мм² к вводно-распределительным устройствам, силовым шкафам применяют концевые муфты, а также при прокладке кабелей, если строительная длина кабелей меньше чем длина трассы, в случаях повреждений кабелей при к. з., используют соединительные муфты. В настоящее время для силовых кабелей на напряжение до 1кВ широкое распространение в республике получили кабельные муфты, выполненные на основе термоусаживаемых материалов, которые имеют существенное преимущество по сравнению с муфтами на основе заливочных компаудов и изоляционных обмоточных материалов. Применение в конструкции термоусаживаемых сшитых полимеров (полиэтилена, поливинилхлорида), позволяет обеспечить полную герметизацию муфты, хорошие изоляционные свойства, а также значительно сократить время монтажа муфты.

Концевые термоусаживаемые муфты до 1 кВ (рис. 6.1) выпускают двух видов: внутренней и наружной установки.

1) внутренней установки для оконцевания кабелей, подключаемых внутри помещений;

2) наружной установки, для оконцевания кабелей, подключаемых вне помещений. Муфты наружные устанавливаются на открытом воздухе, в т. ч. в качестве мачтовых. Муфты используют для кабелей с количеством жил 3, 4, 5.

Типы муфт:

концевые: 3ПКВ(Н)Тп-(16–240)-1, 4ПКВ(Н)Тп-(16–240)-1, 5ПКВ(Н)Тп-(16–240)-1;

соединительные: 3ПСТп-(16–240)-1, 4ПСТп-(16–240)-1, 5ПСТп-(16–240)-1.

Пример: X₁X₂X₃X₄X₅X₆X₇(X₈)-X₉-1:

X₁ – количество жил; X₂ – П – пластмассовая (без обозначения – бумажная);

X₃. КВ (КН) – концевая для внутренней (КН – для наружной) С – соединительная;

X₄ – т – термоусаживаемый материал;

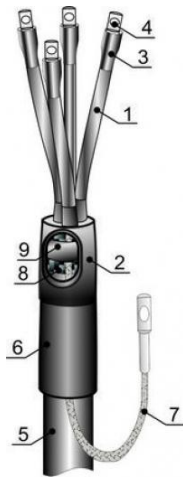
x₅ – п – материал муфты, п – полиэтилен;

x₆ – б – болтовой соединитель или болтовой наконечник; x₇ – п – пайка;

x₈ – бр – при наличии брони;

X₉ – сечение жил кабеля (16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240);

1 – номинальное напряжение.



- 1 – трубка для изолирования жил кабеля;
- 2 – термоусаживаемая перчатка;
- 3 – трубка-манжета для герметизации наконечников;
- 4 – наконечник болтовой, под опрессовку или пайку;
- 5 – кабель;
- 6 – манжета, бандажирующая узел заземления;
- 7 – провод заземления с наконечником;
- 8 – контактная пластина (терка);
- 9 – пружина ППД

Рис. 6.1. Муфта концевая термоусаживаемая, напряжением 1 кВ

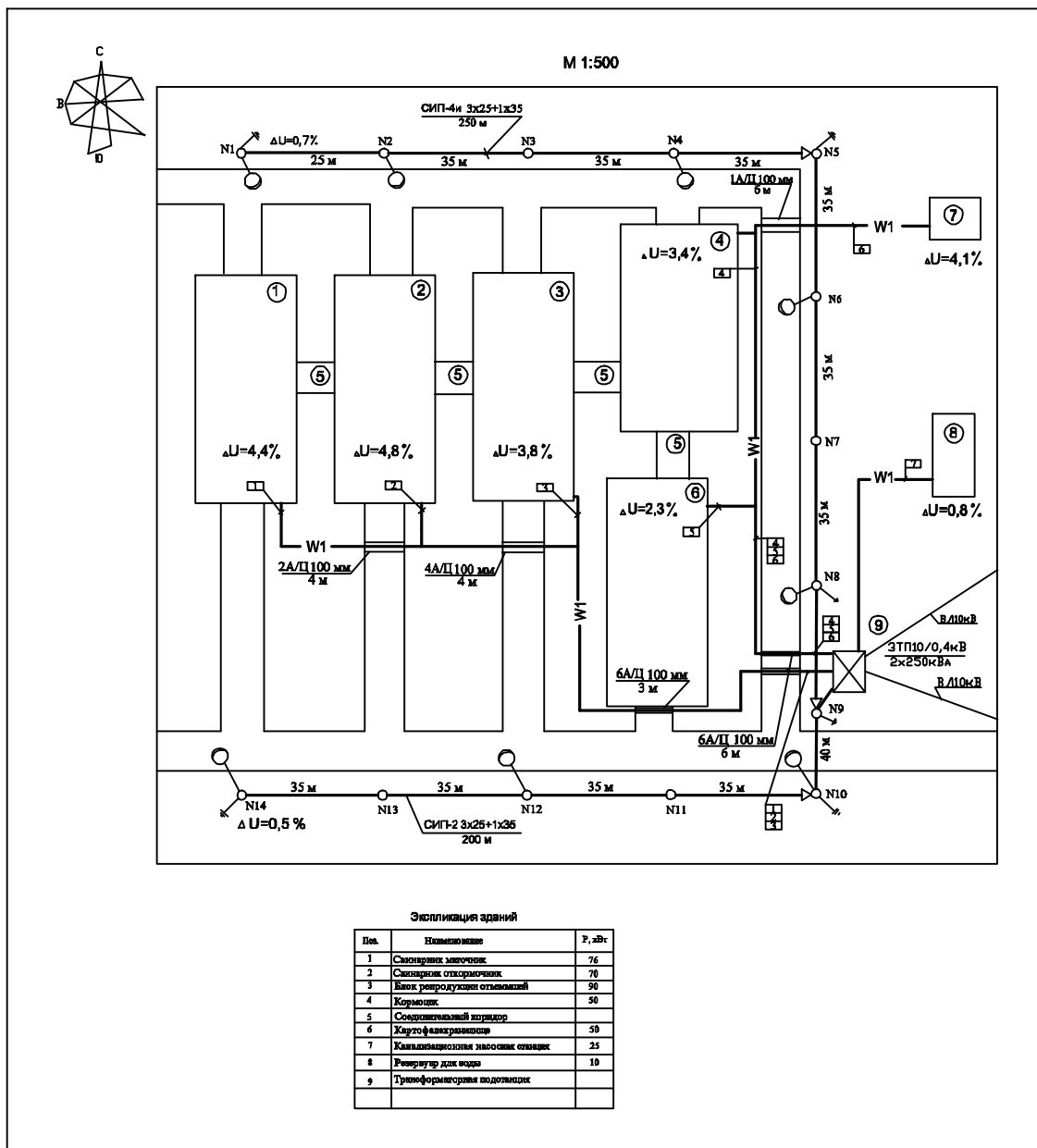


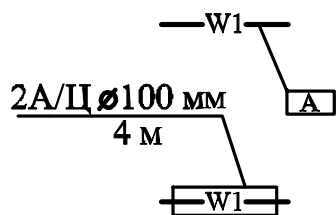
Рис. 6.2. Образец листа «План прокладки внутриплощадочных сетей»

Кабельный журнал

№ ка-бе-ля	Направление кабеля				Напря-жение, В	Марка	Сечение и число жил	Прокладка кабеля					
	Откуда	№ по пл.	Куда	№ по пл.				В трубе		В тран-шее, не-посредств., м	В зда-нии, м	По опоре, м	Всего, м
								Длина, м	Диаметр, мм				
1	Трансформаторная подстанция	11	Сварник-маточник	1	1000	АВБ6ШВ	2(4x50)	2(25)	100	170	10	-	180
2	Трансформаторная подстанция	11	Сварник-откормочник	2	1000	АВБ6ШВ	2(4x50)	2(20)	100	140	10	-	150
3	Трансформаторная подстанция	11	Блок репродукции отъемышей	3	1000	АВБ6ШВ	2(4x70)	2(15)	100	123,5	1,5	-	130
4	Трансформаторная подстанция	11	Кормоцех	4	1000	АВБ6ШВ	2(4x50)	2(5)	100	140	10	-	150
5	Трансформаторная подстанция	11	Картофелехранилище	6	1000	АВБ6ШВ	2(4x50)	2(10)	100	90	10	-	100
6	Трансформаторная подстанция	11	Канализационная насосная станция	7	1000	АВБ6ШВ	2(4x25)	2(10)	100	175	5	-	180
7	Трансформаторная подстанция	11	Резервуар для воды	8	1000	АВБ6ШВ	4x25	-	-	58,5	1,5	-	60
10	40	10	40	10	20	30	35	15	15	20	10	15	20

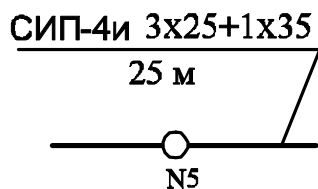
Рис. 6.3. Образец оформления кабельного журнала

Условные графические обозначения



Кабель напряжением до 1 кВ, прокладываемый в траншее

А – номер трассы по кабельному журналу



Кабель напряжением до 1 кВ, прокладываемый в траншее в трубе/количество, марка и диаметр трубы/длина трубы (м)



ВЛ 0,4 кВ на опорах, марка, сечение провода/длина пролета (м)/ N5 – номер опоры



Светильник уличного освещения на опоре

Заземление опор

	Тип опор	Номер опоры по генплану	К-во
1	Промежуточная П41-1	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13	10
2	Угловая УП41-1	5,10	2
3	Концевая К41-1	1,14	2

Рис. 6.4. Образец оформления ведомости опор и условные графические обозначения

Контрольные вопросы и задания

1. Что является основой для чертежа генплана?
2. В каком масштабе выполняют чертеж генплана?
3. Что показывают на чертеже генплана?
4. Дайте определение воздушной линии.
5. Какими проводами выполняют сети ВЛ-0,4кВ?

6. Назовите сечение СИП по условиям механической прочности для I и II района по гололеду.
7. Назовите сечения СИП на ответвлениях к вводам.
8. Какие опоры предназначены для электропередач напряжением 0,4 кВ с самонесущими изолированными проводами марки СИП-4и?
9. Дайте определение кабельной линии.
10. Какие кабели используют для прокладки в земле. Назовите марку кабеля?
11. Назовите условия проверки выбранных проводов и кабелей.
12. Какие требования учитывают при проектировании и прокладке кабельных линий в земле?
13. Какое количество кабелей допускается прокладывать в одной траншее?
14. Назовите требование при прокладке кабелей в земле для электроприемников I категории надежности электроснабжения.
15. Чем защищают кабели при прокладке в земле от механических повреждений?
16. Назовите глубину заложения кабелей в земле.
17. Допускается или нет прокладка кабелей над и под трубопроводами, под фундаментами зданий и сооружений?
18. Для чего предназначены кабельные концевые и соединительные муфты?
19. Какие муфты используют в настоящее время?

Лабораторная работа 7

РАЗРАБОТКА ПЛАНА ВНУТРИПЛОЩАДОЧНЫХ СЕТЕЙ

Цель работы: изучить основные принципы разработки планов внутриплощадочных сетей.

Задачи работы:

1. Освоить методику построения планов внутриплощадочных сетей.
2. Выполнить план внутриплощадочных сетей, привести условные графические обозначения, заполнить кабельный журнал.

Общие сведения

При проектировании внутриплощадочных сетей по изложенному теоретическому материалу в главе 6 и литературе [1] (работа 9) выполняется чертеж генерального плана объекта. Генплан объекта выполняется на топографической съемке в масштабе 1:500 (1:1000) с нанесением существующих и проектируемых зданий, сооружений, подъездных дорог, зеленых зон, инженерных коммуникаций и электрических сетей.

Правила прокладки кабельных и воздушных линий (ВЛ) регламентируются ТКП339–2021 и распространяются на линии кабельные до 220 В и ВЛ напряжением до 1 кВ и выше 1 кВ.

Задание для самостоятельной подготовки

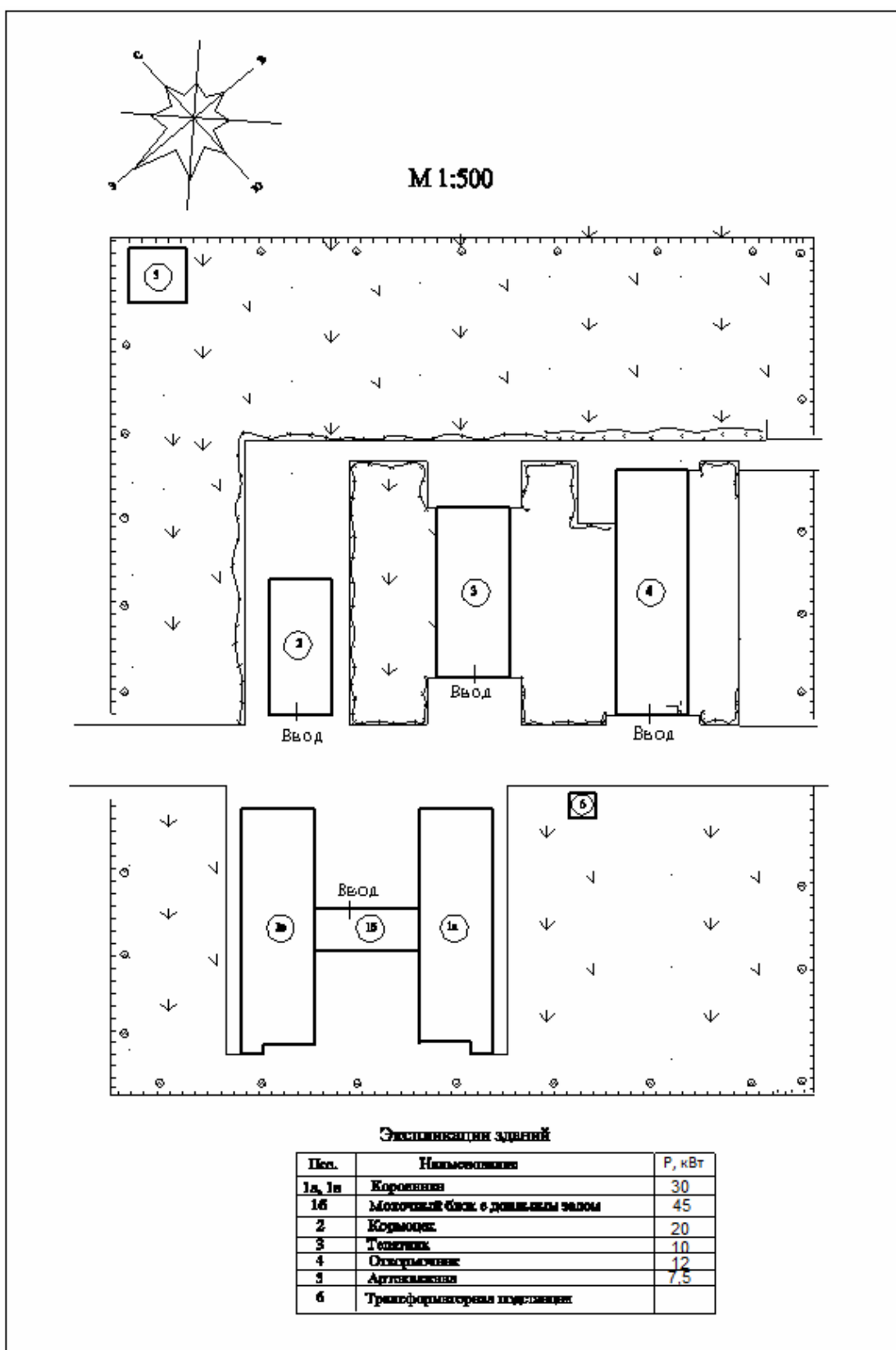
По теоретическому материалу, приведенному в главе 6, изучить требования нормативных материалов по прокладке кабелей на планах внутриплощадочных сетей. В соответствии с требованиями ниже приведенного подраздела «Содержание отчета» подготовить отчет по лабораторной работе в соответствии с изученным теоретическим материалом, привести в нем краткие сведения о цели и задачах занятия, выполнить план внутриплощадочных сетей, заполнить кабельный журнал.

Методика выполнения работы

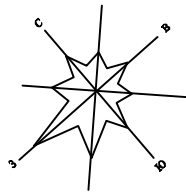
1. По приведенному теоретическому материалу изучить требования по прокладке кабелей на планах внутриплощадочных сетей, начертить план внутриплощадочных сетей по объекту.
2. Заполнить кабельный журнал (рис. 6.3); привести примененные условные графические обозначения (рис. 6.4).
3. Оформить отчет и подготовить его к защите.

Индивидуальные задания

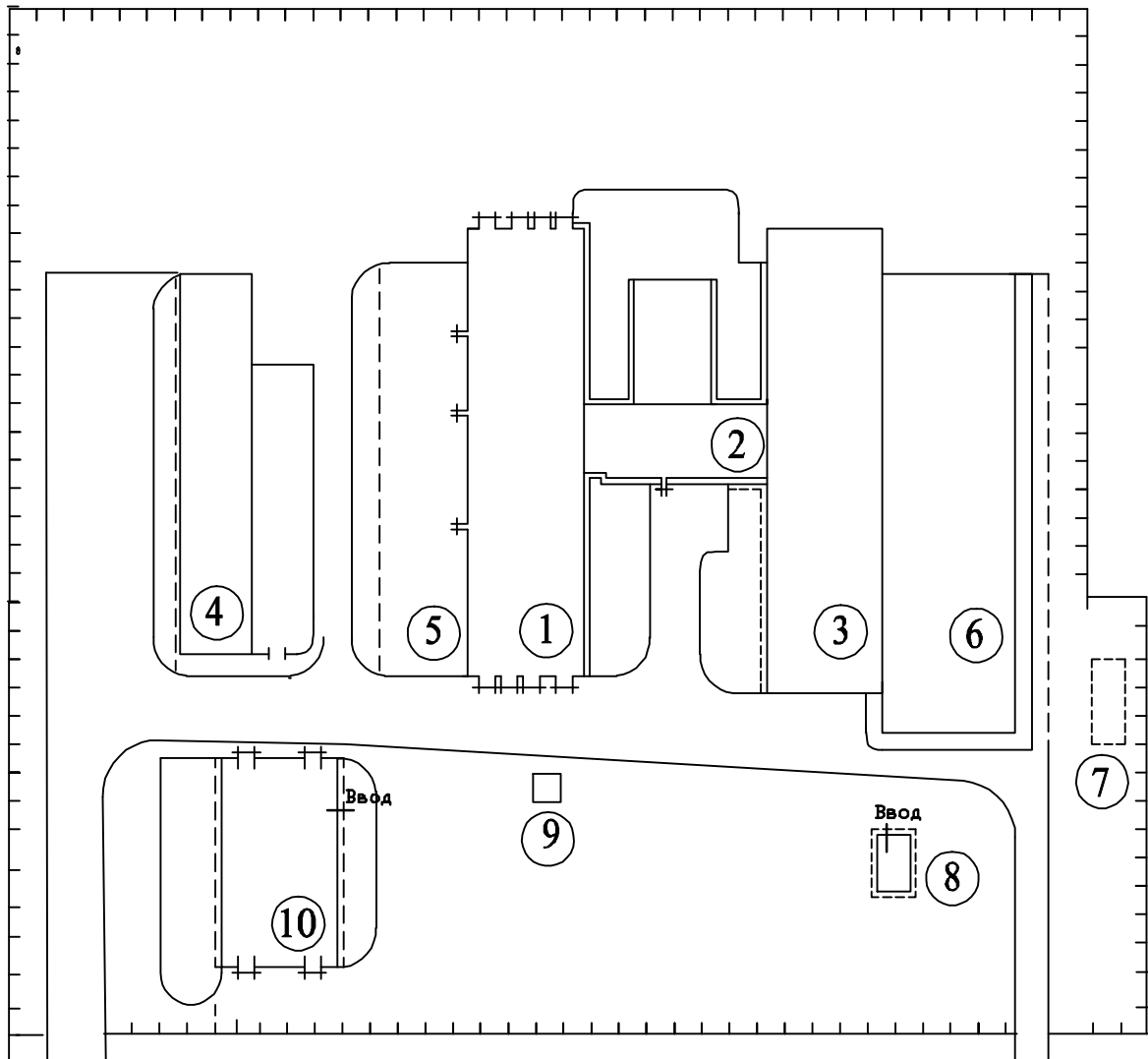
Задание 1



Задание 2



М 1:500



Экспликация зданий

Поз.	Наименование	Р, кВт
1	Телятник № 1	25
2	Телятник № 2	25
3	Телятник № 3	25
4	Телятник № 4	25
5, 6	Выгулы с бетонным покрытием	
7	Септик	
8	Насосная станция	15
9	Трансформаторная подстанция	-
10	Кормопех	55

Содержание отчета

1. Назначение, цель и задачи работы.
2. Краткие сведения о требованиях к прокладке кабелей внутриплощадочных сетей.
3. План внутриплощадочных сетей, кабельный журнал.
4. Выводы по результатам проделанной работы.

Вопросы для подготовки к защите отчета по лабораторной работе

1. Что называется кабельной линией?
2. Каковы общие требования к проектированию кабельных линий?
3. Какие марки кабелей применяются для прокладки кабельных линий?
4. Как прокладываются кабельные линии в земле?
5. Как выполняются воздушные линии, какие типы проводов применяются для выполнения ВЛ?

7. СОСТАВЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ. СМЕТЫ

7.1. Технико-экономическое обоснование принятых решений по выбору силового оборудования в электроустановках

Принятие тех или иных проектных решений зависит от детальной проработки требований нормативных документов, проекта обоснования инвестиций в строительство, места размещения объекта, оценки текущего состояния производства и потребления намечаемой к выпуску продукции, а также других факторов. Технико-экономическое обоснование принятых проектных решений реализуют в архитектурном проекте, определяя предварительную стоимость объекта строительства по сметам объектов-аналогов. Окончательную стоимость строительства определяют по рабочим чертежам строительного проекта, используя спецификации изделий, оборудования и материалов для составления смет.

7.2. Составление спецификаций, опросных листов на отдельные виды электрооборудования и приборов

Спецификации выполняются в соответствии с ГОСТ 21.110–2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения спецификации оборудования изделий и материалов». Составление спецификаций является завершающей стадией при проектировании того или иного раздела проекта. Спецификацию оборудования изделий и материалов составляют по основе рабочих чертежей проекта. В каждом основном комплекте рабочих чертежей любого раздела проекта прилагаются спецификации. Спецификации составляются по форме и в соответствии с ГОСТ. В спецификации выделяют разделы: «поставка заказчика» (оборудование и материалы), «поставка подрядчика» (изделия и монтажные материалы). «Спецификации» выполняются на листе формата А3 в соответствии с формой ГОСТ.

В раздел «Оборудование и материалы, поставляемые заказчиком» электротехнической части проекта включают: оборудование (распределительные устройства, силовые шкафы, магнитные пускатели, автоматические выключатели, силовые трансформаторы, низковольтные шкафы трансформаторных подстанций, кнопки, кабели, провода и т. д.), т. е. оборудование, которое запроектировано в данном комплекте чертежей.

В раздел «Изделия и материалы, поставляемые подрядчиком», включают: электромонтажные изделия и материалы, предназначенные для монтажа оборудования, прокладки проводов и кабелей. Лотки, трубы, ящики, силовые, опоры, линейную арматуру, металл (уголки, сталь и т. п.).

Графы спецификации заполняются в следующем порядке:

Графа 1 «Позиция» – проставляют позицию оборудования, которая соответствует обозначению на схемах принципиальных и на плане расположения оборудования и прокладки кабеля.

Графа 2 «Наименование и техническая характеристика» – приводят наименование оборудования и его технические характеристики (напряжение, ток, тип устанавливаемых аппаратов в силовых шкафах, уставки аппаратов защиты, степень защиты оболочки, климатическое исполнение оборудования и другие данные, необходимые для заказа и покупки данного оборудования).

Например, пускатель электромагнитный $U_H=380$ В, $U_K=220$ В, степень защиты IP54, с тепловым реле РТЛ1004 пределы регулирования 0,38-0,65А в комплекте с приставкой ПКЛ220.

Графа 3 «Тип, марка, обозначение документа, опросного листа»: записывают тип оборудования, марку, технические условия (ТУ) или ГОСТ на оборудование, изделие, номер опросного листа, если изделие изготавливается индивидуально, приводят марку чертежа или ссылку по «типу оборудования» с указанием типа данного оборудования.

Графа 4 «Код оборудования, изделия, материала»: код по классификатору сейчас не заполняют.

Графа 5 «Завод-изготовитель»: указывают изготовителя данного оборудования, можно указать адрес.

Графа 6 «Единица измерения»: наименование единицы измерения (шт, м, м³, кг, т, км).

Графа 7 «Количество»: общее количество по проекту оборудования и материалов.

Графа 8 «Масса единицы, кг»: указывают вес – кг 1 п. м. (металлических труб, металлических конструкций).

Графа 9 «Примечание»: заполняют, (если есть какие-то специальные дополнения, указания).

На первом листе спецификаций заполняется угловой штамп с указанием объекта, раздела проекта, проектируемой организации и подписи: главный инженер проекта (ГИП), начальник отдела, нормоконтроль, главный специалист, исполнитель, проверил, общее количество листов.

Последующие листы оформляются штампом только с номером объекта и количеством последующих листов.

Опросные листы. Ведомость объемов строительных и монтажных работ

Опросные листы обычно выполняют при проектировании трансформаторных подстанций, вводно-распределительных устройств, контрольно-измерительных приборов (КИП). Заполняют опросные листы по форме, установленной заводами-изготовителями.

В опросных листах указываются данные, необходимые для комплектации данного оборудования, ввиду того, что, например, автоматические выключатели имеют многообразную шкалу расцепителей, трансформаторы тока бывают различных модификаций, с различными токами вторичных обмоток, конструктивными типами их установки и т. д. В опросных листах указывают конкретные данные запроектированных аппаратов защиты, измерения, сечения подключаемых кабелей. По опросным листам заказчик заказывает оборудование, выставляет на тендер, если это требуется. При поставке оборудования опросный лист прикладывается к технической документации на оборудование.

Если при комплектации и изготовлении оборудования происходит замена его по тем или иным причинам, то данная замена в установленном порядке согласовывается с проектной организацией или заказчиком. Если проектная организация что-то меняет в проекте, то изменения вносятся в опросные листы и выдаются заказчику, который ставит в известность производителя и заменяет опросный лист.

Ведомость объемов строительных и монтажных работ

Ведомость объемов строительно-монтажных работ выполняют обычно в разделе проекта «Внутриплощадочные сети». Ведомость выполняют на листе формата А4 по форме (см. рис. 6.2, глава 6).

В ведомости указывают:

1. Строительную длину кабельных сетей и способы их прокладки, если в траншее, то количество проложенных кабелей в зависимости от типа траншеи. Тип траншеи определяется в зависимости от количества проложенных кабелей в траншее по типовому проекту Арх. №1.105.03тм «Прокладка силовых кабелей напряжением до 10 кВ в траншеях». Длина кабелей и способ прокладки даны при проектировании внутриплощадочных сетей в кабельном журнале.

Из спецификации проекта «ЭС» включаются все материалы и оборудование в ведомость объемов строительных и монтажных работ. Объем материалов

для восстановительных работ, связанных с нарушением благоустройства при прокладке кабелей или других монтажных работ, включают в спецификацию и ведомость объемов.

7.3. Сметы: локальные, объектные, сводные

Для определения финансовых затрат, а также материальных ресурсов на строительство проектируемого объекта, разрабатываются сметы. Сметы являются неотъемлемой частью проектно-сметной документации (ПСД).

Сметы бывают: 1) локальные; 2) объектные; 3) сводные.

Локальные сметы – это сметы на отдельные виды работ. Например, освещение мастерской, силовое оборудование коровника, отопление свинарника и т. п.

Объектные сметы – это сводка (сумма) локальных смет по отдельному зданию, сооружению. Например, объектная смета на коровник, КЗС и т. д.).

Сводные сметы – это сводка (сумма) объектных смет по предприятию. Например, МТФ – в сводную смету включены объектные сметы всех зданий фермы, всех сооружений (ТП, КНС, очистные сооружения, навозохранилища и т. д., а также сметы по сетям – водопровод, канализация, электроснабжение).

Объем работ при проектировании объектов, на разработку смет составляет примерно 8 %–10 % от всего объема на ПСД.

По каждому профилю работ имеются специалисты сметчики, которые составляют данные сметы. Сметы составляют на основании ценников, прейскурантов, руководящих указаний и других нормативно-справочных материалов.

Ценники на строительные-монтажные работы «Ресурсно-сметные нормы на монтаж оборудования» включают различные сборники. Для разделов проекта по силовому оборудованию, освещению, автоматизации, связи, электроснабжению используют следующие сборники: **8** – «Электротехнические работы», **10** – «Оборудование связи», **11** – «Электромонтажные монтажные работы по автоматизации».

Прейскуранты служат для определения стоимости оборудования и материалов. Смета составляется по трем разделам:

1. Строительные работы.
2. Монтажные работы (включают стоимость оборудования, материалов, монтаж оборудования и материалов).
3. Материалы (не учтенные ценником, стоимость материалов).

Основными документами для составления смет являются спецификации, чертежи принципиальных схем распределительной и питающей сети, планы

с расположением оборудования, опросные листы, ведомости объемов строительных и монтажных работ. Расчет смет в настоящее время выполняют с использованием ЭВМ по программе СИС-6.3, 4.4 и др. В настоящее время сметы составляются в ценах 2006 г.

По окончании расчетов к стоимости монтажных работ применяется коэффициент индексации на соответствующие затраты. Индексы регулярно рассчитываются и печатаются в информационных материалах (газета, журнал). Индексы разрабатываются Министерством строительства и архитектуры Республики Беларусь, согласовываются с Министерством финансов и Минэкономики. Сметные расчеты передаются заказчику в составе проектно-сметной документации.

Локальные сметы подписывает сметчик-проектировщик.

Объектные и сводные – ГИП и начальник сметного отдела.

В сметах оцениваются не только зарплата основных рабочих на производство конкретных работ, но и затраты на эксплуатацию машин, механизмов, применяемых при выполнении работ, включая зарплату рабочих, обслуживающих эти машины, а также средства на непредвиденные работы и затраты (в процентном отношении от стоимости строительно-монтажных работ по объекту). Для определения стоимости строительства для технико-экономического расчета сметы составляются по проектам – аналогам, т. е. для того чтобы определить целесообразность строительства объекта, используются укрупненные показатели, делается расчет ТЭО.

Разработка листа «Общие данные»

Лист «Общие данные» выполняется в соответствии с ГОСТ 21.101–97 «Основные требования к проектной и рабочей документации». Является первым листом комплекта рабочих чертежей проекта. Данный лист содержит следующие данные по рабочим чертежам: ведомость основных комплектов рабочих чертежей; ведомость основного комплекта рабочих документов; ведомость ссылочных и прилагаемых документов; условные обозначения; общие указания; основные показатели проекта.

«Ведомость основных комплектов рабочих чертежей» по электрической части проекта включает комплекты, которые разработаны в данной части.

В графе «Обозначение» записывают номер комплекта и марку основных комплектов рабочих чертежей

В графе «Наименование» записывают название комплекта рабочих чертежей. Марки основных комплектов чертежей:

ЭМ – электрооборудование силовое
ЭО – электроосвещение внутреннее
ЭН – электроосвещение наружное
ЭС – сети внутривозрадные
ЭП – электроснабжение. Подстанции
ЭК – линии электропередачи кабельные
А – автоматизация
ЭГ – молниезащита и заземление

«Ведомость чертежей основного комплекта» включает общие данные по рабочим чертежам, чертежи и схемы, предусмотренные соответствующими стандартами СПДС. Основным комплект рабочих чертежей любой марки может быть разделен на несколько основных комплектов той же марки по любому признаку с добавлением к ней порядкового номера. «Ведомость ссылочных и прилагаемых документов» составляют по разделам: ссылочные документы; прилагаемые документы.

Ссылочные документы

Существует (разработана головными проектными организациями) серия «Типовые детали и узлы», в которой детально разработаны конструкторские чертежи установки электротехнического оборудования и чертежи монтажа электроконструкций.

В раздел «Ссылочные документы» включают следующие документы, на которые приведены ссылки в рабочих чертежах:

- типовых конструкций изделий и узлов с указанием наименования и обозначения серии, выпусков;
- стандарты, в состав которых включены чертежи для изготовления изделий, с указанием их наименования и обозначения.

Например: тип серии А26-94 «Прокладка кабелей и проводов на лотках типа НЛ» включает узлы крепления лотков на прямых участках, на поворотах, обход колонн, подъемы и спуски с одной отметки на другую, проходы и т. д. Сюда же входят монтажные материалы: стойки, полки, уголки, метизы, болты, гайки, шайбы, прокладки и т. д.

Прилагаемые документы

В раздел «Прилагаемые документы» включают документы, разработанные в дополнение к рабочим чертежам основного комплекта. Прилагаемыми документами являются: спецификация оборудования; опросные листы на обо-

рудование; ведомость потребности в материалах; другая документация, предусмотренная соответствующими стандартами.

Условные обозначения, не установленные государственными стандартами и значения которых не указаны на других листах основного комплекта рабочих чертежей.

Общие указания содержат:

- основание для разработки рабочих чертежей;
- запись о том, что технические решения, принятые в рабочих чертежах, соответствуют требованиям действующих норм и правил и обеспечивают безопасность людей при эксплуатации объекта при соблюдении рабочими чертежами мероприятий;
- другие необходимые указания.

В общих указаниях не следует повторять технические требования, помещенные на других листах основного комплекта рабочих чертежей и давать описания принятых в рабочих чертежах технических решений.

Пример оформления листа «Общие данные» приведен на рис. 7.1, образец листа «Спецификация оборудования» – на рис. 7.2, образец листа «Ведомость объемов строительных и монтажных работ» – на рис. 7.3.

Контрольные вопросы и задания

1. Что является основанием для принятия решений по выбору силового оборудования электроустановки?
2. Для чего предназначены спецификации. В соответствии с каким документом выполняются спецификации?
3. Какие разделы содержат спецификации?
4. Для чего предназначен опросный лист?
5. Для какого раздела проекта выполняется «Ведомость объемов строительных и монтажных работ»?
6. Назовите назначение смет.
7. Из каких разделов состоит смета?
8. Что оценивается в сметах кроме зарплаты основных рабочих на производство конкретных работ?
9. В ценах какого года составляют сметы в настоящее время?
10. Назовите содержание листа «Общие данные».

ОБРАЗЕЦ ЛИСТА "ОБЩИЕ ДАННЫЕ"

Ведомость основных комплектов рабочих чертежей	
Обозначение	Наименование
02.68.XXX-ЭМ	Силовое электрооборудование
02.68.XXX-ЭМ1	Щит управления
6000	9500
1500	3000

Ведомость рабочих чертежей основного комплекта ЭМ		
Лист	Наименование	Примечание
1	Общие данные	
2	Схема принципиальная питающей и распределительной сетей ~ 380/220 В	
3	План расположения электрооборудования и электропроводок	
1500	14000	3000

Ведомость ссылочных и прилагаемых документов	
Обозначение	Наименование
	Ссылочные документы
A10-83	Заземление и зануление электроустановок.
A26-84	Прокладка кабелей и проводов на лотках типа НЛ.
	Прилагаемые документы:
02.68.XXX-ЭМ.С	Спецификация оборудования, изделий и материалов, (на х. листах)
6000	9500
1500	3000

Условные обозначения, не установленные государственными стандартами

Общие указания

- Напряжение сети принято ~380/220 В.
- Система заземления TN-C-S. В качестве ГЗШ принята шина РЕ вводного устройства (ВРУ).
- Проход кабелей сквозь стены выполнять в отрезках стальных труб с уплотнением составом УСП-65.
- Заземление выполнить согласно ПУЭ и ГОСТ 30331.95 "Электроустановки зданий".

Основные показатели

Расчетная нагрузка, кВт	Установленная мощность, кВт		Коэф. фид. электр. энергии (кВт·ч)	Годовой расход электр. энергии (кВт·ч)
	в том числе по группам электроприемников	Всего		
Всего	по группам электроприемников	1500	1000	2500
	вентиляционная электротеплос.			
1	2	1500	1750	1500
2	электротеплос.	1750	1500	1500
3	электротеплос.	1500	1500	1500
4	электротеплос.	1500	1500	1500
5	электротеплос.	1500	1500	1500
6	электротеплос.	1500	1500	1500
7	электротеплос.	1500	1500	1500
8	электротеплос.	1500	1500	1500
9	электротеплос.	1500	1500	1500
10	электротеплос.	1500	1500	1500
11	электротеплос.	1500	1500	1500
12	электротеплос.	1500	1500	1500
13	электротеплос.	1500	1500	1500
14	электротеплос.	1500	1500	1500
15	электротеплос.	1500	1500	1500
16	электротеплос.	1500	1500	1500
17	электротеплос.	1500	1500	1500
18	электротеплос.	1500	1500	1500
19	электротеплос.	1500	1500	1500
20	электротеплос.	1500	1500	1500
21	электротеплос.	1500	1500	1500
22	электротеплос.	1500	1500	1500
23	электротеплос.	1500	1500	1500
24	электротеплос.	1500	1500	1500
25	электротеплос.	1500	1500	1500
26	электротеплос.	1500	1500	1500
27	электротеплос.	1500	1500	1500
28	электротеплос.	1500	1500	1500
29	электротеплос.	1500	1500	1500
30	электротеплос.	1500	1500	1500
31	электротеплос.	1500	1500	1500
32	электротеплос.	1500	1500	1500
33	электротеплос.	1500	1500	1500
34	электротеплос.	1500	1500	1500
35	электротеплос.	1500	1500	1500
36	электротеплос.	1500	1500	1500
37	электротеплос.	1500	1500	1500
38	электротеплос.	1500	1500	1500
39	электротеплос.	1500	1500	1500
40	электротеплос.	1500	1500	1500
41	электротеплос.	1500	1500	1500
42	электротеплос.	1500	1500	1500
43	электротеплос.	1500	1500	1500
44	электротеплос.	1500	1500	1500
45	электротеплос.	1500	1500	1500
46	электротеплос.	1500	1500	1500
47	электротеплос.	1500	1500	1500
48	электротеплос.	1500	1500	1500
49	электротеплос.	1500	1500	1500
50	электротеплос.	1500	1500	1500
51	электротеплос.	1500	1500	1500
52	электротеплос.	1500	1500	1500
53	электротеплос.	1500	1500	1500
54	электротеплос.	1500	1500	1500
55	электротеплос.	1500	1500	1500
56	электротеплос.	1500	1500	1500
57	электротеплос.	1500	1500	1500
58	электротеплос.	1500	1500	1500
59	электротеплос.	1500	1500	1500
60	электротеплос.	1500	1500	1500
61	электротеплос.	1500	1500	1500
62	электротеплос.	1500	1500	1500
63	электротеплос.	1500	1500	1500
64	электротеплос.	1500	1500	1500
65	электротеплос.	1500	1500	1500
66	электротеплос.	1500	1500	1500
67	электротеплос.	1500	1500	1500
68	электротеплос.	1500	1500	1500
69	электротеплос.	1500	1500	1500
70	электротеплос.	1500	1500	1500
71	электротеплос.	1500	1500	1500
72	электротеплос.	1500	1500	1500
73	электротеплос.	1500	1500	1500
74	электротеплос.	1500	1500	1500
75	электротеплос.	1500	1500	1500
76	электротеплос.	1500	1500	1500
77	электротеплос.	1500	1500	1500
78	электротеплос.	1500	1500	1500
79	электротеплос.	1500	1500	1500
80	электротеплос.	1500	1500	1500
81	электротеплос.	1500	1500	1500
82	электротеплос.	1500	1500	1500
83	электротеплос.	1500	1500	1500
84	электротеплос.	1500	1500	1500
85	электротеплос.	1500	1500	1500
86	электротеплос.	1500	1500	1500
87	электротеплос.	1500	1500	1500
88	электротеплос.	1500	1500	1500
89	электротеплос.	1500	1500	1500
90	электротеплос.	1500	1500	1500
91	электротеплос.	1500	1500	1500
92	электротеплос.	1500	1500	1500
93	электротеплос.	1500	1500	1500
94	электротеплос.	1500	1500	1500
95	электротеплос.	1500	1500	1500
96	электротеплос.	1500	1500	1500
97	электротеплос.	1500	1500	1500
98	электротеплос.	1500	1500	1500
99	электротеплос.	1500	1500	1500
100	электротеплос.	1500	1500	1500

Имя, № подл. Подпись и дата

Взам. инв. №

Соттасовано:

Общие данные

БГАЛУ

Страница С 1 Листов 3

Формат А3

Рис. 7.1. Образец листа «Общие данные»

№ строки	Наименование вида работ	Ед. изм.	Код		Количество													
			Видо работ	ед. изм.														
1.	Кабельная линия 0,4 кВ																	
2.	Строительная длина кабельных сетей.	м		006	799													
3.	Разработка и засыпка траншеи для прокладки:																	
4.	а) одного-двух кабелей Т4 механ./ручн.	м		006	23/10													
5.	Укладка кабеля марки АВВГз																	
6.	сеч. 4x95мм ² всего	м		006	270													
7.	в том числе: а) по стене здания на скобах	м		006	105													
8.	на тросе	м		006	130													
9.	в траншее непосредственно	м		006	20													
10.	в траншее, в трубе ПВХ Ø 90мм	м		006	15													
11.																		
12.	Укладка кабеля марки АВВГз																	
13.	сеч. 5x16мм ² всего	м		006	43													
14.	в том числе: а) по стене здания на скобах	м		006	12													
15.	в траншее непосредственно	м		006	7													
16.	в траншее, в трубе ПВХ Ø 90мм	м		006	18													
17.	Укладка кабеля марки АВВГз																	
18.	сеч. 5x25мм ² всего	м		006	40													
19.	в том числе: а) по стене здания на скобах	м		006	20													
20.	в траншее, в трубе ПВХ Ø 90мм	м		006	5													
21.	в трубе ГОСТ 3262-92 Ø 50мм	м		006	15													
	Укладка кабеля марки АВВГз																	
	сеч. 5x10мм ² всего	м		006	86													
	в том числе: а) в трубе ГОСТ 10704-91 Ø40x2.2мм	м		006	73													
	в траншее, в трубе ПВХ Ø 90мм	м		006	10													
Согласовано:																		
инв. N подл.	подпись и дата	взаим. инв. N				<table border="1"> <tr> <td>Изм</td> <td>Кол</td> <td>Лист</td> <td>Ндон</td> <td>Подпись</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Изм	Кол	Лист	Ндон	Подпись	Дата						
			Изм	Кол	Лист		Ндон	Подпись	Дата									
			<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Внутриплощадочные сети</td> <td>Стадия</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Внутриплощадочные сети			Стадия	Лист	Листов							
Внутриплощадочные сети			Стадия	Лист	Листов													
			<table border="1"> <tr> <td colspan="6">Ведомость объемов строительных и монтажных работ</td> </tr> <tr> <td colspan="6"></td> </tr> </table>			Ведомость объемов строительных и монтажных работ												
Ведомость объемов строительных и монтажных работ																		

Формат А4

Рис. 7.3. Образец листа «Ведомость объемов строительных и монтажных работ»

Лабораторная работа 8

ЗАПОЛНЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИЙ, РАЗРАБОТКА ЛИСТА «ОБЩИЕ ДАННЫЕ»

Цель работы: изучить форму спецификаций и ее заполнение, изучить табличные и текстовые материалы, включаемые в лист «Общие данные», согласно ГОСТ 21.613–2014.

Задачи работы:

1. Ознакомиться с оборудованием и материалами, включаемыми в спецификацию, по каталогам фирм-производителей.
2. Подсчитать объемы материалов и оборудования (использовать результаты лабораторных работ 4 и 5). Заполнить результаты по образцу (см. рис. 7.2, глава 7) на компьютере.
3. Ознакомиться с таблицами и текстовым материалом, включаемыми в лист «Общие данные» по образцу (см. рис. 7.1, глава 7).
4. Запроектировать лист «Общие данные» на компьютере.

Общие сведения

Спецификации выполняются в соответствии с ГОСТ 21.110–2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения спецификации оборудования изделий и материалов».

Составление спецификаций является завершающей стадией при проектировании того или иного раздела проекта. Спецификацию оборудования, изделий и материалов составляют по основе рабочих чертежей проекта. В каждом основном комплекте рабочих чертежей любого раздела проекта прилагаются спецификации. Спецификации составляются по форме, в соответствии с ГОСТ 21.110–2013. В спецификации выделяют разделы: «поставка заказчика» (оборудование и материалы), «поставка подрядчика» (изделия и монтажные материалы). Спецификации выполняются на листе формата А3.

В раздел «Оборудование и материалы, поставляемые заказчиком» электротехнической части проекта включают: оборудование (распределительные устройства, силовые шкафы, магнитные пускатели, автоматические выключатели, силовые трансформаторы, низковольтные шкафы трансформаторных подстанций, кнопки, кабели, провода и т. д.), т. е. оборудование, которое запроектировано в данном комплекте чертежей.

В раздел «Изделия и материалы, поставляемые подрядчиком» включают электромонтажные изделия и материалы, предназначенные для монтажа оборудования, прокладки проводов и кабелей. Это лотки, трубы, ящики силовые, опоры, линейная арматура, металл (уголки, сталь и т. п.)

Задание для самостоятельной подготовки

По теоретическому материалу, приведенному в главе 7, рекомендуемой литературе, ГОСТ 21.110–2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения спецификаций оборудования, изделий и материалов», ГОСТ 21.613–2014 «Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи», изучить составление спецификаций, состав, содержание и порядок разработки проекта силового оборудования.

В соответствии с требованиями нижеприведенного раздела «Содержание отчета» подготовить форму для отчета по лабораторной работе в соответствии с изученным теоретическим материалом, привести в ней краткие сведения о цели и задачах занятия, назначении спецификаций и листа «Общие данные».

Методика выполнения работы

1. По теоретическому материалу и рекомендуемой литературе, ГОСТ 21.613–2014 ознакомиться с формой спецификаций. Используя результаты лабораторных работ 4 и 5, каталоги на оборудование и материалы фирм производителей, заполнить на компьютере графы листа «Спецификация оборудования изделий и материалов».

2. По теоретическому материалу и рекомендуемой литературе, ГОСТ 21.613-2014, ГОСТ 21.110-2013 разработать лист «Общие данные» на компьютере.

При разработке листа «Общие данные» *заполнить*:

«Ведомость основных комплектов рабочих чертежей». Перечислить все комплекты, которые разработаны в вашем проекте;

«Ведомость чертежей основного комплекта ЭМ». Перечислить все чертежи, входящие в состав данного комплекта;

«Ведомость ссылочных и прилагаемых документов». Перечислить ссылочные документы – типовые проекты; прилагаемые – спецификации оборудования, изделий и материалов, опросные листы, общие виды щитов (НКУ);

«Условные обозначения» – ввести обозначения, не предусмотренные ГОСТ, если таковые имеются в проекте;

«Общие указания» – перечислить основные решения, принятые в проекте, указать нормативные документы по монтажу и требованиям безопасности, итоговые данные по расчету электрических нагрузок.

Индивидуальные задания

Используя результаты лабораторных работ 4 и 5, индивидуальных заданий, каталоги на оборудование и материалы фирм производителей, заполнить на компьютере графы листа «Спецификация оборудования изделий и материалов».

Содержание отчета

1. Название, цель и задачи работы.
2. Краткие сведения о назначении спецификаций.
3. Результаты работы представить на форматах А3: лист 2 «Спецификация оборудования» и лист 1 «Общие данные».

Вопросы для подготовки к защите отчета по лабораторной работе

1. Назначение спецификаций.
2. На основе каких чертежей составляются спецификации?
3. Какие разделы содержат спецификации?
4. Что записывают в графе «Позиция»?
5. На каком формате выполняются спецификации?
6. В каком стандарте определены состав, содержание и порядок разработки проекта силового оборудования?
7. Какие чертежи включают в ведомость чертежей основного комплекта на листе «Общие данные»?
8. Что включают в ссылочные и в прилагаемые документы?

Практическая работа 8

РАЗРАБОТКА СХЕМ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: получить практические навыки при составлении схем соединений.

План работы:

1. По теоретическому материалу, приведенному в [1] и общих сведениях, изучить методику составления схем соединений.
2. На примере разобрать порядок составления схемы соединений.
3. По индивидуальному заданию составить схему соединений.
4. Сделать выводы по результатам проделанной работы.

Общие сведения

Схемы соединений выполняют на основании разработанных принципиальной схемы и чертежа общего вида щита управления в соответствии с требованиями ГОСТ 2.702–2011 «Правила выполнения электрических схем». Схема соединений выполняется общей на весь ящик.

Схема соединений выполняется для вида на изделие со стороны монтажа, со стороны расположения рядов зажимов. Для небольших ящиков рекомендуется схему выполнять на листе формата А3. При более насыщенных аппаратами щитах – на листе формата А2. На чертеже показывают контуры соответствующих панелей шкафа (задней стенки и двери).

Схему выполняют без масштаба. При этом аппараты (включая ряды зажимов) показывают в соответствии с их действительным расположением. Аппараты изображают в виде монтажных символов, представляющих собой схемы внутренних соединений отдельных аппаратов приборов. Символ аппарата обводится тонкой сплошной линией. Для отдельных аппаратов (резисторы, диоды, сигнальные лампы и др.) допускается контур не выполнять. Символы аппаратов на чертеже размещают свободно с учетом мест для размещения их нумерации, а также с учетом маркировки отходящих от аппаратов проводов.

Схемы соединений выполняют адресным способом. Каждому аппарату присваивают номер. Номера проставляют слева направо, сверху вниз по порядку, начиная с 1, сначала для одной сборочной единицы, затем для другой. Для аппаратов

всех сборочных единиц нумерация принимается сквозной. Нумерация проставляется в кружочках (или овалах). При этом над чертой записываются порядковый номер аппарата, а под чертой – позиционное обозначение этого аппарата в принципиальной схеме (рис. 1). Блоки зажимов нумеруются X1, X2 и т. д.



Рис. 1. Пример оформления нумерации

Порядковые номера приборов являются адресами проводников, соединяющими элементы по принципиальной схеме устройства. При этом адрес для аппаратов – только цифры порядкового номера, а для ряда зажимов – номер ряда зажима и через знак «:» порядковый номер конкретного зажима, к которому присоединяется провод. Адрес записывают в торце провода, отходящего от элемента аппарата, а номер проводника (так называемая генеральная маркировка) записывают над проводом или возле зажима для клеммника (рис. 2).

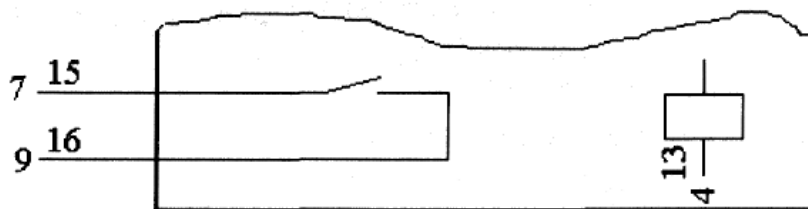


Рис. 2. Пример оформления адреса и номера проводника

Соединения аппаратов, расположенных на двери шкафа, с аппаратами, расположенными внутри шкафа, осуществляются через ряды зажимов. Провода внутренних соединений шкафа подводятся к внутренней стороне ряда зажимов. Соединения с двигателями, датчиками и т. п. относятся к внешним соединениям.

Внешние соединения показывают сплошными линиями. Подсоединения внешних силовых проводников для двигателей осуществляются непосредственно к силовым зажимам аппаратов (пускателей). На разрабатываемой схеме соединений эти кабели (или пучок проводов) показываются лишь

частично – подключение к пускателю и выход за контур щита, на выходе ставится адрес «к эл. двигателю №...».

Монтажные символы

Монтажные символы – это электрическая схема внутренних соединений аппарата или прибора, на котором выходные зажимы (выводы) показаны в соответствии с действительным их расположением на аппарате или приборе. Элементы аппаратов на символах изображаются в соответствии с требованиями стандартов.

Всем выводам аппаратов присваивается маркировка: либо фактическая (заводская), либо условная – для аппаратов, не имеющих собственной маркировки. Маркировка проставляется внутри окружности, которой обозначен зажим. При этом принято главные контакты маркировать однозначными числами, а вспомогательные – двухзначными, в которых первая цифра обозначает порядковый номер контакта в пределах данного аппарата, а вторая цифра – вид контакта (рис. 3).

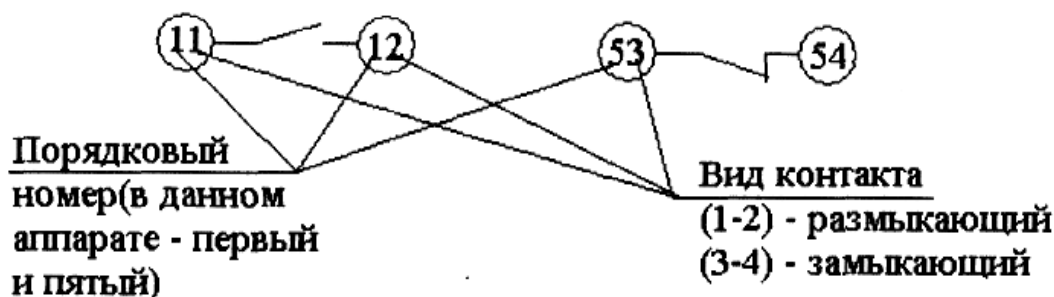


Рис. 3. Маркировка контактов

Для аппаратов, имеющих элементы и зажимы в разных плоскостях, монтажные символы представляют собой развертку, на которой в соответствующих местах показаны элементы каждой плоскости.

Принята следующая условность по нумерации видов контактов:

- 1–2 – размыкающий контакт;
- 3–4 – замыкающий контакт;
- 1–2–3 – контакт переключающий;
- 5–6 – контакт размыкающий особый;
- 7–8 – контакт замыкающий особый;
- 5–6–7 – контакт переключающий особый;
- 9–0 – контакт импульсный.

В главных и во вспомогательных контактах нечетными числами маркируется вход (неподвижный контакт), четными – выход (подвижный контакт). Для мостиковых и подобных контактов разделение на четные и нечетные не делают. Катушки аппаратов маркируются прописными буквами латинского алфавита: *A*–*B* или *A1-L2* – включающая; *C-D* – отключающая (рис. 4).

Рассмотрим пример составления схемы соединений.

Пример. Составить схему соединения шкафа управления приводом вытяжного вентилятора (ВВ1).

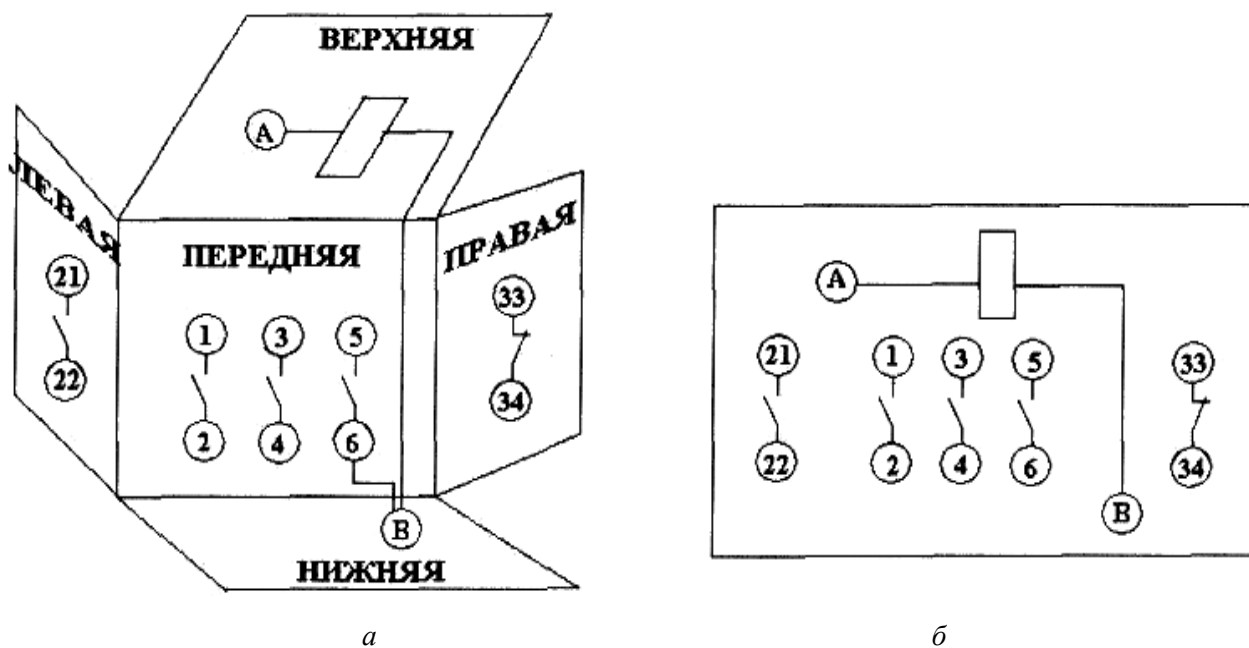


Рис. 4. Пример развертки магнитного пускателя:
a – фактическое расположение элементов; *б* – монтажный символ

Схему соединения шкафа управления выполняют в следующей последовательности:

1. Разрабатывают принципиальную электрическую схему управления приводом вытяжного вентилятора (ВВ1) (рис. 5).
2. На основании принципиальной электрической схемы разрабатывают шкаф управления, чертеж общего вида которого показан на рис. 6.
3. Схему соединений выполняют на основании разработанных принципиальной схемы и чертежа общего вида шкафа управления. Схема соединений приведена на рис. 7.

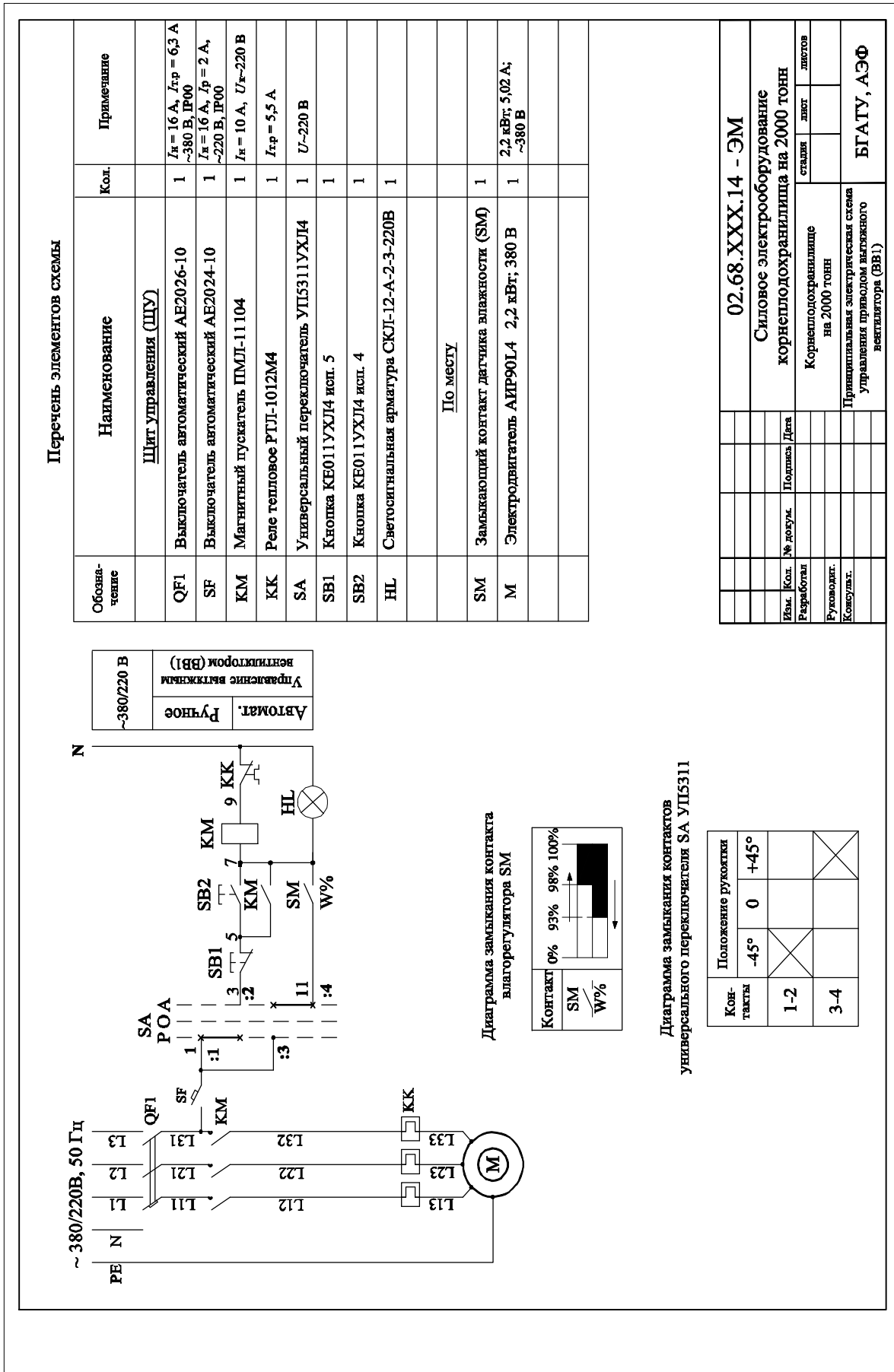
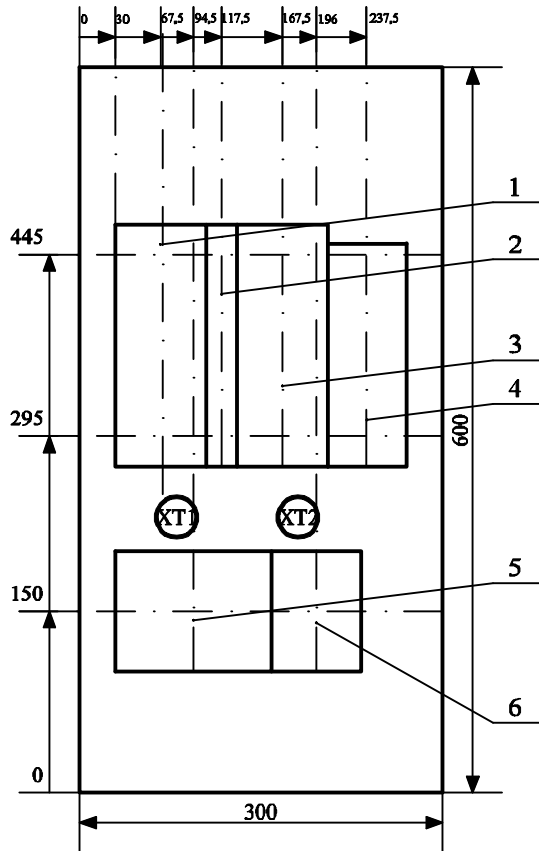


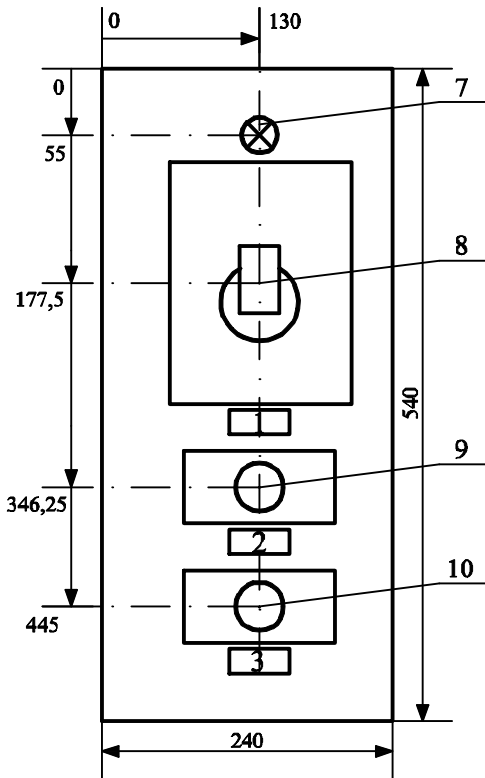
Рис. 5. Принципиальная электрическая схема управления приводом вытяжного вентилятора (ВВ1)

М 1:5

**Задняя стенка
(вид спереди)**



**Дверь
(вид спереди)**



*Глубина щита управления 250 мм.

					02.68.XXX.14 - ЭМ			
					Силовое электрооборудование корнеплодохранилища на 2000 тонн			
Изм.	Кол.	№ докум.	Подпись	Дата	Корнеплодохранилище на 2000 тонн	стадия	лист	листов
Разработал						С	3	
Руковод.					ШУ. Чертеж общего вида	БГАТУ, АЭФ		
Консульт.								

Рис. 6. Шкаф управления. Чертеж общего вида

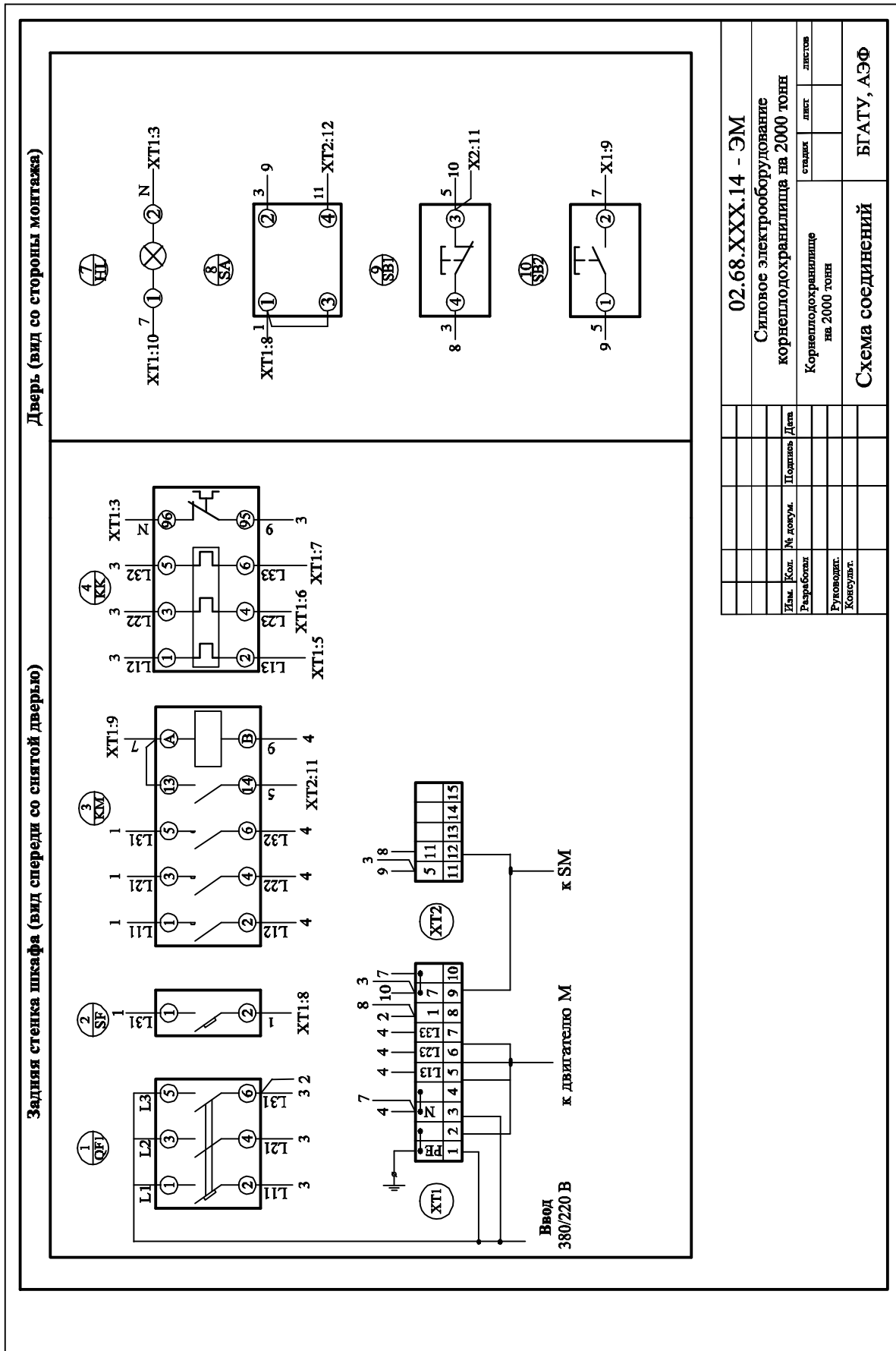
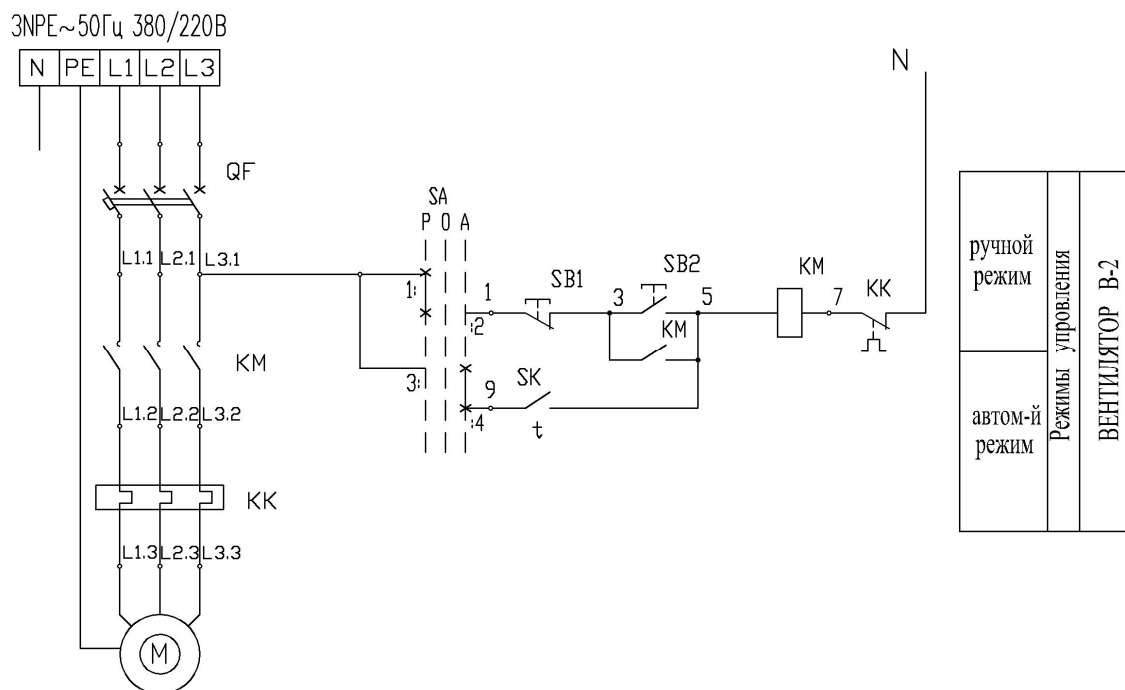


Рис. 7.7. Схема соединений

Задание для практического занятия

Составить схему соединения шкафа управления.

Принципиальная схема управления вентилятором

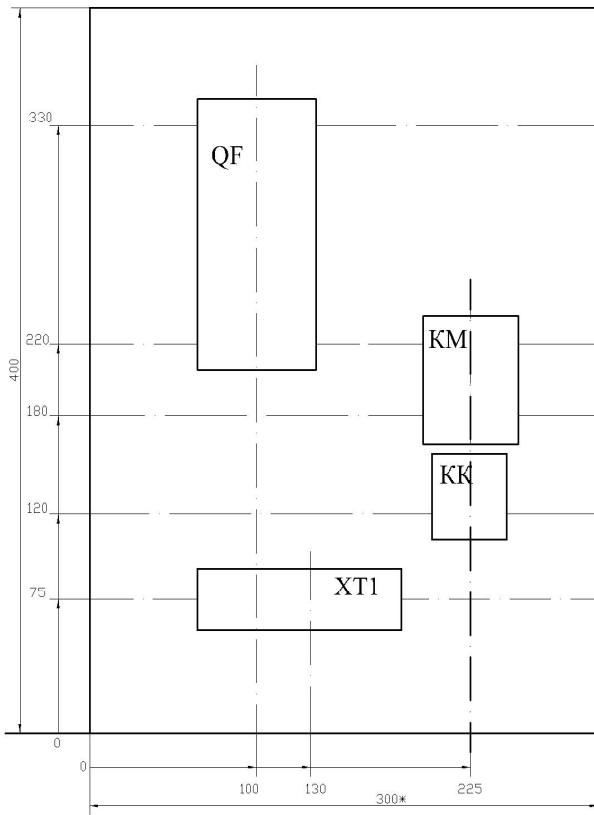


Перечень элементов схемы

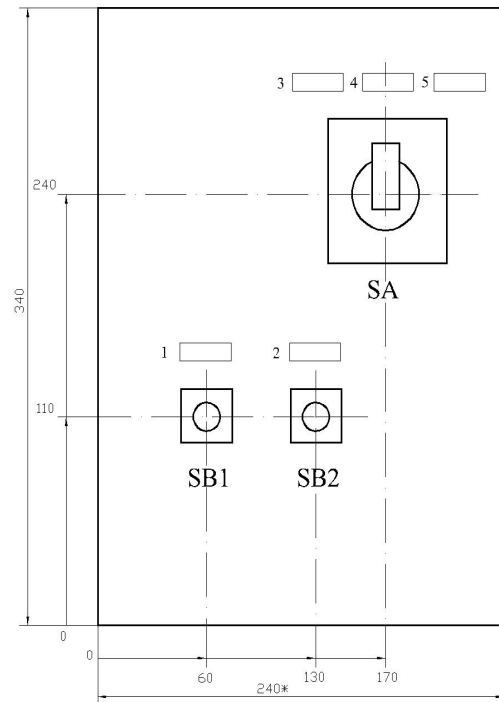
Поз. обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
	<u>Шкаф управления ШУ</u>		
QF1	Выключатель автоматический ВА4729	1	$I_{н.р.}=10A$
SA	Переключатель УП5311-C23У3	1	
KM	Пускатель магнитный ПМЛ110004	1	$U_{к\sim}220 В$
KK	Реле тепловое РТЛ1012	1	$I_{т}=3...6A$
SB1	Пост управления кнопочный КЕ041	1	Исп. 5 красная
SB2	Пост управления кнопочный КЕ041	1	Исп. 4 черная
	<u>По месту</u>		
М	Электродвигатель АИР80В4	1	$P=1,5 кВт,$ $n=1500 об/мин$
SK	Датчик температуры ДКТБ -40	1	

Шкаф управления

Общий вид шкафа (со снятой дверью)



Дверь ящика



Вопросы для подготовки к защите выполненного задания

1. Назначение схемы соединений.
3. Какие способы выполнения схемы соединений существуют?
4. Суть выполнения схемы соединений адресным способом.
5. Монтажные символы аппаратов.
6. Как маркируются главные и вспомогательные контакты аппаратов?
7. На основании каких чертежей выполняют схему соединений?
8. В соответствии с каким чертежом располагают аппараты на схеме?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование электроустановок : практикум / сост.: Н. И. Павликова [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 202 с.
2. Проектирование электроустановок : практикум / сост.: П. В. Кардашов, Н. И. Павликова, О. В. Бондарчук. – Минск : БГАТУ, 2019. – 144 с.
3. Проектирование электрооборудования : учебно-методическое пособие к практическим занятиям для студентов специальности 1-74 06 05 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» / сост.: Е. И. Лицкевич, П. В. Кардашов. – Минск : БГАТУ, 2007. – 48 с.
4. Правила устройства электроустановок: – 6-е издание, перераб. и доп. – Минск : Дизайн ПРО, 2007. – 704 с.
5. Силовое оборудование электроустановок. Курсовое проектирование : учебно-методическое пособие / сост.: Н. И. Павликова, П. В. Кардашов. – Минск : БГАТУ, 2021. – 264 с.
6. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ): учебно-методическое пособие / В. В. Гурин [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.
7. ГОСТ 21. 613–2014. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования. Введ. 15.06.16. – РУП «Стройтехнорм». Госстандарт, 2017. – 32 с.
8. ГОСТ 2.710–81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах: ЕСКД. – Введ. 01.07.81. – Минск : Госстандарт, 2010. – 12 с.
9. ГОСТ 2.755–87. Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения: ЕСКД. – Взамен ГОСТ 2.738– 68, ГОСТ 2.755–74; введ. 01.01.88. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 21 с.
10. ГОСТ 21.210–2014. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах: система проектной документации для строительства. – Взамен ГОСТ 21.614; введ. 01.07.16. – Минск : Госстандарт, 2016. – 16 с.
11. ТКП45-3.02-141–2009 (02250). Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 01.01.10. – Минск : Минстройархитектуры РБ, 2009. – 22 с.
12. ТКП 385–2022. Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4–10 кВ сельскохозяйственного назначения. – Введ. 10.07.12. – Минск : НПП РУП «Белэнерго», 2012. – 100 с.

13. ТКП 339–2011. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемно-сдаточных испытаний. – Введ. 12.01.11. – Минск : Минэнерго, 2011. – 594 с.

14. ТКП 385–2012. Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения напряжением 0,4–10 кВ сельскохозяйственного назначения. – Введ. 10.07.12. – Минск : НПП РУП «Белэнерго», 2012. – 100 с.

15. ТКП 339–2021. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемно-сдаточных испытаний. – Введ. 01.12.21. – Минск : Минэнерго, 2021. – 594 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АППАРАТОВ

Таблица П.1.1

Технические данные плавких предохранителей серии ПН2 (для ВУ)

Тип предохранителя	Номинальный ток предохранителя, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
ПН2-100	100	6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100
ПН2-250	250	80; 100; 125; 160; 200; 250
ПН2-400	400	200; 250; 315; 355; 400
ПН2-600	600	100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630

Таблица П.1.2

Технические данные плавких предохранителей серии ППН (для ВУ)

Тип предохранителя	Номинальный ток предохранителя, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
ППН-33	160	2; 4; 6; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160
ППН-35	250	10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
ППН-37	400	40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 355; 400
ППН-39	630	100; 125; 160; 200; 250; 315; 355; 400; 500; 630
ППН-41	1250	630; 800; 1000; 1250

Таблица П.1.3

Технические данные плавких предохранителей серии НПН2-60

Тип предохранителя	Номинальный ток предохранителя, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
НПН2-60	60	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63

Примечание. Применение силовых предохранителей НПН2-60 – защита электрооборудования и элементов промышленных установок, трехфазных сетей переменного тока, кабельных линий, силовых трансформаторов и другого оборудования от перегрузок и коротких замыканий.

Таблица П.1.4

Технические характеристики автоматических выключателей ВА47-29

Показатели		Значения
Число полюсов		1, 2, 3, 4
Номинальное рабочее напряжение переменного тока, В	однополюсные	230/400
	2, 3, 4-полюсные	400

Показатели	Значения
Номинальный ток, А	63
Номинальный (рабочий) ток, А	0,5; 1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная отключающая способность, кА	4,5
Характеристика срабатывания от сверхтоков, тип	B, C, D
Степень защиты выключателя по ГОСТ 14254-96	IP20
Износостойкость, циклов В-О: электрическая/механическая	не менее 6000/20000
Максимальное сечение провода, подключаемого к зажимам проводов, мм ²	25
Время срабатывания электромагнитного разъединителя B, C, D, секунд	>0,1
Размеры одинарного автоматического выключателя ДхШхВ, мм	84x18x75

Примечание. Буквенные обозначения выключателей ВА47-29 указывают на назначение модели, а виды выключателей 47-29 определяют их сферу применения:

Варианты с индексом В – оптимальны, когда ток потребления подключенного оборудования имеет небольшие значения. Посредством таких автоматов подключаются протяженные осветительные линии, нагрузки активного типа с заземлением TN и IT. К последним относятся устройства с небольшим током потребления. Моментальное отключение при коротком замыкании $3-5 \cdot I_n$.

Модели с индексом С – моментальное отключение при коротком замыкании $5-10 \cdot I_n$. Применяются для работы с нагрузкой активного и индуктивного типов с низкими показателями импульсного тока, что используется в основном в помещениях жилого типа.

Индекс D – обеспечивает защиту приборов от короткого замыкания $10-50 \cdot I_n$. Это насосы, низковольтные трансформаторы и прочее оборудование, для которого характерен повышенный ток включения или высокие пусковые токи.

Таблица П.1.5

Технические характеристики автоматических выключателей ВА 88

Наименование параметров	ВА 88-32	ВА 88-33	ВА 88-35	ВА 88-37	ВА 88-40
Номинальный ток, А	125	160	250	400	630
Номинальное напряжение изоляции, В	690				
Номинальное рабочее напряжение, В	690	400			

Наименование параметров	ВА 88-32	ВА 88-33	ВА 88-35	ВА 88-37	ВА 88-40	
Номинальный ток теплового расцепителя $I_{тр}$, А	10, 12,5, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	100, 125, 160, 180, 200, 225, 250	200, 225, 250, 315, 350, 400	400, 500, 630	
Номинальная частота, Гц	50					
Уставка электромагнитного расцепителя I_{max} , А	$10I_{тр}$					
Предельная отключающая способность, кА	при 400	35	35	35	50	50
	При 690	12	12	14	20	20
Рабочая наибольшая отключающая способность I_{ks} , кА	50 % I_{cu}		75 % I_{cu}			
Категория применения	А					
Число полюсов	3					
Климатическое исполнение	УХЛ3					
Степень защиты	IP20					

Примечание. Серийный ряд автоматических выключателей ВА 88 состоит из 6 габаритов: ВА 88-32, ВА 88-33, ВА 88-35, ВА 88-37, ВА 88-40, ВА 88-43.



Таблица П.1.6

Основные технические данные дифференциальных автоматов АД12 и АД14 с номинальным током до 63 А, напряжением до 400 В

Тип исполнения	АД12	АД14
Номинальное напряжение, В	230/400	
Номинальный ток, А	63	
Номинальный ток расцепителя, А	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	
Номинальная отключающая способность, А	4500	
Номинальный отключающий дифференциальный ток, А	10, 30, 100, 300	

Тип исполнения	АД12	АД14
Рабочая характеристика при наличии дифференциального тока	АС	
Время отключения при дифференциальном токе, мс	40	
Число полюсов	2	4
Максимальное сечение присоединяемых проводов	35	
Условия эксплуатации	УХЛ4	
Степень защиты выключателя	IP20	
Масса, кг	0,25	0,45
Размер одного модуля В × Ш × Г	94×62×75 мм	94×117×75 мм

Примечание. Выключатели предназначены для монтажа на DIN-рейку.

Таблица П.1.7

Основные технические данные дифференциальных выключателей ВД1-63

Номинальное напряжение, В	230/400	
Номинальный ток, А	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	
Номинальная отключающая способность, А	3000	
Номинальный отключающий дифференциальный ток, А	10, 30, 100, 300	
Рабочая характеристика при наличии дифференциального тока	АС	
Время отключения при дифференциальном токе, мс	40	
Число полюсов	2, 4	
Максимальное сечение присоединяемых проводов	35	
Условия эксплуатации	УХЛ4	
Степень защиты выключателя	IP20	
Масса, кг двухполюсных четырёхполюсных	0, 2	0,4
Размер одного модуля В × Ш × Г	82×36×75 мм	82×72×75 мм

Примечание. Выключатели предназначены для монтажа на DIN-рейку.

Таблица П.1.8

Основные технические характеристики рубильников ВР-32:

Номинальные рабочие напряжения для главной цепи:	
переменного тока:	380, 660 В
постоянного тока:	220, 440 В
условный тепловой ток на открытом воздухе	100, 250, 400 и 630 А
условный тепловой ток в оболочке	80, 200, 315 и 500 А
номинальная частота переменного тока	50 и 60 Гц

Механическая износостойкость	
на токи 100 и 250 А:	25000 циклов "ВО"
на токи 400 и 630 А:	16000 циклов "ВО"
Мощность, потребляемая аппаратом на один полюс	
ВР32-31	3 Вт
ВР32-35	15 Вт
ВР32-37	35 Вт
ВР32-39	60 Вт

Примечание. Рубильники и переключатели классифицируются по следующим признакам:

1) по величине номинального тока – 100; 200; 400; 600; 1000 А;
 2) по количеству полюсов – однополюсные, двухполюсные, трехполюсные;
 3) по наличию разрывных контактов – с разрывными контактами, без разрывных контактов. Независимо от наличия разрывных контактов одни и те же рубильники и переключатели пригодны для работы на постоянном и переменном токе. Но вследствие худших условий гашения дуги на постоянном токе рубильники и переключатели без разрывных контактов в сетях постоянного тока применяются только в качестве разъединителей;

4) по способу управления – с непосредственным управлением для монтажа с лицевой стороны распределительного устройства, с дистанционным управлением для монтажа с задней стороны распределительного устройства;

5) по способу присоединения проводов – с передним присоединением проводов, с задним присоединением проводов.

По количеству полюсов рубильники подразделяются на одно-, двух- и трехполюсные, по роду токауправления бывают с центральной и боковой рукояткой, по способу присоединения – с передней и задней стороны аппарата.

Рубильники и переключатели выпускают в одно-, двух- и трехполюсном исполнении с центральным или рычажным приводом для переднего или заднего присоединения проводов. Рубильники с центральной рукояткой служат в качестве разъединителя, т. е. отключают предварительно обесточенные электрические цепи, а с боковой рукояткой и рычажными приводами – отключают цепи под нагрузкой.

Выключатели-разъединители ВР (рубильники) ВР32-31, ВР32-35, ВР32-37, ВР32-39 предназначены для включения, пропускания и отключения переменного тока номинальным напряжением до 660 В номинальной частоты 50 и 60 Гц

и постоянного тока номинальным напряжением до 440 В в устройствах распределения электрической энергии.

Рубильник ВР-32 на одно направление трехполюсный с боковой рукояткой.

Рубильник ВР-32 на два направления трехполюсный с боковой смещенной рукояткой.

Таблица П.1.9

Пускатели магнитные трехфазные серии ПМЛ

Величина пускателя	Номинальный ток, А	Тип в зависимости от исполнения системы пуск		
		I		IP54
		Без кнопок «Пуск» и «Стоп»		Без кнопок «Стоп» и «Пуск»
		нереверсивный	реверсивные	нереверсивный
1	10	ПМЛ -110004 ПМЛ -110104	ПМЛ -150104	ПМЛ -121002
2	25	ПМЛ -210004 ПМЛ -210104	ПМЛ -250104	ПМЛ -221002
3	40	ПМЛ -310004	ПМЛ -350004	ПМЛ -321002
4	63	ПМЛ -410004	ПМЛ -450004	ПМЛ -421002
5	80	ПМЛ -510004 ПМЛ -510104 ПМЛ -510204 ПМЛ -510304 ПМЛ -510404	ПМЛ -550004 ПМЛ -550104 ПМЛ -550204 ПМЛ -550304 ПМЛ -550404	ПМЛ -521002 ПМЛ -521102 ПМЛ -521202 ПМЛ -521302 ПМЛ -521402
6	125	ПМЛ -610004 ПМЛ -610104 ПМЛ -610204 ПМЛ -610304 ПМЛ -610404	ПМЛ -650004 ПМЛ -650104 ПМЛ -650204 ПМЛ -650304 ПМЛ -650404	ПМЛ -621002 ПМЛ -621102 ПМЛ -621202 ПМЛ -621302 ПМЛ -621402
7	200	ПМЛ -710004 ПМЛ -710104 ПМЛ -710204 ПМЛ -710304 ПМЛ -710404	ПМЛ -750004 ПМЛ -750104 ПМЛ -750204 ПМЛ -750304 ПМЛ -750404	ПМЛ -721002 ПМЛ -721102 ПМЛ -721202 ПМЛ -721302 ПМЛ -721402

Примечание. Обозначение магнитных пускателей **ПМЛ-Х₁ Х₂ Х₃ Х₄ Х₅ Х₆ ХХ₇ Х₈** :

ПМЛ – серия;

Х₁ – величина пускателя по номинальному току (1 – 10 А, 2 – 25 А, 3 – 40 А, 4 – 63 А, 5 – 80 А, 6 – 125 А, 7 – 200 А);

X_2 – исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле (1 – нереверсивный, без теплового реле; 2 – нереверсивный, с тепловым реле; 5 – реверсивный пускатель без теплового реле с механической блокировкой для степени защиты IP00 и IP20 и с электрической и механической блокировками для степени защиты IP40 и IP54; 6 – реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками; 7 – пускатель звезда-треугольник степени защиты IP 54);

X_3 – исполнение пускателей по степени защиты и наличию кнопок управления и сигнальной лампы (0 – IP00; 1 – IP54 без кнопок; 2 – IP54 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 3 – IP54 с кнопками «Пуск», «Стоп» и сигнальной лампой (изготавливается только на напряжения 127, 220 и 380 В, 50 Гц); 4 – IP40 без кнопок; 5 – IP40 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 6 – IP20);

X_4 – число и вид контактов вспомогательной цепи (0 – 1з (на ток 10 и 25 А), 1з + 1р (на ток 40 и 63 А), переменный ток; 1 – 1р (на ток 10 и 25 А), переменный ток; 2 – 1з (на ток 10, 25, 40 и 63 А), переменный ток; 5 – 1з (на 10 и 25 А), постоянный ток; 6 – 1р (на ток 10 и 25 А), постоянный ток);

X_5 – сейсмостойкое исполнение пускателей (С);

X_6 – исполнение пускателей с креплением на стандартные рейки P2-1 и P2-3;

XX_7 – климатическое исполнение (О) и категория размещения (2, 4);

X_8 – исполнение по коммутационной износостойкости (А, Б, В).

Пускатели на токи 10, 25, 40 и 63 А допускают установку одной дополнительной контактной приставки ПКЛ или пневмоприставки ПВЛ.

Номинальный ток контактов приставок ПВЛ и сигнальных контактов пускателей – 10 А. Номинальный ток контактов приставок ПКЛ – 16 А. Приставки ПВЛ имеют 1 замыкающий и 1 размыкающий контакты, приставки ПКЛ имеют 2 или 4 контакта (могут быть замыкающими и размыкающими).

Таблица П.1.10

Характеристики катушек электромагнитных пускателей

Величина пускателя	Потребляемая мощность катушки при частоте 50/60 Гц, ВА		Время, мс	
	при включении	при удержании	замыкания при $U_{ном}$	размыкания
1	84	8,2 ± 1	18 ± 6	10 ± 5
2	115	9,5	22 ± 5	-
3	235/275	25/31	19 ± 6	11 ± 6
4				
5	380/455	36/45	63 ± 22	15 ± 5
6	510/600	46/58	55 ± 30	
7	800/996	57/75	42 ± 13	

Данные тепловых реле, встраиваемых в пускатели серии ПМЛ

Номинальный ток пускателя, А	Тип реле	Номинальный ток реле, А	Среднее значение теплового элемента, А	Пределы регулирования тока несрабатывания, А
10	РТЛ-100104	25	0,14	0,1 – 0,17
	РТЛ-100204		0,21	0,16 – 0,76
	РТЛ-100304		0,32	0,74 – 0,4
	РТЛ-100404		0,52	0,38 – 0,65
	РТЛ-100504		0,8	0,61 – 1
	РТЛ-100604		1,3	0,95 – 1,6
	РТЛ-100704		2,0	1,5 – 2,6
	РТЛ-100804		3,2	2,4 – 4,0
	РТЛ-101004		5,0	3,8 – 6,0
	РТЛ-101204		6,8	5,5 – 8,0
	РТЛ-101404		8,5	7,0 – 10
25	РТЛ-101404	25	8,5	7,1 – 10
	РТЛ-101604		12	9,5 – 14
	РТЛ-102104		16	13 – 19
	РТЛ-102204		21,5	18 – 25
40	РТЛ-102204	80	21,5	18 – 25
	РТЛ-205304		27,0	23 – 32
	РТЛ-205504		35,5	30 – 40
63	РТЛ-205504	80	35	30 – 40
	РТЛ-205704		44	38 – 50
	РТЛ-205904		52	47 – 57
	РТЛ-206104		60	54 – 66
80	РТЛ-206104	80	60	54 – 66
	РТЛ-206304		71,5	63 – 80
	РТЛ-206304		71,5	63 – 80
125	РТЛ-310504	200	90	75 – 110
	РТЛ-312504		110	95 – 125
200	РТЛ-312504	200	110	95 – 125
	РТЛ-316004		140	120 – 160
	РТЛ-320004		175	150 – 200

Приложение 2

Таблица П.2.1

Основные технические данные электродвигателей

Тип двигателя	Мощность, кВт	КПД, %	cosφ, %	S _{ном} , %	K _п	K _{max}	K _{min}	K _л	Масса, кг
Синхронная частота вращения 3000 об/мин									
АИР50А2	0,09	60	0,75	11,5	2,2	2,2	1,8	4,5	2,5
АИР50В2	0,12	63	0,75	11,5	2,2	2,2	1,8	4,5	2,8
АИР56А2	0,18	68	0,78	9	2,2	2,2	1,8	5	3,4
АИР56В2	0,25	69	0,79	9	2,2	2,2	1,8	5	3,9
АИР63А2	0,37	72	0,86	9	2,2	2,2	1,8	5	4,7
АИР63В2	0,55	75	0,85	9	2,2	2,2	1,8	5	5,45
АИР71А2	0,75	78,5	0,83	6	2,1	2,2	1,6	6	6,5
АИР71В2	1,1	79,0	0,83	6,5	2,1	2,2	1,6	6	8,8
АИР80А2	1,5	81,0	0,85	5	2,1	2,2	1,6	7	9,8
АИР90L2	3	84,5	0,88	5	2	2,2	1,6	7	16,7
АИР100S2	4	87,0	0,88	5	2	2,2	1,6	7,5	21,6
АИР100L2	5,5	88,0	0,89	5	2	2,2	1,6	7,5	27,4
АИР112М	7,5	87,5	0,88	3,5	2	2,2	1,6	7,5	41
АИР132М	11	88,0	0,9	3	1,6	2,2	1,2	7,5	64
АИР160S2	15	90	0,89	3	1,8	2,7	1,7	7	100
АИР180S2	22	90,5	0,89	2,7	2	2,7	1,9	7	160
АИР180М2	30	91,5	0,9	2,5	2,2	3	1,9	7,5	180
АИР200М2	37	91,5	0,87	2	1,6	2,8	1,5	7	220
АИР200L2	45	92	0,88	2	1,8	2,8	1,5	7,5	240
АИР255М2	55	92,5	0,91	2	1,8	2,6	1,5	7,5	320
АИР250S2	75	93	0,9	2	1,8	3	1,6	7,5	425
АИР250М2	90	93	0,92	2	1,8	3	1,6	7,5	455
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
АИР50А4	0,06	53	0,63	11	2,3	2,2	1,8	4,5	2,6
АИР50В4	0,09	57	0,65	11	2,3	2,2	1,8	4,5	2,9
АИР56А4	0,12	63	0,66	10	2,3	2,2	1,8	5	3,35
АИР56В4	0,18	64	0,68	10	2,3	2,2	1,8	5	3,9
АИР63В4	0,37	68	0,7	12	2,3	2,2	1,8	5	5,6
АИР71А4	0,55	70,5	0,7	9,5	2,3	2,2	1,8	5	7,8
АИР71В4	0,75	73	0,76	10	2,2	2,2	1,6	5	8,8
АИР80А4	1,1	75	0,81	7	2,2	2,2	1,6	5,5	9,9
АИР80В4	1,5	78	0,83	7	2,2	2,2	1,6	5,5	12,1
АИР90L4	2,2	81	0,83	7	2,1	2,2	1,6	6,5	17
АИР100S4	3	82	0,83	6	2	2,2	1,6	7	21,6
АИР100L4	4	85	0,84	6	2	2,2	1,6	7	27,3
АИР112М4	5,5	85,5	0,86	4,5	2	2,5	1,6	7	41
АИР132S4	7,5	87,5	0,86	4,0	2	2,5	1,6	7,5	58
АИР132М4	11	87,5	0,87	3,5	2	2,7	1,6	7,5	70
АИР160S4	15	90	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	100

Тип двигателя	Мощность, кВт	КПД, %	cosφ, %	S _{ном} , %	K _п	K _{max}	K _{min}	K _л	Масса, кг
АИР160М4	18,5	90,5	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	110
АИР180S4	22	90,5	0,87	2,5	1,7	2,4	1,5	7	170
АИР180М4	30	92	0,87	2	1,7	2,7	1,5	7	190
АИР200М4	37	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	245
АИР200L4	45	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	270
АИР225М4	55	93	0,89	2	1,7	2,6	1,6	7	335
АИР250S4	75	94	0,88	1,5	1,7	2,5	1,4	7,5	450
АИР250М4	90	94	0,89	1,5	1,5	2,5	1,3	7,5	480
АИР280S4	100	93,5	0,91	2,2	1,6	2,2	1	6,5	594
АИР280М4	132	94	0,93	2,2	1,6	2,2	1	6,5	752
АИР315S4	160	93,5	0,91	2	1,4	2	1	5,5	896
АИР315М4	200	94	0,92	2	1,4	2	0,9	5,5	1000
АИР355S4	250	94,5	0,92	2	1,4	2	0,9	7	1275
АИР355М4	315	94,5	0,92	2	1,4	2	0,9	7	1480
Синхронная частота вращения 1000 об/мин									
АИР63А6	0,18	56	0,62	14	2	2,2	1,6	4	4,65
АИР63В6	0,25	59	0,62	14	2	2,2	1,6	4	5,5
АИР71А6	0,37	65	0,65	8,5	2	2,2	1,6	4,5	7,8
АИР71В6	0,55	68,5	0,7	8,5	2	2,2	1,6	4,5	8,6
АИР80А6	0,75	70	0,72	8	2	2,2	1,6	4,5	11,6
АИР80В6	1,1	74	0,74	8	2	2,2	1,6	4,5	13,4
АИР90L6	1,5	76	0,72	7,5	2	2,2	1,6	6	16,9
АИР100L6	2,2	81	0,74	5,5	2	2,2	1,6	6	22,8
АИР112МА6	3	81	0,76	5	2	2,2	1,6	6	35
АИР112МВ6	4	82	0,81	5	2	2,2	1,6	6	40,4
АИР132S6	5,5	85	0,8	4	2	2,2	1,6	7	57
АИР132М6	7,5	85,5	0,81	4	2	2,2	1,6	7	68
АИР160S6	11	88	0,83	3	2	2,7	1,6	6,5	100
АИР160М6	15	88	0,85	3	2	2,7	1,6	6,5	120
АИР180М6	18,5	89,5	0,85	2	1,8	2,4	1,6	6,5	180
АИР200М6	22	90	0,83	2	1,6	2,4	1,4	6,5	225
АИР200L6	30	90	0,85	2,5	1,6	2,4	1,4	6,5	250
АИР225М6	37	91	0,85	2	1,5	2,3	1,4	6,5	305
АИР250S6	45	92,5	0,85	2	1,5	2,3	1,4	6,5	390
АИР250М6	55	92,5	0,86	2	1,5	2,3	1,4	6,5	430
АИР280S6	75	92,5	0,9	2,2	1,3	2,2	1	6,5	637
АИР280М6	90	93	0,9	2,2	1,4	2,4	1	6,5	702
АИР315S6	110	93	0,92	2,3	1,4	2,3	1	6	847
Синхронная частота вращения 750 об/мин									
АИР315М6	132	93,5	0,9	2,3	1,4	2,3	1	6,5	950
АИР355S6	160	94	0,9	2,2	1,6	2	1	7	1136
АИР355М6	200	94,5	0,9	2,2	1,6	2	0,9	7	1280
АИР71В8	0,25	56	0,65	8	1,8	1,9	1,4	4	7,8

Окончание таблицы П.2.1

Тип двигателя	Мощность, кВт	КПД, %	cosφ, %	S _{ном} , %	K _п	K _{max}	K _{min}	K _l	Масса, кг
АИР80А8	0,37	60	0,61	6,5	1,8	1,9	1,4	4	13,8
АИР80В8	0,55	64	0,63	6,5	1,8	1,9	1,4	4	15,5
АИР90LА8	0,75	70	0,66	7	1,6	1,7	1,2	3,5	19,7
АИР90LВ8	1,1	72	0,70	7	1,6	1,7	1,2	3,5	22,3
АИР100L8	1,5	76	0,73	6	1,6	1,7	1,2	5,5	31,3
АИР112МА8	2,2	76,5	0,71	5,5	1,8	2,2	1,14	6	36
АИР112МВ8	3	79	0,74	5,5	1,8	2,2	1,4	6	41
АИР132S8	4	83	0,7	4,5	1,8	2,2	1,4	6	56
АИР132М8	5,5	83	0,74	5	1,8	2,2	1,4	6	70
АИР160S8	7,5	87	0,75	3	1,6	2,4	1,4	5,5	100
АИР160М8	11	87,5	0,75	3	1,6	2,4	1,4	6	120
АИР180М8	15	89	0,82	2,5	1,6	2,2	1,5	5,5	180
АИР200М8	18,5	89	0,81	2,5	1,6	2,3	1,4	6	225
АИР200L8	22	90	0,81	2,5	1,6	2,3	1,4	6	250
АИР225М8	30	90,5	0,81	2,5	1,4	2,3	1,3	6	305
АИР250S8	37	92,5	0,78	2	1,5	2,3	1,4	6	400
АИР250М8	45	92,5	0,79	2	1,4	2,2	1,3	6	430
АИР280S8	55	92	0,86	3	1,3	2,2	1	6	643
АИР280М8	75	93	0,87	3	1,4	2,2	1	6	735
АИР315S8	90	93	0,85	1,5	1,2	2,2	1	6	927
АИР315М8	110	93	0,86	1,5	1,1	2,2	0,9	6	1001
АИР355S8	132	93,5	0,85	2	1,2	2	0,9	6,5	1175
АИР355М8	160	93,5	0,85	2	1,2	2	0,9	6,5	1280

Приложение 3

ДЛИТЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЙ ТОК КАБЕЛЯ

Таблица П.3.1

Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией и свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	70	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

Таблица П.3.2

Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей						
	одно-жильных	двухжильных		трехжильных		четырёх- и пятижильные	
	при прокладке						
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,4	23	21	34	19	29	17,5	26,7
4	31	29	42	27	38	24,8	35,0
6	38	38	55	32	46	29,4	42,3
10	60	55	80	42	70	38,6	64,4
16	75	70	10	60	90	55,2	82,8

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей						
	одно- жильных	двухжильных		трехжильных		четырёх- и пятижильные	
	при прокладке						
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
25	105	90	135	75	115	69,0	105,8
35	130	105	160	90	140	82,8	128,8
50	165	135	205	110	175	101,2	161,0
70	210	165	245	140	210	128,8	193,2
95	250	200	295	170	255	156,4	234,6
120	295	230	340	200	295	184,0	271,4
150	340	270	390	235	335	216,2	308,2
185	390	310	440	270	385	248,4	354,2
240	465	-	-	-	-		

Таблица П.3.3

Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов, питающих	
	одножильных	многожильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	-	До 4	1,0	-
	2	5-6	0,85	-
	3-9	7-9	0,75	-
	10-11	10-11	0,7	-
	12-14	12-14	0,65	-
	15-18	15-18	0,6	-
Однослойно	2-4	2-4	-	0,67
	5	5	-	0,6

Таблица П.3.4

Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных и изолированных проводов и шин в зависимости от температуры земли и воздуха

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68
-25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С											
		-5 и ниже	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
15	60	1,20	1,15	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57	0,47
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,66	0,54
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61	0,50	0,36
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37	-
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45	-

Таблица П.3.5

Поправочный коэффициент на количество рабочих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах или без труб)

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Таблица П.3.6

Кратности допустимых токов защитных аппаратов

Ток защитного аппарата I_3 , А	Кратность допустимых длительных токов, K_3			
	сети, для которых защита от перегрузки обязательна			сети, не требующие защиты от перегрузки
	взрыво- и пожароопасные помещения	невзрыво- и непожароопасные производственные помещения	кабели с бумажной изоляцией	
Номинальный ток плавкой вставки предохранителя	1,25	1,0	1,0	0,33
Ток уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель	1,25	1,0	1,0	0,22
Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратозависимой от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки)	1,0	1,0	1,0	1,0
Ток трогания расцепителя автоматического выключателя с регулируемой обратно зависимой от тока характеристикой (при наличии на автоматическом выключателе отсечки кратность тока не ограничивается)	1,0	1,0	0,8	0,66

Приложение 4

Таблица П.4.1

Диаграммы замыкания контактов переключателей

Способ фиксации	Обозначение способа фиксации или самовозврата	Фиксированные положения рукоятки, град.							
С самовозвратом в начальное положение	А	–	–	–45	→0←	+45	–	–	–
	Б	–	–	–	0←	+45	–	–	–
	В	–	–	–45	→0	–	–	–	–
Фиксация на положениях через 90°	Г	–	–	–	0	↔	+90	–	–
	Е	–	–90	↔	0	↔	+90	–	–
	Ж	–	–	–45	↔	+45	–	–	–
Фиксация на положениях через 45°	И	–	–	–	0	+45	–	–	–
	К	–	–	–45	0	–	–	–	–
	Л	–	–90	–45	0	+45	+90	–	–
	М	–135	–90	–45	0	+45	+90	+135	–
	Н	–135	–90	–45	0	+45	+90	+135	+180
	С	–	–	–45	0	+45	–	–	–
	Ф	–	–90	–45	0	+45	–	–	–
	У	–	–	–45	0	+45	+90	–	–
Х	–	–90	–45	0	+45	+90	+135	–	

Примечания: 1. Направление вращения рукоятки для переключателей УП5300 по часовой стрелке считается положительным (+), против – отрицательным (-).

2 В переключателях со способами фиксации Г и Е рукоятка не фиксируется в положениях $\pm 45^\circ$, а со способом фиксации Ж – в положении 0° . Не фиксированные положения отмечены двусторонней стрелкой (\leftrightarrow).

3. Направление возврата рукоятки при способах самовозврата А, Б, В указывается стрелкой в положении 0° .

4. Переключатели серии УП5300 с самовозвратом рукоятки в начальное положение изготавливаются только с рукоятками револьверного типа.

5. Переключатели со способом самовозврата А, имеющие остающиеся контакты, имеют указатель предыдущего положения рукоятки.

Таблица П.4.2

Характеристики выключателей кнопочных серии КЕ

	КЕ 012	КЕ 081	КЕ 181	КЕ 201
Сила тока	0,5–10 А	0,5–10 А	0,5–10 А	0,5–10 А
Номинальное напряжение постоянного тока	440 В	440 В	440 В	440 В

	КЕ 012	КЕ 081	КЕ 181	КЕ 201
Номинальное напряжение переменного тока	380 В	380 В	380 В	380 В
Частота включений	1200 в час	1200 в час	1200 в час	1200 в час
Управляющее устройство	Толкатель цилиндрический	Толкатель цилиндрический	Толкатель цилиндрический	Толкатель грибовидный с фиксацией в нажатом положении
Наличие дополнительных устройств	Отсутствуют	Наружный протектор с цветовым индикатором	Внутренний протектор	Отсутствуют

Таблица П.4.3

Характеристика кнопочных постов серии ПКЕ

Номинальное напряжение	660 В 50 Гц (переменный ток)	
	440 В (постоянный ток)	
Номинальный ток	10 А	
Номинальное напряжение изоляции	600 В	
Износостойкость	коммутационная	1 млн циклов
	механическая	5 млн циклов
Диапазон температур	-40 °С – +40 °С	
Относительная влажность воздуха	80 %	

Таблица П.4.4

Технические характеристики контроллера ОВЕН ПЛК150

Параметр	Величина
Напряжение питания	90...264 В переменного тока (номинальное напряжение 230 В) частотой 47...63 Гц
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле	20, 240 VAC
Центральный процессор	32-разрядный RISC-процессор 200 МГц на базе ядра ARM9
Количество дискретных входов	6
Количество дискретных выходов	4 э/м реле
Количество аналоговых входов	4
Количество аналоговых выходов	2
Интерфейсы	Ethernet 100 Base-T, RS-232, RS-232Debug, RS-485.

Приложение 5

СОРТАМЕНТ ТРУБ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Таблица П.5.1

Трубы стальные водогазопроводные по ГОСТ 3262–91

Условный диаметр, мм	Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м труб, кг
20	26,8	21,8	2,5	-
25	33,5	27,9	2,8	-
32	-	-	-	-
40	48	42	3	-
50	66	54	3	-
65	75,5	69,1	3,2	-
80	88,5	81,5	3,2	-

Таблица П.5.2

Трубы стальные электросварные по ГОСТ 10704–91

Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м труб, кг	
Соединение на резьбе	20	16,8	1,6	0,72
	26	22,4	1,8	1,07
	32	28	2	1,48
	40	-	-	-
	60	56	2	2,86
Соединение в раструб	18	14,8	1,6	0,64
	25	21,4	1,8	1,03
	30	26	2	1,38
	33	29	2	1,53
	33	29	2	1,53
	45	41	2	2,12
	48	44	2	2,27
	57	53	2	2,71
	60	56	2	2,86

Таблица П.5.3

Трубы поливинилхлоридные по ТУ 6-19-307–86

Наружный диаметр (средний), мм	Тип	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м труб, кг
16	Усиленные	13,6	1,2	0,099
20	У	17	1,5	0,148
25	У	22	1,3	0,188
32	У	28,4	1,8	0,282
40	У	36,2	1,9	0,373
50	Нормальные	46,4	1,8	0,453
	Усиленные	45,2	2,4	0,581

Таблица П.5.4

Трубы полиэтиленовые по ГОСТ Р51613-2000 (полиэтилен низкого давления)

Наружный диаметр (средний), мм	Тип	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м труб, кг
16	Тяжелые	12	2	0,11
20	Тяжелые	16	2	0,17
25	Средние	21	2	0,19
32	Средние	28	2	0,80
40	Среднелегкие	36	2	0,35
50	Среднелегкие	46	2	0,53

Таблица П.5.5

Трубы полиэтиленовые по ГОСТ Р51613-2000 (полиэтилен высокого давления)

Наружный диаметр (средний), мм	Тип	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1 м труб, кг
16	Средние	12	2	0,090
20	Средние	15,6	2,2	0,110
25	Среднелегкие	21	2	0,150
32	Легкие	28	2	0,190
40	Легкие	36	2	0,241
50		45,2	2,4	0,364

Приложение 6

ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ ИЗДЕЛИЯ: СТОЙКИ, ПОЛКИ КАБЕЛЬНЫЕ, ЛОТКИ

Таблица П.6.1

Стойки. Технические данные

Тип стойки	Число отверстий для полок	Размеры, мм		Масса, кг
		<i>A</i>	<i>L</i>	
К 1150 УЗ	8	350	400	0,69
К1150цУТ1,5	8	350	400	0,71
К 1151 УЗ	12	550	600	1,04
К1151цУТ1,5	12	550	600	1,07
К 1152 УЗ	16	750	800	1,38
К1152цУТ1,5	16	750	800	1,43
К 1153 УЗ	24	1150	1200	2,07
К 1154 УЗ	36	1750	1800	зд
К 1155 УЗ	44	1950	2200	3,7

Примечание. Стойки применяются для установки полок, крепления к строительным конструкциям сваркой или пристрелкой.

Таблица П.6.2

Полки. Технические данные

Тип полки	Число отверстий	Нагрузка, Н		Размеры, мм			Масса, кг
		Рабочая	Предельно допустимая	<i>L</i>	<i>n</i>	<i>H</i>	
К1160цУТ1,5	5	175	975	177	4	51	0,20
К 1161 УЗ	8	275	1075	267	7	63	0,375
К1161цУТ1,5	8	275	1075	267	7	63	0,375
К 1162 УЗ	11	400	1200	367	10	63	0,675
К1162цУТ1,5	11	400	1200	367	10	63	0,675
К1163 УЗ	13	500	1300	467	13	80	0,84
К1163цУТ1,5	13	500	1300	467	13	80	0,84

Примечание. Полки применяются для прокладки на них проводов, кабелей, лотков и коробов.

Лотки НЛ-5, НЛ-10, НЛ-20, НЛ-40. Технические данные

Тип	Номер рисун- ка	Размер, мм*			Мас- са, кг	Интенсивность распределен- ной нагрузки, Н/м	Сосредоточенная нагрузка, Н
		A	L	L ₁			
НЛ-5-П1,87УЗ НЛ-5-П1,87УТ2.5**	1	50	2000	1870	2,03	50 50	–
		50	2000	1870	2,03		
НЛ-10-П1,87УЗ НЛ-10-П1.87УТ2.5**		100	2000	1870	3,13	100 100	–
		100	2000	1870	злз		
НЛ-20-П1,87УЗ НЛ-20-П1.87УТ2,5**	2	200	2000	1870	5,13	300 300	800
		200	2000	1870	5,13		
НЛ-40-П1.87УЗ НЛ-40-П1,87УТ2.5**		400	2000	1870	5,93	600 600	800
		400	2000	1870	5,93		

** Изготавливается из оцинкованной стали.

Примечание. Лотки НЛ применяются для прокладки проводов и кабелей напряжением до 1000 В. Представляют собой готовые для сборки элементы, обеспечивающие создание трассы с необходимыми поворотами и разветвлениями в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Изготавливаются согласно ТУ 36-2486–82.

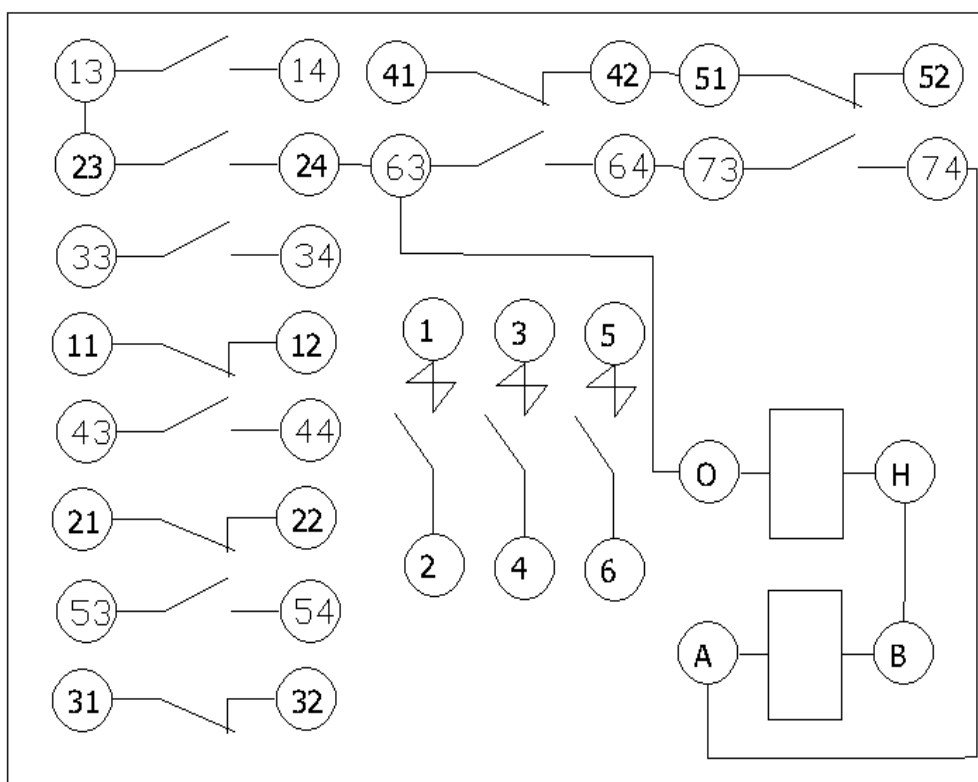
Приложение 7

ОБРАЗЦЫ МОНТАЖНЫХ СИМВОЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Контакты

КТ 6043/2Б

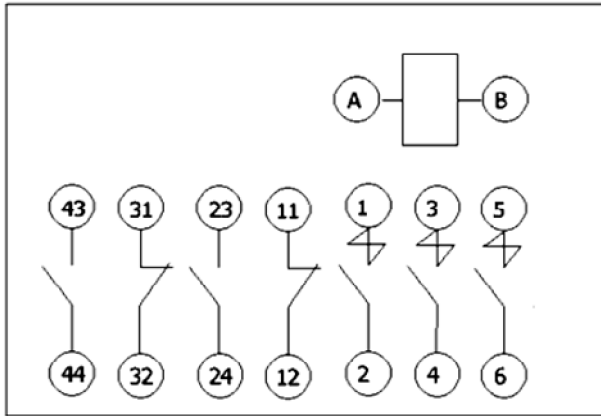
КТ 6053/2Б



1.4

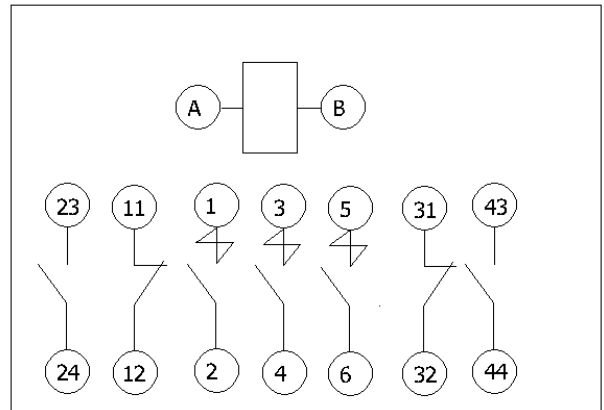
KM 15-37
KM 15-39

1.7

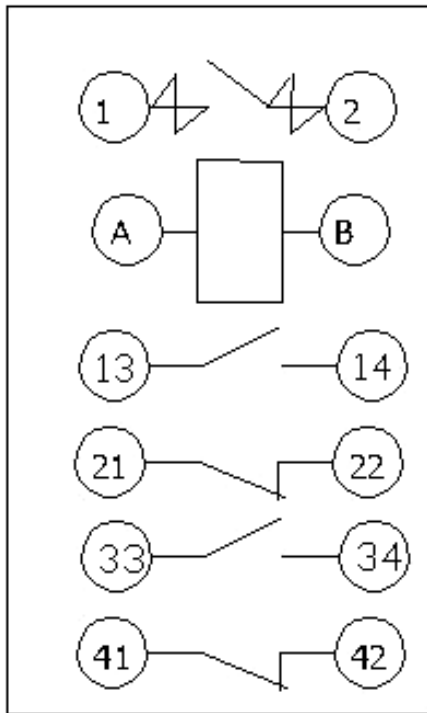


KM 15-23
KM 15-35

1.6

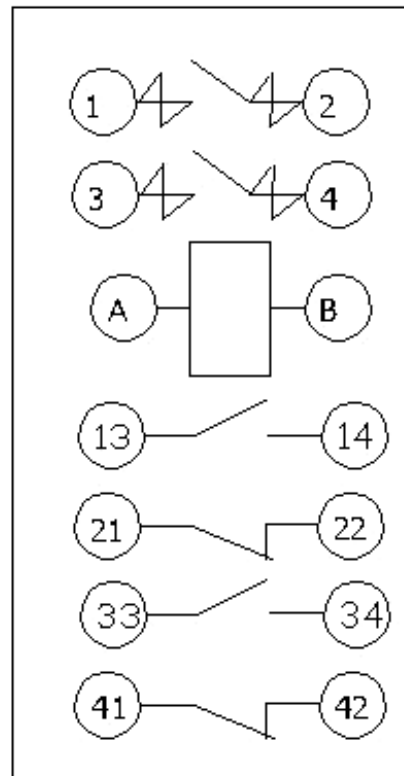


**MK 1-10, MK 2-10
MK 3-10, MK 4-10**



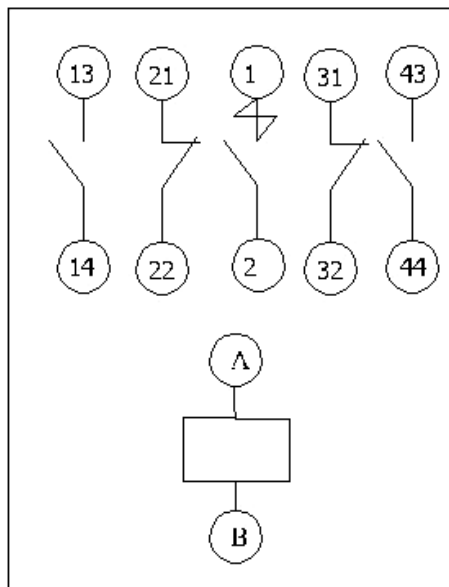
1.8

MK 1-20, MK26-20



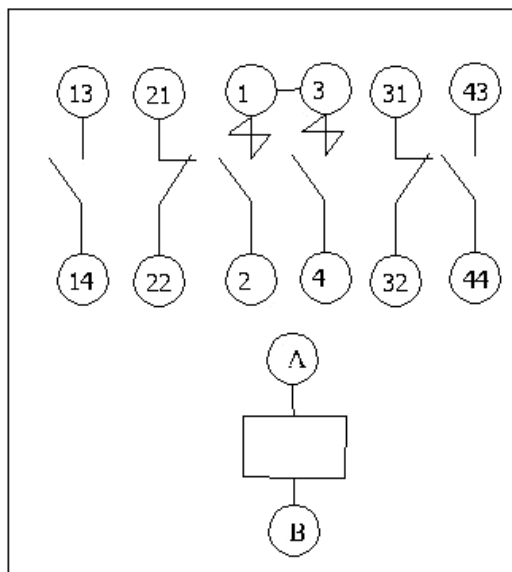
1.9

МК 5-10, МК 6-10



1.10

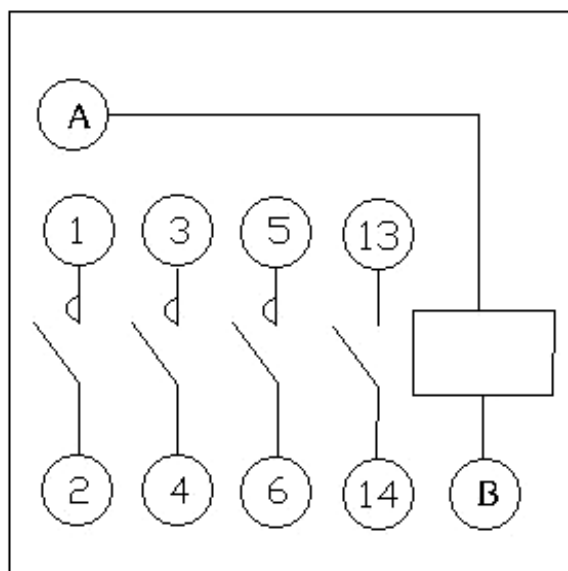
МК 5-20, МК 6-20



1.11

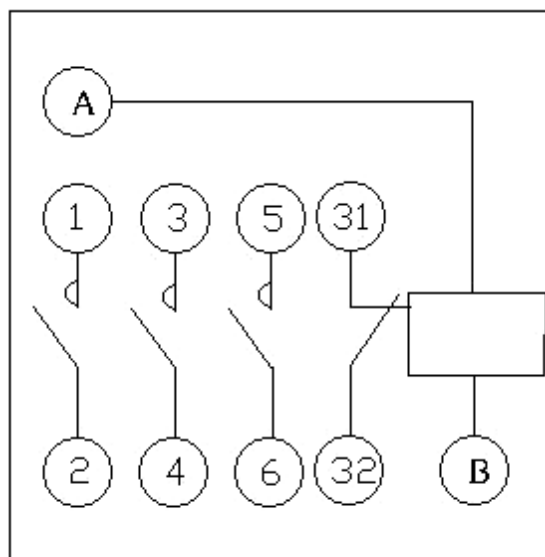
Пускатели магнитные

**ПМЛ-1100
ПМЛ-2100**



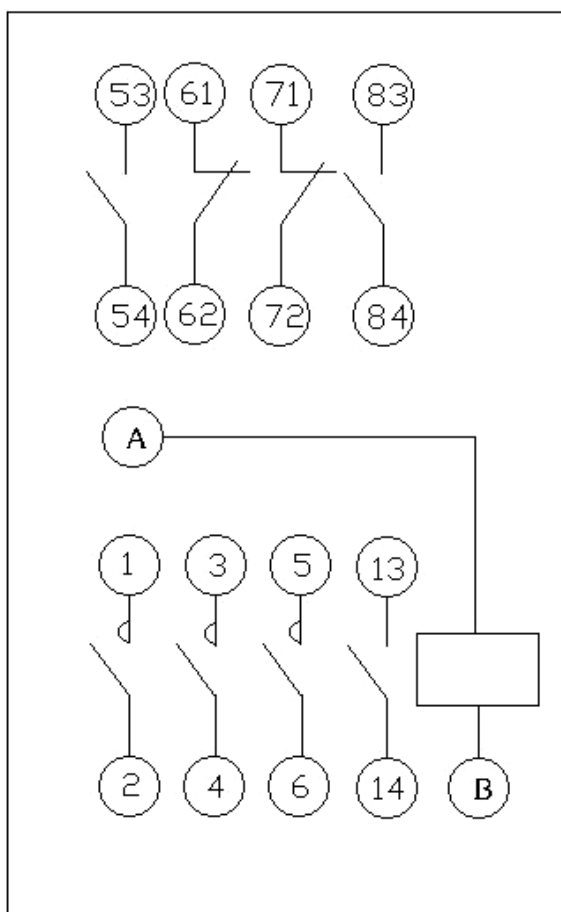
2.1

**ПМЛ-1101
ПМЛ-2101**



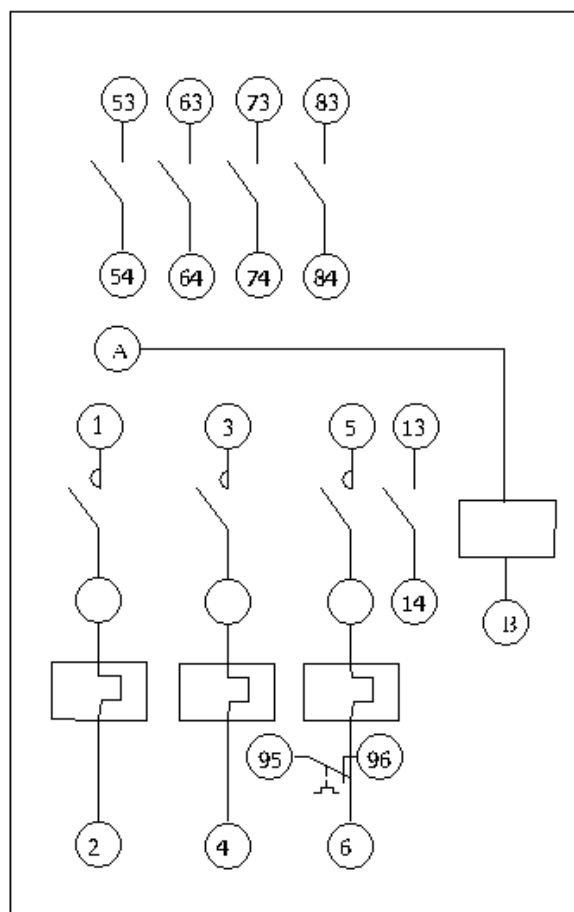
2.2

ПМЛ-1100+ПКЛ-22
ПМЛ-2100+ПКЛ-22



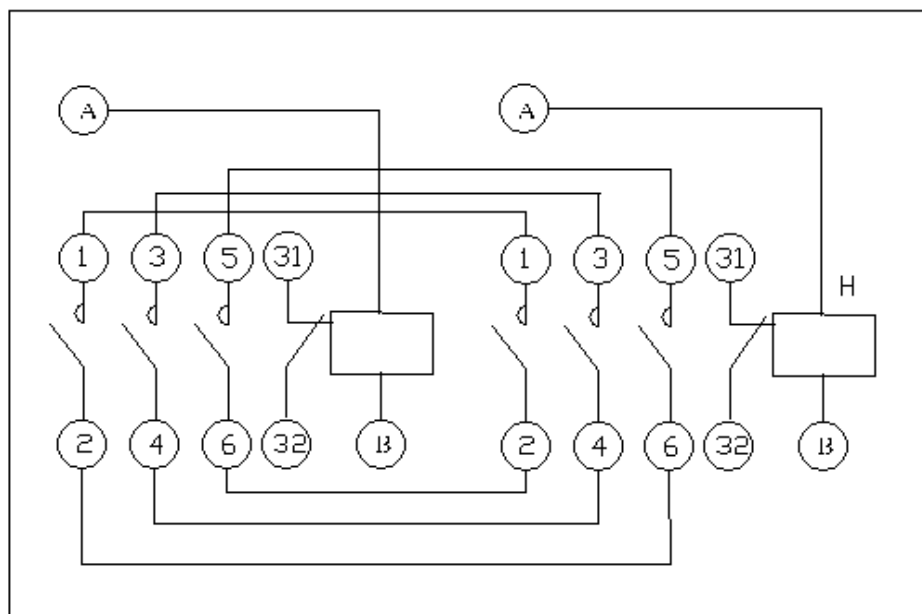
2.3

ПМЛ-1100+ПКЛ-40+РТЛ1000С
ПМЛ-2100+ПКЛ-40+РТЛ1000С



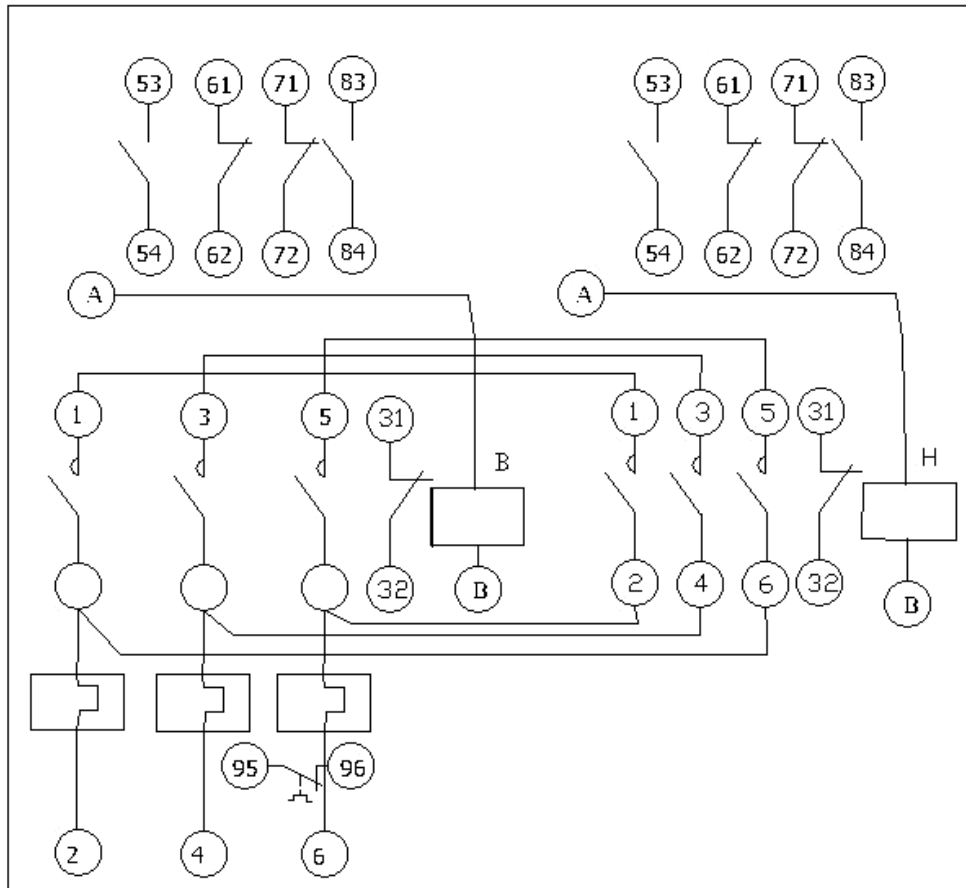
2.4

ПМЛ-1501
ПМЛ-2501



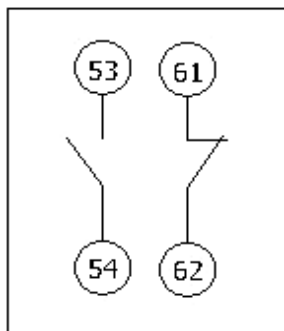
2.5

ПМЛ-1501+РТЛ 1000 С+ПКЛ-22



**Приставки контактные ПКЛ
к пускателю ПМЛ и реле РПЛ**

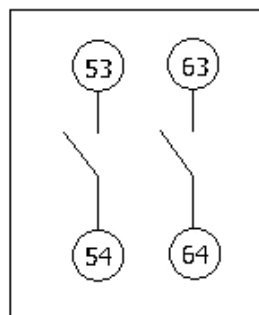
ПКЛ – 11



2.7

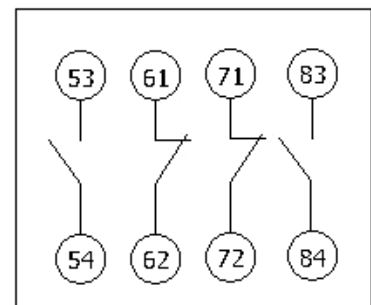
ПКЛ – 40

ПКЛ-20



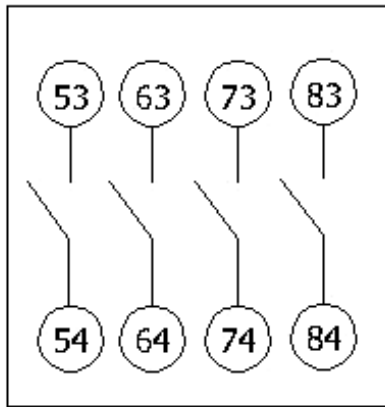
2.8

ПКЛ-22

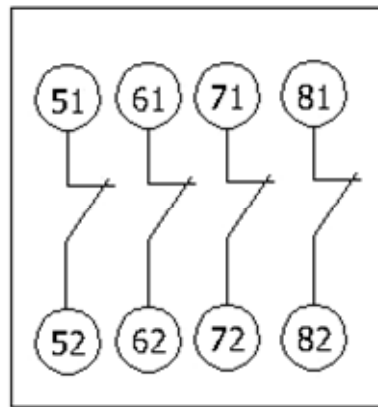


2.9

ПКЛ – 04



2.10

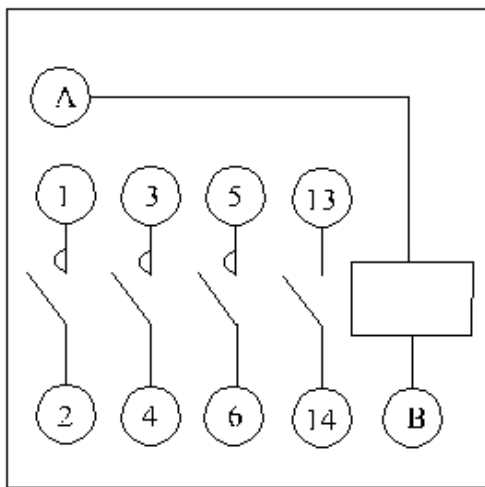


2.11

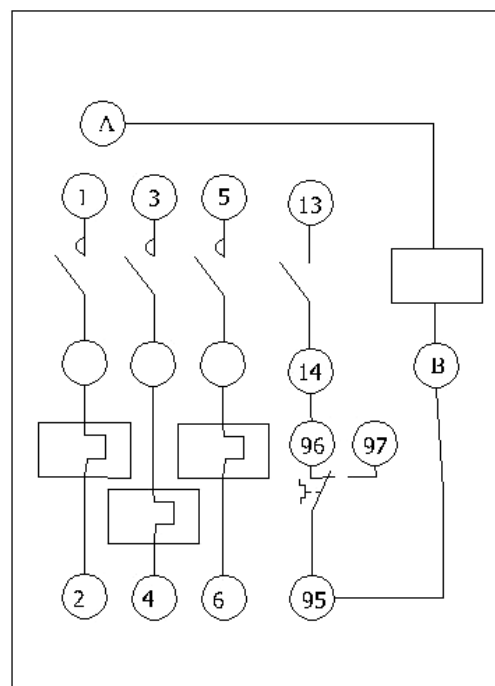
Пускатели ПМА

ПМА-0100

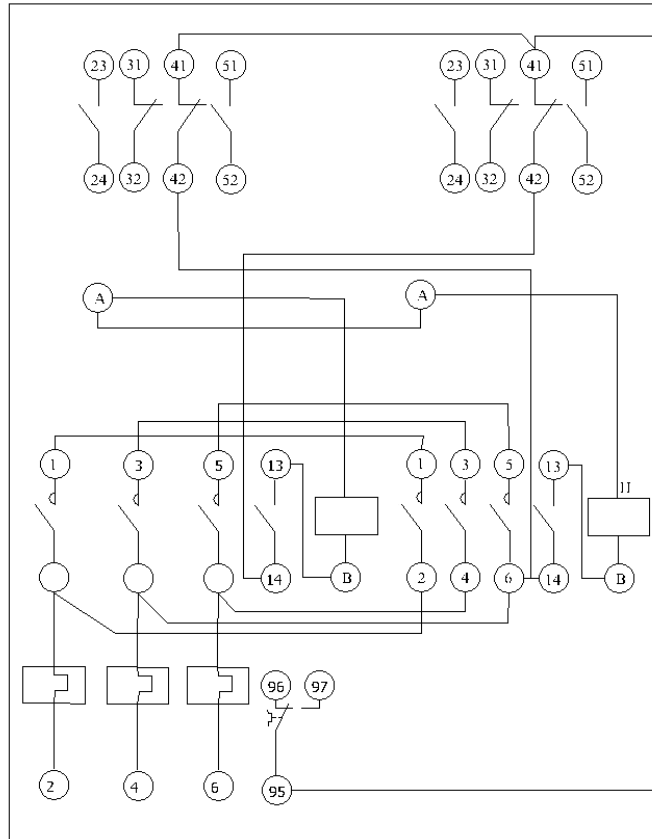
ПМА-0200



2.12

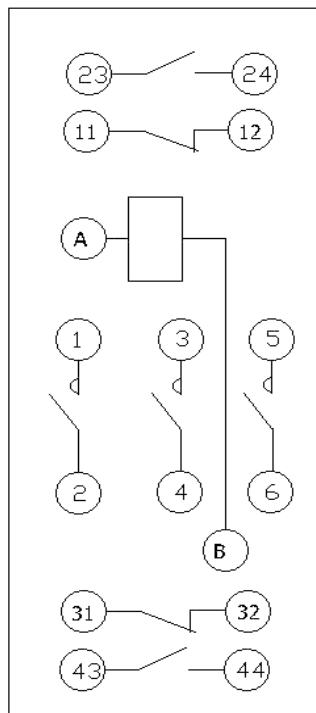


ПМА-0404



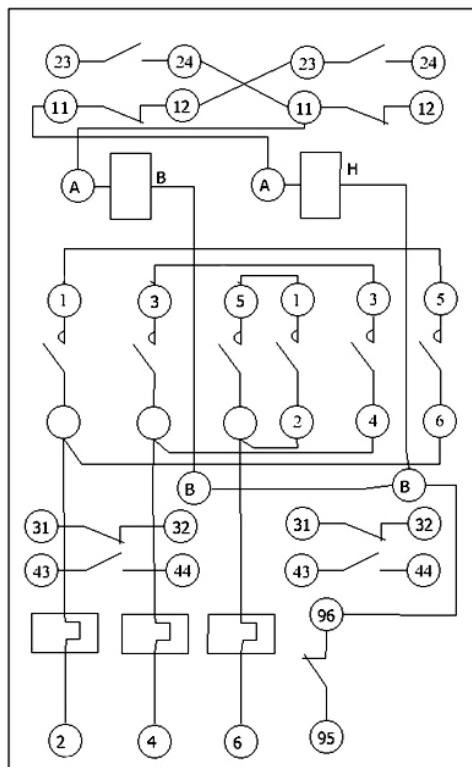
2.18

ПМА – 3102



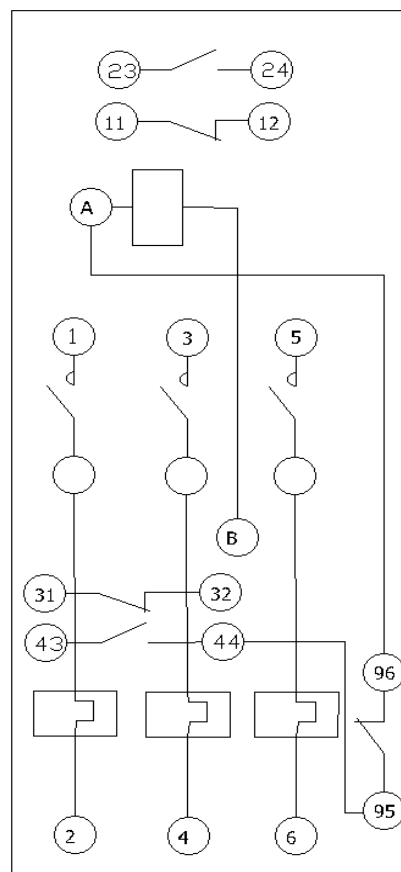
2.19

ПМА – 3602П



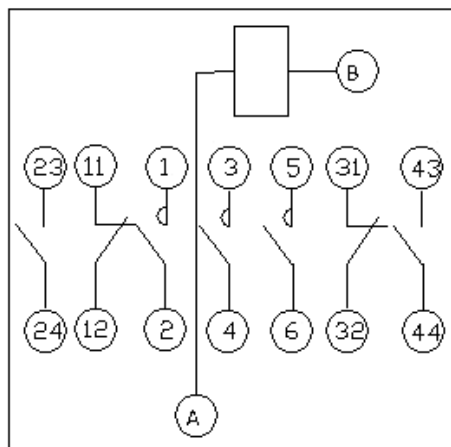
2.21

ПМА – 3202П



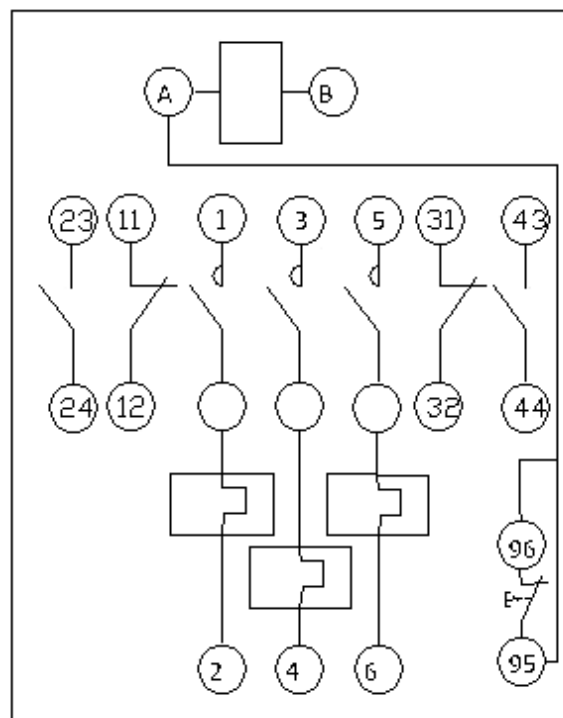
2.20

**ПМА – 4100, ПМА – 4102,
ПМА – 5102, ПМА – 6102**



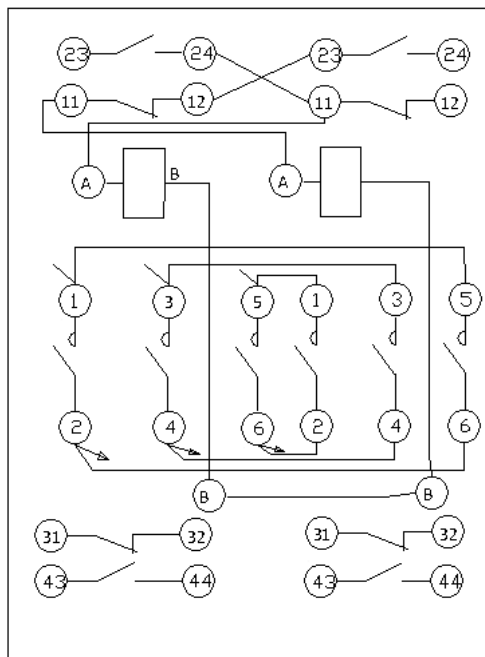
2.22

**ПМА – 4200П, ПМА – 4203П,
ПМА – 5202М, ПМА – 5202М**



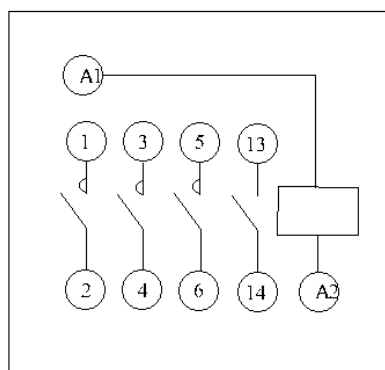
2.23

ПМА – 3502



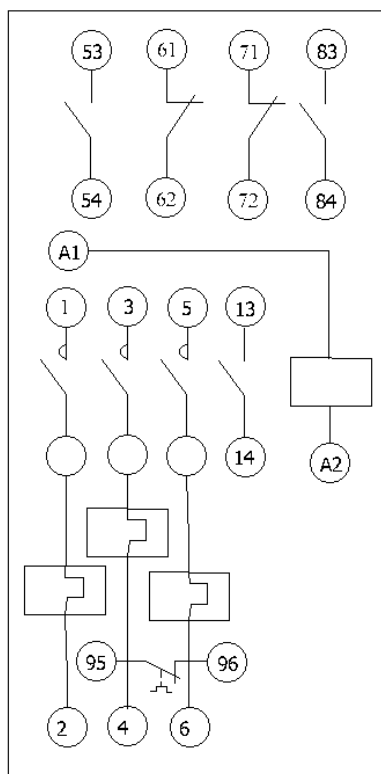
2.25

ПМ12-040102



2.27

ПМ12-040202+ПКЛ-22



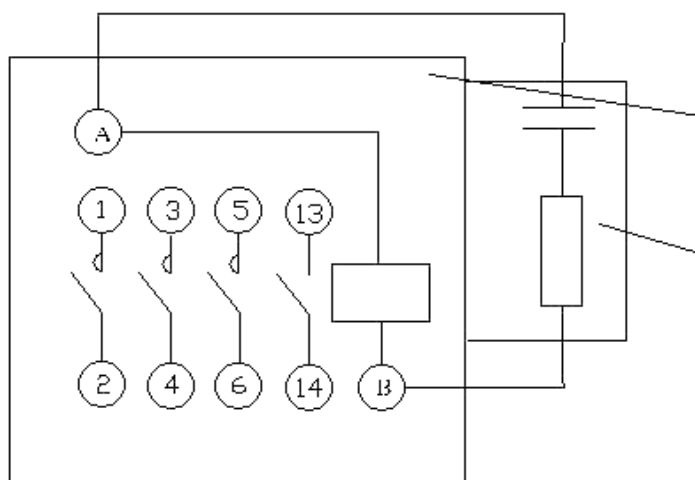
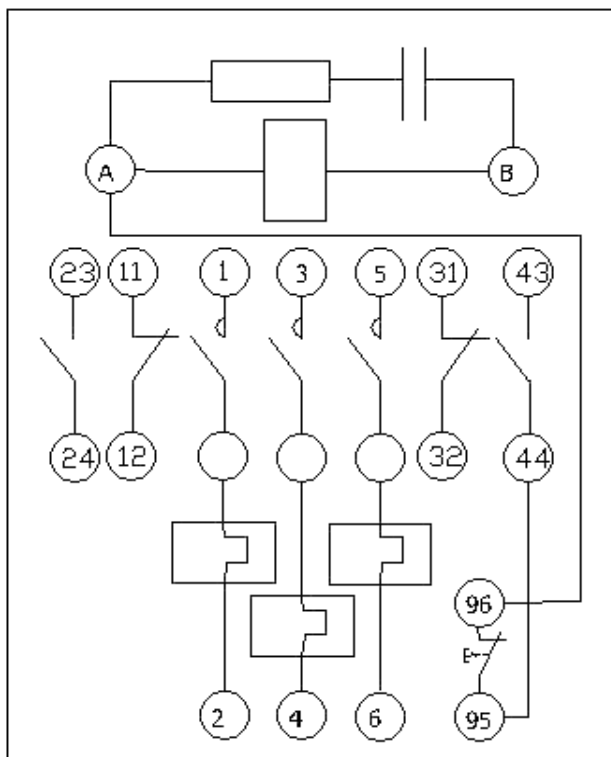
2.28

Примечание. На основании данных наиболее часто применяемых символов нереверсивного и реверсивного пускателей ПМ 12-040 могут быть «построены» др. символы данного пускателя (с другими типами приставок ПКЛ, нереверсивного без теплового реле и т. п.).

Магнитные пускатели с ограничителем перенапряжения ОПН

ПМА 4200 П
 ПМА 4202 П
 ПМА 5202 М
 ПМА 6202 М
 +
 ОПН - 1

2.30



2.31

Символ ПМА-0100, ПМЛ-1100,
 ПМЛ 2100

Символ ОПН-1

К катушке пускателя возможно
 присоединение двух проводов,
 кроме ОПН

1. Ограничитель ОПН поставляется встроенным в пускатель (ПМА-4000, 5000, 6000).

Электрическое соединение – на заводе-изготовителе.

2. Ограничитель ОПН поставляется отдельно от пускателя (ПМА-0000, 1ПМА-1000, ПМЛ-2000, ПМЛ-3000). Электрическое соединение ОПН с катушкой пускателя выполняется на заводе-изготовителе НКУ.

ВЫКЛЮЧАТЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКИЕ

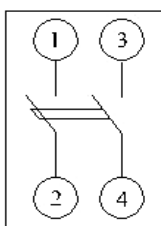
Автоматические выключатели без вспомогательных контактов

Однополюсный



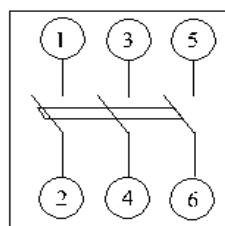
3.1

Двухполюсный



3.2

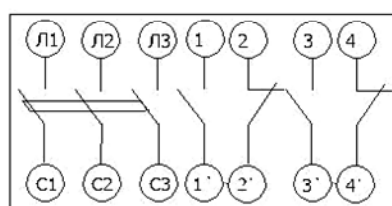
Трёхполюсный



3.3

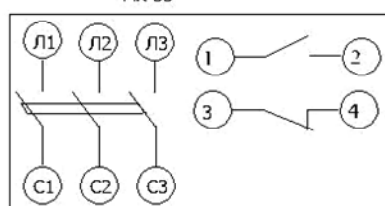
Автоматические выключатели со вспомогательными контактами

АП - 50 Б



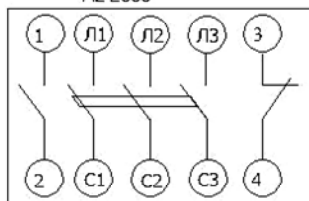
3.4

АК 53



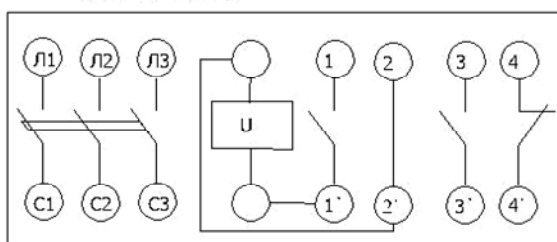
3.5

АЕ 2000



3.6

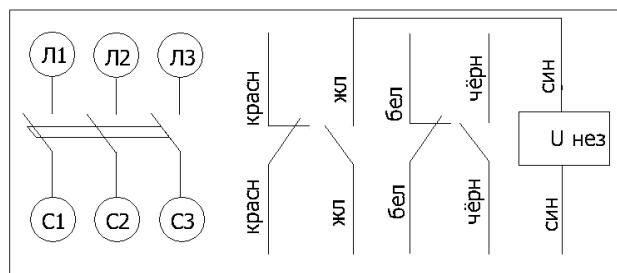
АП 50 Б - 2 МЭ ТД



3.7

ВА 5Х - 35, 39, 41, 43
А3710 с передн. пр.

**))



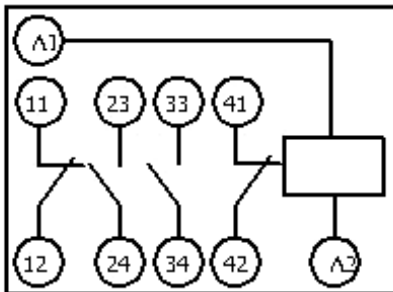
3.8

**) Выключатели серии ВА50 и А37 с вспомогательными контактами поставляются без клеммных колодок. Поэтому необходимо предусмотреть в НКУ блок зажимов БЗ-24 на 5 или 10 зажимов и расположить его вблизи выключателя. Соединения контактов с клеммником выполняются по соответствующему цвету провода.

РЕЛЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ

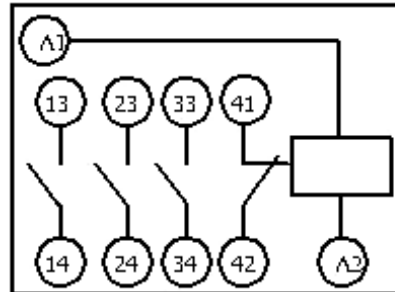
Реле РЭП15

РЭП15-220



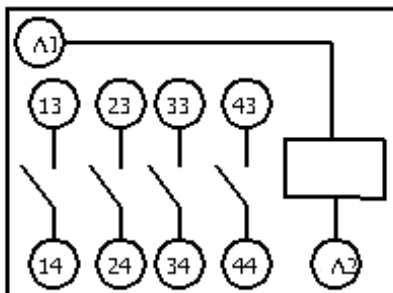
4.1

РЭП15-420



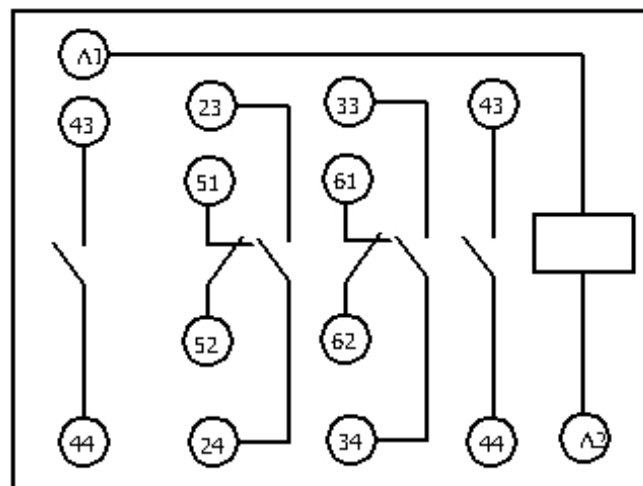
4.2

РЭП15-400



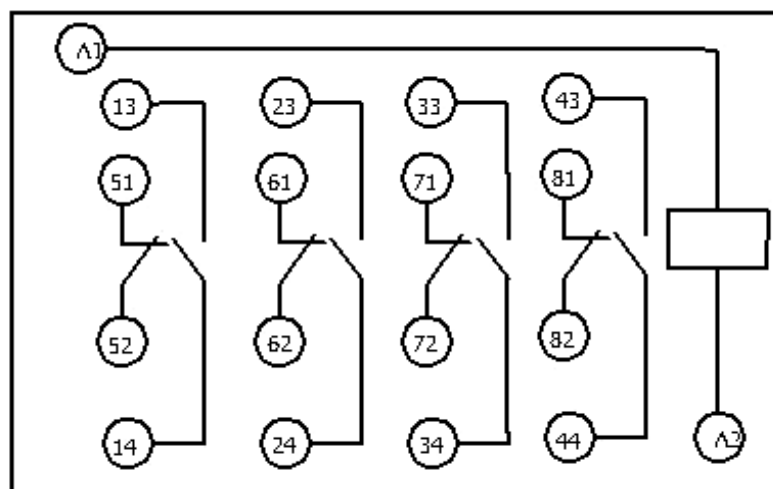
4.3

РЭП15-420



4.4

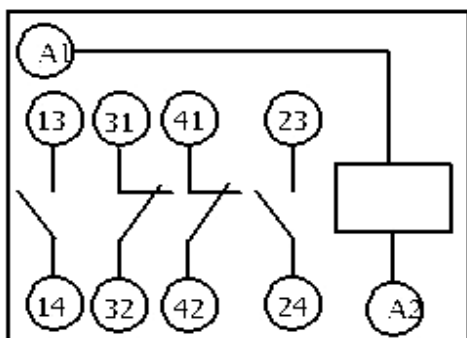
РЭП15-440



4.5

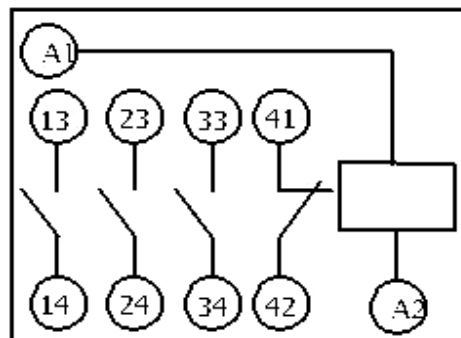
Реле РПЛ

РПЛ-122



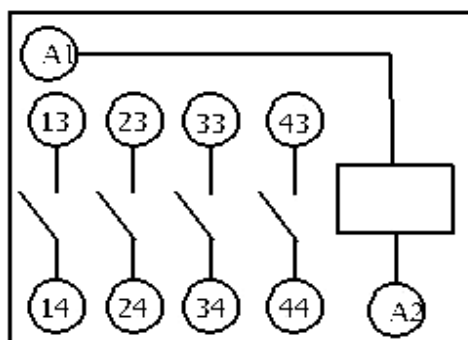
4.8

РПЛ-131



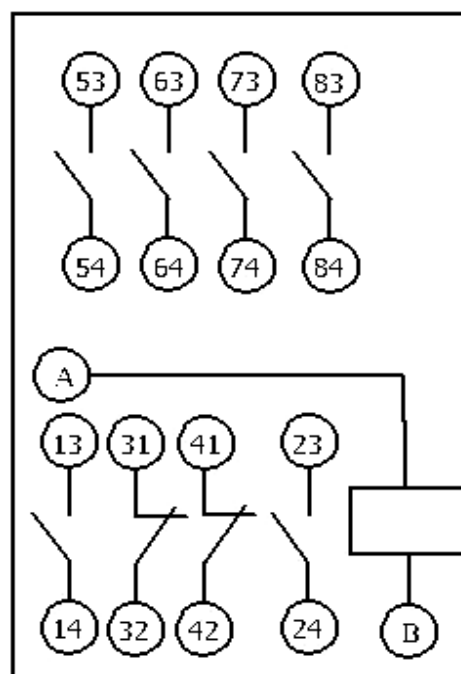
4.9

РПЛ-140



4.10

РПЛ-122+ПКЛ-40

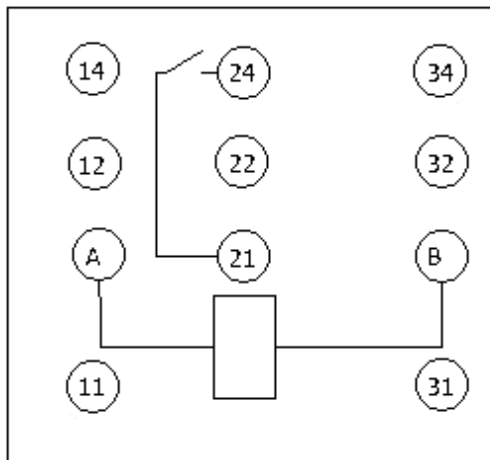


4.11

Примечание. Монтажные символы любого реле РПЛ с любой приставкой ПКЛ строятся аналогично символу 4.11.

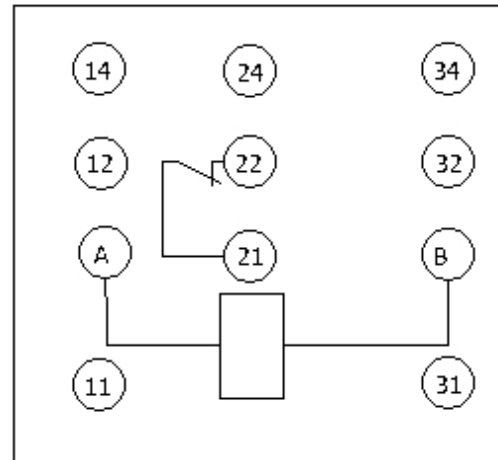
Реле РП21М

РП 21М - 100



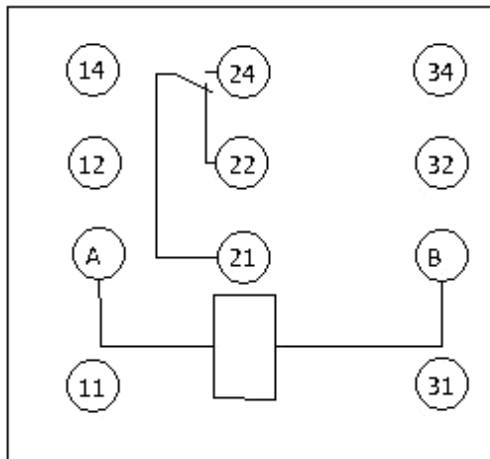
4.19

РП 21М - 010



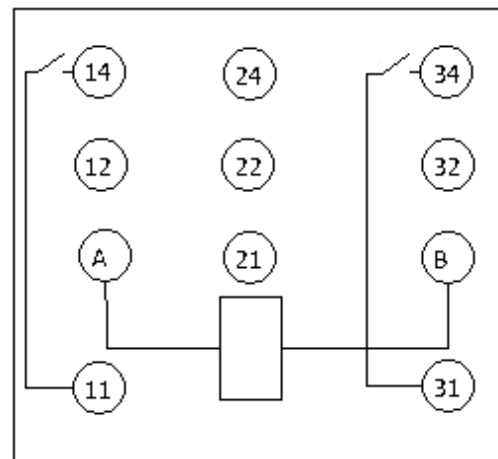
4.20

РП 21М - 001



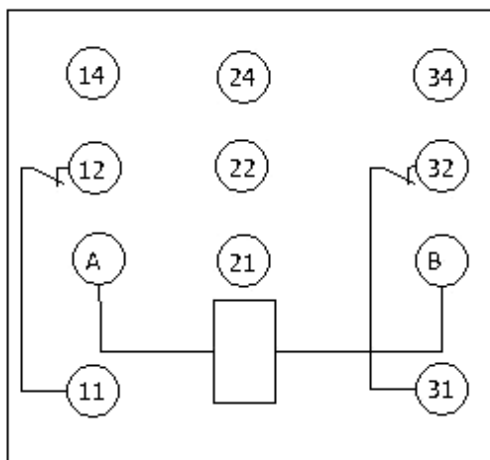
4.21

РП 21М - 200



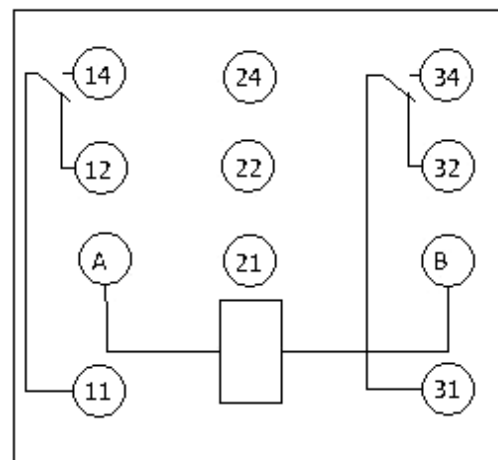
4.22

РП 21М - 020



4.23

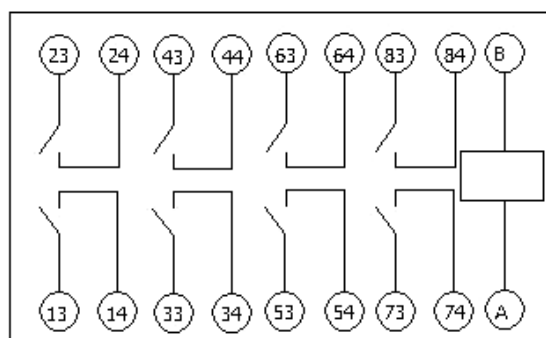
РП 21М - 002



4.24

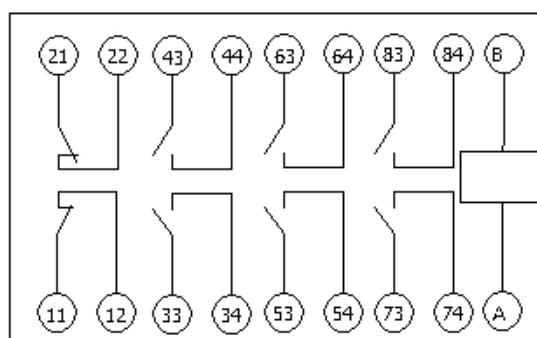
Реле ПЭ37

ПЭ37 - 80 (8s)



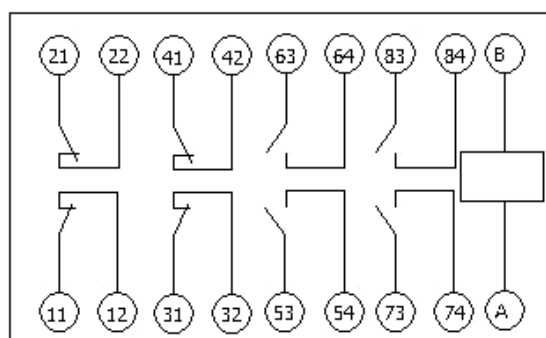
4.31

ПЭ37 - 62 (6s2p)



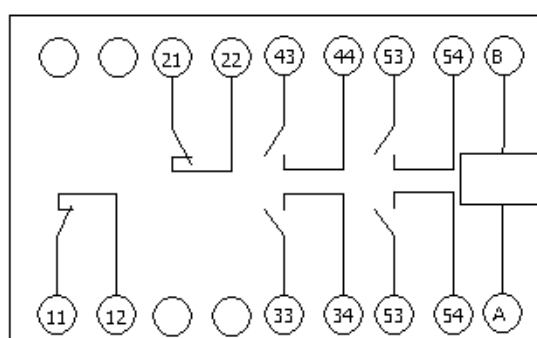
4.32

ПЭ37 - 44 (4s4p)



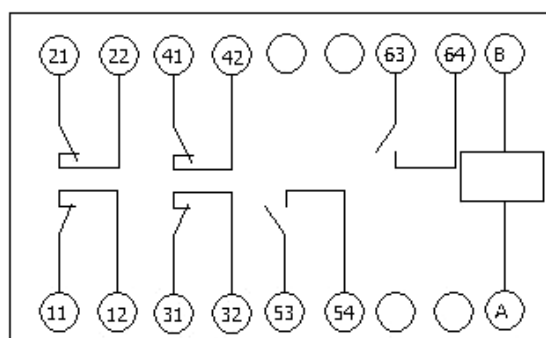
4.33

ПЭ37 - 42 (4s2p)



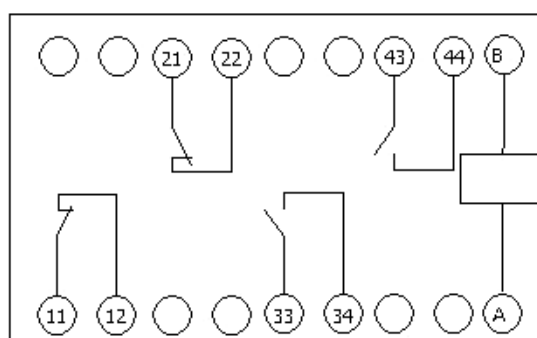
4.34

ПЭ37 - 24 (2s4p)



4.35

ПЭ37 - 22 (2s2p)

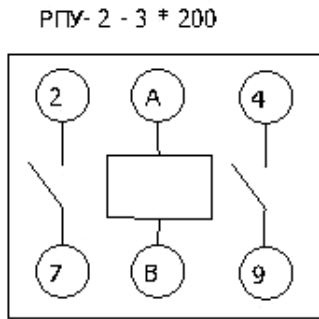


4.36

Примечание. Символы даны для наиболее предпочтительной установки реле ПЭ37 в НКУ – горизонтальной. При вертикальной установке символ необходимо повернуть по часовой стрелке, чтобы катушка была внизу.

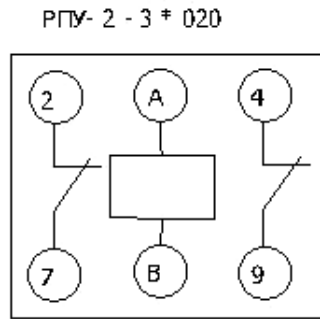
РЕЈЕ РПУ-2

РПУ-2-3*200



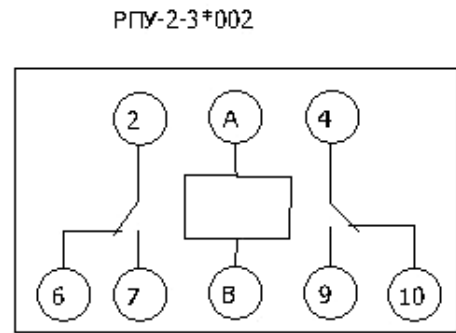
4.37

РПУ-2-3*020



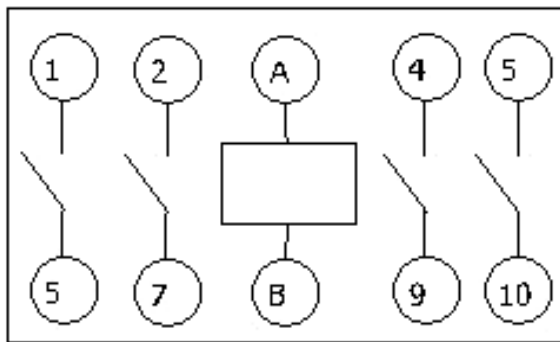
4.38

РПУ-2-3*002



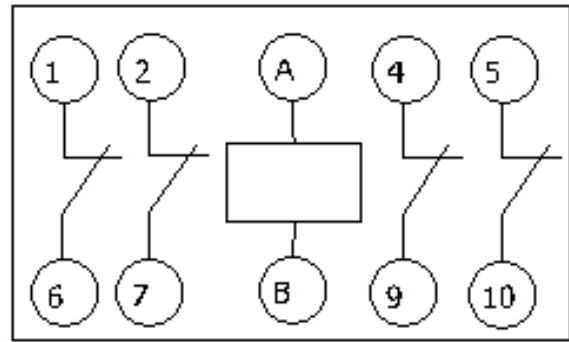
4.39

РПУ-2-3*400



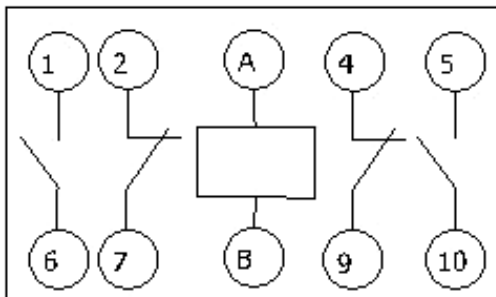
4.40

РПУ-2-3*040



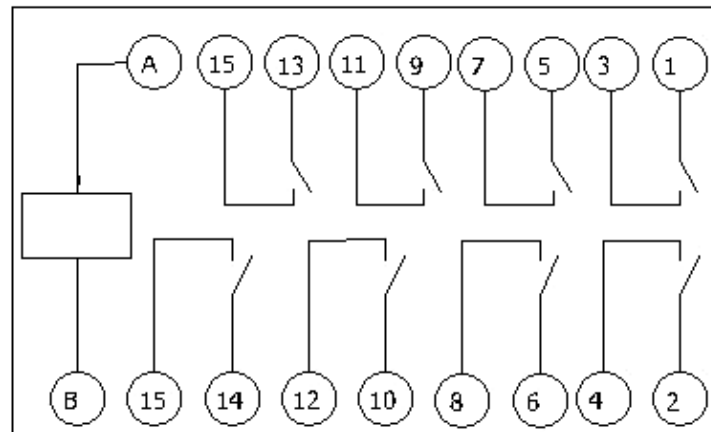
4.41

РПУ-2-3*220



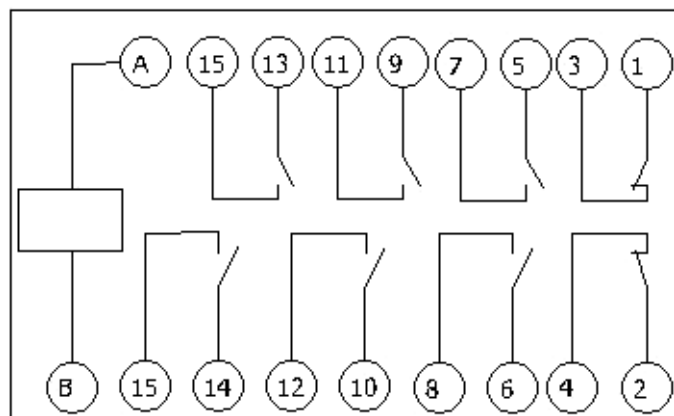
4.42

РПУ-2-M9*800



4.43

РПУ -2-М9*620



4.44

Примечание к символам 4.43...4.48. При вертикальной установке реле в НКУ символ необходимо повернуть таким образом, чтобы катушка была внизу.

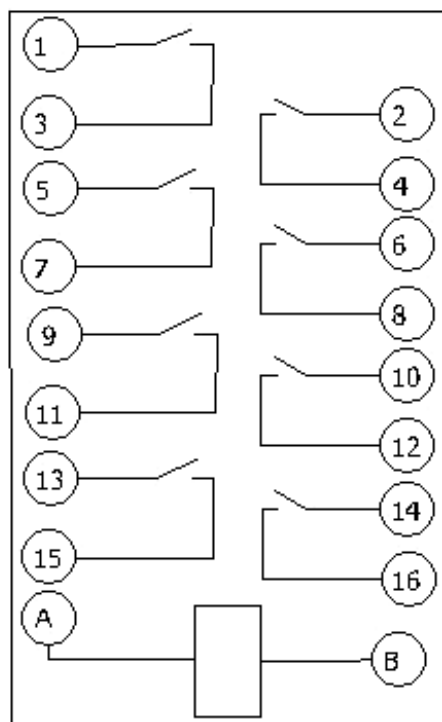
Пример – см. символ 4.43а...4.45а на реле

РПУ -2-М9*800

РПУ -2-М9*620

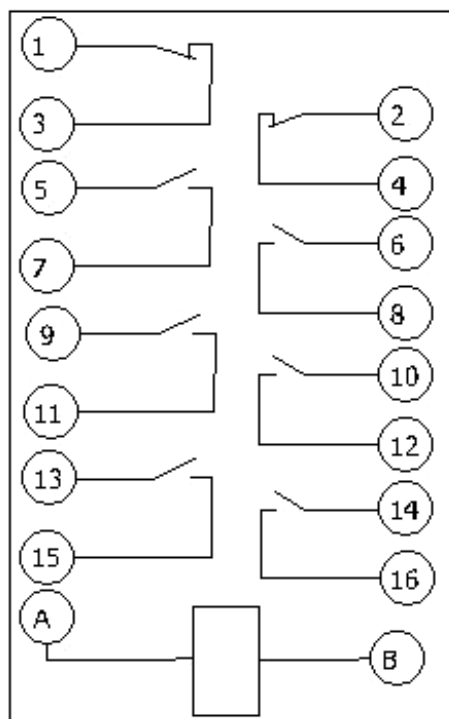
РПУ -2-М9*440

РПУ -2-М9*800



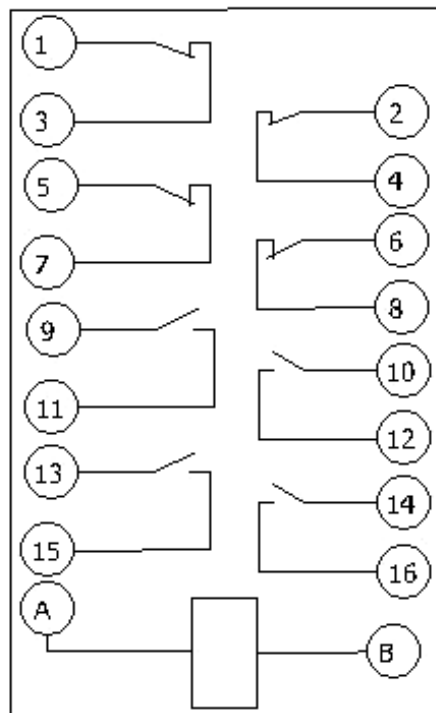
4.43а

РПУ -2-М9*620



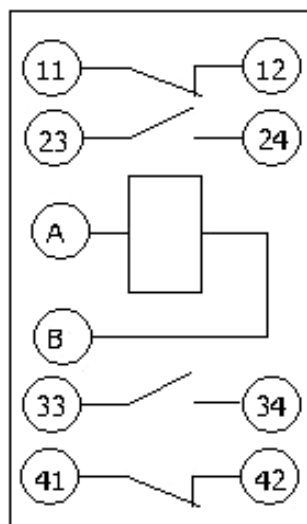
4.44а

РПУ -2-М9*440



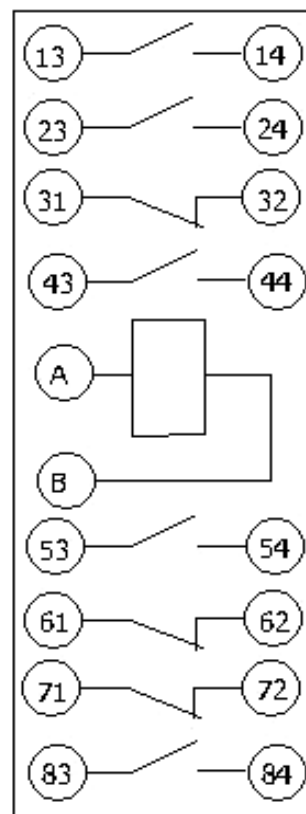
4.45а

РПУ -3М - 144



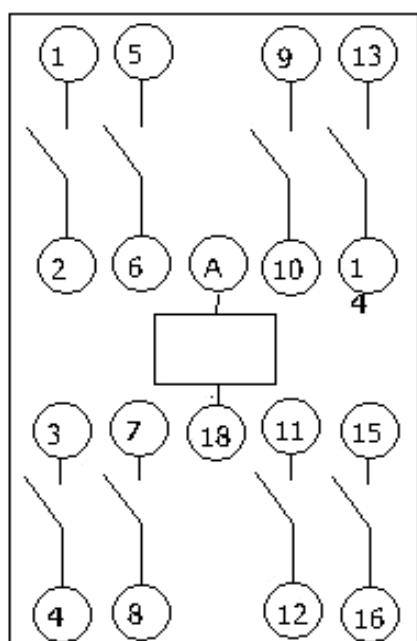
4.49

РПУ -3М - 118



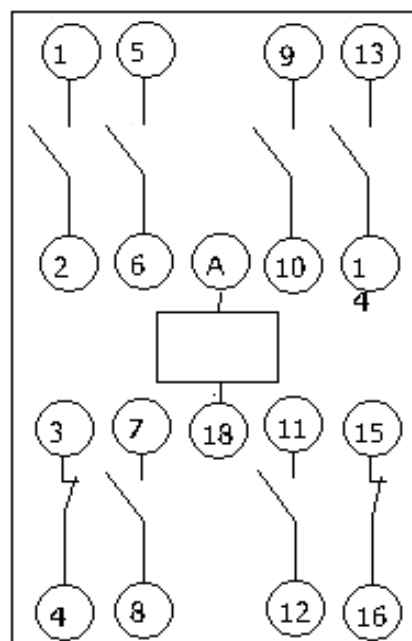
4.50

РПУ - 4 - 311



4.51

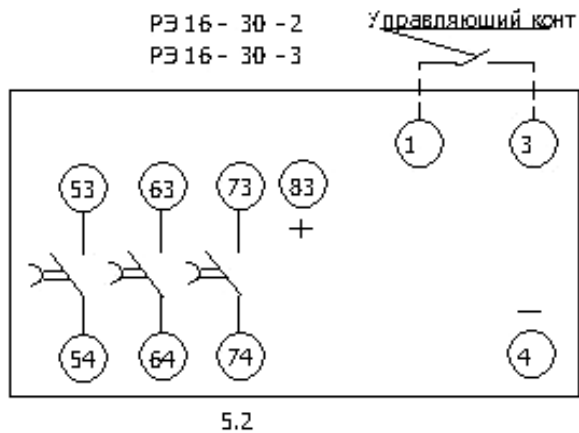
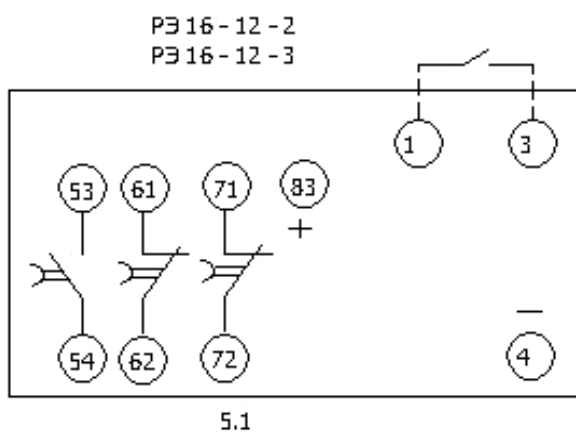
РПУ - 4 - 312



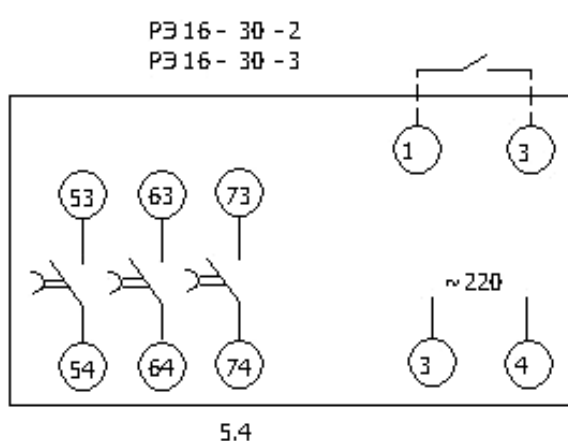
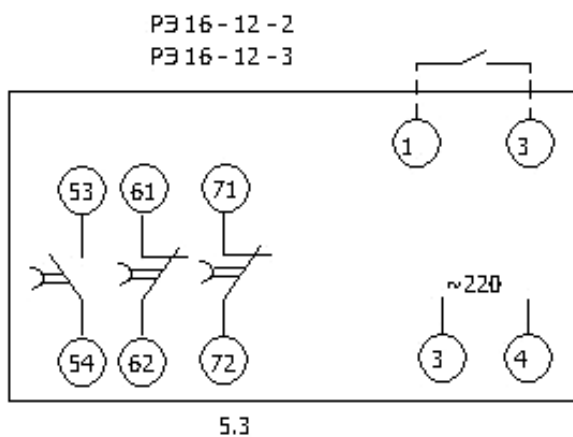
4.52

РЕЛЕ УПРАВЛЕНИЯ

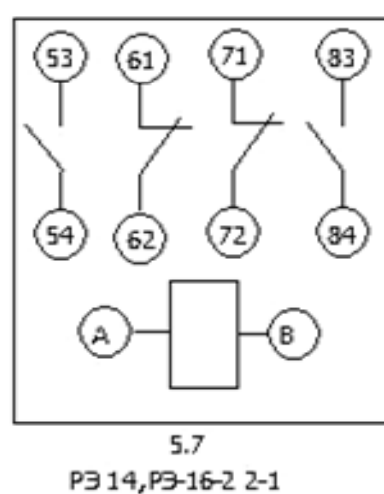
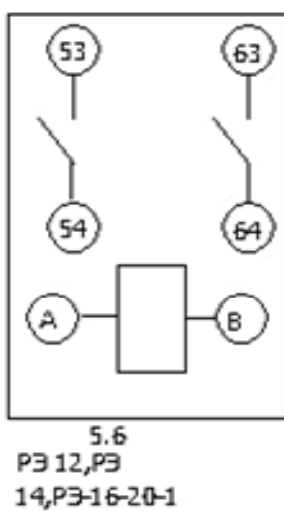
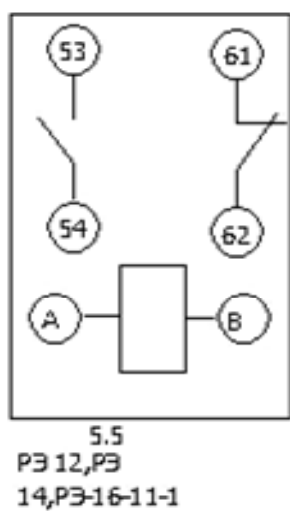
Реле времени постоянного тока РЭ16



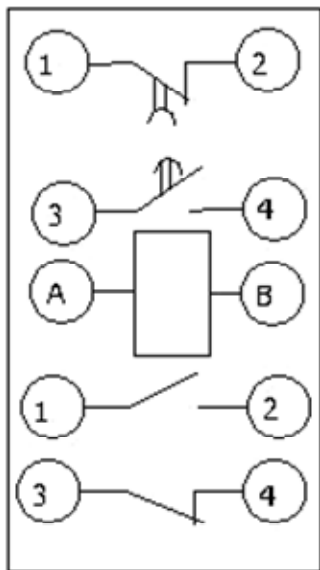
Реле времени переменного тока РЭ16



Реле напряжения и промежуточные

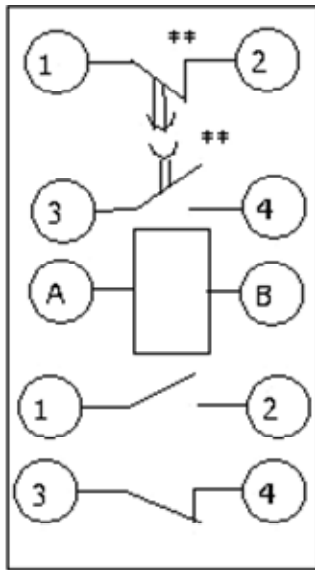


РВП72М-3221



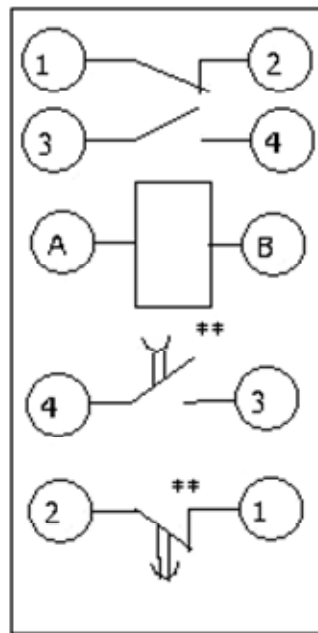
5.33

РВП72М-3222



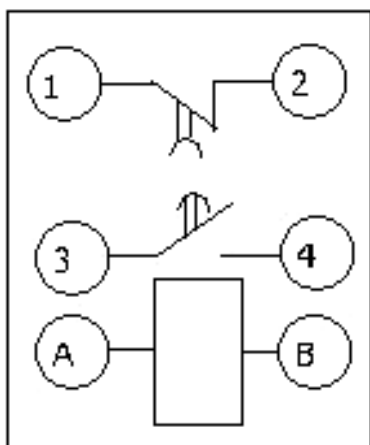
5.34

РВП72М-3223



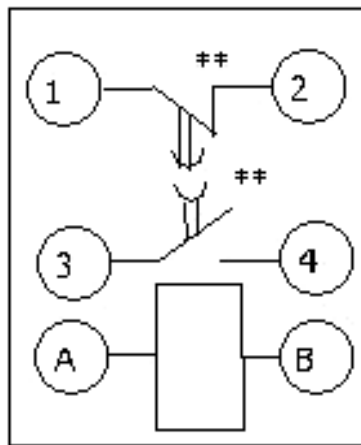
5.35

РВП72М-3 121



5.36

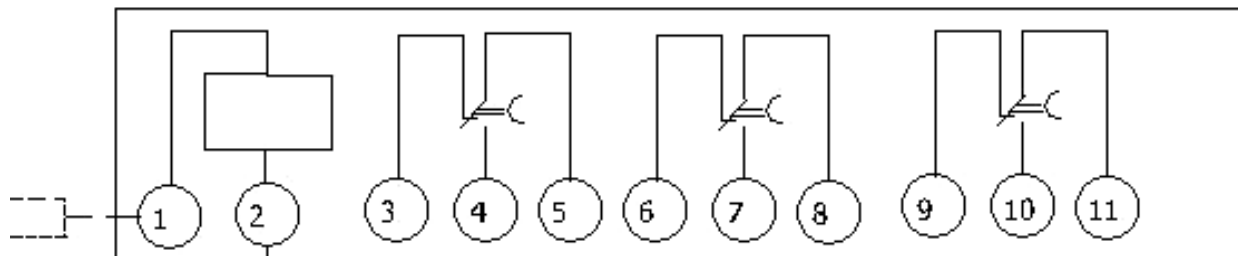
РВП72М-3 222



5.37

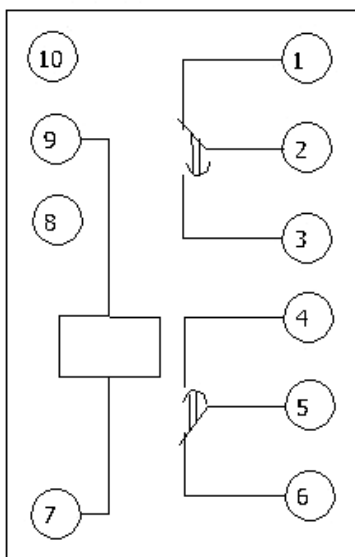
** Состояние контактов дано при включенной катушке

ВЛ-56

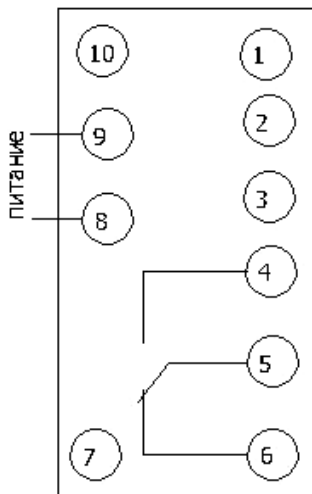


5.38

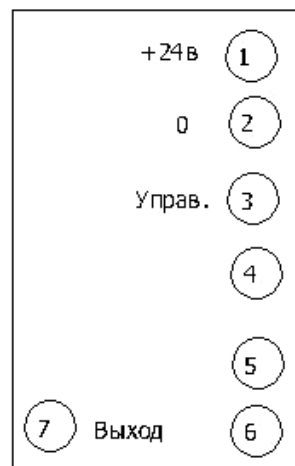
питание

ВЛ-55

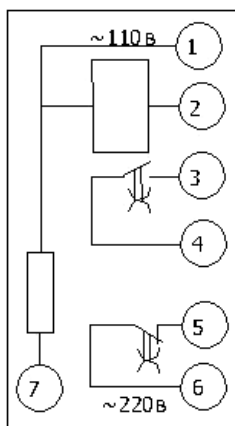
5.39

ВЛ-59

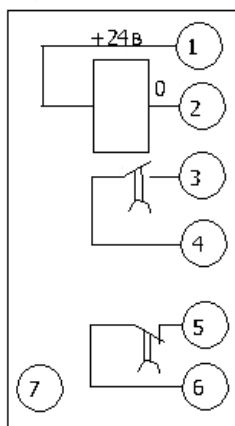
5.40

ВЛ-69

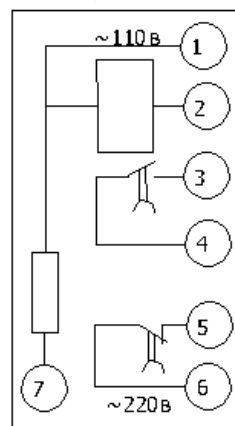
5.41

ВЛ-65

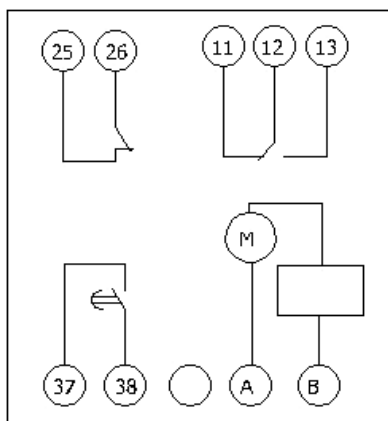
5.42

ВЛ-64, ВЛ-66

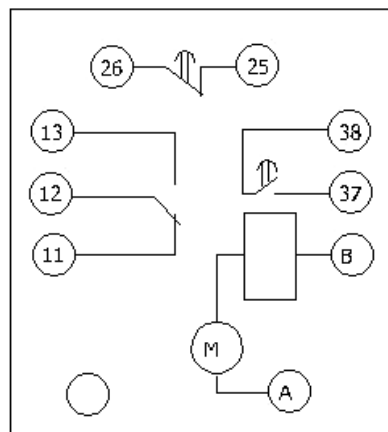
5.43

ВЛ-68, ВЛ-69

5.44

ВС-33-1

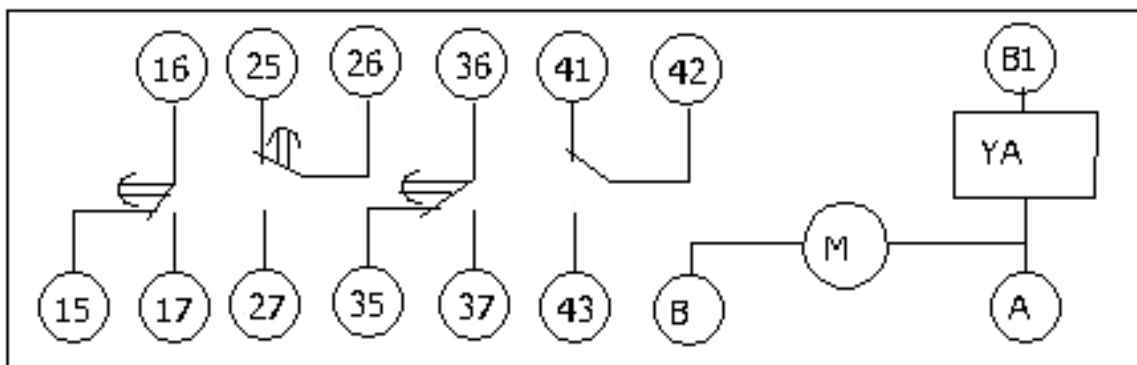
5.47

ВС-33-2 (вид сзади)

5.48

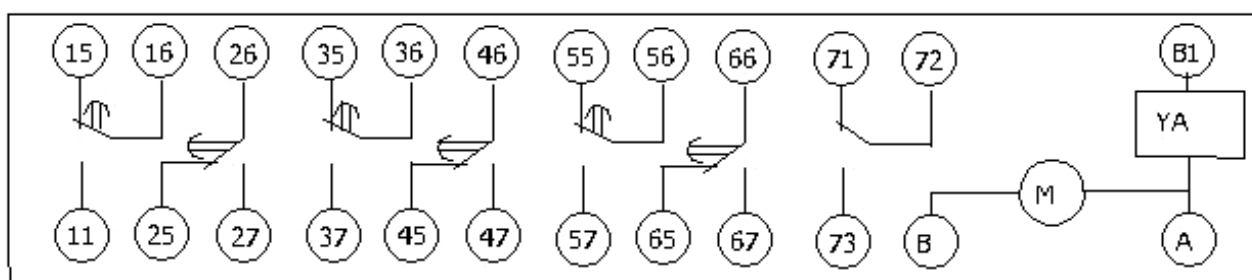
Примечание. Реле ВС-33-2
для утопленного монтажа

BC-43-3



5.49

BC-43-6



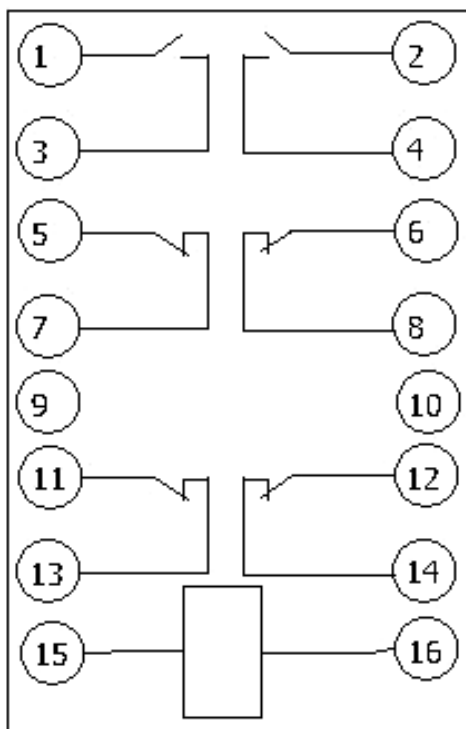
5.50

Примечание. Реле BC-43-3 – трехцепное, BC-43-6 – шестицепное

РЕЛЕ ЗАЩИТЫ

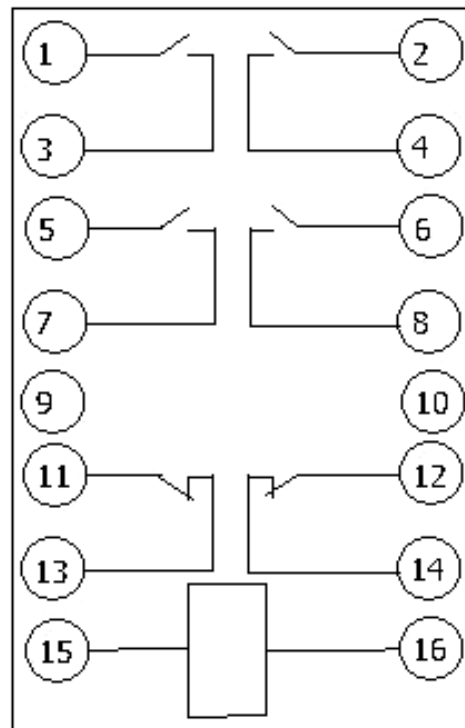
РП16-1, РП16-7

2э4р



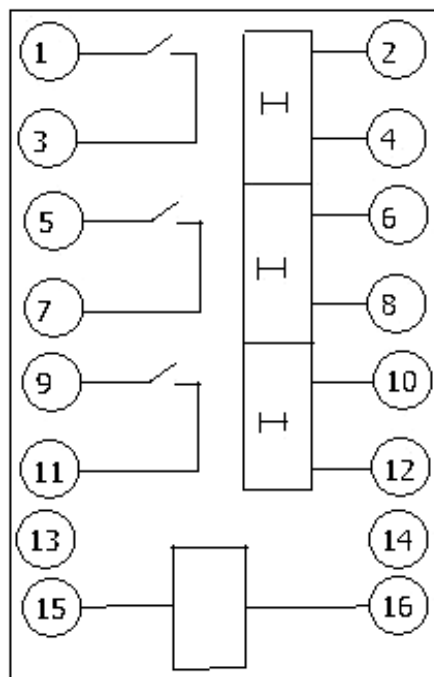
6.1

4э2р



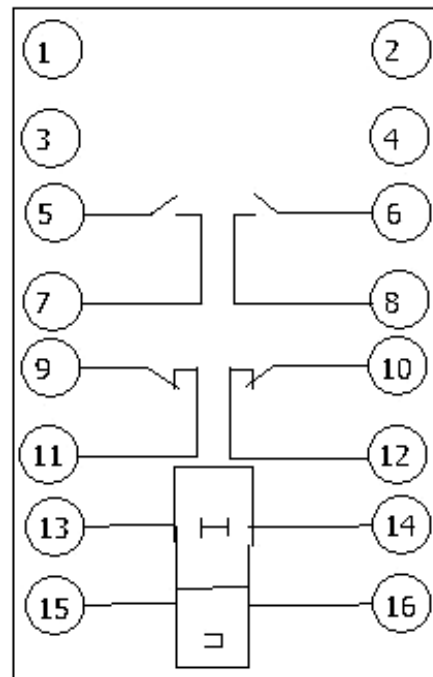
6.2

РП16-3



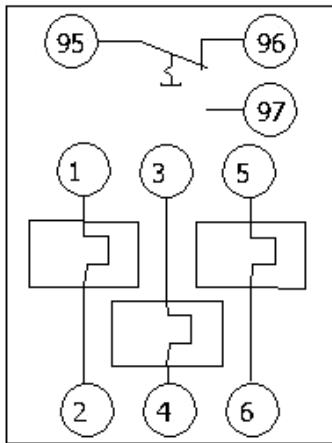
6.4

РП16-4



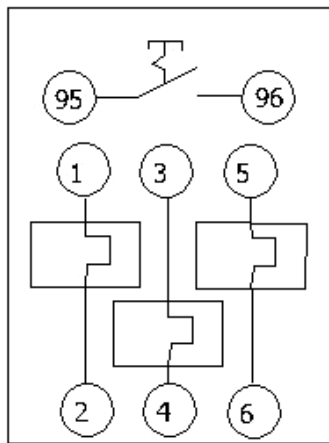
6.5

РТТ 5 - 06 (1п)



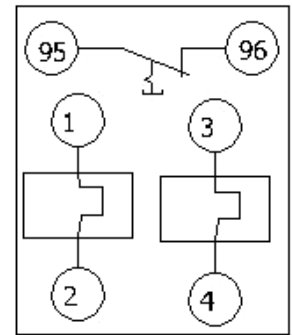
7.1

РТТ 5 - 06 (1з)



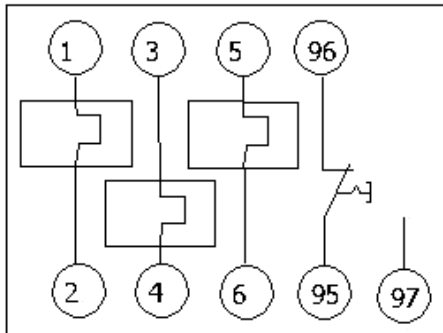
7.2

ТРН - 10
ТРН - 25М



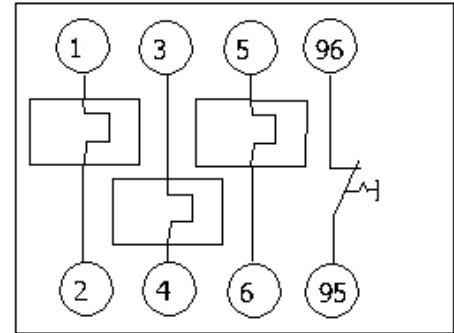
7.3

РТТ (1п)



7.4

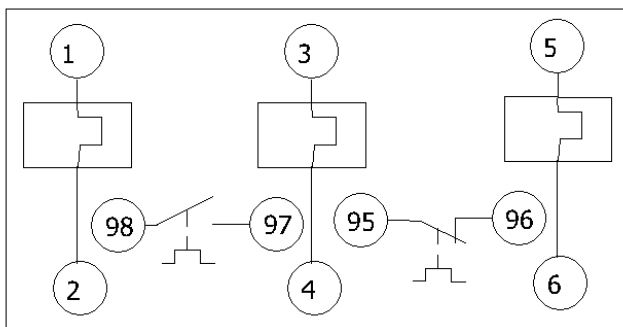
РТТ (1р)



7.5

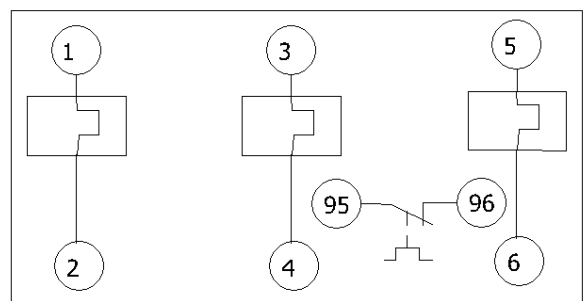
Примечание. Символы даны для отдельной установки реле. В исполнении реле для встройки в пускатель верхние зажимы отсутствуют.

РТЛ - 1000 , РТЛ - 2000



7.6

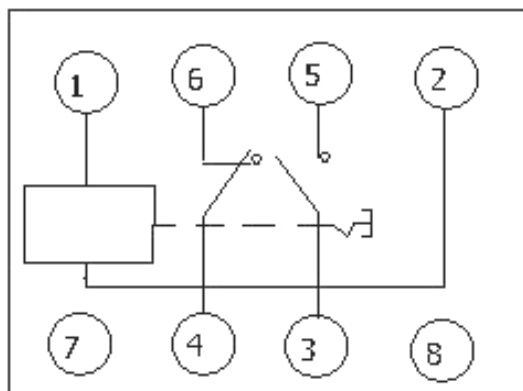
РТЛ - 1000С , РТЛ - 2000С



7.7

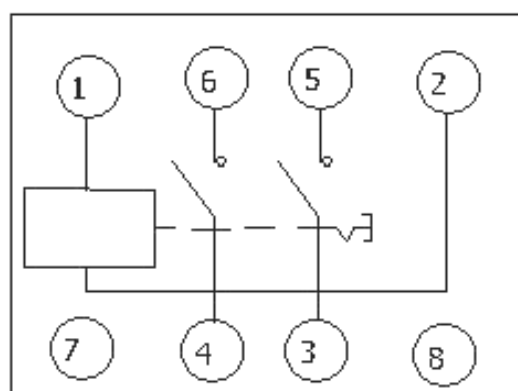
РЕЛЕ СИГНАЛЬНЫЕ (вид сзади)

РЭУ 11 - 11



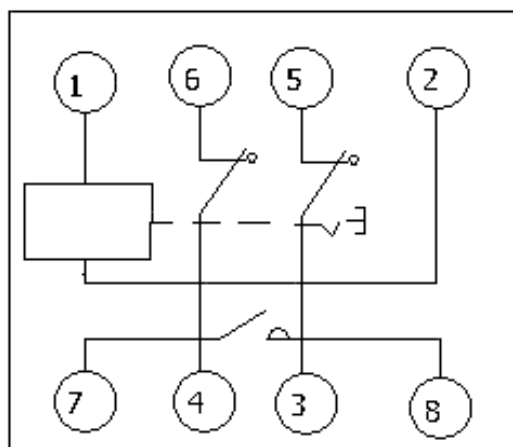
8.1

РЭУ 11 - 20



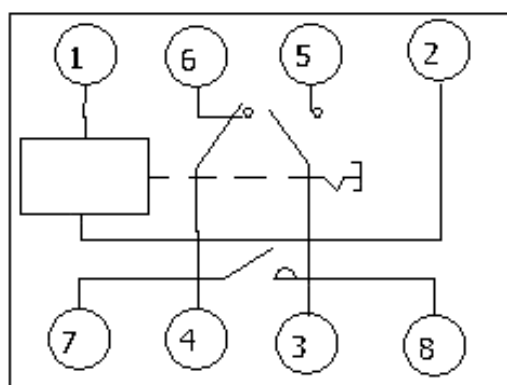
8.2

РЭУ 11 - 12



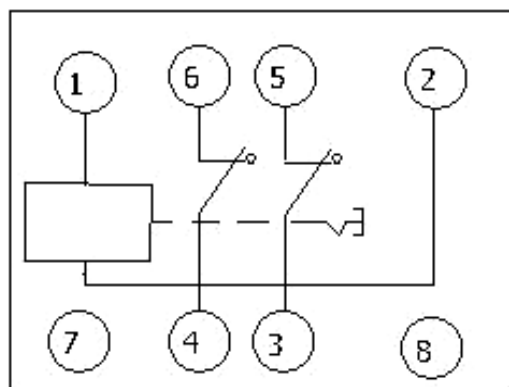
8.4

РЭУ 11 - 21



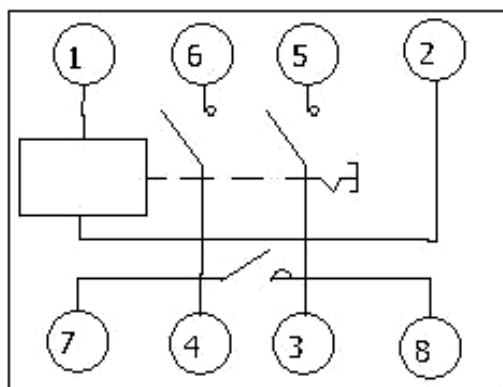
8.5

РЭУ 11 - 02



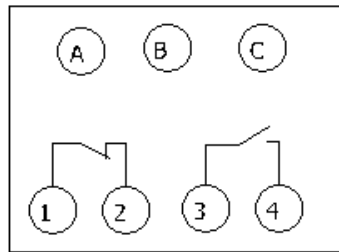
8.3

РЭУ 11 - 30



РАЗНЫЕ РЕЛЕ

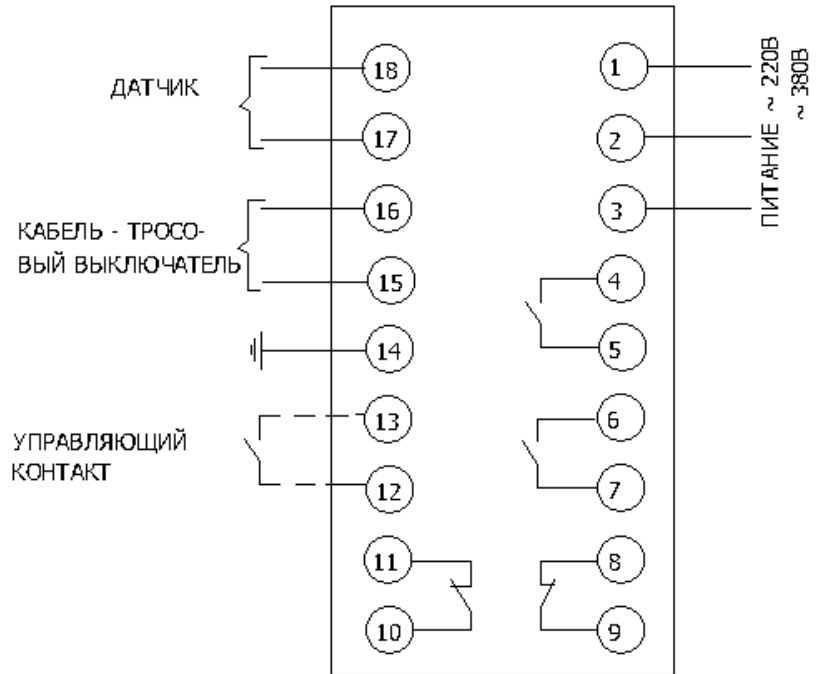
ЕЛ 11, ЕЛ 12, ЕЛ 13



10.1

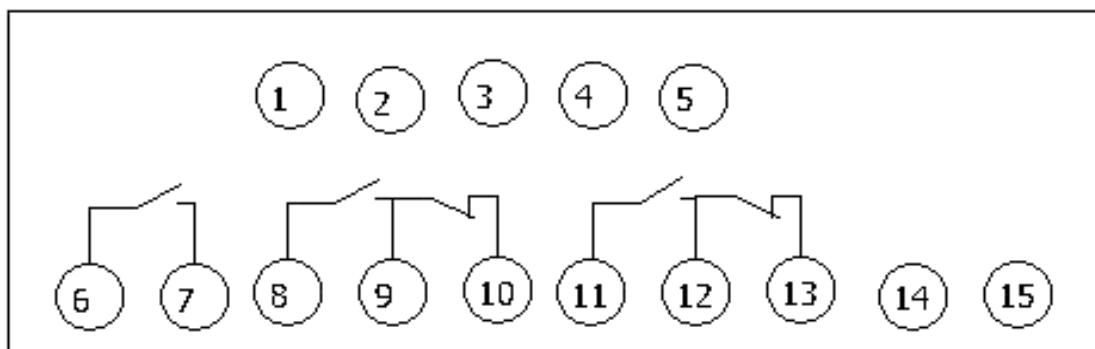
УК-1

УК-2



10.3

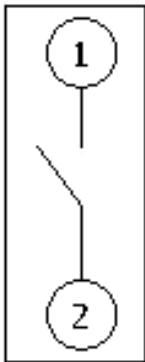
БКС-3.1-01, БКС-3.2-01



10.2

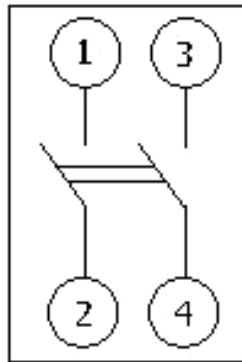
РУБИЛЬНИКИ

1-полюсный



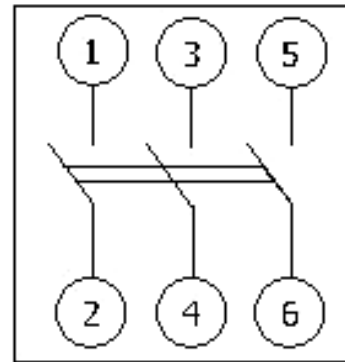
11.1

2-полюсный



11.2

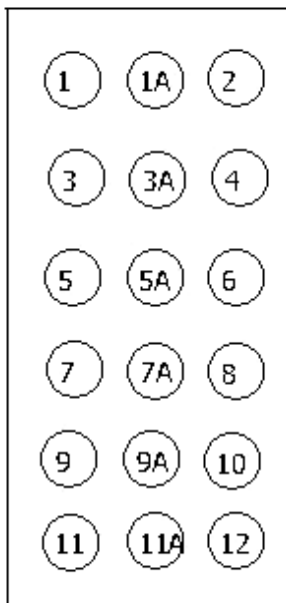
3-полюсный



11.3

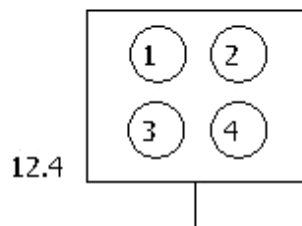
ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ДЛЯ КРЫШЕК ПУЛЬТОВ

УП 5313



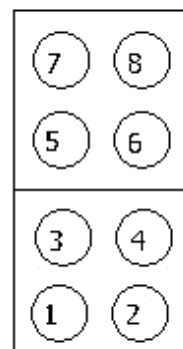
12.1

УП 5311



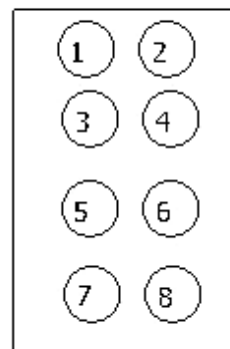
12.4

ПКУЗ - 12
ПКУЗ - 54
ПКУЗ 25 - 2



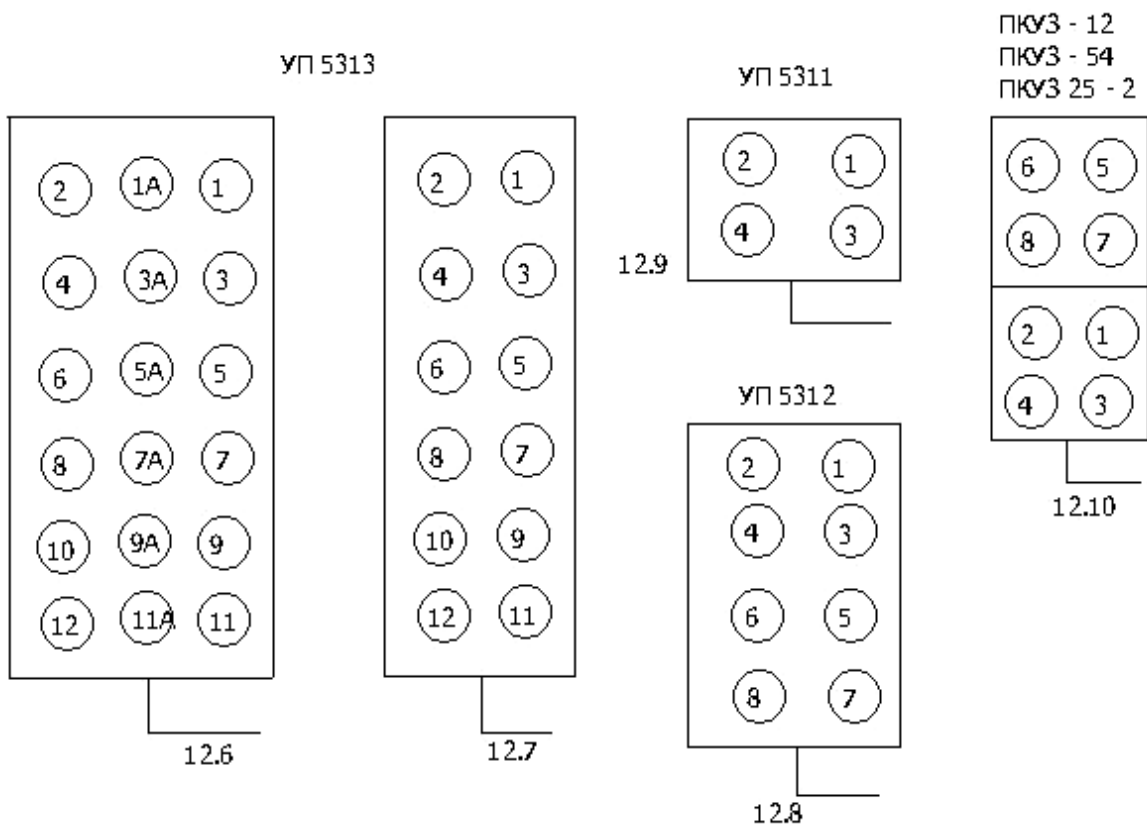
12.5

УП 5312

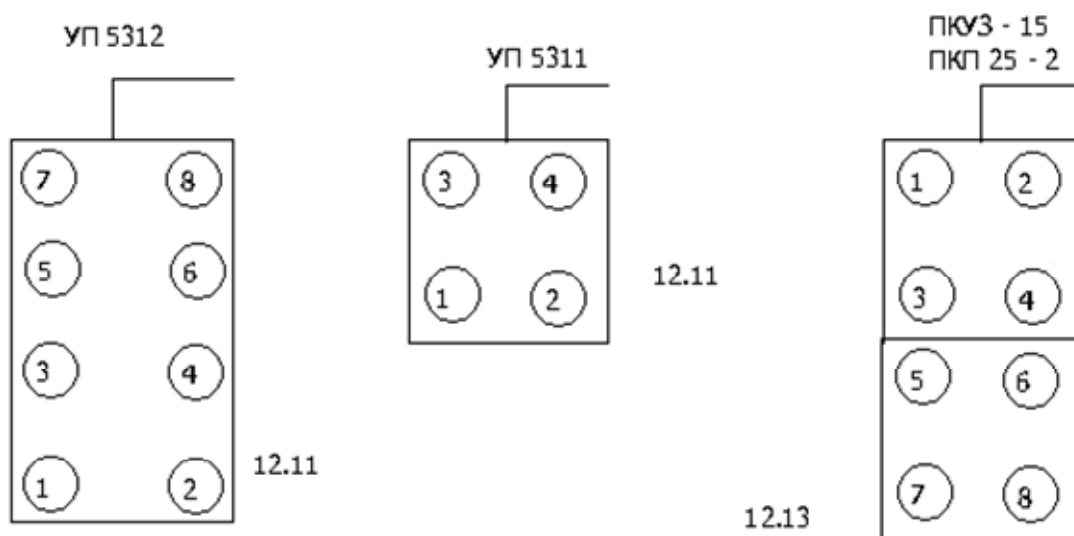


12.3

ДЛЯ ДВЕРЕЙ ЯЩИКОВ И ШКАФОВ ДЛЯ ПАНЕЛЕЙ С ЗАДНИМ МОНТАЖОМ

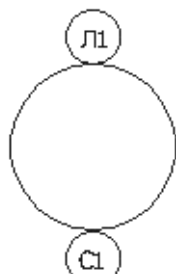


ДЛЯ ПАНЕЛЕЙ С ПЕРЕДНИМ МОНТАЖОМ (ВИД СПЕРЕДИ)



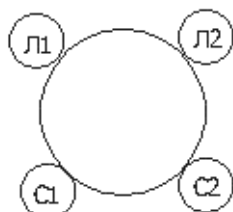
ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ ПАКЕТНЫЕ (ВИД СПЕРЕДИ)

ПВ 1 - 16



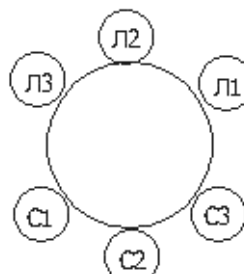
13.1

ПВ 2 - 16, ПВ 2 - 40,
ПВ 2 - 60, ПВ 2 - 100,
ПВ 2 - 250, ПВ 2 - 400



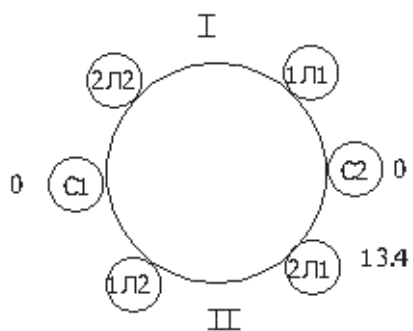
13.2

ПВ 3 - 16, ПВ 3 - 40,
ПВ 3 - 60, ПВ 3 - 100,
ПВ 3 - 250, ПВ 3 - 400



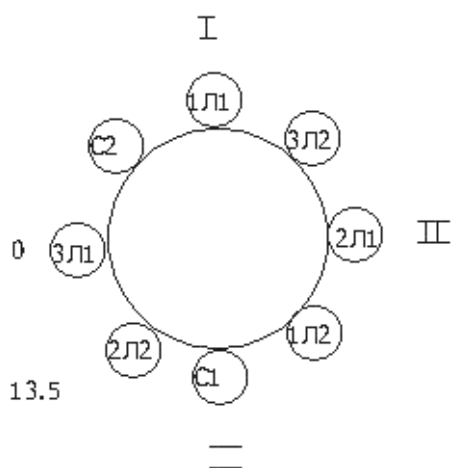
13.3

ПП2 - 16/Н2, ПП2 - 40/Н2
ПП2 - 60/Н2, ПП2 - 100/Н2
ПП2 - 250/Н2, ПП2 - 400/Н2



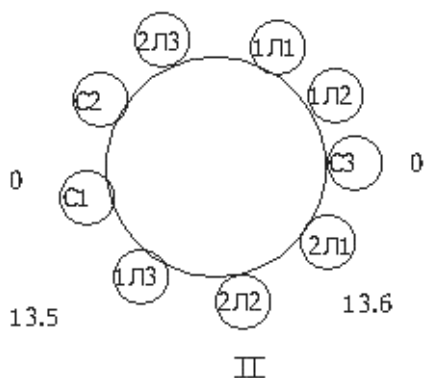
13.4

ПП2 - 16/Н3



13.5

I

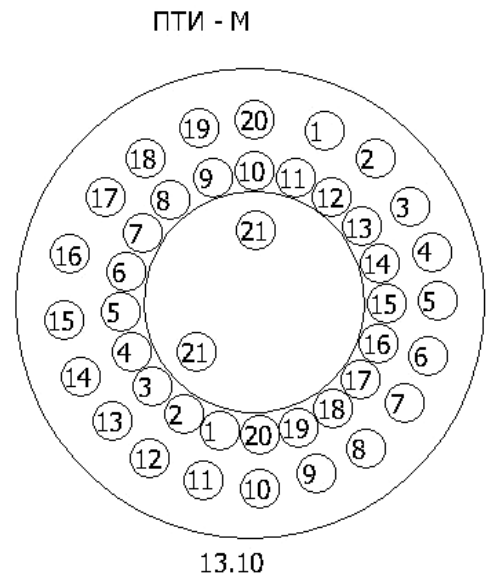
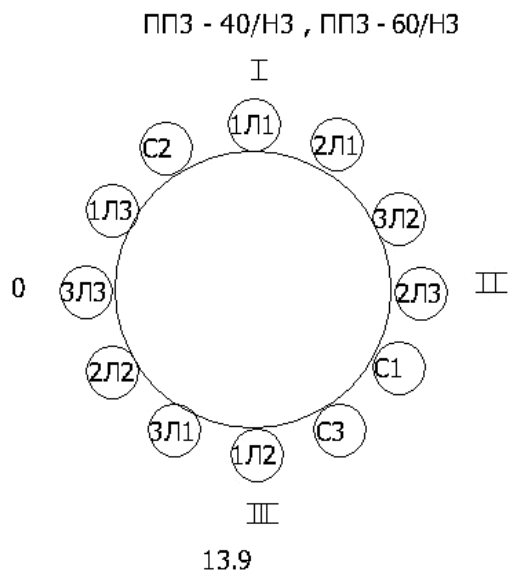
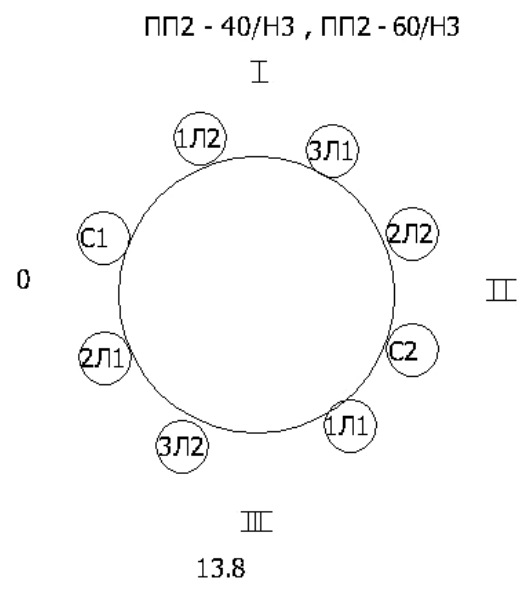
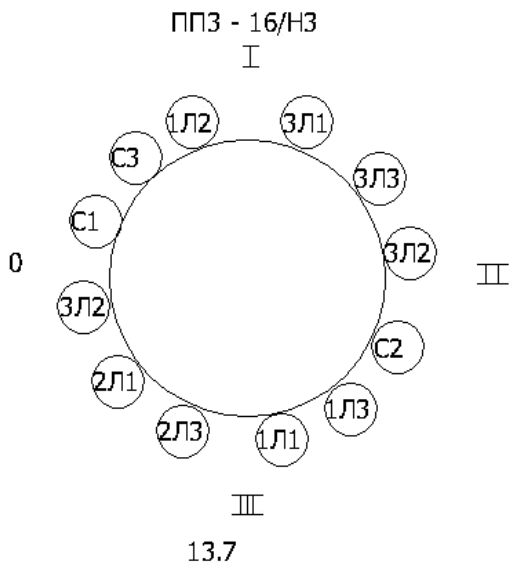


13.5

13.6

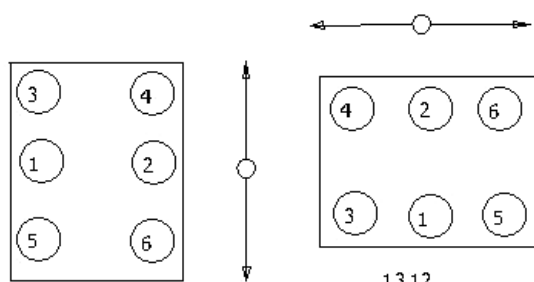
II

ПП3 - 16/Н2, ПП3 - 40/Н2
ПП3 - 60/Н2, ПП3 - 100/Н2
ПП3 - 250/Н2, ПП3 - 400/Н2



П2Т (ВИД СЗАДИ)

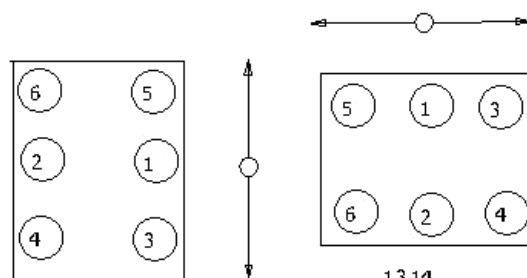
ДЛЯ КРЫШЕК ПУЛЬТОВ



13.11

13.12

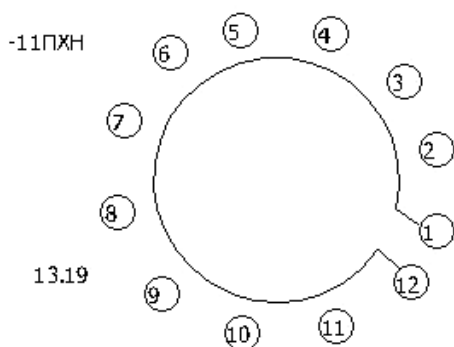
ДЛЯ ДВЕРЕЙ ЯЩИКОВ И ШКАФОВ



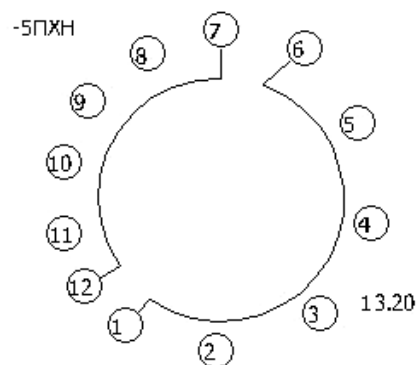
13.13

13.14

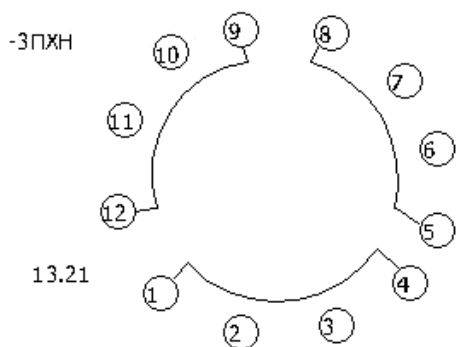
ДЛЯ ДВЕРЕЙ ЯЩИКОВ И ШКАФОВ



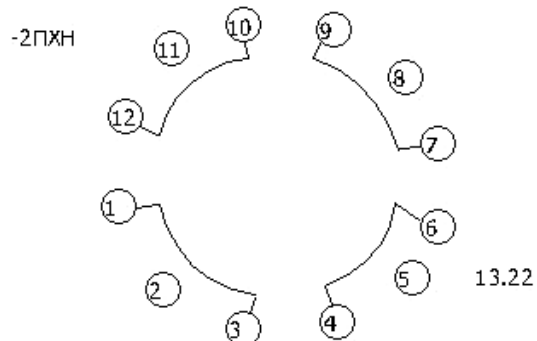
13.19



13.20

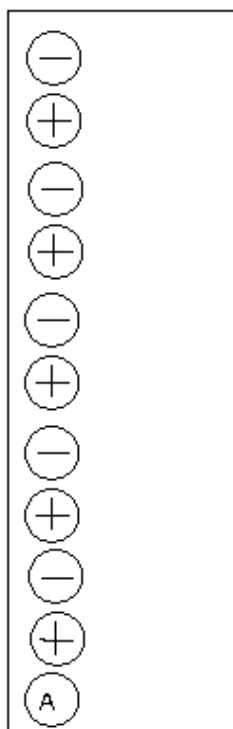


13.21



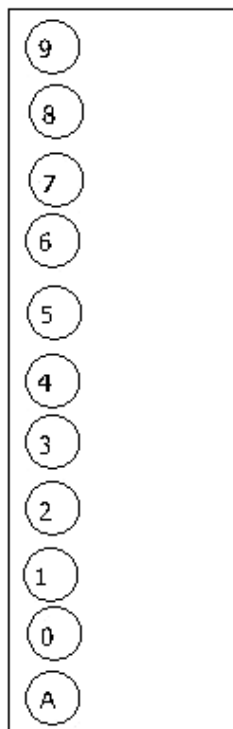
13.22

ПМП - 101



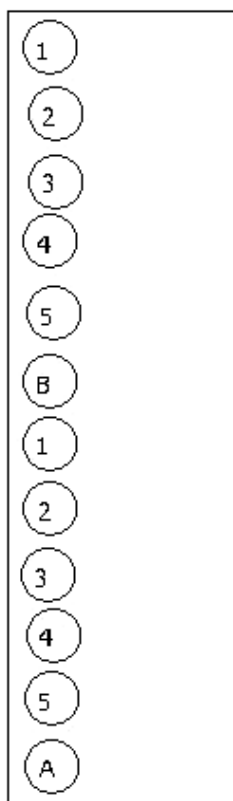
13.23

ПМП - 10 2



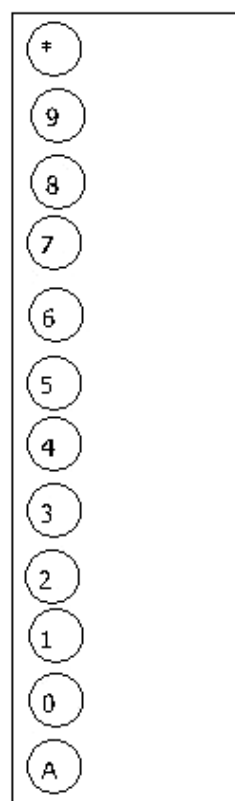
13.24

ПМП - 10 4



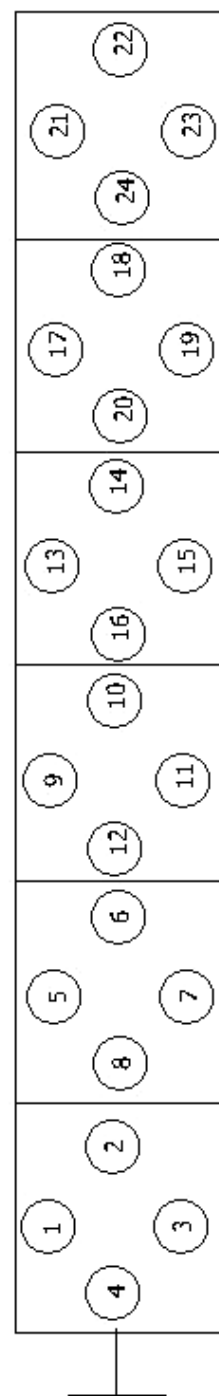
13.25

ПМП - 1 13



13.26

ПМОВ , ПМОФ (ВИД СЗАДИ)
ДЛЯ ДВЕРЕЙ ШКАФОВ И ПАНЕЛЕЙ



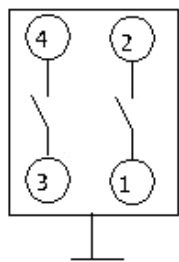
13.28

ПЕ (ВИД СЗАДИ) ДЛЯ ДВЕРЕЙ ЯЩИКОВ И ШКАФОВ

ПЕ 012, 022, 032, 072, 172

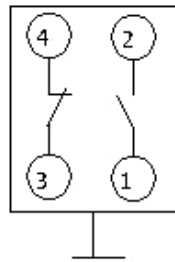
ПЕ 011, 021,
031, 071,
081, 171,
191

исп.1 (2з)



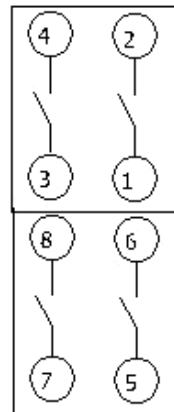
13.34

ПЕ 011,
ПЕ 021,
ПЕ 071,
ПЕ 171,
191
исп.2 (1з1р)



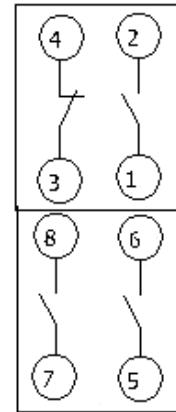
13.35

исп.1 (4з)



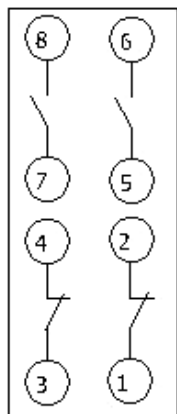
13.36

исп.2 (3з1р)



13.37

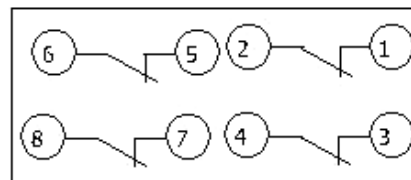
ПТ 26 - 1



13.46

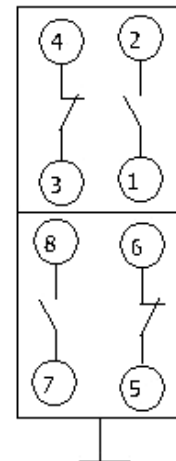
(ВИД СЗАДИ)

ПТ 26 - 2

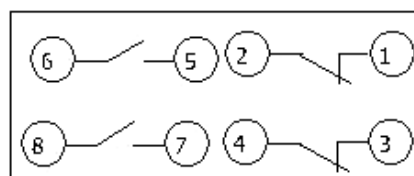


13.51

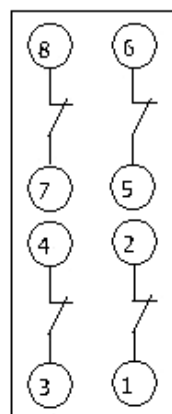
исп.3 (2з2р)



13.38



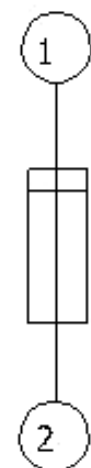
13.47



13.50

ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Примечание. Подвод напряжения осуществляется к зажиму 1.

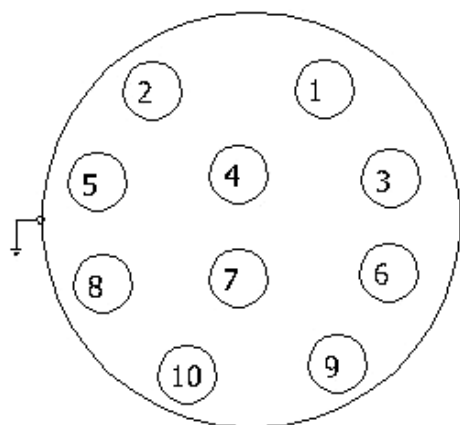


14.1

КОМАНДОКОНТРОЛЛЕРЫ

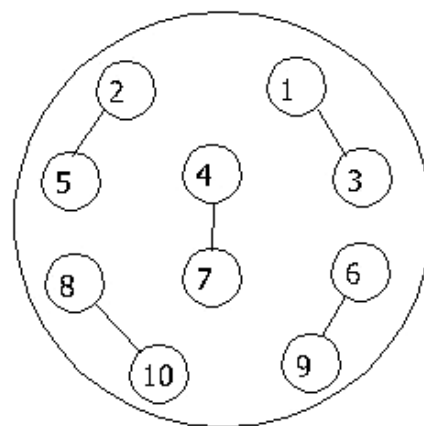
СКАЗ – 41-2, СКАЗ – 411-2 (Вид сзади)

Для дверей шкафов
и панелей



15.1

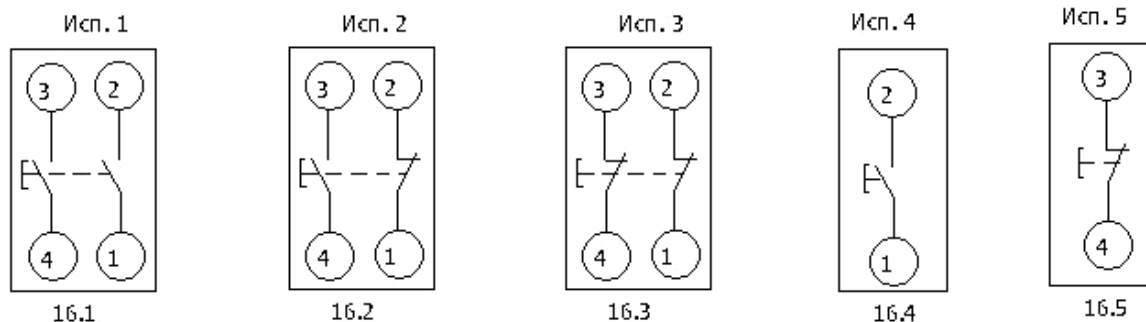
СКАР - 41 - ФР (Вид сзади)



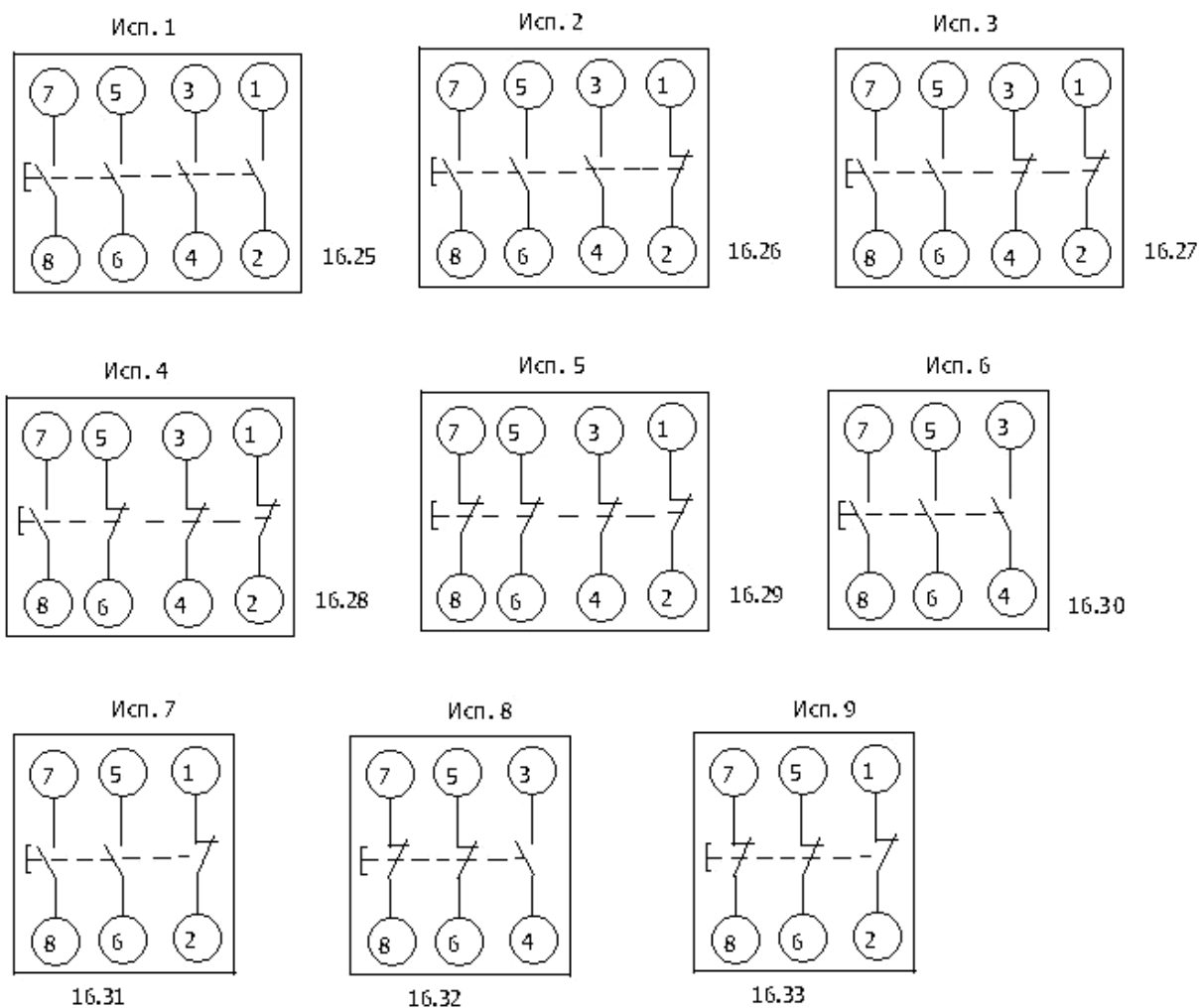
15.3

КНОПКИ УПРАВЛЕНИЯ (ВИД СЗАДИ) ДЛЯ ДВЕРЕЙ ШКАФОВ И ПАНЕЛЕЙ

КЕ 011, 021, 031, 041, 061



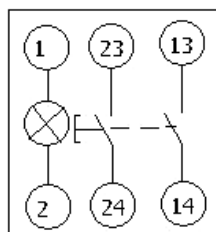
КЕ 012, 022, 032, 042, 082



КЕ 171

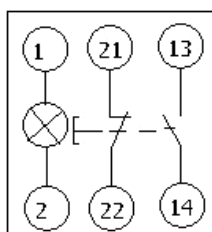
для дверей шкафов и панелей

Исп. 1



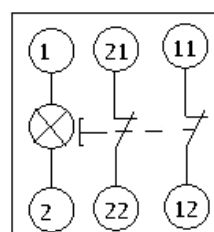
16.48

Исп. 2



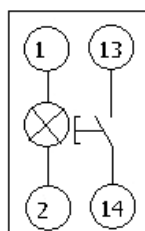
16.49

Исп. 3



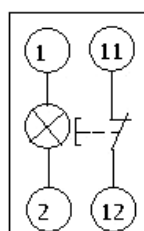
16.50

Исп. 4



16.51

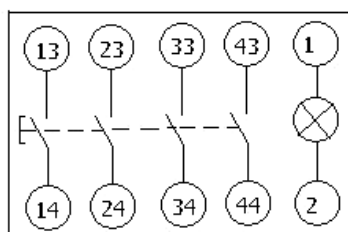
Исп. 5



16.52

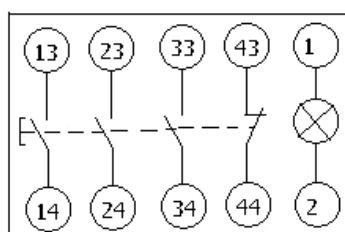
КЕ - 172

Исп. 1



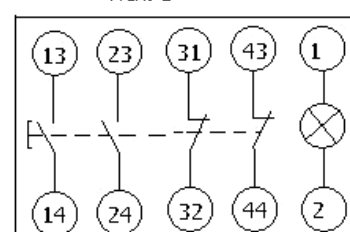
16.63

Исп. 2



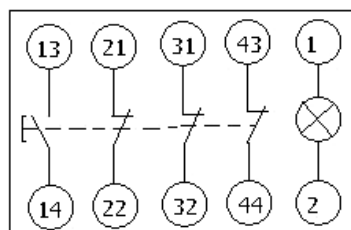
16.64

Исп. 3



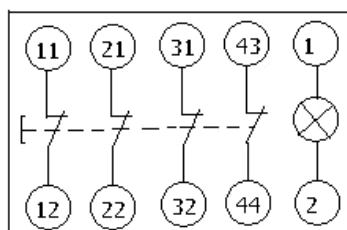
16.65

Исп. 4



16.66

Исп. 5

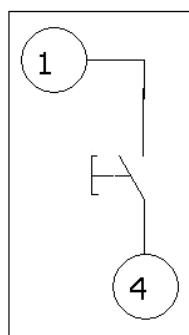


16.67

КМЕ 6000

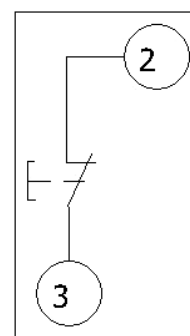
ВИД СЗАДИ ДЛЯ ДВЕРЕЙ ЯЩИКОВ,
ШКАФОВ, ДЛЯ ПАНЕЛЕЙ С ЗАДНИМ
МОНТАЖОМ

КМЕ 6110



16.75

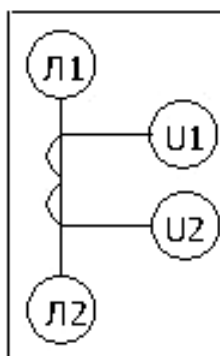
КМЕ 6101



16.76

ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА

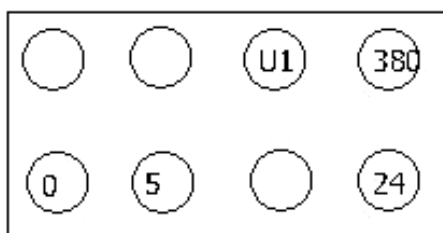
ТНШЛ, ТШЛМ, ТКЛМ, ТК-20, ТК-40,
ТК-120, Т-0,66, ТР-0,66



17.1

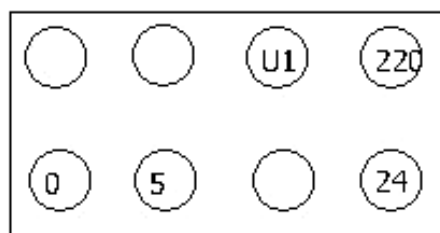
ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

ОСМ1 - 0,063(U1 - 380)



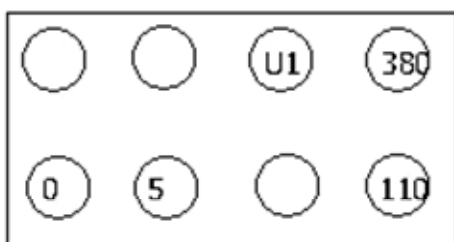
18.1

ОСМ1 - 0,01(U1 - 220)



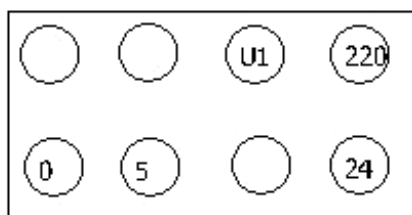
18.2

$$OCM1 - 0,25(U1 - 380)$$



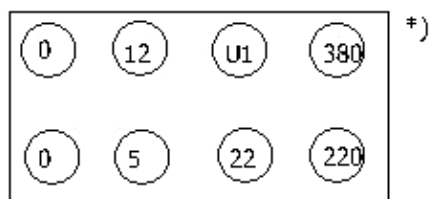
18.4

$$OCM1 - 0,16(U1 - 220)$$



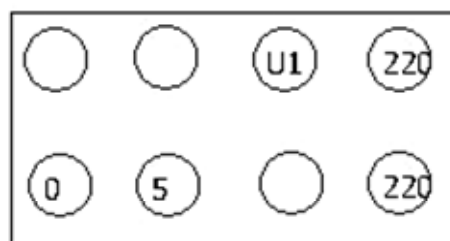
18.3

$$OCM1 - 2,5(U1 - 380)$$



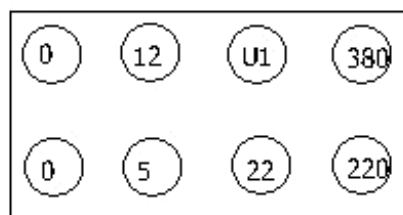
18.8

$$OCM1 - 0,4(U1 - 220)$$



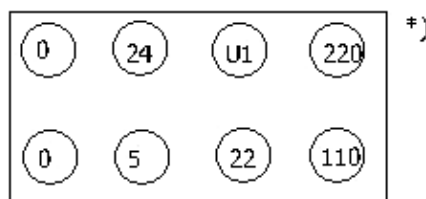
18.5

$$OCM1 - 0,4(U1 - 380)$$



18.6

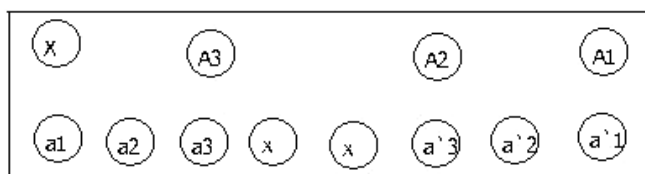
$$OCM1 - 1,0(U1 - 220)$$



18.7

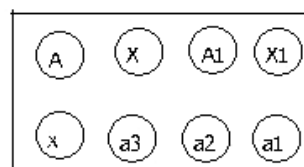
ТРАНСФОРМАТОРЫ СТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ

$$OCC - 3 (5/0,8A)$$



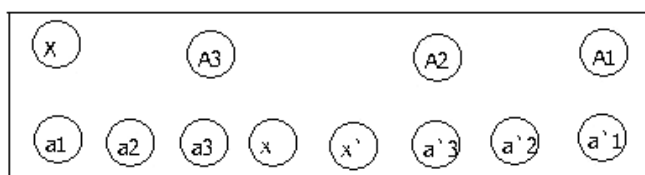
19.1

$$OCC - 3 (10/3,3A)$$



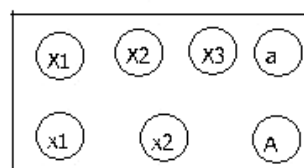
19.2

$$OCC - 3 (4,3/0,8A)$$



19.3

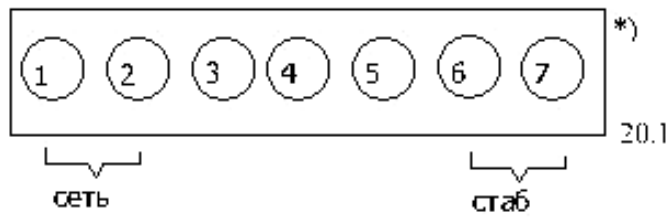
$$OCC - 3 (0,2/0,1;90/0,2A)$$



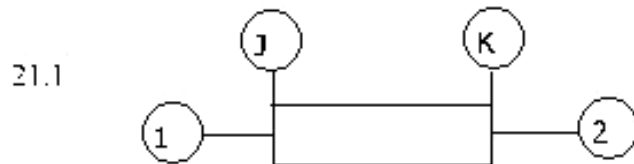
19.4

СТАБИЛИЗАТОРЫ НАРЯЖЕНИЯ

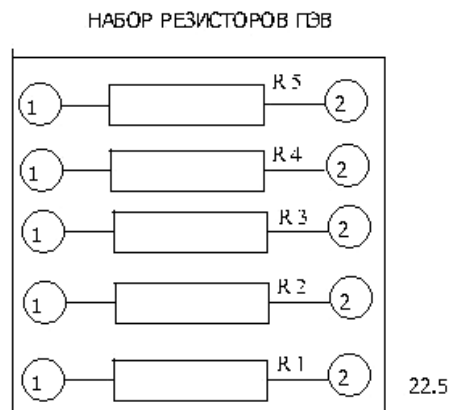
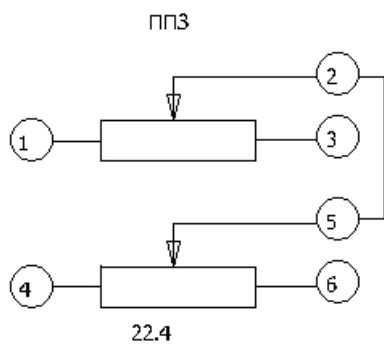
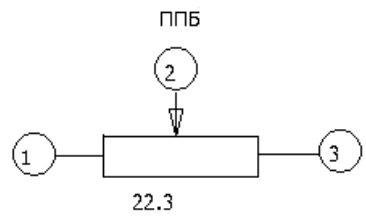
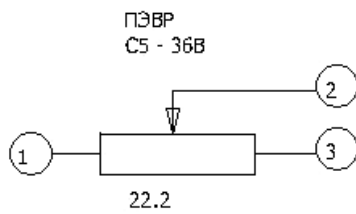
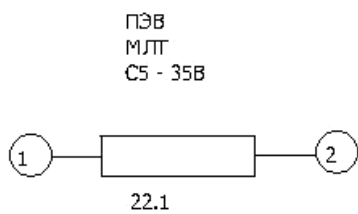
C - 0,09; 0,16; 0,28; 0,5; 0,75; 0,9



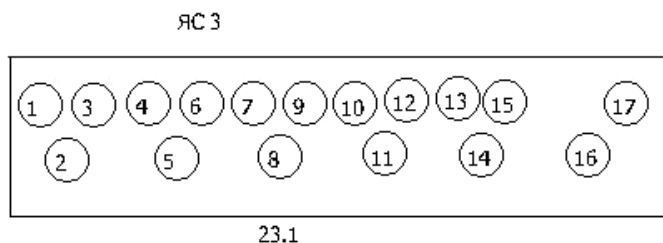
ШУНТЫ



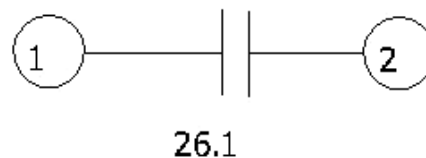
РЕЗИСТОРЫ



БЛОКИ РЕЗИСТОРОВ

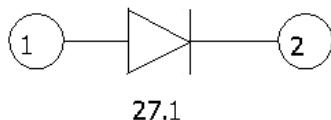


КОНДЕНСАТОРЫ

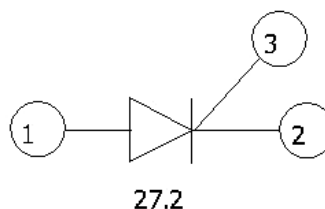


ПОЛУПРОВОДНИКИ

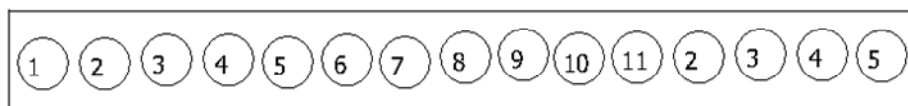
ДИОДЫ



ТИРИСТОРЫ



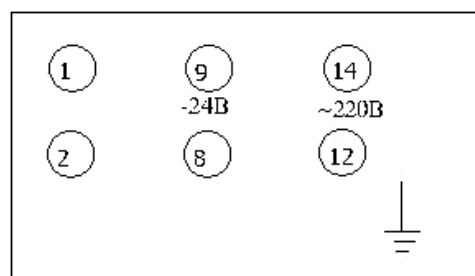
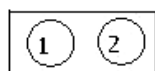
ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛОГИКА И, УВБ11



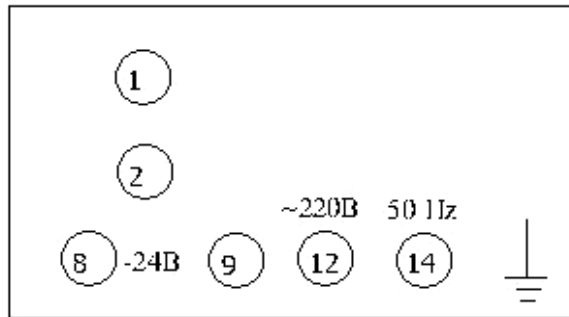
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (ВИД СЗАДИ)

Н 3082

М 381М, М 42300
Э - 365; Э - 8030; Э - 8031М

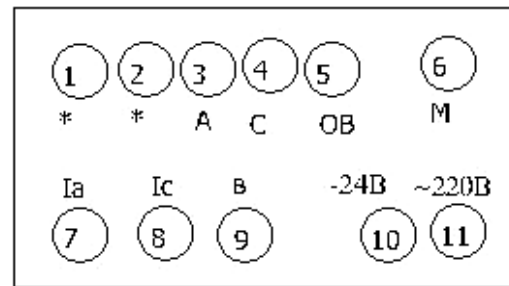


Н 3092



29.3

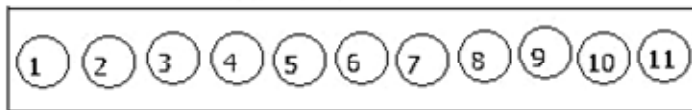
Н 3095



29.4

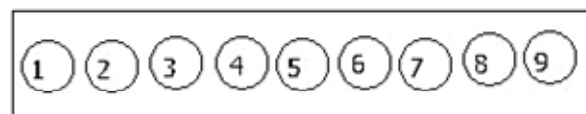
ВИД СПЕРЕДИ

САЗУ - U 672 M



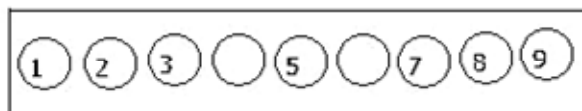
29.6

САЗУ - U 673 M



29.7

САЗУ - U 670 M



29.6

Учебное издание

**СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.
ПРАКТИКУМ**

Учебно-методическое пособие

Составители:

Павликова Нина Ивановна,
Кардашов Павел Владимирович,
Бондарчук Оксана Владимировна

Ответственный за выпуск *А. М. Кравцов*
Редактор *Г. В. Анисимова*
Корректор *Г. В. Анисимова*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*
Дизайн обложки *А. А. Покало*

Подписано в печать 05.10.2023. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 42,78. Уч.-изд. л. 16,72. Тираж 99 экз. Заказ 32.

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, 99–1, 220012, Минск.