

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

П. В. Кардашов, Н. И. Павликова, О. В. Бондарчук

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. ПРАКТИКУМ

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

Минск
БГАТУ
2019

УДК 631.371:621.31(07)

ББК 31.2я7

П78

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе

ГП «Институт энергетики НАН Беларуси» *Н. Е. Шевчик*;

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергоэффективных технологий МГЭИ

имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета *А. Н. Баран*;

и. о. заведующего кафедрой энергоэффективных технологий МГЭИ имени А. Д. Сахарова

Белорусского государственного университета *А. А. Бутько*

Кардашов, П. В.

П78 Проектирование электроустановок. Практикум : учебно-методическое пособие / П. В. Кардашов, Н. И. Павликова, О. В. Бондарчук. – Минск : БГАТУ, 2019. – 144 с. ISBN 978-985-519-996-1.

Содержит цель, задачи занятия, краткие теоретические сведения по рассматриваемым вопросам со ссылкой на литературные источники, пример решения задачи и задания для практических занятий. Методики и примеры решения задач могут быть использованы в курсовом и дипломном проектировании. Практические расчеты способствуют закреплению теоретических знаний и готовят будущих специалистов к самостоятельному проектированию различных электроустановок зданий и сооружений.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (по направлениям). Может быть использовано учащимися средних специальных учебных заведений, обучающихся по специальности 2-74 06 31 Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства.

УДК 631.371:621.31(07)

ББК 31.2я7

ISBN 978-985-519-996-1

© БГАТУ, 2019

Содержание

| | |
|--|-----|
| Введение..... | 4 |
| 1. Расчет электрических нагрузок методом эффективного числа электроприемников | 5 |
| 2. Расчет и выбор компенсирующих устройств | 35 |
| 3. Расчет и выбор силовых шкафов, вводных устройств, аппаратов защиты для питающей и распределительной сети силового электрооборудования | 47 |
| 4. Расчет сечений проводов и кабелей питающей и распределительной сети | 69 |
| 5. Составление схемы управления по технологическому заданию | 92 |
| 6. Расчет и выбор элементов схемы управления | 104 |
| Список литературы..... | 121 |
| Приложения | 123 |

ВВЕДЕНИЕ

Изучение учебной дисциплины «Проектирование электроустановок» имеет большое значение в подготовке специалистов по специальности 1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельского хозяйства (по направлениям), способных грамотно проектировать и эксплуатировать современные электроустановки, оснащенные электроприводами и другими устройствами, повышающие эффективность сельскохозяйственных и других объектов.

Материал к каждой работе содержит цель, задачи занятия, краткие теоретические сведения по рассматриваемым вопросам со ссылкой на литературные источники, пример решения задачи и задания для практических занятий.

Методики и примеры решения задач предназначены, в первую очередь, для студентов. Они могут быть использованы в курсовом и дипломном проектировании. Практические расчеты способствуют закреплению теоретических знаний и готовят будущих специалистов к самостоятельному проектированию различных электроустановок зданий и сооружений.

1. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕТОДОМ ЭФФЕКТИВНОГО ЧИСЛА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Цель занятия

Получить практические навыки при расчете электрических нагрузок на вводе в здание методом эффективного числа электроприемников.

Задачи занятия

1. 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.

Общие сведения

Метод эффективного числа электроприемников (другое название – метод упорядоченных диаграмм) является одним из наиболее точных и широко применяемых методов определения расчетных электрических нагрузок зданий.

Этот метод применяется для объектов, где известны данные о мощностях всех единичных электроприемников (ЭП), но не представляется возможным установить четкий по времени цикл работы технологического оборудования, то есть на таких объектах, где начало работы электроприемников и продолжительность их включения носят случайный характер (не ритмичное по времени производство).

К таким объектам относится большинство промышленных предприятий. В сельскохозяйственном производстве – это так называемые объекты промышленного типа (котельные, насосные станции, механические мастерские, деревообрабатывающие мастерские, цеха и заводы по переработке сельхоз продукции и т. п.).

Расчет электрических нагрузок по методу эффективного числа электроприемников ведется на основании руководящего технического материала «Указания по расчету электрических нагрузок» РТМ 36.18.32.4-92, введенного в действие с 01.01.1993 г.

В данном методе используется понятие – «эффективное число электроприемников» – $n_{\text{э}}$. Это условное (реально несуществующее, виртуальное) число. Термин

«эффективное число электроприемников» применим, естественно, к какой-либо группе различных по характеру и режиму работы электроприемников, а не к одному ЭП. Для одного ЭП само понятие «эффективное число» теряет физический смысл.

Определение введенного нового понятия следующее.

Эффективным числом электроприемников называется такое число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое обуславливает то же значение расчетной нагрузки, что и группа различных по мощности реальных электроприемников.

Эффективное число электроприемников определяют по формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum P_n)^2}{\sum n \cdot p_n^2}, \quad (1.1)$$

где P_n – групповая установленная (номинальная) мощность. ЭП, кВт;

p_n – установленная (номинальная) мощность одного ЭП, кВт;

n – число ЭП.

Формулой (1.1) можно пользоваться для любого числа электроприемников.

Определение значений расчетных нагрузок (P_p , Q_p , S_p , I_p) проектируемого объекта в основном сводится к нахождению числа $n_{\text{э}}$.

По известной величине $n_{\text{э}}$ с использованием таблицы в зависимости от $K_p = f(n_{\text{э}}, K_n)$ находят величину коэффициента расчетной нагрузки K_p .

Далее, применяя известные формулы, определяют искомые величины.

$$P_p = K_p \sum_{i=1}^n k_{ni} p_n; \quad (1.2)$$

$$Q_p = 1,1 \sum k_{ui} p_n \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{для } n < 10); \quad (1.3)$$

$$Q_p = \sum k_{ui} p_n \operatorname{tg} \varphi \quad (\text{для } n > 10); \quad (1.4)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (1.5)$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}. \quad (1.6)$$

Для значительного числа электроприемников (несколько десятков), когда расчеты получаются громоздкими, а потому затруднительными, применяют упрощенную формулу для расчета числа n , (вместо формулы 1.1):

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_{\text{н}}}{P_{\text{нмакс}}}, \quad (1.7)$$

где $P_{\text{нмакс}}$ – наибольшая мощность электроприемника группы.

В результате расчета по упрощенной формуле 1.7 может оказаться $n_{\text{э}}$ больше n . В этом случае следует принимать $n_{\text{э}} = n$.

Для случая, когда для электроприемников электроустановки отношение $P_{\text{нмакс}} / P_{\text{нмин}} \leq 3$, то также принимают $n_{\text{э}} = n$.

Здесь $P_{\text{нмакс}}$, $P_{\text{нмин}}$ – номинальные мощности соответственно наиболее мощного и наименьшего по мощности электроприемников рассчитываемой группы ЭП.

При решении данной задачи упрощенную формулу при необходимости целесообразно применить только при расчете нагрузок по зданию в целом.

При расчете нагрузок для одного РП применять упрощенную формулу нецелесообразно, так как к РП подключается, как правило, небольшое количество ЭП.

1.1. Последовательность расчета

1.1.1. Подготовительные работы

Перед выполнением расчетов предварительно выполняют подготовительные работы – изучение и анализ электроприемников. На основании технологического задания, а также заданий других служб инженерного обеспечения (отопление, вентиляция, водопровод, архитектурно-строительные решения и др.) изучают и анализируют электроприемники, а именно:

- определяют места расположения ЭП;
- выявляют мощность каждого электроприемника;
- выясняют режимы работы ЭП;
- определяют принадлежность электроприемников к тем или иным технологическим линиям, если таковые имеются;
- определяют наличие резервного оборудования, их количество и режим включения (установлены ли они взамен или в дополнение к работающим механизмам, агрегатам);
- выделяют из общего числа единиц оборудования ремонтное оборудование, например, сварочные трансформаторы. При этом не следует смешивать сварочные трансформаторы, занятые в технологическом цикле, и предназначенные для ремонтных целей;

- выявляют кратковременно работающие ЭП (задвижки, вентили, электроприводы заслонок и т. п.);
- определяют наличие на объекте пожарных насосов и их режим работы;
- выявляют однофазные электроприемники и способы их подключения к сети (имеется в виду, что, в основном, электроприемники трехфазные).

На основании изучения и анализа электроприемников принимается решение об узлах питания этих электроприемников, то есть о распределительных пунктах (РП), их количестве, местах установки, а также о вводном устройстве (ВУ) и месте его установки.

После принятия решения об отнесении электроприемников к тому или иному РП фактически оказываются сформированными группы из тех электроприемников, которые подключены к рассматриваемому РП. Эти электроприемники внутри группы подразделяют по так называемым характерным категориям - сходным (однородным) режимам работы и по величине мощности. При классификации выделяют электроприемники одинаковой мощности. К одной характерной категории относят ЭП, имеющие одинаковое технологическое назначение и одинаковые верхние границы возможных значений коэффициентов использования и коэффициентов реактивной мощности $\text{tg } \varphi$.

Параллельно с этим выполняют структурную схему электрической сети здания.

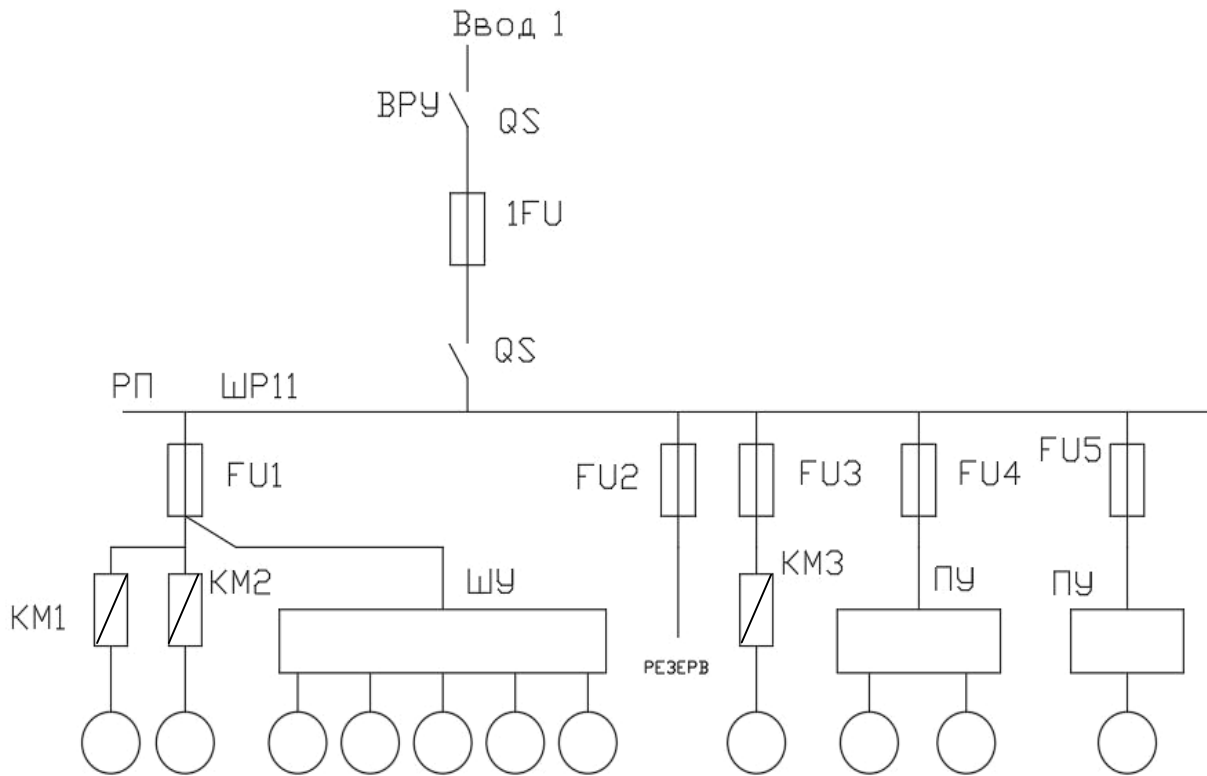
Примечание. Все эти перечисленные работы выполняют при курсовом и дипломном проектировании. При решении данной задачи объем названных работ сокращается, так как по условию ЭП уже отнесены к соответствующим РП, то есть в условии задачи уже сформированы группы электроприемников.

1.2.1. Выполнение расчетов

Расчет электрических нагрузок по проектируемому объекту ведется, как уже отмечалось, для каждого узла питания или узла, объединяющего определенную группу ЭП (распределительный пункт, шкаф управления, щит станций управления, шинопровод и т. п.), а также по цеху или по зданию в целом. Порядок расчета показан в примере 1.

Пример 1.

Требуется определить расчетные нагрузки группы электроприемников, подключенных к РП, структурная схема которого показана на рис. 1.1.



| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|----|---|-----|----|
| Номер электроприемника | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Р _у , кВт | 2,2 | 2,2 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 11 | 3 | 1,5 | 4 |

Рис. 1.1. Структурная схема электрической сети

Решение.

Для заданных электроприемников определяем расчетные параметры – K_{II} и $\cos \varphi$. Значения величин принимаем по табл. 1.2. По найденным значениям $\cos \varphi$ находим величины $\operatorname{tg} \varphi$.

Для облегчения последующих расчетов представим данные в наглядной форме в виде табл. 1.1.

Таблица 1.1

Таблица расчетных параметров

| Номер электроприемника | K_{II} | $\cos \varphi$ | $\operatorname{tg} \varphi$ |
|------------------------|----------|----------------|-----------------------------|
| 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 |

Таблица 1.2

Расчетные коэффициенты использования и коэффициенты мощности электрических нагрузок характерных групп электроприемников

| Электроприемники | K_u | $\cos \varphi$ | $\operatorname{tg} \varphi$ |
|---|-------|----------------|-----------------------------|
| <i>1. 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 подъемов) | 0,6 | 0,8 | 0,75 |
| 3.6 Насосы оборотной 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, норрии, 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 (краскотерки, 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 |

Эффективное число электроприемников подсчитываем по выражению 1.1:

Определяем величину $\sum P_n$

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

(Отметим, что здесь полученная величина есть установленная мощность рассматриваемой группы ЭП – P_y).

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

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

Средневзвешенное значение коэффициента использования:

$$K_u = \frac{\kappa_u \cdot P_n}{P_n} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2,2 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,55 + 0,25 \cdot 11 + 0,3 \cdot 3 + 0,3 \cdot 1,5 + 0,55 \cdot 4}{26,65} = \frac{10,15}{26,65} = 0,38.$$

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

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.взв.}} = \frac{\sum \kappa_u P_H \operatorname{tg} \varphi}{\sum \kappa_u P_H} = \frac{2,2 \cdot 0,75 + 1,65 \cdot 0,75 + 2,75 \cdot 1,17 + 0,9 \cdot 1,17 + 0,45 \cdot 1,17 + 2,2 \cdot 0,75}{10,15} = \frac{9,34}{10,15} = 0,92.$$

По таблице 1.3 для $n_3 = 4$ и $K_{II} = 0,38$ 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.

Таблица 1.3

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 | | | | | |
| 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 | | | | | |

| n_3 | Коэффициент использования K_u | | | | | | | | |
|-------|---------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 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 | | | | | | | |

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

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

Расчетная активная нагрузка – по формуле 1.2:

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

Расчетная реактивная нагрузка – по формуле 1.3, так как $n < 10$:

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

Полная мощность расчетной нагрузки – по формуле 1.5:

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

Расчетный ток в линии от ВУ к РП – по формуле 1.6:

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

Расчет нагрузок закончен.

Табличный способ расчета

В рассмотренном примере 1 п. 1.2.1 расчет электрических нагрузок выполнен в произвольной текстовой форме. Такую форму расчета целесообразно применять для небольшого числа электроприемников, например, для ЭП, подключенных к какому-либо щиту управления, или для электроприемника с многодвигательным приводом (обычно число приводов составляет 3...5 ЭД) и т. п.

Для значительного числа электроприемников на объекте, где имеются десятки ЭП, объединенных в группы по нескольким узлам питания (распределительным пунктам), оказывается более удобным выполнять расчеты в *табличной форме*.

Форма таблицы рекомендована руководящими «Указаниями по расчету электрических нагрузок» РТМ 36.18.32.4-92. Эта форма приведена в данном «Практикуме...» – см. табл. 1.6.

Таблица разбита на 15 граф. Для удобства пользования в соответствующих графах таблицы помещены необходимые расчетные формулы.

Расчет рекомендуется выполнять на предварительно изготовленном бланке-заготовке.

Вначале в графе 1 таблицы в качестве подзаголовка записывают наименование узла питания, например, «РП1» (1-я группа электроприемников). Затем построчно записывают по характерным категориям все ЭП, относящиеся к рассматриваемому РП. Отнесение к той или иной характерной категории производят согласно справочным данным, приведенным в табл. 2. Исходные данные, взятые из задания, записывают в графы 1–4, а справочные данные – величину коэффициента использования K_{II} и значение $\cos \varphi$ – в графы 5 и 6. По каталожной величине $\cos \varphi$ рассчитывают значение $\operatorname{tg} \varphi$ (в таблице 2 этот расчет уже произведен), его величину записывают также в графе 6 под чертой.

Резервные ЭП, ремонтные сварочные трансформаторы, другие ремонтные механизмы, а также ЭП, работающие кратковременно (задвижки, вентили, пожарные насосы и т. п.), при подсчете расчетной мощности не учитывают (за исключением случаев, когда мощности пожарных насосов определяют выбор элементов сети).

В графах 2 и 4 указывают только рабочие ЭП.

Для многодвигательных приводов учитываются все одновременно работающие электродвигатели данного привода. Если в числе этих двигателей имеются одновременно включаемые (с идентичным режимом работы), то они учитываются в расчете как один ЭП номинальной мощностью, равной сумме номинальных мощностей одновременно работающих двигателей.

Для ЭД с повторно-кратковременным режимом работы их номинальная мощность не приводится к длительному режиму ($P_B = 100\%$).

О нагрузках однофазных электроприемников

Мощности однофазных ЭП (сварочные трансформаторы, электронагреватели, электрооблучательные устройства и т. п.) приводятся к условной трехфазной мощности.

При включении однофазного ЭП на *фазное* напряжение он учитывается в графе 2 как эквивалентный трехфазный ЭП с номинальной мощностью

$$P_H = 3p_{H.o.}, \quad q_H = 3q_{H.o.},$$

где $p_{H.o.}$, $q_{H.o.}$ – активная и реактивная мощности однофазного ЭП.

При включении однофазного ЭП на *линейное* напряжение он учитывается как эквивалентный однофазный ЭП номинальной мощностью

$$P_H = \sqrt{3}p_{H.o.}, \quad q_H = \sqrt{3}q_{H.o.}.$$

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.

Пример 2.

К сети подключены однофазные сварочные трансформаторы. Количество – 3. Номинальное напряжение – 380 В (подключаются на фазное напряжение).

Параметры:

$$T_1 - S_{насн.} = 20 \text{ кВА}, \quad ПВ = 0,5, \quad \cos \varphi = 0,57,$$

$$T_2 - S_{насн.} = 5 \text{ кВА}, \quad ПВ = 0,65, \quad \cos \varphi = 0,6,$$

$$T_3 - S_{насн.} = 1,6 \text{ кВА}, \quad ПВ = 0,7, \quad \cos \varphi = 0,63.$$

Находим мощности трансформаторов по выражению:

$$P_H = S_{насн.} \sqrt{ПВ} \cdot \cos \varphi_{насн.},$$

$$P_{H1} = 20 \sqrt{0,5} \cdot 0,57 = 8,06 \text{ кВт},$$

$$P_{H2} = 5 \sqrt{0,65} \cdot 0,6 = 2,42 \text{ кВт},$$

$$P_{H3} = 1,6 \sqrt{0,7} \cdot 0,63 = 0,84 \text{ кВт}.$$

Определяем нагрузки на фазы:

$$P_{L1} = (P_{L1,2} + P_{L1,3}) / 2 = (8,06 + 2,42) / 2 = 5,24 \text{ кВт},$$

$$P_{L2} = (P_{L2,2} + P_{L2,3}) / 2 = (8,06 + 0,84) / 2 = 4,35 \text{ кВт},$$

$$P_{L3} = (P_{L3,2} + P_{L2,3}) / 2 = (2,42 + 0,84) / 2 = 1,63 \text{ кВт}.$$

Наиболее загруженной фазой является фаза L1.

Тогда условная трехфазная мощность равна:

$$P_{н.у.} = 3 \cdot 5,24 = 15,72 \text{ кВт.}$$

Эту величину мощности и следует применить в расчете для названных трех однофазных электроприемников.

О нагрузках электроосвещения

Нагрузки электроосвещения, подключенные к рассчитываемому РП, на первой стадии расчета в таблицу 1.6 не записывают. Их включают в расчет после итоговой строки по силовым нагрузкам данного РП.

Об учете нагрузок по компенсации реактивной мощности

При наличии на объекте установок по компенсации реактивной мощности последние учитываются в расчете аналогично нагрузкам электроосвещения, то есть после итоговой строки по силовым нагрузкам рассматриваемого узла питания (РП).

Расчетные действия

После заполнения граф 1–6 находят расчетные величины $K_{II}P_n$ и $K_{II}P_n \text{tg } \varphi$, которые заносят в графы 7 и 8. В этой же строке определяют значе- ние величины np_n^2 и заносят в графу 9.

Аналогичные действия проводят для всех характерных групп рассчиты- ваемого РП.

Итак, заполнены графы от 1 до 9 по всем строкам. После этого производят суммирование. В итоговой строке заполняют графы:

- «2» – определяется количество ЭП, подключенных к РП;
- «4» – определяется установленная мощность всех ЭП, участвующих в расчете;
- «7», «8», «9» – определяются суммарные (итоговые) расчетные величины.

Для заполнения графы 5 в итоговой строке определяют групповой коэф- фициент K_{II} .

Обратить внимание!

K_{II} определяется не как простая сумма построчных K_{II} , а как средневзве- шенная величина данных K_{II} .

Средневзвешенный коэффициент использования определяют по выражению.

$$K_{II} = \frac{\sum K_{II} P_n}{\sum P_n} \left\{ \frac{\text{Итоговая графа 7}}{\text{Итоговая графа 4}} \right\}. \quad (1.8)$$

Найденное по формуле 1.8 значение K_{II} заносят в графу 5 итоговой строки.

Для заполнения графы 6 итоговой строки находят средневзвешенное значение величины $\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.взв.}}$, как частное от деления $\sum k_u p_H \operatorname{tg} \varphi$ на $\sum k_u p_H$ (графа 7 / графа 6). По найденному значению $\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.взв.}}$ находят при необходимости значение $\cos \varphi_{\text{ср.взв.}}$.

Оперируя данными итоговой строки, определяют эффективное число электроприемников по основной формуле (1.1). Величину найденного значения $n_{\text{э}}$ округляют до ближайшего меньшего целого числа и записывают в графу 10 итоговой строки.

По полученному значению $n_{\text{э}}$ и ранее определенному значению группового коэффициента K_{II} по справочной табл. 1.3 или по кривым (рис. 1.2) находят значение коэффициента расчетной нагрузки K_P и записывают в графу 11. При этом для значений $n_{\text{э}} \leq 4$ рекомендуется пользоваться кривыми.

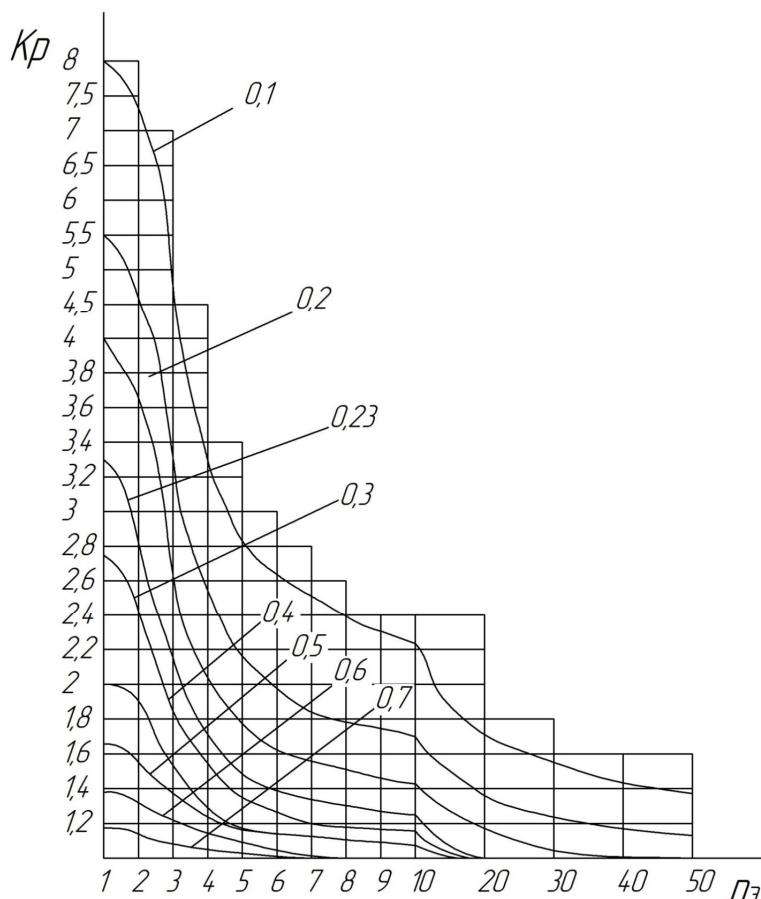


Рис. 1.2. Кривые коэффициента расчетных нагрузок K_P для различных коэффициентов использования K_{II} в зависимости от $n_{\text{э}}$ (для постоянной времени нагрева $T_o = 10$ мин.)

Применяя найденное значение величины K_p , по известным формулам (1.2, 1.3, 1.4) находят расчетные мощности активной P_p и реактивной Q_p нагрузок.

В случае если расчетная нагрузка окажется меньше номинальной наиболее мощного электроприемника, принимают $P_p = P_{н.наиб.}$

Значения величин P_p и Q_p заносят в графы 12 и 13 итоговой строки.

Если к рассматриваемому распределительному пункту подключены осветительные нагрузки объекта, то после итоговой строки в графе 1 таблицы записывают: «Электроосвещение», проставляя значения величин $P_{p.o.}$ и $Q_{p.o.}$ в графы 4, 12 и 13.

В новой итоговой строке производят суммирование, определяя $P_{сил.} + P_{осв.}$ и, соответственно, $Q_{сил.} + Q_{осв.}$; по найденным суммарным значениям P_p и Q_p определяют полную расчетную мощность по формуле 5.

Определяют значение токовой расчетной нагрузки по формуле 6.

Данные расчетов записывают в соответствующие графы итоговой строки.

Для рассматриваемого РП на этом расчет закончен. Аналогично рассчитывают электрические нагрузки по остальным РП.

1.3. Определение расчетной мощности здания (цеха)

1.3.1. Расчетная мощность производственного здания или, что то же, расчетная электрическая мощность на вводе в здание (цех), определяется аналогично вышеприведенным расчетам для отдельного узла питания (РП). При этом используют уже рассчитанные для РП данные (итоговые значения). Показатели граф 4, 7, 8, 9 итоговых строк для всех РП суммируют, находят средневзвешенные значения K_{II} и $\text{tg } \varphi$, рассчитывают эффективное число электроприемников $n_э$ по формуле 1.1.

Определив значение $n_э$, находят величину K_p для электрических нагрузок здания по табл. 1.4 и по этим параметрам рассчитывают искомые величины P_p , Q_p , S_p и I_p соответственно по формулам 1.2, 1.3 (или 1.4), 1.5 и 1.6.

Таблица 1.4

Значение коэффициентов расчетной нагрузки K_p на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

| $n_э$ | Коэффициент использования K_{II} | | | | | | | |
|-------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 и более |
| 1 | 8 | 5,33 | 4 | 2,67 | 2 | 1,60 | 1,33 | 1,14 |
| 2 | 5,01 | 3,44 | 2,69 | 1,9 | 1,52 | 1,24 | 1,11 | 1 |

| $n_э$ | Коэффициент использования K_u | | | | | | | |
|----------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 и более |
| 3 | 2,994 | 2,17 | 1,8 | 1,42 | 1,23 | 1,14 | 1,08 | 1 |
| 4 | 2,28 | 1,73 | 1,46 | 1,19 | 1,06 | 1,04 | 1 | 0,97 |
| 5 | 1,31 | 1,12 | 1,02 | 1 | 0,98 | 0,96 | 0,94 | 0,93 |
| 6-8 | 1,2 | 1 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 |
| 9-10 | 1,1 | 0,97 | 0,91 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| 10-25 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,9 | 0,9 |
| 25-50 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,85 |
| Более 50 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,7 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,8 |

1.3.2. В данной задаче для сопоставления расчетных показателей величины $n_э$ рекомендуется определить также и по упрощенной формуле 1.7, а именно:

$$n_э = \frac{2 \sum P_n}{P_{н.макс.}} \quad (\text{см. пояснения в разделе 1}).$$

Пример заполнения таблицы «Расчет электрических нагрузок» показан (см. табл. 1.6).

1.4. Расчет нагрузок подстанций

Если в проектируемом здании предусматриваются встроенные или пристроенные трансформаторные подстанции, то расчет электрических нагрузок этих подстанций также ведется методом эффективного числа электроприемников аналогично определению расчетной мощности здания.

В табл. 1.5 приведены значения коэффициента одновременности K_p для расчетов электрических нагрузок на шинах 10 кВ подстанций.

Таблица 1.5

Значение коэффициентов одновременности K_o для определения расчетной нагрузки на шинах 10 (6) кВ РП и ГПП

| Средневзвешенный коэффициент использования | Число присоединений 10 (6) кВ на сборных шинах РП, ГПП | | | |
|--|--|------|------|----------|
| | 2-4 | 5-8 | 9-25 | Более 25 |
| $K_u < 0,3$ | 0,9 | 0,8 | 0,75 | 0,7 |
| $0,3 \leq K_u < 0,5$ | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 |
| $0,5 \leq K_u < 0,8$ | 1 | 0,95 | 0,9 | 0,85 |
| $K_u > 0,8$ | 1 | 1 | 0,95 | 0,9 |

Повторим главную цель расчета электрических нагрузок.

Найденные при расчетах значения величин P_p , Q_p , I_p используют в дальнейшем при выборе коммутационных и защитных аппаратов, при выборе питающего РП кабеля и расчете сечения его токоведущих жил, а также в других расчетах (например, при расчете компенсации реактивной мощности). Значение величины S_p используется для выбора мощности питающего трансформатора.

Таблица 1.6

Расчет электрических нагрузок ремонтной мастерская с/х техники РП1 и РП3

| электродвигатели (ЭП) | Исходные данные | | | | Расчетные величины | | | | Коэф. расчетной нагрузки K_P | Расчетные мощности | | | Расчетный ток, А $I_P = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}$ | |
|-----------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|-----------|--------------------|-----------|------------------------|-----------|--------------------------------|--|---|--|---|---|
| | По заданию | к-во ЭП n , шт. | номинальная мощность, кВт | | По справочнику | $K_u P_n$ | $K_u P_n \cos \varphi$ | $n p_n^2$ | | активная кВт $P_p = K_P \sum K_u P_n$ | реактивная кВАр $\bar{Q} = 1,1 \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi$ при $n_3 < 10$ $\bar{Q} = \sum K_u P_n \operatorname{tg} \varphi$ при $n_3 > 10$ | полная кВА $S = \sqrt{P^2 + \bar{Q}^2}$ | | |
| | | | общая P_H | одного ЭП | | | | | | | | | | коэф. использования K_u в итоговой строке $\sum \frac{K_u P_n}{P_H}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| <i>РП1</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.Наждачный станок | 1 | 5 | 5 | 0,2 | 0,65/1,17 | 1,0 | 1,17 | 25 | | | | | | |
| 2.Заточной станок | 1 | 1,5 | 1,5 | 0,12 | 0,65/1,17 | 0,18 | 0,21 | 2,25 | | | | | | |
| 3.Сверлильный станок | 1 | 2,2 | 2,2 | 0,1 | 0,5/1,73 | 0,22 | 0,6 | 4,84 | | | | | | |
| Итого: | 3 | - | 8,7 | | | 1,4 | 1,98 | 32,09 | 2 | 4,33 | 6 | 2,2 | 6,4 | 9,7 |
| <i>РП3</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.Компрессор | 1 | 9,5 | 9,5 | 0,55 | 0,8/0,75 | 5,25 | 3,94 | 90,25 | | | | | | |
| 2.Вентилятор | 2 | 3,5 | 7 | 0,55 | 0,8/0,75 | 3,9 | 2,93 | 98 | | | | | | |
| Итого: | 3 | | 16,5 | 0,55 | 0,8/0,75 | 9,2 | 6,87 | 188,25 | 2 | 1,3 | 12 | 9,1 | 12,3 | 18,7 |
| Электроосвещение | | | 3,2 | | | | | | | | 3,2 | | | |
| Всего по заданию: | 6 | | 19,7 | 0,53 | 0,77/0,83 | 10,6 | 8,85 | 220,34 | 2 | 1,6 | 16,96 | 9,7 | 19,5 | 29,5 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Задания для практических занятий

Определить расчетную мощность на вводе производственного здания методом эффективного числа электроприемников.

Задание 1

Объект: ремонтная мастерская с/х техники.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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 220 В | 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 с/х техники.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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 | + | | |
| 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 с/х техники.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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 с/х техники.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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 220 В | 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 с/х техники.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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 с/х техники.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|----------|--|------|-------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 38 | Стенд для заточки ножей с/х 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.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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 | | + | |
| 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.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-------|-----------------------------------|------|-------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 12 | Лебедка электрическая | 1 | 3,2 | + | | |
| 13 | Компрессор | 1 | 7,5 | + | | |
| 14 | Дымосос | 1 | 5 | + | | |
| 15 | Электроинструмент трёхфазный 380В | 2 | 1 | + | | |
| 16 | Электроинструмент однофазный 220В | 4 | 0,6 | + | | |
| 17 | Аппарат электросварочный | 1 | 10,2 | | + | |
| 18 | Линия контактной сварки | 1 | 40 | | + | |
| 19 | Вентилятор вытяжной | 2 | 1,5 | | + | |
| 20 | Пылесадительный агрегат | 1 | 1,5 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 4,6 | | | |

Задание 9

Объект: мастерская по ремонту технологического оборудования.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , 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.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , 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 | + | | |
| 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 точно-шлифовальный | 1 | 3+2,3 | + | | |
| 15 | Пылесадительный агрегат | 1 | 1,5 | + | | |
| 16 | Электроинструмент 220 В | Розетка | 0,6 | + | | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 8 | | | |

Задание 11

Объект: корнеплодохранилище на 1000 т.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , 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 | Электропечи ПЭТ-4 | 10 | 1 | + | | |
| В1...В4 | Вентилятор крышный вытяжной | 4 | 0,55 | | + | |
| П1..П4 | Вентилятор приточной системы Электрообогрев смесительных клапанов систем | 4 | 5,5 | | + | |
| | | 4 | 2,4 | | + | |
| А1..А4 | Отопительно-рециркуляционные агрегаты -вентиляторы -электрокалориферы | 4 | 0,37 | | + | |
| | | 4 | 9,6 | | + | |
| | | | | | | |
| А5 | Вентилятор отопит.-циркул.сист. | 1 | 0,37 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 8 | | | |

Задание 12

Объект: станция ТО машин и ЭО кормопроизводства.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , 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 | Электрокипяtilьник | 1 | 3 | | + | |
| 8 | Мармит | 1 | 3,5 | | + | |
| 9 | Вентилятор вытяжной | 3 | 0,25 | | | + |
| 10 | Вентилятор приточный П1 | 1 | 5,5 | | | + |
| 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.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , 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 | | + | |
| 34 | Кран консольный | 1 | 6,4 | | + | |
| 46 | Мармит | 1 | 3,5 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 4 | | | |

Задание 15

Объект: зерноочистительно-сушильный комплекс А.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , 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 | | | |

Задание 16

Объект: мастерская для ремонта до 40 тракторов.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|--------------|--|------|-------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 1,2 | Электронагреватель | 2 | 1,6 | + | | |
| A1, A2 A3 | Отопительный агрегат | 3 | 0,37 | + | | |
| 3 | Электронагреватель заслонки ПЗ | 1 | 4,4 | + | | |
| 4,6 | Электроинструмент трехфазный 380 В | 2 | 0,8 | + | | |
| 5,7 | Электроинструмент однофазный 220 В | 2 | 1 | + | | |
| 8 | Установка для заточки ножей ОР-3552 | 1 | 0,5 | + | | |
| 9 | Установка для промывки системы смазки ЭД ОМ-16361 | 1 | 8,1 | + | | |
| 10 | Установка для мойки деталей ОРГ-49908 | 1 | 4,7 | | + | |
| 11 | Агрегат для отсоса пыли и мелкой стружки ПА2-12М | 1 | 1,5 | | + | |
| 12 | Станок точильно-шлифовальный ЗК634 | 1 | 5,3 | | + | |
| 13 | Станок токарно-винторезный 16Б16КП | 1 | 7,5 | | + | |
| 14 | Станок настольно-сверлильный 2М112 | 1 | 0,6 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 7 | | | |

Задание 17

Объект: мастерская для ремонта до 40 тракторов.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-----------|--------------------------------------|------|----------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 15 | Станок вертикально-сверлильный 2Г125 | 1 | 2,32 | + | | |
| 16 | Машина шлифовальная И-820016 | 1 | 1,06 | + | | |
| 17 | Аппарат электровулканизационный 6140 | 1 | 0,97 | + | | |
| 18 | Горн кузнечный 5903-26 | 1 | 0,12 | + | | |
| 19 | Кран подвесной грузоподъемностью 2 т | 1 | 3,94 | + | | |
| 20 | Задвижка 304908Бр | 1 | 0,18 | + | | |
| 21 | Компрессор воздушный 2-0,16С-412 | 1 | 2,2 | + | | |
| 22 | Насос сетевой воды К-20/30 | 2 | 4 | + | | |
| 23 | Насос подпиточный ВК-1/16 | 1 | 1,5 | | + | |
| В1,В2, В3 | Вентилятор | 3 | 1,5 | | + | |
| В4 | Вентилятор | 1 | 0,55 | | + | |
| ПЗ | Вентилятор | 1 | 11 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 6,5 | | | |

Задание 18

Объект: мастерская на 50 тракторов.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-------|---|------|----------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 1 | Вентилятор приточный Ц4-70 № 3 | 4 | 1,75 | + | | |
| 2 | Станок для шлифовки фасок клапанов ПТ-823 | 1 | 0,5 | + | | |
| 3 | Универсальный станок для притирки автотракторных двигателей ОПр-1841А | 1 | 1,3 | + | | |
| 4 | Заточной станок настольный ЭТ-62 | 2 | 0,2 | + | | |
| 5 | Настольно-сверлильный станок НС-12 | 1 | 0,5 | + | | |
| 6 | Вертикально-сверлильный станок 2Н125 | 1 | 2 | + | | |
| 7 | Токарно-винторезный станок 16У20 | 1 | 2,8 | | + | |
| 8 | Обдирочно-шлифовальный станок | 1 | 2 | | + | |
| 9 | Вентилятор дутьевой центробежный Ц4-70 № 25 | 1 | 0,75 | | + | |
| 10 | Таль электрическая передвижная | 2 | 3,6 | | + | |
| 11 | Лебедка электрическая Т-66Д | 1 | 2,8 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 5 | | | |

Задание 19

Объект: мастерская на 50 тракторов.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-------|---|------|----------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 12 | Вентилятор вытяжной МЦ-6 | 9 | 1,3 | + | | |
| 13 | Машина для наружной мойки ОМ-4610 | 6 | 1,1 | + | | |
| 14 | Кран подвесной 1А3-4... | 2 | 4,9 | + | | |
| 16 | Универсальный контрольно-испытательный стенд КК-968 | 1 | 1,3 | + | | |
| 17 | Однопостовой сварочный трансформатор ТС-300 | 1 | 20 кВА | | + | |
| 18 | Трансформатор пайки медных проводов ОС-5/0,5 | 1 | 5 кВА | | + | |
| 19 | Селеновый выпрямитель ВСА-5М | 1 | 1,6 | | + | |
| 20 | Преобразователь сварочный ПСО-300 | 1 | 14 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 4,5 | | | |

Задание 20

Объект: котельная для торфобрикетного завода. Отделение котлов.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-------|-----------------------------|------|----------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 1 | Дымосос правого вращения | 1 | 75 | + | | |
| 2 | Дымосос правого вращения | 1 | 30 | + | | |
| 3 | Дутьевой вентилятор | 1 | 22 | + | | |
| 4 | Вентилятор правого вращения | 1 | 11 | + | | |
| 5,6 | Питатель торфа | 2 | 1,1 | + | | |
| 7,8 | Дымосос правого вращения | 2 | 55 | | + | |
| 9,10 | Дутьевой вентилятор | 2 | 22 | | + | |
| 11,12 | Питатель торфа | 2 | 1,1 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 6,5 | | | |

Задание 21

Объект: котельная для торфобрикетного завода. Отделение котлов.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. Р _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-------|----------------------------|------|----------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 13 | Дымосос левого вращения | 1 | 75 | + | | |
| 14 | Вентилятор левого вращения | 1 | 45 | + | | |
| 15,16 | Питатель торфа | 2 | 1,1 | + | | |
| 17,18 | Задвижка | 2 | 1,3 | + | | |
| 19,20 | Питательный насос | 2 | 55 | + | | |
| 21,22 | Подпиточный насос | 2 | 4 | | + | |
| 23,24 | Насос сырой воды | 2 | 4 | | + | |
| 25,26 | Сетевой насос | 2 | 55 | | + | |
| 27,28 | Конденсатный насос | 2 | 3 | | + | |
| 29 | Кислотный насос | 1 | 3 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 6,5 | | | |

Задание 22

Объект: пункт ТО и ремонта машин и оборудования. Участок ремонта ЭО и КИП. Вспомогат. помещение.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-------|--|------|-------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 1 | Намоточный станок СРМ-05У | 1 | 0,37 | + | | |
| 2 | Бак пропиточный П-667-02 | 1 | 12 | + | | |
| 3 | Шкаф сушильный ЦЭП-2В2А.2 | 1 | 7,5 | + | | |
| 4 | Эл. рукосушитель ER-4 | 2 | 2*1,35 | + | | |
| 5 | Передвижная компрессорная установка СО-7А-54 | 1 | 4 | + | | |
| В1,В4 | Вентиляция вытяжная | 2 | 0,37 | | + | |
| П1 | Вентиляция приточная | 1 | 5,5 | | + | |
| П3 | Вентиляция приточная | 1 | 5,5 | | + | |
| П1.1 | Электронагреватель заслонки | 1 | 1,2 | | + | |
| 6 | Стол-верстак для радиомонтажных работ 110929 | 1 | 0,5 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение 1 | 1 | 5 | | | |

Задание 23

Объект: пункт ТО и ремонта машин и оборудования. Участок ремонта ЭО и КИП. Вспомогат. помещение.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-------|---|------|-------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 7 | Стенд для проверки и регулировки пускозащитной аппаратуры В72В-10000034 | 1 | 0,6 | + | | |
| 8 | Универсальная фрезерная установка БРВ2 | 1 | 7,5*2,2+0,12 | + | | |
| 27 | Трансформатор для пайки медных проводов | 1 | 0,5 | + | | |
| 30 | Аппарат для испытания межвитковой изоляции | 1 | 1,5 | + | | |
| П2 | Приточная система | 2 | 7,5 | | + | |
| П2.1 | Эл. нагреватель заслонки | 1 | 3,6 | | + | |
| В2 | Вытяжная система | 1 | 2,2 | | + | |
| В3 | Вытяжная система | 1 | 0,37 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 4,2 | | | |

Задание 24

Объект: котельная для торфобрикетного завода. Турбинное отделение.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|--------|------------------------|------|-------------------------------|-----------------|----|----|
| | | | | Щ6 | Щ7 | Щ8 |
| 34,35 | Насос сетевой | 2 | 132 | + | | |
| 36 | Кран электрический | 1 | 7 | + | | |
| 37..39 | Таль электрическая | 3 | 7 | + | | |
| 40 | Таль электрическая | 1 | 3 | + | | |
| 41..44 | Насос оборотной воды | 4 | 5,5 | + | | |
| 45..47 | Вентилятор градирни | 3 | 3 | + | | |
| 48,49 | Электронасос | 2 | 0,3 | + | | |
| 50 | Приточная система П1 | 1 | 0,55+1,38 | + | | |
| 51,52 | Вентилятор В1, В2 | 2 | 2,2 | + | | |
| 53 | Вентилятор В1К | 1 | 30 | + | | |
| 54 | Вентилятор в котельной | 1 | 55 | + | | |
| 55..57 | Вентиляторы В3, В4, В5 | 3 | 2,2 | | + | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 5,6 | | | |

Задание 25

Объект: пункт ТО и ремонта машин и оборудования. Участок технического обслуживания транспортных средств.

| № п/п | Наименование, тип | К-во | Мощн. P _н , кВт | ЭП подключен к: | | |
|-----------|--|------|-------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | | | РП1 | РП2 | РП3 |
| 19 | Комбинированный деревообрабатывающий станок КДС-3 | 1 | 3 | + | | |
| 20 | Установка для промывки системы неработающего двигателя ОМ-2871 | 1 | 3+5 | + | | |
| 21 | Эл. мех. солидолонагнетатель МИИАТ-390 | 1 | 0,6 | + | | |
| 22 | Механизированная моечная машина ОРГ-4900 | 1 | 3,7 | + | | |
| 23 | Установка для смазки и заправки ЕМК.260л 03-9902 Отопительный агрегат АПВС 110x80 | 1 | 4 | + | | |
| | | | 2,2 | | | |
| В6, В7 | Вытяжная система | 2 | 0,75 | + | | |
| ЩО | Электроосвещение | 1 | 5,2 | | | |

2. РАСЧЕТ И ВЫБОР КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Цель занятия

Получить практические навыки по выбору и расчету компенсирующих устройств реактивной мощности.

Задачи занятия

1. Освоить методику расчета и выбора компенсирующих устройств. Ознакомиться по каталогам фирм-производителей с установками компенсации мощности.
2. На примере разобрать порядок расчета и выбор компенсирующих устройств.
3. Выполнить согласно предложенному преподавателем индивидуальному заданию (1–25), а также, используя результаты работы № 1, произвести расчет и выбор компенсирующих устройств, устанавливаемых на вводе электроустановки или на низковольтном щите трансформаторной подстанции.
4. По результатам расчета и выбора сделать выводы.

Общие сведения

При передаче электроэнергии от места ее выработки к месту потребления одновременно с активной энергией передается сопутствующая ей реактивная энергия, необходимая для обеспечения работы большинства электроприемников и звеньев электропередачи.

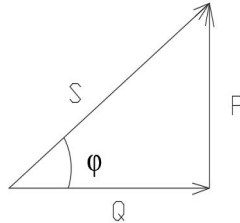
Различные группы потребителей электроэнергии обладают различными характерными коэффициентами мощности, т. е. потребляют реактивную мощность в неодинаковых количествах. К потребителям реактивной мощности промышленных предприятий относятся установки, в которых она необходима для создания магнитных полей: асинхронные электродвигатели; сварочные машины; трансформаторы подстанций, электропечи и преобразовательные агрегаты; 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.

Реактивная мощность является одной из составляющих полной мощности. Полная передаваемая мощность равна:

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

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



Величину реактивной мощности можно представить в виде:

$$Q = S\sqrt{1 - (\cos \varphi)^2}. \quad (2.2)$$

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

$$Q = P \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi)^2} - 1}. \quad (2.3)$$

Величину реактивной мощности можно вычислить, зная $\operatorname{tg} \varphi$:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.4)$$

где S – полная мощность, кВА;

P – активная мощность, кВт;

Q – реактивная мощность, кВАр;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

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

Мероприятия по снижению потребления реактивной мощности предусматривают снижение потребления реактивной мощности самими электроприемниками и повышение естественного коэффициента мощности.

Они могут быть достигнуты:

1. Повышением загрузки технологических агрегатов и использованием их по времени, сопровождающимся 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 загрузка 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.

Компенсация реактивной мощности и повышение коэффициента мощности $\cos \varphi$ имеют важное значение. Под компенсацией имеется в виду установка местных источников реактивной мощности, благодаря чему повышается пропускная способность сетей и трансформаторов, а также уменьшаются потери электроэнергии.

Компенсация реактивной мощности электрических установок промышленных предприятий осуществляется, как правило, с помощью конденсаторных батарей, включенных параллельно электроприемникам (поперечная компенсация). Мощность компенсирующих устройств определяют исходя из значений средневзвешенного коэффициента мощности. Конденсаторные установки могут быть регулируемые и нерегулируемые. Если реактивная суточная нагрузка цеха мало изменяется, используют нерегулируемые комплектные конденсаторные установки (ККУ), если указанная нагрузка значительно изменяется в течение суток, – используют регулируемые.

2.1. Определение мощности компенсирующих устройств, установленных непосредственно на вводном устройстве здания

Мощность компенсирующих устройств можно определить исходя из средневзвешенного значения естественного коэффициента мощности (вариант 1) или по потреблению экономически выгодной реактивной мощности $Q_{ЭК}$ (вариант 2).

Вариант 1.

Средневзвешенное значение естественного коэффициента мощности за год:

$$\cos \varphi_{1ср.взв.} = \frac{P_p}{S_p}, \quad (2.5)$$

где P_p – активная мощность, кВт;

S_p – полная мощность, кВА.

1. Мощность компенсирующих устройств определяется по формуле:

$$Q_{к.у.} = P_p (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) \text{ кВАр}, \quad (2.6)$$

где P_p – 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.

2. Коэффициент мощности, требуемый для энергосистемы предприятия:

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

Определение фактического $\cos \varphi_2$ при включении компенсирующего устройства:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 - \left(\frac{Q_{ккУ}}{P_p} \right), \quad (2.7)$$

По тангенсу ($\operatorname{tg} \varphi_2$) угла сдвига фаз определяем косинус ($\cos \varphi_2$).

Полная мощность после компенсации:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi_2} \text{ кВА}. \quad (2.8)$$

Мощность конденсаторных батарей, устанавливаемых в сетях 1000 В, должна быть кратной мощности типовых ККУ (табл. 2.3–2.4).

Пример. 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:

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

Решение по варианту 1

Определяем по (2.6):

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

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

Определяем по (2.7):

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = 1,12 - \left(\frac{60}{65,89}\right) = 0,20, \text{ по таблице 2.2 определяем } \cos \varphi_2 = 0,98, \text{ что}$$

соответствует требованию к коэффициенту мощности энергосистемы.

Полную мощность после компенсации определяем по (2.8):

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

Из расчета видно уменьшение полной мощности.

Вариант 2.

Расчет определения мощности компенсирующего устройства по потреблению экономически выгодной $Q_{\text{ЭК}}$, при которой потребление реактивной мощности соответствует потреблению экономически выгодному $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,28$.

$$Q_{\text{ЭК}} = P_p \cdot 0,28, \text{ кВАр.} \quad (2.9)$$

$$Q_{\text{к.у.}} = Q_p - Q_{\text{ЭК}} = Q_p - (P_p \cdot 0,28), \text{ кВАр.} \quad (2.10)$$

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

Решение по варианту 2

Определяем по (2.9):

$$Q_{\text{ЭК}} = 65,89 \cdot 0,28 = 18,44 \text{ кВАр.}$$

Определяем $Q_{\text{к.у.}}$ по (2.10):

$$Q_{\text{к.у.}} = 75,7 - 18,44 = 57,26 \text{ кВАр.}$$

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

Определяем по (2.7): $\operatorname{tg} \varphi_2 = 1,12 - \left(\frac{60}{65,89}\right) = 0,22$, что соответствует

$\cos \varphi_2 = 0,98$.

Определим полную мощность с учетом компенсации реактивной мощности по (2.8):

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

2.2. Определение реактивной мощности, потребляемой трансформатором

Реактивная мощность, потребляемая трансформатором при х.х.:

$$Q_0 = S \frac{i_{x.x.} \%}{100}, \text{ кВАр.} \quad (2.11)$$

Реактивная мощность рассеяния, потребляемая при полной нагрузке:

$$Q_1 = S \frac{u_{к.з.} \%}{100}, \text{ кВАр.} \quad (2.12)$$

Реактивная мощность, потребляемая при полной нагрузке трансформатора:

$$Q_{тп} = Q_0 + Q_1, \text{ кВАр.} \quad (2.13)$$

Пример. Силовой трансформатор типа ТМГ13-100-10/04кВ, полная номинальная мощность 100 кВА, ток х.х. $i_{x.x.} = 1,6 \%$, 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.:

$$Q_0 = S \frac{i_{x.x.} \%}{100} = 100 \frac{1,6}{100} = 1,6 \text{ кВАр.} \quad (2.14)$$

Реактивная мощность рассеяния, потребляемая при полной нагрузке

$$Q_1 = S \frac{u_{к.з.} \%}{100} = 100 \frac{4,5}{100} = 4,5 \text{ кВАр.}$$

$$Q_{тп} = Q_0 + Q_1 = 1,6 + 4,5 = 6,1 \text{ кВАр.} \quad (2.15)$$

Реактивная мощность, потребляемая при полной нагрузке трансформатора.

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

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

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

2.3. Определение мощности компенсирующих устройств при установке их на низковольтном щите трансформаторной подстанции

При установке компенсирующих устройств на низковольтном щите трансформаторной подстанции суммарная реактивная мощность на напряжение до 1000 В включает мощность, потребляемую трансформаторами на ТП.

Величина потребляемой реактивной мощности в сети равна:

$$Q_c = Q_p + Q_{mn} \text{ или} \quad (2.16)$$

$$Q_c = Q_p + S \left(\frac{(i_{x.x. \%})}{100} + \frac{(u_{к.з. \%})}{100} \cdot \beta^2 \right), \quad (2.17)$$

где Q_c – суммарная реактивная мощность;

Q_p – реактивная мощность потребителей сети, кВАр;

Q_{mn} – реактивная мощность, потребляемая при полной загрузке трансформатора, кВАр;

S – мощность трансформаторов, кВА.

Пример.

Выбрать мощность компенсирующих устройств в сети электроснабжения фермы. Реактивная мощность составляет $Q_p = 305$ кВАр, активная $P_p = 377$ кВт. Мощность ТП-2х250 кВА, коэффициент загрузки трансформаторов до компенсации $\beta_H = 0,85$. Из справочных данных (см. табл. 2.5) находим для трансформатора ТМГСУ-250, мощностью 250 кВА с первичным напряжением 10 кВ:

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

Решение.

Определяем реактивную мощность (Q_{mn}), потребляемую при полной загрузке трансформатора:

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

Определяем суммарную величину реактивной мощности с учетом потребляемой реактивной мощности трансформаторами по (2.16):

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

Определяем полную мощность по (2.1):

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

Определяем $\cos \varphi$ до компенсации по формуле:

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

по таблице 2.2, находим $\text{tg } \varphi_1 = 0,885$, соответствующий $\cos \varphi_1$.

Коэффициент мощности, требуемый для энергосистемы предприятия:

$$\cos \varphi_2 = 0,96 \div 0,98; \text{tg } \varphi_2 = 0,292 \div 0,203.$$

Определяем мощность компенсирующего устройства:

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

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

Определяем фактический $\cos \varphi_2$ при включении компенсирующего устройства:

$$\text{по (2.7): } \text{tg } \varphi_2 = 0,885 - \left(\frac{220}{377} \right) = 0,3, \text{ что соответствует } \cos \varphi_2 = 0,96.$$

Полная мощность после компенсации по (2.8):

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

Фактический коэффициент β_ϕ загрузки трансформатора после компенса-

$$\text{ции: } \beta_\phi = \frac{\sqrt{P_p^2 + (Q_c - Q_{к.у.})^2}}{N \cdot S_m} \leq \beta_H,$$

$$\beta_\phi = \frac{\sqrt{377^2 + (325,2 - 223,5)^2}}{2 \cdot 250} = 0,73 \leq \beta_H = 0,85.$$

Задания для практических занятий

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

Для выбора компенсирующих устройств, устанавливаемых на низковольтном щите трансформаторной подстанции, использовать для расчета данные, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Исходные данные для расчета и выбора компенсирующих устройств

| № варианта | Мощность ТП | P_p , кВт | Q_p , кВАр | S , кВА | β_H | 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 |
| 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 |
| 16 | 2x160 | 187 | 120,8 | 222,6 | 0,69 | ТМГСУ |
| 17 | 2x160 | 155 | 124,3 | 198,6 | 0,62 | ТМГСУ |
| 18 | 2x250 | 302 | 226,5 | 377,5 | 0,75 | ТМГСУ |
| 19 | 2x250 | 320 | 282,2 | 426 | 0,85 | ТМГСУ |
| 20 | 2x250 | 380 | 285 | 475 | 0,95 | ТМГСУ |
| 21 | 2x100 | 162 | 96 | 188,3 | 0,94 | ТМГСУ |
| 22 | 2x160 | 270 | 145,8 | 306,9 | 0,95 | ТМГСУ |
| 23 | 2x250 | 340 | 255 | 425 | 0,85 | ТМГСУ |
| 24 | 2x400 | 410 | 275,5 | 493 | 0,61 | ТМГ11 |
| 25 | 2x400 | 480 | 360 | 600 | 0,75 | ТМГ11 |

Таблица 2.2

Тригонометрические функции

| cos | tq | cos | tq | cos | tq | cos | tq | cos | tq |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 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 |

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| cos | tq | cos | tq | cos | tq | cos | tq | cos | tq |
| 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 | | |

Компенсирующие устройства:

Агрегаты секционные компенсирующие типа КУ-Лег 01:

КУ – Лег 01-Х1-Х2Х3-Х4Х5-Х6Х7-XXX;

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;

XXX – климатическое исполнение и категория исполнения УЗ.

Таблица 2.3

Установки конденсаторные нерегулируемые

| Тип | Номинальное напряжение, В | Мощность, кВАр | Масса, кг | Габариты ШхВхГ) |
|-----------------------|---------------------------|----------------|-----------|-----------------|
| КУ Лег 01-Н-0,4-40Уз | 400 | 40 | 40 | 400х700х270 |
| КУ Лег 01-Н-0,4-100Уз | 400 | 100 | 70 | 450х1000х450 |
| КУ Лег 01-Н-0,4-150Уз | 400 | 150 | 80 | 450х1200х450 |
| КУ Лег 01-Н-0,4-200Уз | 400 | 200 | 90 | 450х1400х450 |
| КУ Лег 01-Н-0,4-300Уз | 400 | 300 | 150 | 600х1400х600 |

Таблица 2.4

Установки конденсаторные регулируемые

| Тип | Номинальное напряжение, В | Мощность, кВАр | Мощность ступени, кВАр | Масса, кг | Габариты (ШхВхГ) |
|---------------------------|---------------------------|----------------|------------------------|-----------|------------------|
| КУ Лег 01-Р-0,4-35-5-Уз | 400 | 40 | 5 | 40 | 400х700х270 |
| КУ Лег 01-Р-0,4-50-12,5Уз | 400 | 50 | 12,5 | 40 | 400х700х450 |

| Тип | Номинальное напряжение, В | Мощность, кВАр | Мощность ступени, кВАр | Масса, кг | Габариты (ШхВхГ) |
|---------------------------|---------------------------|----------------|------------------------|-----------|------------------|
| КУЛег 01-Р-0,4-75-12.5-У3 | 400 | 75 | 12.5 | 45 | 400х700х450 |
| КУ Лег 01-Р-0,4-100-25-У3 | 400 | 100 | 25 | 70 | 450х1200х450 |
| КУ Лег 01-Р-0,4-125-25-У3 | 400 | 125 | 25 | 80 | 600х1200х600 |
| КУЛег01-Р-0,4-150-12.5-У3 | 400 | 150 | 25 | 80 | 450х1200х450 |
| КУ Лег 01-Р-0,4-175-25-У3 | 400 | 175 | 25 | 80 | 450х1400х450 |
| КУ Лег 01-Р-0,4-200-50-У3 | 400 | 200 | 50 | 90 | 600х1600х600 |

Агрегаты секционные компенсирующие типа АСК «Белэлектромонтаж»:

АСК Х1 – Х2 -0,38-XXX-У3;

АСК – агрегат секционный компенсирующий;

Х1 – количество секций, шт.;

Х2 – количество ступеней регулирования;

0,38 – номинальное напряжение, кВ;

XXX – полная мощность, кВАр;

У3 – вид климатического исполнения.

Пример: АСК1-9-0,38- 425 У3.

Максимальная мощность – 425 кВАр, мощность одной ступени – 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 кВАр, количество ступеней регулирования – 12 шт., степень защиты оболочки IP20. Для обеспечения более плавного регулирования рекомендуется принимать мощность ступени, равной половине последующих. Размеры агрегата: 2000(Н) х 800(Ш) х 600 (Г) мм.

Таблица 2.5

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 |

Таблица 2.6

Технические характеристики трансформаторов ТМГ11 мощностью 400...1600 кВА

| Тип трансформатора | Номинальная мощность, кВА | Номинальное напряжение, кВ | | Схема и группа соединения обмоток | Потери, Вт | | Ток х.х., % | Напряжение к. з., % |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|---|---|--------------|-------------|---------------------|
| | | ВН | НН | | х.х. | к.з. | | |
| ТМГ11-400/10-У1(ХЛ1) | 400 | 6; 10 | 0,4 | У/У _Н -0 Д/У _Н -11 | 830 | 5400 5600 | 0,8 | 4,5 |
| | | 8,15 | 0,38 | У _Н /Д-11 | 830 | 5400 | 0,8 | 4,5 |
| ТМГ11-400/15-У1(ХЛ1) | 400 | 15 | 0,4 | У/У _Н -0 Д/У _Н -11 | 830 | 5800 | 0,8 | 4,5 |
| ТМГ11-630/10-У1(ХЛ1) | | 630 | 6; 10 | 0,4 | У/У _Н -0 Д/У _Н -11 | 1060 | 7450 | 0,6 |
| ТМГ11-1000/10-У1(ХЛ1) | 1000 | 6; 10 | 0,4 | У/У _Н -0 Д/У _Н -11 | 1400 | 1080 0 | 0,5 | 5,5 |
| ТМГ11-1250/10-У1(ХЛ1) | 1250 | 6; 10 | 0,4 | Д/У _Н -11 | 1650 | 1350 0 | 0,5 | 6,0 |
| ТМГ11-1250/10-У1(ХЛ1) | 1600 | 6; 10 | 0,4 | Д/У _Н -11 | 2150 | 1650 0 | 0,4 | 6,0 |

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

Цель занятия

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

Задачи занятия

1. Изучить основные типы и схемы внутренних соединений вводных устройств, силовых шкафов и распределительных пунктов.
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.

3.1. Общие сведения

3.1.1. Общие характеристики ВРУ

Устройства вводно-распределительные ВРУ предназначены для приема, учета и распределения электрической энергии, а также защиты линий при перегрузках, коротких замыканиях, токах утечки на землю в трехфазных сетях напряжением 400/230 В переменного тока частотой 50 Гц с глухо заземленной нейтралью.

ВРУ обеспечивают подключение, коммутацию и защиту силовых и осветительных электропроводок, а также групп и отдельных электроприемников.

Вводно-распределительные устройства комплектуются из панелей одно-стороннего обслуживания и могут быть однопанельными и многопанельными.

ВРУ подразделяют:

- по типам аппаратов на вводе и отходящих линиях;
- по схемам электрических соединений: с аппаратом на вводе или без него; с одной или двумя секциями шин; количеству аппаратов на отходящих линиях;
- по роду защиты от воздействия окружающей среды;
- по способу установки: навесные, напольные, установленные в ниши.

3.1.2. Основные типы ВРУ

В качестве вводных или вводно-распределительных устройств применяются:

- 1) ВРУ-1 различных исполнений (вводные, вводно-распределительные или распределительные)
- 2) пункты распределительные ПР85;
- 3) шкафы распределительные ШР88;
- 4) шкафы распределительные силовые ШРС;
- 5) шкафы вводные (со счетчиками, с предохранителями, с рубильниками, с автоматическими выключателями) – РУСМ8000 и шкафы распределительные (с автоматическими выключателями ВА16, ВА51) – РУСМ8500;
- 6) иногда панели Щ20 (или старые типы ЩО-70);
- 7) шкафы распределительные с предохранителями ШР11;
- 8) ящики силовые ЯБВУ;
- 9) щитки вводно-распределительные Щ81Х (для небольших зданий и индивидуальных застройщиков).

3.1.3. Выбор места установки ВРУ

Места размещения ВРУ должен определяться с учетом:

- удобства обслуживания;
- не мешать производству;
- не загромождать проходы.

При выборе места установки ВРУ необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Протяженность линии питающей сети должна быть минимальной, а трасса сети удобной в эксплуатации и доступной для ремонта.
2. Должны быть сведены к минимуму или исключены вообще случаи обратного питания электроприемников (по отношению к направлению потока электроэнергии).
3. Вводно-распределительные устройства должны размещаться как можно ближе к токоприемникам в местах, удобных для обслуживания и в то же время не мешать производству и не загромождать проходы.
4. Рекомендуется ВРУ размещать в электрощитовых.

3.1.4. Основные критерии выбора ВРУ

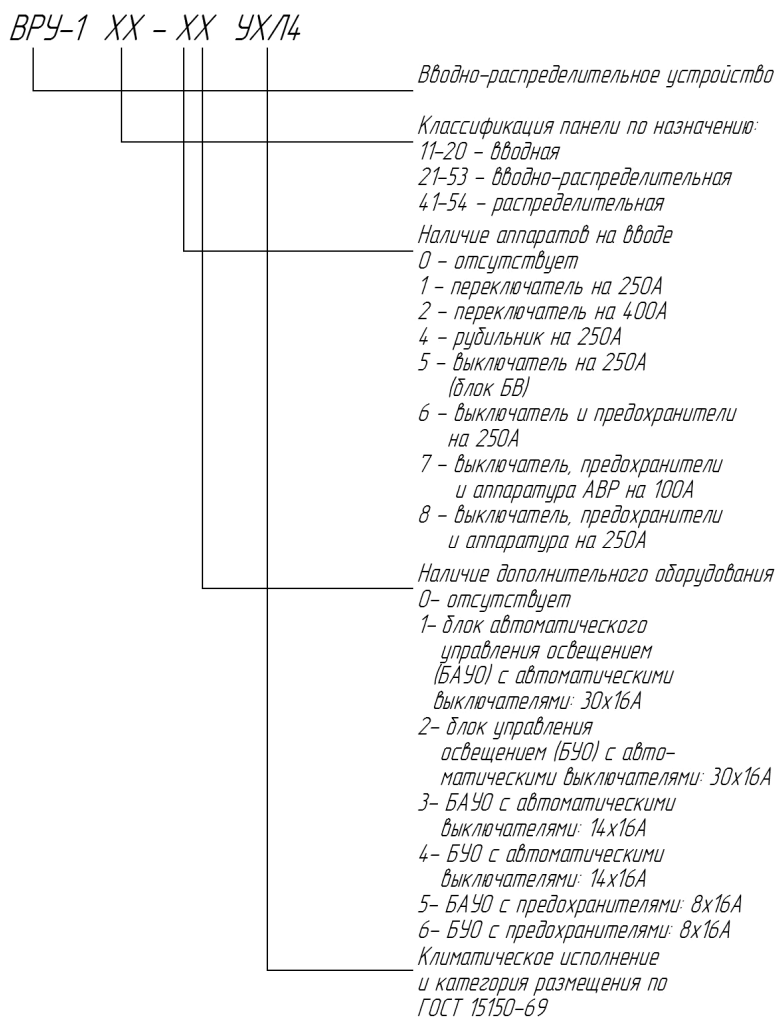
ВРУ выбирают с учетом нагрузки, по типу, защищенности от воздействия окружающей среды, числа подключаемых электроприемников или групп электроприемников, количеству и типу автоматических выключателей или предохранителей.

Выбор вводно-распределительных устройств, силовых шкафов, прежде всего, зависит от того, к какой категории по надежности электроснабжения относится объект.

3.1.5. Основные типы ВРУ и их внутренние схемы соединений

Для первой категории по надежности электроснабжения применяют вводно-распределительные устройства серии ВРУ-1 с АВР и другие.

Структура условного обозначения ВРУ «Промэлектрокомплекс».



Принципиальная схема первичных соединений вводно-распределительных устройств серии ВРУ-1 приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Принципиальная схема первичных соединений

| 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 100А с эл. приводом |
| | | | 1PI, 2PI | Счетчик ЭЭ8005 или СЕ-301 |
| | | | TA1...TA6 | Трансформаторы тока 100/5 А |
| | | | QF4, QF5 | Автоматические выключатели |

Для второй категории по надежности электроснабжения применяют вводно-распределительные устройства без АВР серии ВРУ-1 Лег, ВРУ-1 «Белэлектромонтаж» и другие.

Структура условного обозначения.

ВРУ-1 Лег XX - XX - XX



Принципиальная схема первичных соединений приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Принципиальная схема первичных соединений

| № схемы главной цепи | Номи- наль- ный ток, А | Принципиальная схема первичных соединений | Обозначение | Наименование |
|-------------------------------|---------------------------------|--|-------------|--|
| 01 | 250 | | FU1...FU6 | Предохранители ППН35-250А |
| | | | HL1,HL2 | Лампа накаливания |
| | | | 1PI,2PI | Счетчик ЭЭ8005 или СЕ-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 автоматические ВА88-35(или ВА57-35) 100А |
| | | | QS1, QS2 | Рубильник-выключатель ВР32-100А |
| | | | 1PI, 2PI | Счетчик ЭЭ8005 или СЕ-301 |
| | | | TA1...TA6 | Трансформаторы тока ТОР, ТАЛ 50/5, 100/5А |
| 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 СЕ-301 |

Для третьей категории по надежности электроснабжения применяют вводно-распределительные устройства серии ВРУ-1 Лег с одним вводом и другие.

Принципиальная схема первичных соединений вводно-распределительных устройств серии ВРУ-1 Лег приведена в табл. 3.3.

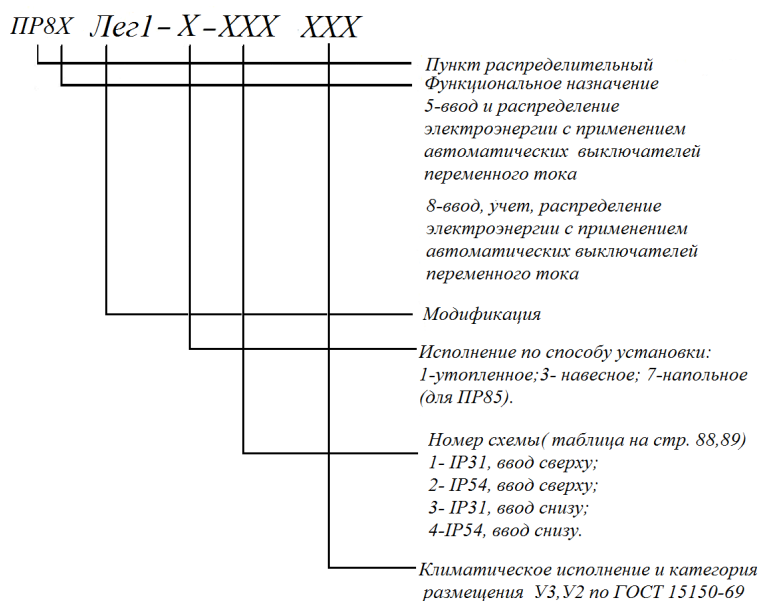
Таблица 3.3

Принципиальная схема первичных соединений

| № схемы главной цепи | Номинальный ток, А | Принципиальная схема первичных соединений | Обозначение | Наименование |
|----------------------|--------------------|---|-------------|---|
| 13 | 250 | | QF0 | Выключатели автоматические ВА88-35(или ВА57-35) 160А |
| | | | QF1... QF7 | Выключатели автоматические ВА47-63 1П (Выключатели автоматические ВА47-63 3П) 63А |
| | | | PI | Счетчик ЭЭ8005 или СЕ-301 |

Для ввода и распределения электрической энергии, защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях, для не частых (до 6 вкл. час) оперативных коммутаций электрических цепей и пусков асинхронных электродвигателей применяют пункты распределительные ПР85-Лег1 и ПР88-Лег1.

Структура условного обозначения



Основные параметры и характеристики пунктов распределительных ПР85-Лег1 и ПР88-Лег1 приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Основные параметры и характеристики пунктов распределительных ПР85-Лег1 и ПР88-Лег1

| Параметр | Значение | |
|--|---------------------|------|
| | ПР85 | ПР88 |
| 1 | 2 | 3 |
| Номинальное напряжение, В | 380 | 380 |
| Номинальная частота, Гц | 50 | 50 |
| Номинальный ток аппаратов ввода, А, не более | 400 | 400 |
| Номинальный ток аппаратов распределения, А, не более | 400 | 400 |
| Номинальный ударный ток к. з. на шинах, кА при I_n шкафа до 250 А при I_n шкафа до 630 А | 10 40 | |
| Номинальный режим работы | Продолжительный | |
| Исполнение по способу установки | Навесное утопленное | |
| | напольное | - |
| Степень защиты оболочки по ГОСТ 14254-96 | IP31, IP54 | |
| Масса, кг, не более | 100 | |
| Срок службы, лет, не менее | 25 | |

Типоисполнение пункта распределительного ПР 85 приведено в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Типоисполнение пункта распределительного ПР 85

| Номер схемы | Номин. ток шка- фа ¹ , А для исполнен. IP31/IP54 | Автоматические выключатели, I_n , А максимальное количество | | | | | | | Максимальные габаритные размеры, мм | | |
|----------------|---|--|-----|-----|----------------------------|-----------------------------------|---|---|---|-----|-----|
| | | Ввод ² | | | Распределение ³ | | | | | | |
| | | 160, 250 | 400 | 630 | однополюс. до 63 | трехполюс. до 63 до 100 до 200 | | | Н | L | В |
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 001 | 225/200 | | | | | | 6 | | 1000 | 750 | 250 |
| 002 | 360/220 | | | | 12 | 8 | | | 800 | 650 | |
| 003 | | | | | 24 | 4 | | | | | |
| 004 | | | | | 16 | 6 | | | | | |
| 005 | | | | | | 4 | 2 | 2 | | | |
| 006 | | | | | | 4 | 4 | | | | |
| 007 | | | | | 6 | 4 | | | | | |
| 008 | 550/500 | | | | 6 | 4 | | | 1000 | 750 | |
| 009 | | | | | | 4 | | | | | |
| 010 | | | | | | 6 | | | | | |
| 011 | | | | | | 8 | | | | | |
| 012 | | | | | | 12 | 2 | 2 | | | |
| 013 | | | | | | | 2 | 4 | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----|---------|---|---|---|----|----|----|---|------|-----|-----|
| 014 | | | | | | | 4 | 2 | 1200 | | |
| 015 | | | | | | | 4 | 4 | | | |
| 016 | | | | | | | 6 | 2 | | | |
| 017 | | | | | | | 8 | 2 | | | |
| 018 | | | | | | | 12 | 6 | | | |
| 019 | | | | | | | | | | | |
| 100 | 225/200 | 1 | | | 6 | 4 | | | 1000 | | |
| 101 | | 1 | | | 12 | 6 | | | 1200 | | |
| 102 | | 1 | | | 12 | 8 | | | 1500 | | |
| 103 | | 1 | | | | | 6 | 1 | 1000 | | |
| 104 | | 1 | | | | | 8 | | | | |
| 200 | 360/220 | | 1 | | 12 | 6 | | | 1200 | 750 | 220 |
| 201 | 360/220 | | 1 | | 12 | 8 | | | 1500 | | |
| 202 | | | 1 | | | 4 | 2 | 2 | 1200 | | |
| 203 | | | 1 | | | 4 | 4 | | 1500 | | |
| 204 | | | 1 | | | 6 | 4 | | 1200 | | |
| 205 | | | 1 | | | 12 | | | 1000 | | |
| 206 | | | 1 | | | | 2 | 2 | 1200 | | |
| 207 | | | 1 | | | | 2 | 4 | | | |
| 208 | | | 1 | | | | 4 | 2 | | | |
| 209 | | | 1 | | | | 4 | 4 | | | |
| 210 | | | 1 | | | | 6 | 2 | 1500 | | |
| 211 | | | 1 | | | | 8 | | | | |
| 212 | | | 1 | | | | 8 | 2 | 1200 | | |
| 213 | | | 1 | | | | 10 | | | | |
| 214 | | | 1 | | | | | 6 | | | |
| 300 | 550/500 | | | 1 | 8 | 6 | | | 1500 | | |
| 301 | | | | 1 | 24 | 4 | | | 1200 | | |
| 302 | | | | 1 | | 8 | | | 1500 | | |
| 303 | | | | 1 | | 12 | | | 1000 | | |
| 304 | | | | 1 | | | 2 | 2 | 1200 | | |
| 305 | | | | 1 | | | 4 | 4 | 1200 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 306 | | | | 1 | | | 6 | | 1200 | | |
| 307 | | | | 1 | | | 8 | 2 | 1500 | | |
| 308 | | | | 1 | | | 12 | | | | |
| 309 | | | | 1 | | | | 6 | | | |

Схемы электрические принципиальные ПР85-Лег1 приведены на рисунках 3.1–3.2.

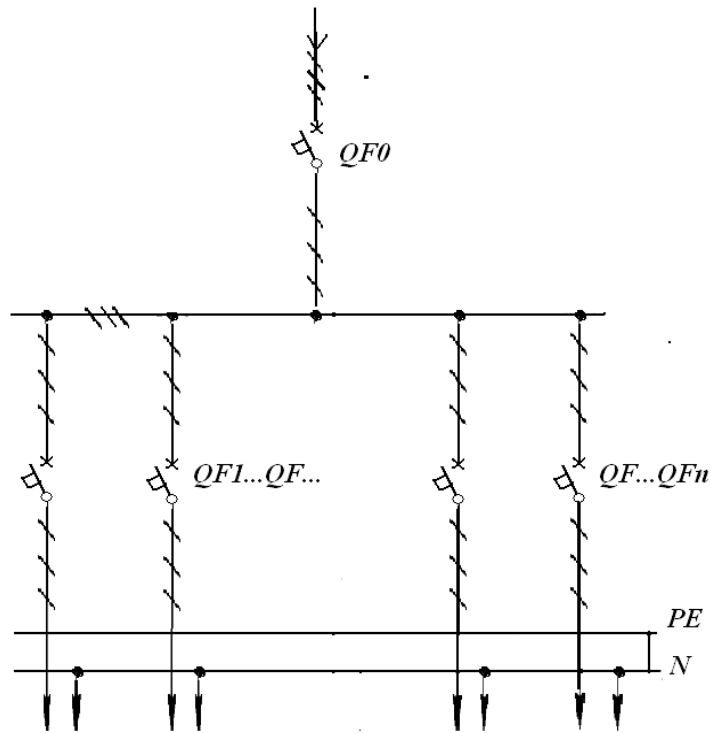


Рис. 3.1. Схема электрическая принципиальная ПР85-Лег1 с вводным автоматическим выключателем

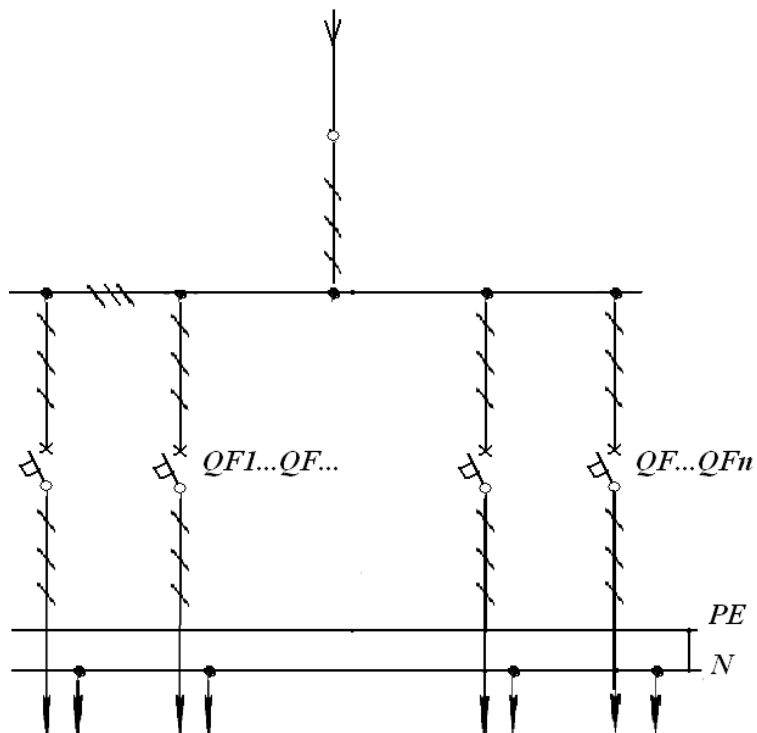


Рис. 3.2. Схема электрическая принципиальная ПР85-Лег1 без вводного автоматического выключателя

Пункты распределительные ПР88-Лег1 предназначены для ввода, учета и распределения электрической энергии.

Типоисполнение пункта распределительного ПР88 приведено в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Типоисполнение пункта распределительного ПР 88

| Но- мер схе- мы | Но- ми- наль- ный ток шка- фа ¹ , А | Аппараты учета | | Транс- форма- тор тока (3 шт.), А | Устрой- ство за- щитного отклю- чения на ток, А | Ток выключателей, кол- во, ном. токи, А | | | Максимальные габаритные раз- меры, мм | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|--------------------------------------|---|--|--|--------------------------------|--------------------------------|---|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| | | Счет- чик од- но- фаз- ный | Счет- чик трех- фаз- ный | | | вво- да ¹ | Распределения ³ | | Н | L | В | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 10-63 А 1- полюс- ные | 10-63 А 3- полюс- ные | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| 001 | 250 | + | + | 300/5 | 250 | 250 | 8 | 4 | 1200 | 800 | 250 | | | | | | | | | | | | |
| 002 | 200 | + | + | 200/5 | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 003 | 160 | + | + | 200/5 | | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 004 | 125 | + | + | 200/5 | | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 005 | 100 | + | + | 100/5 | 100 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 006 | 80 | + | + | 100/5 | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 007 | 63 | + | + | 75/5 | | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 008 | 50 | + | + | 75/5 | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 009 | 250 | + | + | 300/5 | - | 250 | 8 | 4 | | | | 1200 | 800 | 250 | | | | | | | | | |
| 010 | 200 | + | + | 200/5 | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 011 | 160 | + | + | 200/5 | | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 012 | 125 | + | + | 200/5 | | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 013 | 100 | + | + | 100/5 | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 014 | 80 | + | + | 100/5 | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 015 | 63 | + | + | 75/5 | | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 016 | 50 | + | + | 75/5 | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 017 | 250 | - | + | 300/5 | 250 | 250 | - | 8 | 1200 | 800 | 250 | | | | | | | | | | | | |
| 018 | 200 | - | + | 200/5 | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 019 | 160 | - | + | 200/5 | 100 | 160 | | | | | | | | | 1200 | 800 | 250 | | | | | | |
| 020 | 125 | - | + | 200/5 | | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 021 | 100 | - | + | 100/5 | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 022 | 80 | - | + | 100/5 | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 023 | 63 | - | + | 75/5 | 63 | | | | | | | | | | | | | 1200 | 800 | 250 | | | |
| 024 | 50 | - | + | 75/5 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 025 | 63 | - | + | - | 63 | | | | | | | - | 6 | | | | | | | | | | |
| 026 | 50 | - | + | - | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 027 | 63 | + | - | - | 63 | 18 | - | | | | | 1000 | | | | | | | | | | | |
| 028 | 50 | + | - | - | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 029 | 250 | - | + | 300/5 | - | 250 | - | 8 | | | | | | | | | | | | | 1200 | 800 | 250 |
| 030 | 200 | - | + | 200/5 | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 031 | 160 | - | + | 200/5 | | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 032 | 125 | - | + | 200/5 | | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 033 | 100 | - | + | 100/5 | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 034 | 80 | - | + | 100/5 | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---|---|------|-----|----|---|---|------|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 035 | 63 | - | + | 75/5 | - | 63 | - | 6 | 1000 | | |
| 036 | 50 | - | + | 75/5 | | 50 | | | | | |
| 037 | 63 | - | + | - | | 63 | | | | | |
| 038 | 50 | - | + | - | | 50 | | | | | |
| 039 | 63 | + | - | - | | 63 | | | | | |
| 040 | 50 | + | - | - | | 50 | | | | | |
| 041 | 63 | + | + | - | 100 | 63 | 8 | 4 | | | |
| 042 | 50 | + | + | - | | 50 | | | | | |
| 043 | 63 | + | + | - | | 63 | 8 | 4 | | | |
| 044 | 50 | + | + | - | | 50 | | | | | |

Пункты распределительные ПР88-Лег1 изготавливаются:

- с трехполюсными и однополюсными;
- с трехфазными и однофазными счетчиками;
- с устройствами защитного отключения (УЗО).

Шкафы распределительные ШР-Лег1 предназначены для приема и распределения электрической энергии в промышленных электроустановках, а также защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях в трехфазных сетях напряжением 380/220 В переменного тока частотой 50 Гц с глухо заземленной нейтралью.

Шкафы ШР-Лег1 изготавливаются:

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

Конструкция ШР-Лег1 обеспечивает ввод и вывод проводников как сверху, так и снизу в любой комбинации через съемные крышки. На крышках шкафов степени защиты IP54 устанавливаются сальники.

Максимальные сечения жил проводов и кабелей, присоединяемых под один зажим предохранителя на вводах и отходящих линиях, указаны в табл. 3.7.

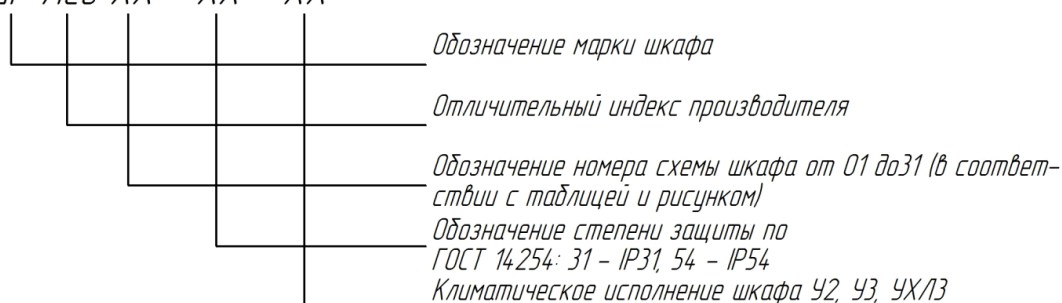
Таблица 3.7

Рекомендуемое сечение подключаемых кабелей

| Номинальный ток предохранителей, А | Сечение жил, мм ² | |
|------------------------------------|------------------------------|-----------|
| 63 | 25 | - |
| 100 | 50 | - |
| 250 | 95 | 150 |
| 400 | 120 | 120 (185) |

Структура условного обозначения

ШР Лег XX - XX - XX



Типоисполнение шкафа распределительного ШР-Лег1 приведено в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Типоисполнение шкафа распределительного ШР-Лег1

| Номер | | Номинальный ток шкафа, А | Аппараты управления | | Аппараты распределения, тип, кол-во x I _н , А | Аналог ШР |
|-------|---------|--------------------------|--|--|--|-----------|
| схемы | рисунка | | Управление, тип, кол-во x I _н , А | Защита, тип, кол-во x I _н , А | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 01 | 1 | 250 | РБ, 1x250 | - | ППН33, 5x63 | 73701 |
| 02 | | | | | ППН33, 5x100 | 73702 |
| 03 | | | | | ППН33, 2x63 + ППН33, 3x100 | 73703 |
| 04 | 2 | 400 | РБ, 1x400 | - | ППН33, 8x63 | 73504 |
| 05 | | | | | ППН33, 8x100 | 73505 |
| 06 | | | | | ППН35, 8x250 | 73506 |
| 07 | 1 | 400 | РБ, 1x400 | - | ППН33, 3x100 + ППН35, 2x250 | 73707 |
| 08 | | | | | ППН35, 5x250 | 73708 |
| 09 | 2 | 400 | РБ, 1x400 | - | ППН33, 4x63 + ППН33, 4x100 | 73509 |
| 10 | | 400 | | | ППН33, 2x63 + ППН33, 4x100 + ППН35, 2x250 | 73510 |
| 11 | | 400 | | | ППН33, 6x100 + ППН35, 2x250 | 73511 |
| 12 | 3 | 400 | РБ, 1x400 | ППН37, 1x400 | ППН33, 8x63 | 73512 |
| 13 | | 400 | | | ППН33, 8x100 | 73513 |
| 14 | | 400 | | | ППН35, 8x250 | 73514 |
| 15 | | 400 | | | ППН33, 4x63 + ППН33, 4x100 | 73515 |
| 16 | | 400 | | | ППН33, 2x63 + ППН33, 4x100 + ППН35, 2x250 | 73516 |

Окончание таблицы 3.8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---|-----|------------|---|--|-------|
| 17 | | 400 | | | ППН33, 6x100 + ППН35, 2x250 | 73517 |
| 18 | 4 | 400 | РБ4, 2x400 | - | ППН33, 8x63 | 73518 |
| 19 | | | | | ППН33, 8x100 | 73519 |
| 20 | | | | | ППН35, 8x250 | 73520 |
| 21 | | | | | ППН33, 4x63 + ППН33, 4x100 | 73521 |
| 22 | | | | | ППН33, 2x63 + ППН33, 4x100 + ППН35, 2x250 | 73522 |
| 23 | | | | | ППН33, 6x100 + ППН35, 2x250 | 73523 |

Технические характеристики предохранителей ППН-33, ППН-35, ППН-37, ППН-39, ППН-41 приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Технические характеристики предохранителей ППН-33, ППН-35, ППН-37, ППН-39, ППН-41

| Тип предохранителя | Номинальный ток плавкой вставки, I_n , А | Номинальное напряжение, U_n , В | Номинальная отключающая способность |
|-----------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ППН-33, габарит 00С | 2, 4, 6, 10, 12, 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 | - 220 В ~ 400 В | 100 кА |
| ППН-33, габарит 00, 0 | 2, 4, 6, 10, 12, 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 | | |
| ППН-35, габарит 1 | 2, 4, 6, 10, 12, 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250 | | |
| ППН-37, габарит 2 | 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400 | - 440 В ~ 500 В | 50 кА |
| ППН-39, габарит 3 | 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400 | | |
| ППН-39, габарит 3 | 500, 630 | | |
| ППН-41, габарит 4 | 500, 630 | | |
| ППН-41, габарит 4 | 800, 1000 | | |
| ППН-41, габарит 4 | 1250, 1500, 1600 | | |
| ППН-41, габарит 4а | 800, 1000, 1250, 1500, 1600 | | |

Схемы электрические принципиальные ШП-Лег1 приведены на рис. 3.3–3.5.

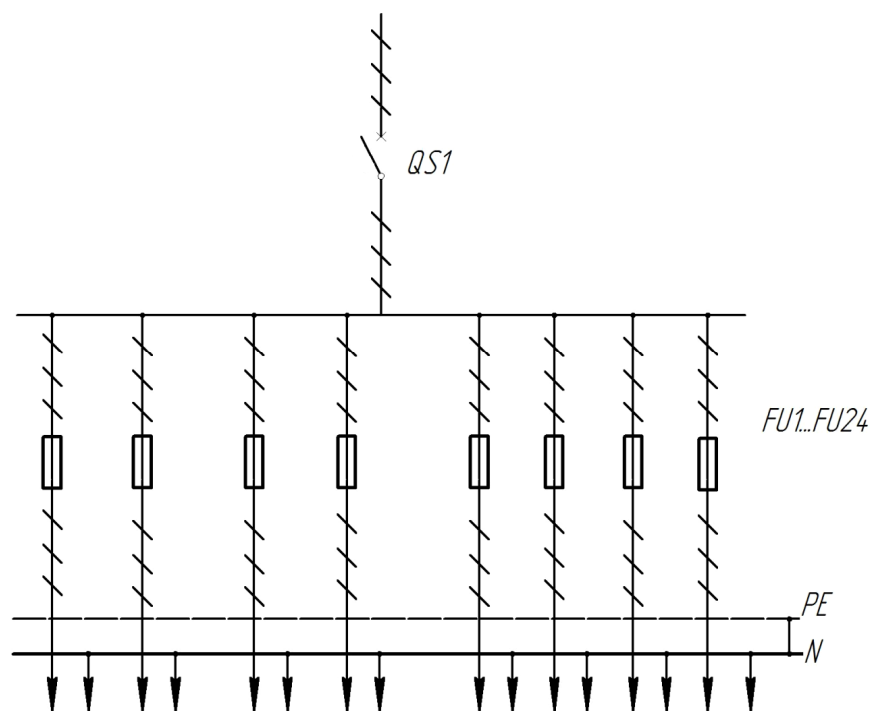


Рис. 3.3. Схема электрическая принципиальная ШП-Лег1 (номер схемы 01–11)

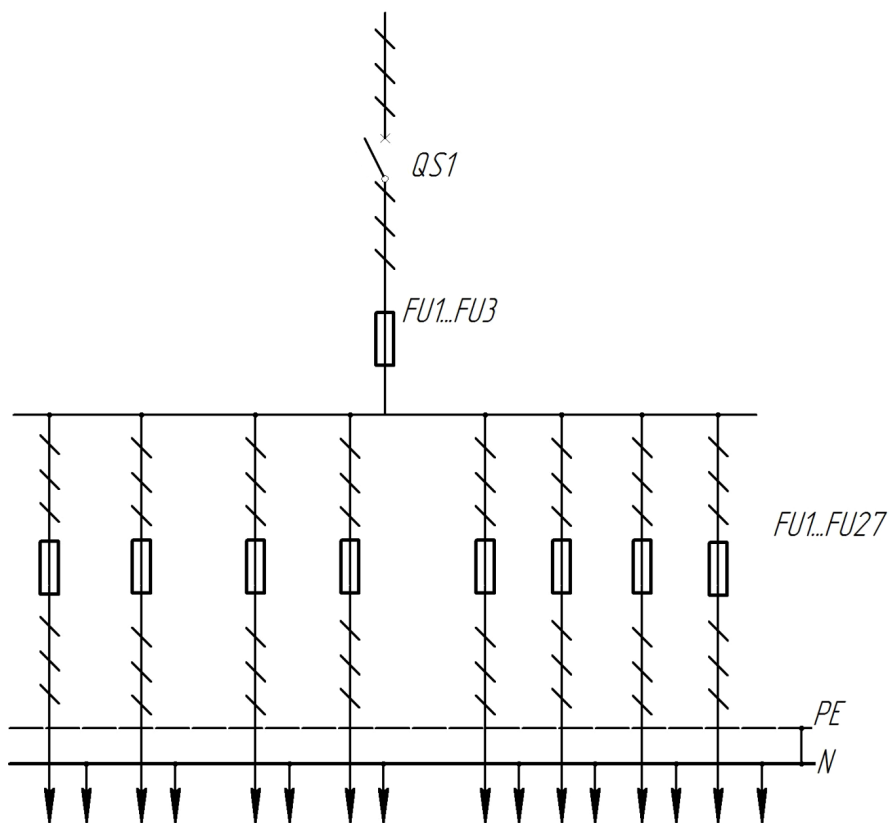


Рис. 3.4. Схема электрическая принципиальная ШП-Лег1 (номер схемы 12–14)

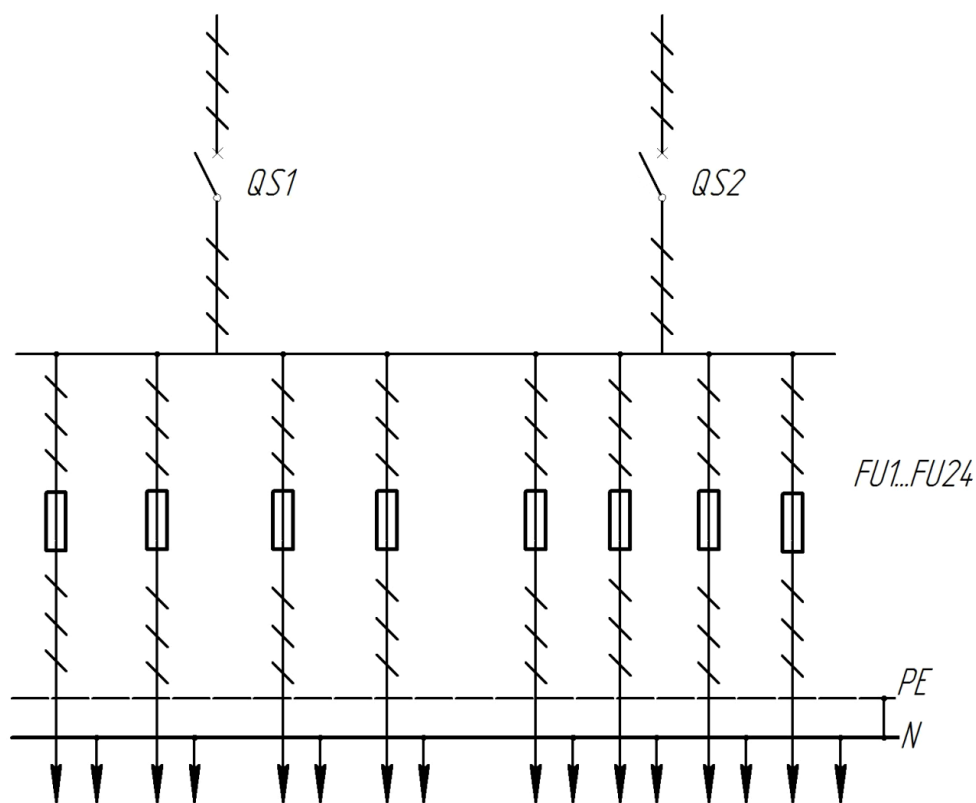
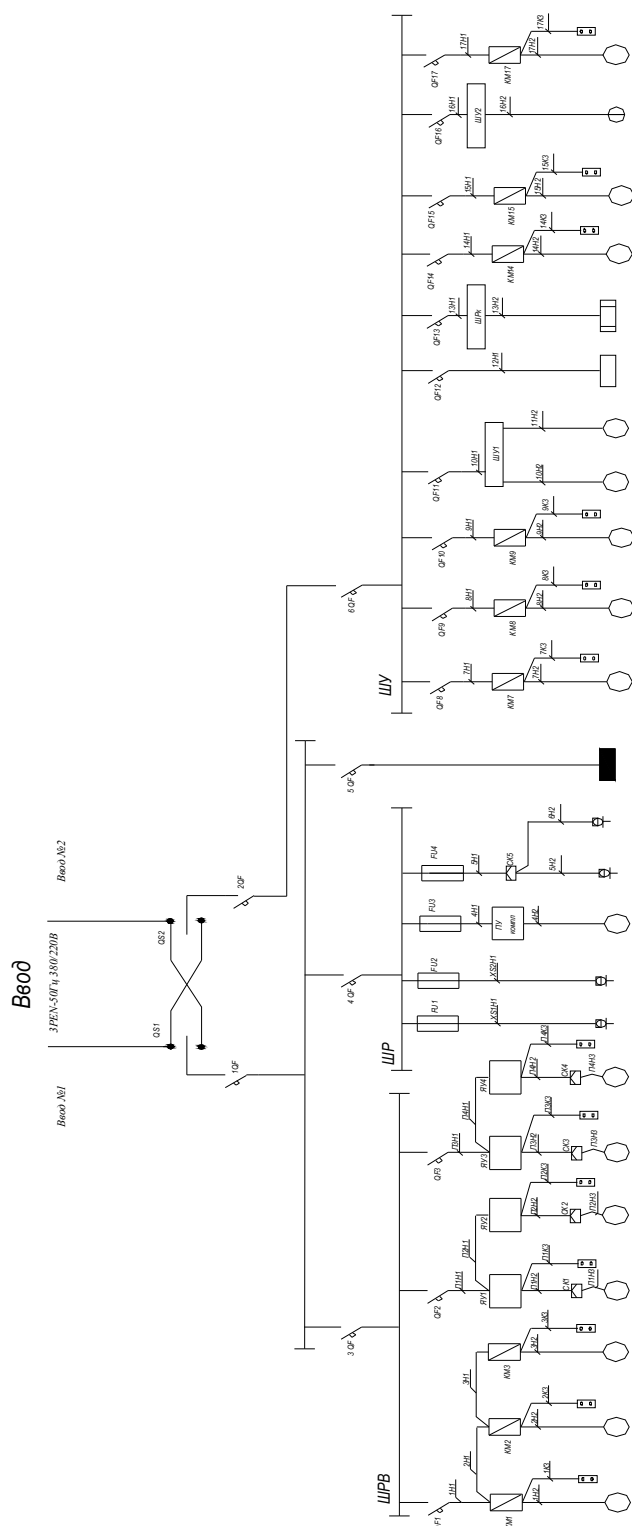


Рис. 3.5. Схема электрическая принципиальная ШР-Лег1 (номер схемы 18–23)

Пример.

Выбрать вводное устройство и силовые шкафы для молочного блока. Структурная схема питающей и распределительной сети представлена на рис. 3.6.



| Номер электроприемника | 1 | 2 | 3 | 3SB | П1 | П11SB | П2 | П22SB | П3 | П33SB | П4 | П4SB | XST | XST2 | 4 | 5 | 6 | ЩО1 | 7 | 7SB | 8 | 8SB | 9 | 9SB | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 14SB | 15 | 15SB | 16 | 17 | 17К3 | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|--------------------|-----------|-----------|-----------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|---|---|------------------|---------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|---|-----------------------|----------------|
| Мощность, кВт | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,8 | 0,5 | 1,5 | 0,09 | 1,0 | 4,34 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | | 6,975 | 6,975 | 5 | 13 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 5 | 1,1 | 17К3 | | |
| Наименование электроприемника | Вентилятор вытяжной | Вентилятор вытяжной | Вентилятор вытяжной | Кнопочный пост | Вентилятор приточный | Кнопочный пост | Вентилятор приточный | Кнопочный пост | Вентилятор приточный | Кнопочный пост | Вентилятор приточный | Кнопочный пост | Литая электручская | Компьютер | Центрфуга | Вакрирующая установка | Установка для дезинфицирующих растворов | Щиток освещения | Вакуумный насос | Вакуумный насос | Вакуумный насос | Вакуумный насос | Кнопочный пост | Вакуумный насос | Кнопочный пост | Установка мгновенного охлаждения молока | Установка мгновенного охлаждения молока | Автомат промывки | Электродвигатель-передача | Насос гнаний | Кнопочный пост | Насос отводной | Кнопочный пост | Установка для получения сжатого воздуха | Насос канализационный | Кнопочный пост |

Должная установка Елочка 2х14

Рис. 3.6. Структурная схема питающей и распределительной сетей

Пример 1. Выбор вводно-распределительных устройств

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

$$I_{расч} = 80 \text{ А.}$$

На основании категории по надежности электроснабжения объекта, электроприемники молочного блока относятся к 2-й категории, их необходимо запитывать от двух независимых источников питания. Напряжение питающей сети 400/230 В. На вводе производим установку вводного устройства серии ВРУ-1 Лег-09-00-31 на два ввода. Устройство вводно-распределительное $I_n = 100 \text{ А}$ с рубильниками – выключателями ВР32-100А с $I_n = 100 \text{ А}$, 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 (рис. 3.6).

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.

Пример 2. Выбор аппаратов защиты для питающей и распределительной сети силового электрооборудования

Выбрать аппараты защиты для шкафа ШРВ (см. рис. 3.6).

Предварительно выбираем шкаф типа ПР85 с автоматическими выключателями $I_n = 63 \text{ А}$.

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

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

Определяем номинальный ток автоматического выключателя

$$I_{н.ав.} \geq I_{\partial л} \quad (3.1)$$

Определяем ток теплового расцепителя автоматического выключателя

$$I_{ср.тепл.} = \kappa_{нт} \cdot I_{\partial л}, \quad (3.2)$$

принимая $\kappa_{нт} = 1,2$

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

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

Выбираем автоматический выключатель QF1: АЕ2046 $I_n = 63 \text{ А.}$

$$I_{т.р} = 4 \text{ А.}$$

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

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

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

Определяем ток срабатывания теплового расцепителя автоматического выключателя по (3.2)

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

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

Выбираем автоматический выключатель QF2: АЕ2046 $I_n = 63 \text{ А}$

$$I_{т.р} = 4 \text{ А.}$$

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

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

Пример 3.

Выбрать аппараты защиты для шкафа ШР (см. рис. 3.6).

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

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

Находим номинальный ток электрической плиты по формуле:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (3.3)$$

где P_H – номинальная мощность электродвигателя, Вт;

U_H – номинальное напряжение сети, В.

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

$$I_{\text{дл}} = I_H = 1,2 \text{ А.}$$

Определяем номинальный ток предохранителя

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

63 А \geq 1,2 А, условие выполняется.

Определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл.}}, \quad (3.4)$$

Принимаем $I_{\text{вст}} = 2 \text{ А}$,

2 А \geq 1,2 А, условие выполняется.

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

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

Находим номинальный ток компьютера по формуле:

$$I_H = \frac{P_H}{U_H}, \quad (3.5)$$

где P_H – номинальная мощность компьютера, Вт;

U_H – номинальное напряжение сети, В.

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

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

Определяем номинальный ток предохранителя

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

$63 \text{ А} \geq 2,27 \text{ А}$, 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:

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}, \quad (3.6)$$

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

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

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

Определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя по двум условиям:

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл.}} \quad (3.7)$$

$$I_{\text{вст}} = \frac{I_{\text{max}}}{\alpha}, \quad (3.8)$$

где I_{\max} – максимальный ток линии, для одного электродвигателя $I_{\max} = I_n$;
 I_n – пусковой ток электродвигателя;

α – коэффициент, зависящий от условий пуска.

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

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

Ток плавкой вставки выбираем по второму условию.

Принимаем $I_{вст} = 10$ А ,

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

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

Выбираем предохранитель FU3: $I_{н.пр.} = 63$ А , $I_{вст} = 10$ 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 (3.5).

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

Находим номинальный ток установки для приготовления моюще-дезинфицирующих растворов по формуле (3.5).

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

Определяем длительный ток линии

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

Определяем номинальный ток предохранителя

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

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

Определяем номинальный ток плавкой вставки предохранителя

$$I_{вст} \geq I_{дл}.$$

Принимаем $I_{вст} = 6$ А ,

$6 \text{ А} \geq 4,94 \text{ А}$, условие выполняется.

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

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

Задания для практических занятий

Выбрать вводное устройство и силовые шкафы, а также аппараты защиты питающей и распределительной сети силового электрооборудования для объектов, приведенных в 4-й главе данного пособия «Расчет сечений проводов и кабелей питающей и распределительной сети».

4. РАСЧЕТ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ПИТАЮЩЕЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Цель занятия

Получить практические навыки по расчету сечений проводов и кабелей питающей и распределительной сети.

Задачи занятия

1. Изучить методику выбора сечений проводов и кабелей питающей и распределительной сети.

2. На примере разобрать порядок расчета и выбора сечений проводов и кабелей питающей и распределительной сети.

3. По индивидуальному заданию рассчитать и выбрать сечения проводов и кабелей питающей и распределительной сети.

4. По результатам расчетов сделать выводы.

Общие сведения

Протекая по проводам, электрический ток нагревает токоведущие жилы. В то же время проводники охлаждаются, так как тепло отводится в окружающую среду. Через определенное время температура проводника остается постоянной.

Максимальная допустимая температура для проводов и кабелей определяется условиями безопасности надежности и экономичности.

Крайне опасен перегрев изоляции проводников в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

Величина тока в проводнике определенного сечения должна быть ограничена для того, чтобы наибольшая температура проводника не превышала определенного значения. ТКП-339-2011 устанавливают следующие наибольшие допустимые температуры при нагревании длительной токовой нагрузкой: голые провода и шины 70 °С, провода и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией 65 °С, кабели с бумажной изоляцией на напряжение до 3 кВ 80 °С.

Допустимые токовые нагрузки зависят от сечений проводника, его конструктивного исполнения и условий охлаждения. В [18] имеются таблицы, в которых даны значения допустимых длительных токов на провода и кабели, разных сечений, изоляции, конструктивных исполнений, получивших в настоящее время наибольшее распространение.

Число прокладываемых кабелей по воздуху не ограничивается, в земле в траншее допускается максимальная прокладка восьми кабелей.

4.1. Выбор сечений проводов и кабелей по нагреву

1. Определяют расчетный ток линии.

2. По расчетному току выбирают сечение кабеля, для выбранного сечения по таблицам [18] или таблицам П.1–П.2 определяют допустимый ток проводов и кабелей.

3. Должно выполняться условие

$$I_{доп.} \geq I_{расч.}, \quad (4.1)$$

где $I_{доп.}$ – допустимый ток проводов и кабелей;

$I_{расч.}$ – расчетный ток линии.

Допустимые токовые нагрузки приведены для нормальных условий прокладки проводов и кабелей в воздухе +25 °С, в земле + 15 °С, с учетом расстояния между соседними кабелями при прокладке в воздухе – 35 мм, в каналах – 50 мм, в земле – 100 мм при условии прокладки одного кабеля в траншее.

Если эти условия отличаются от нормальных, то величина $I_{доп.}$ определяется с учетом поправочных коэффициентов:

$$I_{доп.} k_{II} \geq I_{расч.}, \quad (4.2)$$

где k_{II} – поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий охлаждения проводов и кабелей.

Поправочный коэффициент учитывает:

1. Температуру окружающей среды (табл. П.4.1): (нормальные условия: температура жил 65 °С, в воздухе – плюс 25 °С, в земле – плюс 15 °С, $k_{II} = 1$).

2. Количество кабелей, проложенных в одной траншее (табл. П.4.2), (нормальные условия: 1 кабель в траншее, расстояние в свету 100 мм, резервные кабели не учитываются, $k_{II} = 1$);

3. Количество проводов, прокладываемых более четырех в трубах, коробах, а также на лотках пучками: $k_{II} = 0,68$ для 5 и 6; $k_{II} = 0,63$ для 7–9; $k_{II} = 0,6$ для 10–12 проводников.

Для вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся.

Если оборудование работает в повторно-кратковременном режиме, то вводится поправочный коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_{ПВ} = \frac{0,875}{\sqrt{ПВ}}, \quad (4.3)$$

где ПВ – относительная продолжительность рабочего периода, равная отношению времени включения линии к общей длительности времени включения и отключения.

$$ПВ = \frac{t_p}{t_{\text{ц}}}, \quad (4.4)$$

где t_p – длительность рабочего периода;

$t_{\text{ц}}$ – общая длительность цикла.

Необходимо отметить, что коэффициент, учитывающий увеличение допустимой нагрузки на проводник, может быть применен лишь при следующих условиях:

а) продолжительность рабочего периода цикла повторно-кратковременного режима работы не превышает 4 мин, а продолжительность отключения – не менее 6 мин;

б) площадь сечения медных проводников больше равно 10 мм², алюминиевых не ниже 16 мм².

Для повторно-кратковременного режима должно выполняться условие:

$$k_{II} K_{ПВ} I_{\text{доп.табл.}} \geq I_{\text{расч.}} \quad (4.5)$$

Выбранное сечение провода или кабеля проверяют по допустимой потере напряжения и по условию соответствия выбранному аппарату защиты.

4.2. Проверка выбранных проводов и кабелей по потере напряжения

Повышение или снижение напряжения на зажимах электроприемника, по сравнению с номинальным ($U_{\text{ном}}$), приводит к ухудшению его работы.

Потери напряжения можно определить по формуле:

$$\Delta U = \frac{\Sigma Pl}{cF}, \quad (4.6)$$

где P – мощность, кВт;

l – длина, м;

c – коэффициент, зависящий от материала проводника и напряжения сети;

F – площадь сечения, мм².

Для трехфазной сети ($U = 380/220$ В) $c = 46$, если материал проводника алюминий, $c = 77$, если материал проводника медь.

Для однофазной сети ($U = 220$ В) $c = 7,7$, если материал проводника алюминий, $c = 12,8$, если материал проводника медь.

$$\Sigma Pl = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + \dots \quad (4.7)$$

Должно выполняться условие

$$\Delta U \leq \Delta U_{\text{дон}}, \quad (4.8)$$

где $\Delta U_{\text{дон}}$ – допустимые потери напряжения, определяются по [13], принять 4 % от ТП до электроприемника.

Проверка выбранных сечений проводов и кабелей по условию соответствия выбранному аппарату защиты.

Электрические сети делятся на две группы:

Гр.1 – сети, защищаемые от к. з. и перегрузок.

Гр. 2 – сети, защищаемые от к. з.

Гр. 1 – сети всех видов в помещениях взрывоопасных и наружных установках:

- сети внутри помещений, выполняемые открыто, незащищенными открытыми проводами и кабелями с горючей оболочкой;

- осветительные сети в жилых и общественных зданиях, промышленных предприятиях;

- сети промышленных предприятий, когда по условиям технологического процесса могут возникать перегрузки.

Все остальные сети относятся ко второй группе.

Должно выполняться условие

$$I_{\text{дон}} \geq \frac{K_3 I_3}{K_{II}}, \quad (4.9)$$

где K_{II} – поправочный коэффициент на условия прокладки;

I_3 – ток срабатывания защитного аппарата;

K_3 – кратность допустимого длительного тока для провода или кабеля по отношению к номинальному ($I_{\text{ном}}$) или току срабатывания защиты (табл. П.4.3).

Выбранные защитные аппараты и сечения проводов и кабелей во всех случаях должны удовлетворять условию: надежно отключать к. з., произошедшие в наиболее удаленной точке сети.

Для сети, проложенной в невзрывоопасном помещении, ток к. з. должен превосходить $I_{н.вст.}, I_{н.тепл.р.}, I_{н.комб.р.}$, не меньше, чем в 3 раза.

Это проверяется из соотношения:

$$I_{К.з.}^{(1)} \geq 3I_{защ.} \quad (4.10)$$

$$I_{К.з.}^{(1)} \geq \frac{U_{\phi}}{\frac{z_m}{3} + zl} = \frac{U_{\phi}}{z} \geq 3I_{защ.}, \quad (4.11)$$

где $I_{защ.}$ – ток защитного аппарата;

z – полное сопротивление петли «Ф-0» и проводника от вторичных зажимов понижающего трансформатора до наиболее удаленной точки сети;

z_m – сопротивление трансформатора, приведенное к вторичному (зависит от мощности трансформатора и соединения обмоток трансформатора («звезда-звезда», «звезда-треугольник» и т. д.)) (табл. П.3);

l – длина проводника, км.

Условие надежности действия защиты при к. з. в наиболее удаленной точке:

$$\frac{I_{К.з.}^{(1)}}{I_{защ.}} \geq 3 \quad (4.12)$$

Допускается не выполнять расчетной проверки к. з., если выполняются следующие условия:

1. При защите от токов к. з.:

$$\frac{I_3}{I_{доп..пр.}} \geq 3, \quad (4.13)$$

где I_3 – ток плавкой вставки или уставки автоматического выключателя;

$I_{доп..пр.}$ – допустимый ток проводов и кабелей.

2. При защите от перегрузки (взрывоопасные помещения):

$$\frac{I_3}{I_{доп..пр.}} \geq 0,8 \text{ (предохранитель)}, \quad (4.14)$$

I_3 – ток плавкой вставки предохранителя

$$\frac{I_3}{I_{\text{доп.пр.}}} \geq 1 \text{ (авт.выкл.)} \quad (4.15)$$

I_3 – ток уставки автоматического выключателя.

4.3. Выбор питающих кабелей

При выборе питающих кабелей учитывают следующее:

1. Сечение кабелей выбирают исходя из суммарной расчетной нагрузки линии, с учетом поправочных коэффициентов (4.2).

2. Сечение питающих кабелей проверяют по допустимой потере напряжения (4.6). Суммарная потеря напряжения (распределительная сеть + питающая сеть) не должна превышать согласно [13] – 4 %.

3. Проверяют на отключение к. з. защитным аппаратом в конце линии (4.10).

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 и рассматриваемая часть электроустановки не защищена устройствами защитного отключения, реагирующими на дифференциальные токи.

5. Тип питающих кабелей зависит от внешних воздействующих факторов:

- для взрывоопасных зон используют медные или алюминиевые кабели, в зависимости от типа взрывоопасной зоны в соответствии с [1];

- для пожароопасных зон используют кабели с изоляцией из негорючих или трудногорючих материалов;

- для прокладки в земле используют бронированные кабели (требования [6]).

6. При большой протяженности кабельной линии, питающей асинхронный двигатель, выполняется проверка на его пуск (например, электродвигатели артскважин, находящихся на значительном расстоянии от питающей подстанции) и т. п.

Пример 1.

Выполнить расчет проводов и кабелей питающей сети ремонтной мастерской.

Структурная схема питающей сети приведена на рис. 4.1.

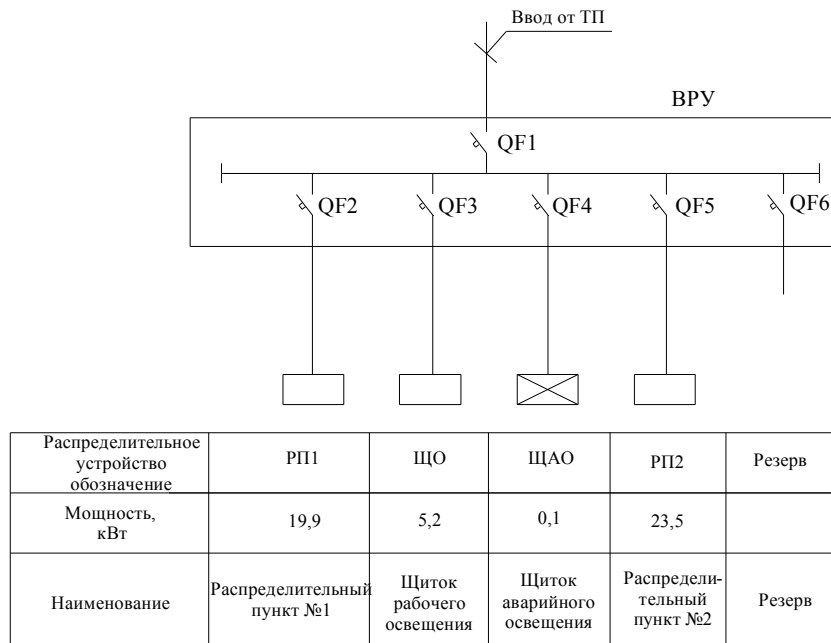


Рис. 4.1. Структурная схема питающей сети

Выполним расчет кабельной линии от трансформаторной подстанции до вводно-распределительного устройства, установленного в ремонтной мастерской. Кабель прокладываем в траншее. Здание является потребителем третьей категории по надежности электроснабжения. Предусматриваем одну кабельную линию. Кабельную линию рассчитываем на полную нагрузку. Допустимая потеря напряжения 4 % [2].

Расчетную нагрузку на вводе ремонтной мастерской определим методом эффективного числа электроприемников. $P_p = 48,7$ кВт.

Сечение жил кабеля выбираем по условию (4.1).

Определим расчетный ток.

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}, \quad (4.16)$$

$$I_p = \frac{48,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 101,3 \text{ А.}$$

$$I_{\text{дол.каб}} \geq 101,3 \text{ А.}$$

Принимаем прокладываемый кабель АВББШв 4х25 с $I_{\text{дол.каб}} = 115$ А.

Проверяем его по условию (4.2).

$$101,3 \text{ А} \leq 115 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \text{ А}; \quad 101,3 \text{ А} \leq 115 \text{ А.}$$

Проверим выбранный кабель по потере напряжения.

Потерю напряжения для кабеля определим по формуле (4.7).

$$\Delta U_{уч} = \frac{48,7 \cdot 105}{46 \cdot 25} = 4,4\%.$$

Потеря напряжения превышает допустимую величину 4 %.

Следовательно, увеличим сечение проводника до 35 мм² с $I_{дл.каб.} = 140$ А.

$$I_{доп.каб.} = 140 \cdot 1,0 = 140 \text{ А.}$$

$$\Delta U_{уч} = \frac{48,7 \cdot 105}{46 \cdot 35} = 3,17 \text{ \%}.$$

$$140 \text{ А} \geq 101,3 \text{ А.}$$

Так как условие соблюдается, принимаем к установке кабель АВББШв 4×35мм².

Пример 2.

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 [5].

По надежности электроснабжения установки компрессорной относят ко 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. 4.2.

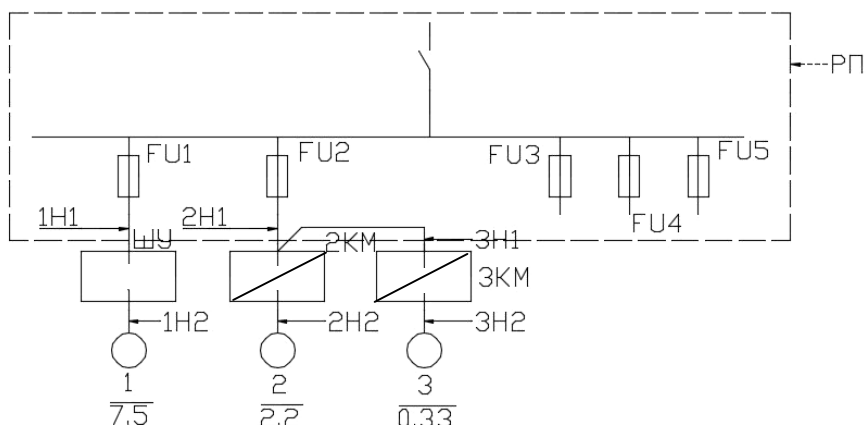


Рис. 4.2. Структурная схема распределительной сети

В соответствии с требованием [7] обозначаем трассы электропроводок распределительной сети буквенно-цифровыми обозначениями. 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 скрыто 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% [2].

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 $3I_{нс} I_{к.з.} \geq 3 \cdot 63 = 189$ А для трассы 1Н1; $I_{к.з.} \geq 3 \cdot 16 = 42$ А для 2Н1.

Допускается не выполнять расчетной проверки тока к. з., если выполняется условие:

$$\frac{I_{нс}}{I_{доп.пров.}} \leq 3.$$

Для трассы 1Н1 $\frac{63}{17,5} = 3,6$, условие не выполняется, сечение кабеля трассы должно быть увеличено.

Примем сечение $5 \times 4 \text{ мм}^2$ $I_{доп.пров.} = 24,8$ 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

$$\frac{I_{нс}}{I_{доп.пров.}} \leq 0,8 \text{ для предохранителей или } \frac{I_{нр}}{I_{доп.пров.}} \leq 1 \text{ при защите автоматическим выключателем.}$$

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

$$\frac{I_{нс}}{I_{доп.пров.}} = \frac{16}{19} = 0,64 < 0,8, \text{ условие выполняется.}$$

Задания для практических занятий

По схемам питающей и распределительной сети выполнить расчет сечений проводов и кабелей, согласно данному заданию.

Задание 1. Свиарник

| | | | | | | | |
|------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------|---|--------------------------------------|
| Аппараты защиты | | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | | |
| Защитные аппараты | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № 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 | | | | | | |
| № 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 | | | | | | | |
| № 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 | | | | | | |
| № на плане | 1 | 1SB | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P_n , кВт | 0,37 | | 4 | 2,2 | 7,5 | 0,75 |
| Наименование электроприемника | Задвижка | Кнопочный пост | Насос | Насос | Электроводонагреватель | Вентилятор центробежный |

Задание 5. Кормоцех 1

| | | | | | | |
|----------------------------------|---------------|----------------|-------------|-------------------------|---------------|-------------|
| Аппараты защиты | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | |
| № 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 | | | | | | | |
| № 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 | | | | | | | |
| № 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 | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | |
| Длина, м | 4 | 5 | 30 | 6 | 8 | 3 |
| Условное обозначение | | | | | | |
| № 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 | | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | |
| Длина, м | 10 | 25 | 40 | 8 | 2 | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № 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 | 70 | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | FU1, FU2, FU3, FU4 | | | | | | |
| Длина, м | 20, 25, 27, 18, 12 | | | | | | |
| Пусковой аппарат | KM1, ШУ1, ШУ2, KM4, KM5 | | | | | | |
| Длина, м | 15, 30, 6, 8, 15 | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № на плане | 1 | 1SB | 2 | 3 | 4 | 5 | 5SB |
| P_n , 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 | 85 | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | FU1, FU2 | | | | | | |
| Длина, м | 12, 15, 12, 10, 18 | | | | | | |
| Пусковой аппарат | ШУ, 4KM, KM, QF1, QF2, QF3 | | | | | | |
| Длина, м | 3, 5, 25, 6, 3, 8 | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № на плане | B1 | 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 13. Здание КРС

| | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---|----------------|----------------------|---------------------|
| 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 |
| P_n , кВт | 4 | 2,2 | 10 | | 2,2 | 1,0 |
| Наименование электроприемника | Транспортер горизонтальный | Транспортер на воззудалений наклонный | УНТ-10 (Установка транспортировки навоза) | 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 | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № 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 | Электропроводо-нагреватель | Вентилятор | Вентилятор | Кнопочный пост | Таль электриче-ский | Станок |

Задание 15. Кормоцех 4

| | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|----------------|-------------|--------------|------------|----------|--------------------|
| Аппараты защиты | | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № 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 16. Свинарник

| | | | | | | | |
|------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|-------|---|--------------------------------------|
| Аппараты защиты | | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | | |
| Защитные аппараты | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № 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 17. Кормоприготовительная для молодняка КРС

| | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------------|-------------|-------------|--------------|------------|
| Аппараты защиты | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | |
| № на плане | 1 | SB1 | 2 | 3 | 4 | B1 |
| P_n , кВт | 1,1 | | 2,2 | 2,2 | 11 | 2,2 |
| Наименование | За-движка | Пост управления | Транспортер | Транспортер | Измельчитель | Вентилятор |

Задание 18. Коровник на 10 доильных коров

| | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|----------------------------|-----------------------|--------------|------|----------------|
| Аппараты защиты | | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № 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 19. Насосная

| | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|
| Аппараты защиты | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | |
| № на плане | 1 | 1SB | 2 | 3 | 4 | 5 |
| P_n , кВт | 0,75 | | 5,5 | 2,2 | 18,5 | 1,1 |
| Наименование электроприемника | За-движка | Кнопоч-ный пост | Насос | Насос | Электрово-донагрева-тель | Вентилятор центробеж-ный |

Задание 20. Цех разделения навозных стоков

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------|----------------|---------------|---------------|-------|------------|----------------|--|
| Аппараты защиты | | | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | | |
| № 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 21. Кормоцех 3

| | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|----------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Аппараты защиты | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | |
| № на плане | В1 | 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 22. Мастерская

| | | | | | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------------|-------------|-------------|-------------------------|
| Аппараты защиты | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | |
| № 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 23. Цех разделения навозных стоков

| | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|----------------|-----------------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------------|
| Аппараты защиты | | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № 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 24. Участок хранения зерна

| | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-------|----------------|-------------|-------------|----------|----------------|
| Аппараты защиты | | | | | | | |
| Длина участка линии, м | | | | | | | |
| Аппараты отходящей линии (ввода) | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Пусковой аппарат | | | | | | | |
| Длина, м | | | | | | | |
| Условное обозначение | | | | | | | |
| № на плане | 1 | 2 | SB2 | 3 | 4 | 5 | SB5 |
| P_n , кВт | 2,2 | 5,0 | | 3,0 | 3,0 | 1,1 | |
| Наименование электроприемника | Транспортер | Нория | Кнопочный пост | Транспортер | Транспортер | Задвижка | Кнопочный пост |

Задание 25. 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 | 4,0 | 2,2 | 0,75 | | 18,5 | 1,5 | |
| Наименование электроприемника | Вентилятор центробежный | Транспортер | Задвижка | Кнопочный пост | Измельчитель | Шнек | Кнопочный пост |

5. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ

Цель занятия

Получить практические навыки составления схем управления по технологическому заданию.

Задачи занятия

1. Изучить методику составления схем управления по технологическому заданию.
2. Рассмотреть пример разработки схемы управления.
3. Составить схему управления по индивидуальному технологическому заданию.
4. Сделать выводы.

Общие сведения

При составлении схемы управления по технологическому заданию необходимо уточнить:

1. Какие виды управления будут использованы (местное, дистанционное, автоматическое и т. д.).
2. Какая сигнализация необходима (аварийная, технологическая и т. д.).
3. Место расположения аппаратов и сигнализации.
4. Какие аппараты управления будут установлены (страна-производитель, габаритные размеры и т. д.).
5. Очередность включения приводов технологической линии.

Также необходимо составить структурную схему и знать условные графические и позиционные обозначения.

Правила выполнения и оформления схем регламентируют стандарты 7 классификационной группы ЕСКД. «Виды и типы схем, общие требования к их выполнению». Схемы должны соответствовать ГОСТ 2.701-2008 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению» «Правила выполнения всех типов электрических схем», ГОСТ 2.702-2011 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем».

5.1. Общие требования к выполнению схем управления

1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба и пространственного расположения составных частей изделия (кроме схем расположения и мнемосхем).
2. На схемах, как правило, используют стандартные условные графические обозначения по ГОСТ 2.755-87 «Обозначения условные графические в электрических схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения».

3. При составлении схем следует добиваться наименьшего числа изломов и перечислений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не меньше 3 мм. Линии связи между элементами схемы, как правило, выполняют параллельными между собой.

4. На схемах допускается размещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения размещают либо рядом с графическими обозначениями, либо на свободном поле чертежа, как правило, над основной надписью.

5. Если схема большая, разрешается выполнять схему на нескольких листах.

6. Схемы выполняют для изделий, находящихся, как правило, в отключенном состоянии, т. е. все элементы схемы изображают при отсутствии тока во всех цепях. При этом на кнопочные посты, рубильники и подобные аппараты не действуют внешние принудительные силы.

7. Принципиальные схемы в проектах выполняют, как правило, разнесенным способом, т. к. при этом способе совершенно отчетливо видны все электрические цепи, что изначально облегчает чтение схем. При разнесенном способе принадлежность элементов одному и тому же аппарату устанавливается буквенно-цифровым обозначением по ГОСТ 2.710-81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

Вычерчивание схем можно выполнять двумя способами – разнесенным или совмещенным.

При совмещенном способе цепи не видны, их в схеме трудно проследить, а значит затруднительно чтение схемы.

8. Принципиальные схемы рекомендуется выполнять строчным способом (последовательные цепочки элементов образуют строки).

9. Позиционные обозначения элементов схемы выполняют буквенно-цифровыми (по ГОСТ 2.710-81) и наносят их над элементом, если он изображен горизонтально, и справа, если вертикально. В отдельных случаях обозначения наносят слева.

Буквенно-цифровые обозначения присваивают в пределах каждого устройства (например, КМ1 и катушка и контакты).

10. На принципиальных схемах допускается выполнять упрощения для облегчения начертания и чтения схем. Упрощения не должны снижать информационного качества.

Пример.

Выполнить схему управления электродвигателями насосов обратного водоснабжения М1 и М2, перекачивающих воду, охлажденную вентилятором градирни М3 до температуры 12 °С, из бака обратной воды в цех. Режим работы насосов обратной воды: один рабочий, один резервный.

5.2. Разработка схемы управления

Система обратного водоснабжения на производстве предусматривается для обеспечения охлажденной водой соответствующего технологического оборудования. Система включает в себя градирню с вентилятором для охлаждения отепленной воды, поступающей от оборудования в летнее время, бака охлажденной воды и насосов, подающих воду из бака на производство.

Для управления работой насосов обратного водоснабжения и вентилятором градирни в помещении насосной предусмотрен щит управления ЩН.

Схема принципиальная электрическая представлена на рис. 5.1.

Схема управления имеет общие цепи управления и схемы управления электродвигателями насосов М1, М2 и вентилятора М3.

Запуск системы осуществляется нажатием кнопки SB1, в результате чего получает питание катушка реле времени КТ1, которое контактом (31–34) замкнет цепь управления вентилятором градирни М3. В случае если температура воды измеряемой прибором Р1, выше 12 °С, получают питание катушки К1 и К2. Контакты этих реле участвуют в работе схем управления вентилятором градирни. При наличии уровня воды в баке обратного водоснабжения контакт датчика-реле уровня SL1 разомкнут, катушка реле времени КТ2 обесточена, его контакт (31–32) замкнут. Реле времени КТ1 своим контактом с выдержкой времени (17–18) подготовит к включению насосы. В результате этого получившая питание катушка реле К3 замыкает свой контакт в цепи управления выбранного(НО-SA2) рабочего насоса.

Останов системы осуществляется дистанционно со щита кнопкой SB2 или автоматически при отсутствии воды в баке. В этом случае контакт реле уровня SL1 (4–6) замкнется, получит питание катушка реле времени КТ2. Контакт КТ2 мгновенного действия (31–32) разомкнется цепь управления насосами, контактом КТ2 с выдержкой времени (25–26) отключится цепь управления вентилятором градирни М3.

Для контроля работы по давлению воды каждого из насосов на напорных патрубках установлены электромагнитные манометры SP. В дистанционном режиме, если давление за насосом упало ниже 0,1МПа (нет напора), то в общих цепях насосов замыкается контакт 1НО-SP (или 2НО-SP), катушка реле времени 1НО-КТ1 (2НО-КТ1) замкнет с выдержкой времени контакт (17–18) в цепи реле К4. Контакты этого реле включают резервный насос.

В схеме управления электродвигателем насоса обратной воды М1 (М2) используется два переключателя выбора режимов: 1НО-SA1 (2НО-SA1) для

организации местного или дистанционного управления (со щита управления) работы насосов и переключатель НО-SA2, при помощи которого выбирают рабочий или резервный насос.

При нормальной работе основного насоса замкнуты контакты реле К3 и 1НО-КТ1. При включении резервного насоса в его цепях задействована цепочка из контактов реле К4.

Схема электрическая принципиальная управления электродвигателем вентилятора градирни предусматривает работу в двух режимах: местном (с поста управления 1Г-SB) и дистанционном (в этом случае работает контакт реле К1, предусмотренного в общих цепях схемы управления).

Перечень элементов

| Поз. обозн. | Наименование | Кол. Прим. |
|-------------|--|------------|
| К1, К2 | Щит распредел. (ЩР) | 4 |
| К3, К4 | Реле РТ21, ИАЭС-УКН Б, -220В | 4 |
| К5, К6 | Реле времени РТ73, -220В/50Гц, (Н-99)2 | 2 |
| К7, К8 | Предохранитель ПГО-14С200У3 | 1 |
| К9, К10 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К11, К12 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К13, К14 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К15, К16 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К17, К18 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К19, К20 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К21, К22 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К23, К24 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К25, К26 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К27, К28 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К29, К30 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К31, К32 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К33, К34 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К35, К36 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К37, К38 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К39, К40 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К41, К42 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К43, К44 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К45, К46 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К47, К48 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К49, К50 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К51, К52 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К53, К54 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К55, К56 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К57, К58 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К59, К60 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К61, К62 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К63, К64 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К65, К66 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К67, К68 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К69, К70 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К71, К72 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К73, К74 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К75, К76 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К77, К78 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К79, К80 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К81, К82 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К83, К84 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К85, К86 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К87, К88 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К89, К90 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К91, К92 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К93, К94 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К95, К96 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К97, К98 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |
| К99, К100 | Предохранитель ПГО-14С100У3 | 1 |

~220В, 50Гц
Управление электродвигателем насоса

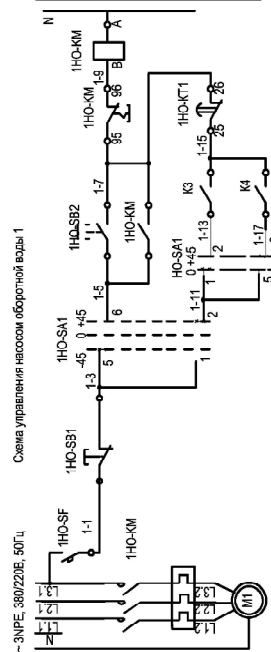


Схема управления насосом оборотной воды 1

~220В, 50Гц
Управление электродвигателем насоса

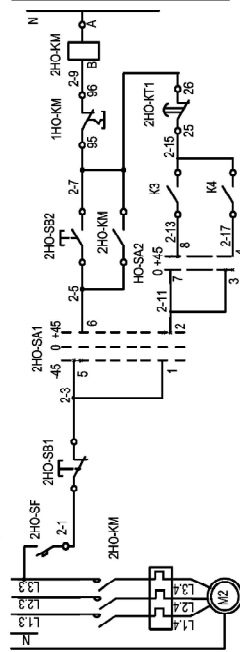


Схема управления насосом оборотной воды 2

~220В, 50Гц
Управление электродвигателем вентилятора градирни

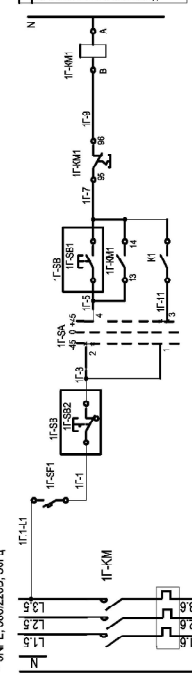


Схема управления вентилятором градирни

Общие цепи.

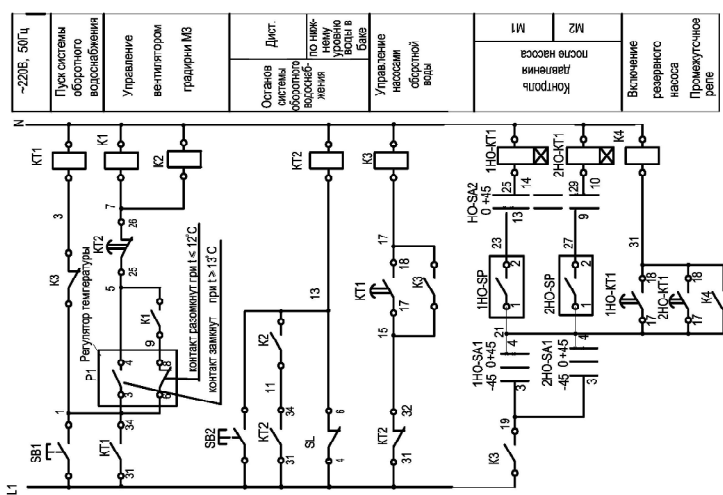


Диаграмма замыкания контактов магистралей

| Конт. | Данные, М/В | 1,0 |
|-------|-------------|-----|
| 1-2 | 0 | 1,0 |

Диаграмма замыкания контактов переключателей

| Исполнение контактов | Положение | Дист. |
|----------------------|-----------|-------|
| 1-2 | 0 | 0 |
| 3-4 | 1 | 0 |
| 5-6 | 2 | 0 |
| 7-8 | 3 | 0 |
| 9-10 | 4 | 0 |
| 11-12 | 5 | 0 |
| 13-14 | 6 | 0 |
| 15-16 | 7 | 0 |
| 17-18 | 8 | 0 |
| 19-20 | 9 | 0 |
| 21-22 | 10 | 0 |
| 23-24 | 11 | 0 |
| 25-26 | 12 | 0 |
| 27-28 | 13 | 0 |
| 29-30 | 14 | 0 |
| 31-32 | 15 | 0 |
| 33-34 | 16 | 0 |
| 35-36 | 17 | 0 |
| 37-38 | 18 | 0 |
| 39-40 | 19 | 0 |
| 41-42 | 20 | 0 |
| 43-44 | 21 | 0 |
| 45-46 | 22 | 0 |
| 47-48 | 23 | 0 |
| 49-50 | 24 | 0 |
| 51-52 | 25 | 0 |
| 53-54 | 26 | 0 |
| 55-56 | 27 | 0 |
| 57-58 | 28 | 0 |
| 59-60 | 29 | 0 |
| 61-62 | 30 | 0 |
| 63-64 | 31 | 0 |
| 65-66 | 32 | 0 |
| 67-68 | 33 | 0 |
| 69-70 | 34 | 0 |
| 71-72 | 35 | 0 |
| 73-74 | 36 | 0 |
| 75-76 | 37 | 0 |
| 77-78 | 38 | 0 |
| 79-80 | 39 | 0 |
| 81-82 | 40 | 0 |
| 83-84 | 41 | 0 |
| 85-86 | 42 | 0 |
| 87-88 | 43 | 0 |
| 89-90 | 44 | 0 |
| 91-92 | 45 | 0 |
| 93-94 | 46 | 0 |
| 95-96 | 47 | 0 |
| 97-98 | 48 | 0 |
| 99-100 | 49 | 0 |
| 101-102 | 50 | 0 |

Диаграмма замыкания контактов переключателей

| Исполнение контактов | Положение | Дист. |
|----------------------|-----------|-------|
| 1-2 | 0 | 0 |
| 3-4 | 1 | 0 |
| 5-6 | 2 | 0 |
| 7-8 | 3 | 0 |
| 9-10 | 4 | 0 |
| 11-12 | 5 | 0 |
| 13-14 | 6 | 0 |
| 15-16 | 7 | 0 |
| 17-18 | 8 | 0 |
| 19-20 | 9 | 0 |
| 21-22 | 10 | 0 |
| 23-24 | 11 | 0 |
| 25-26 | 12 | 0 |
| 27-28 | 13 | 0 |
| 29-30 | 14 | 0 |
| 31-32 | 15 | 0 |
| 33-34 | 16 | 0 |
| 35-36 | 17 | 0 |
| 37-38 | 18 | 0 |
| 39-40 | 19 | 0 |
| 41-42 | 20 | 0 |
| 43-44 | 21 | 0 |
| 45-46 | 22 | 0 |
| 47-48 | 23 | 0 |
| 49-50 | 24 | 0 |
| 51-52 | 25 | 0 |
| 53-54 | 26 | 0 |
| 55-56 | 27 | 0 |
| 57-58 | 28 | 0 |
| 59-60 | 29 | 0 |
| 61-62 | 30 | 0 |
| 63-64 | 31 | 0 |
| 65-66 | 32 | 0 |
| 67-68 | 33 | 0 |
| 69-70 | 34 | 0 |
| 71-72 | 35 | 0 |
| 73-74 | 36 | 0 |
| 75-76 | 37 | 0 |
| 77-78 | 38 | 0 |
| 79-80 | 39 | 0 |
| 81-82 | 40 | 0 |
| 83-84 | 41 | 0 |
| 85-86 | 42 | 0 |
| 87-88 | 43 | 0 |
| 89-90 | 44 | 0 |
| 91-92 | 45 | 0 |
| 93-94 | 46 | 0 |
| 95-96 | 47 | 0 |
| 97-98 | 48 | 0 |
| 99-100 | 49 | 0 |
| 101-102 | 50 | 0 |

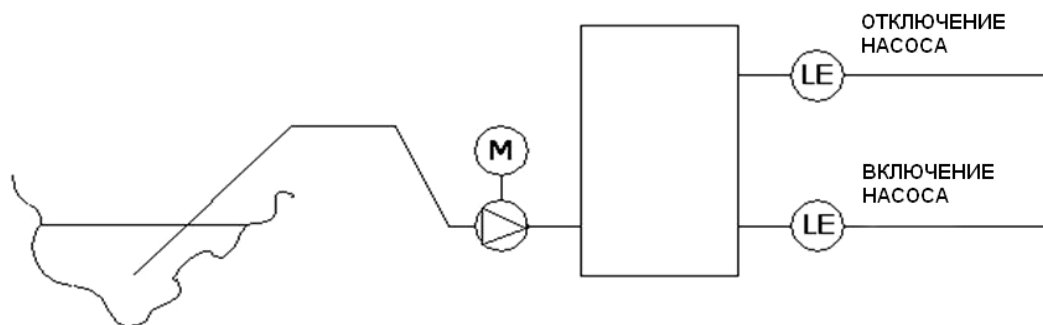
| Имя | Вид | История | Дата |
|--------------|--------------|---------|------|
| Исполнитель | Создатель | Дата | |
| Проверенный | Проверенный | Дата | |
| Утвержденный | Утвержденный | Дата | |

Схема управления насосом оборотной воды

Задания для практических занятий

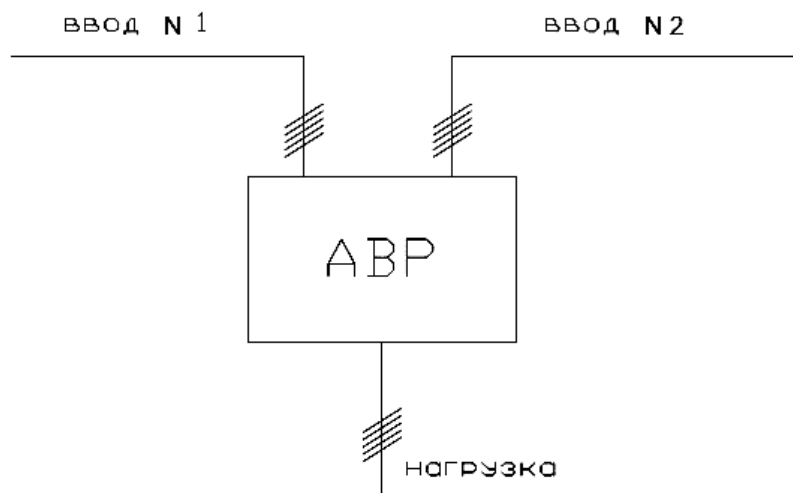
Задача № 1

Выполнить схему управления насосом мощностью 2,2 кВт, который качает воду из водоема в резервуар и поддерживает заданный уровень в резервуаре. Предусмотреть ручной местный и автоматический режимы управления.



Задача № 2

Выполнить схему автоматического ввода резерва для питания аварийных вентиляторов и системы пожарной сигнализации с помощью реверсивного магнитного пускателя. Мощность нагрузки 4,0 кВт. Предусмотреть световую сигнализацию, от какого ввода питается нагрузка.



Задача № 3

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).

Задача № 4

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.

Задача № 5

Выполнить схему аварийной световой сигнализации диспетчеру. Предусмотреть звуковую сигнализацию при любой из нижеперечисленных аварий. Предусмотреть также съём звукового сигнала. Лампочки световой сигнализации должны гореть до устранения аварии:

1. Затопление машинного зала насосной станции (сработал датчик аварийного уровня SL1).

2. Сработал автоматический ввод резерва (АВР) насосов подачи воды в котельную (реле KV3).

Отключилась приточная вентиляция в птичнике (пускатель KM8).

Задача № 6

Отопительный агрегат (ОА) состоит из теплоэлектронагревателей (ТЭНов) и вентилятора, который продувает воздух через ТЭНы. Выполнить схему управления ОА, предусмотреть следующие режимы управления ОА:

1. Местный (наладочный).

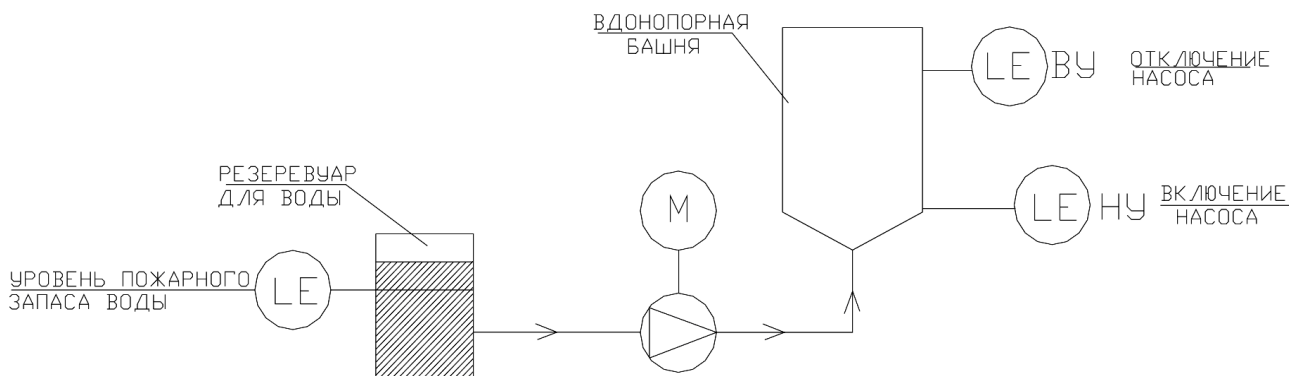
2. Дистанционный. Предусмотреть блокировку: нельзя включить ТЭНы, если не включен вентилятор.

3. Автоматический, в зависимости от температуры воздуха в помещении, предусмотреть ту же блокировку, что и в дистанционном режиме.

Задача № 7

Насос насосной станции второго подъема качает воду из резервуара для воды в водонапорную башню, не используя (оставляя) в резервуаре пожарный запас воды, т. е. насос отключается при снижении и уровня воды в резервуаре ниже уровня пожарного запаса воды.

Выполнить схему управления насосами артскважин в двух режимах управления: в ручном (наладочном) и автоматическом – в зависимости от уровня воды в водонапорной башне (по схеме).



Задача № 8

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 № 9

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» (двухштифтовой кнопкой).

Задача № 10

Вода оборотного водоснабжения после охлаждения компрессора насосом подается на 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 оборотного водоснабжения, отключение при отключении насоса, а также при снижении температуры оборотной воды ниже $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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.

Задача № 11

Выполнить схему управления линией разделения навозных стоков, которая состоит из установки «ФАН», разделяющей стоки, и транспортера твердой фракции навоза.

Предусмотреть два режима управления приводами: 1) местный наладочный кнопками у приводов; 2) дистанционный заблокированный (нельзя включить «ФАН» при невключенном транспортере твердой фракции) с расположением кнопочного поста на щите диспетчера.

Задача № 12

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.

Задача № 13

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 на напряжении цепей управления до 230 В переменного или постоянного тока.

Задача № 14

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.

Задача № 15

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).

Задача № 16

Составить схему управления насосом молока, перекачивающим молоко в танк, для охлаждения молока и мешалки. Предусмотреть 2 режима работы:

местный: кнопками управления;

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.

Задача № 17

Составить схему управления пастеризатором молока, подогревающим молоко до температуры 60 градусов с одновременным его перемешиванием. Предусмотреть 2 режима работы:

местный: кнопками управления;

автоматический: включение ТЭНов и мешалки после заполнения пастеризатора молоком до верхнего уровня, подогрев молока до температуры 60 градусов и отключение ТЭНов и мешалки.

Задача № 18

Составить схему управления молочным такси для выпойки телят. Предусмотреть 2 режима работы:

местный: кнопками управления;

автоматический: обеспечить перемешивание ЗЦМ в резервуаре молочного такси с помощью мешалки в течение 3 минут, затем смесь ЗЦМ подогревается до температуры 38–40 градусов.

Задача № 19

Составить схему управления соломосилосорезкой, измельчающей силос на корм КРС, которая состоит из транспортера подачи корма и измельчителя. Предусмотреть 2 режима работы:

местный: кнопками управления;

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».

Задача № 20

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 2 режима работы:

местный: кнопками управления;

автоматический. Предусмотреть управление элеватором и прутковым транспортером. Включение пруткового транспортера только после фиксации элеватора на ярусе сбора яиц. Отключение по датчику веса.

Задача № 21

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 2 режима работы:

местный: кнопками управления;

автоматический. Включение подающего транспортера только после включения барабана. Предусмотреть управление барабаном при наличии воды в барабане. Отключение кнопками «Стоп».

Задача № 22

Разработать схему управления шнеком подачи пеллетных гранул в котел. Предусмотреть два режима работы:

ручной – кнопками управления «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 поднятии температуры до 23 °С или опустошении емкости для топлива.

Задача № 23

Разработать схему управления тельфером. Обеспечить движение взад-вперед и поднятие груза вверх-вниз. Управление при помощи четырехштифтовой кнопки.

Задача № 24

Разработать схему управления двумя транспортерами. Предусмотреть два режима работы:

ручной – кнопками управления «Пуск» и «Стоп»;

дистанционно заблокированный кнопками управления на шкафу управления.

Предусмотреть возможность аварийного отключения транспортеров из 4 мест.

Задача № 25

Разработать схему управления оборудования с предупредительной сигнализацией о включении. Предусмотреть режим работы:

Ручной – кнопками управления «Пуск» и «Стоп».

С предупредительной сигнализацией о включении – сначала звенит звонок, сигнализируя о работе транспортера. Через некоторое время звонок перестает звенеть, а оборудование включается.

6. РАСЧЕТ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Цель занятия

Получить практические навыки по расчету и выбору элементов схемы управления.

Задачи занятия

1. Изучить методику расчета и выбора элементов схемы управления.
2. Рассмотреть пример расчета и выбора элементов схемы управления.
3. Произвести расчет и выбор элементов схемы управления по индивидуальному заданию.
4. Сделать выводы.

Общие сведения

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 цепей 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 аппаратуру.

В качестве коммутационной аппаратуры схем управления используют промежуточные реле и реле другого назначения.

В качестве приборов контроля и управления применяют: блок контроля электродвигателя (БКЭ), реле контроля фаз и др.

В качестве исполнительных механизмов и регулирующих органов используют электродвигатели, конечные выключатели, датчики, реле.

Основные электрические величины, используемые при расчетах:

$U_{н.с.}$ – номинальное напряжение сети, в которой установлен аппарат защиты или управления, В;

$I_{дл}$ – длительный расчетный рабочий ток, протекающий через аппарат защиты или управления, А;

$I_{пред.откл}$ – предельно отключаемый аппаратом ток, при кратковременном протекании которого аппарат не выходит из строя, кА;

$I_{к.з.макс}$ – максимальный ток к. з. в цепи аппарата защиты (трехфазный ток к. з.), возникающий при ненормальных режимах, кА;

$I_{п}$ – пусковой ток электродвигателя, А;

$I_{н}$ – номинальный ток электродвигателя, А;

k_i – кратность пускового тока электродвигателя.

6.1. Аппараты защиты

6.1.1. Выбор предохранителей

При выборе предохранителей следует руководствоваться ТКП 121-2008.

Предохранители выбирают по следующим условиям:

1. Условия выбора основания предохранителя:

- по номинальному напряжению:

$$U_{н.пр} \geq U_{н.с.} \quad (6.1)$$

- по номинальному току основания предохранителя:

$$I_{пр} \geq I_{дл.}; \quad (6.2)$$

- по предельно отключаемому току:

$$I_{пр.откл} \geq I_{к.з.макс.} \quad (6.3)$$

где $U_{н.пр}$ – номинальное напряжение предохранителя;

$I_{пр}$ – ток, на который рассчитаны токопроводящие элементы предохранителя (ток основания предохранителя).

2. Условия выбора плавкой вставки предохранителя.

Плавкая вставка по возможности должна быть наименьшей. Однако она не должна плавиться (перегорать) при кратковременных сверхтоках. Здесь под термином «сверхток» понимается любой ток в цепи, значение которого превосходит наибольшее рабочее значение тока этой цепи (токи перегрузки, пусковые токи и т. д.).

Ток плавкой вставки предохранителя рассчитывают по двум условиям:

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл.}}, \quad (6.4)$$

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{макс.}}}{\alpha}, \quad (6.5)$$

где $I_{\text{вст}}$ – номинальный ток плавкой вставки, А;

$I_{\text{макс.}}$ – максимальный кратковременный ток в линии, защищаемой предохранителем, при котором предохранитель не должен отключать защищаемую линию, А;

α – коэффициент, зависящий от длительности протекания кратковременного пикового тока.

Значения $I_{\text{макс.}}$ для электроприводных установок рассчитывают:

- для одиночного электродвигателя (ЭД):

$$I_{\text{макс}} = I_n = I_n \cdot k_I, \quad (6.6)$$

- для цепей, питающих группу электроприемников:

$$I_{\text{макс}} = I_{\text{пуск.наиб.}} + \sum_1^{n-1} I_n, \quad (6.7)$$

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;

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

n – число электродвигателей в группе.

То есть, максимальный ток равен пусковому току наибольшего по мощности электродвигателя или группы электродвигателей, запускающихся одновременно, плюс номинальные токи остальных электроприемников.

Значение величины α в формуле (6.5) при расчетах следует принимать: $\alpha = 2,5$ – для электродвигателей с легким режимом пуска (длительность 2–5 с) и нечастых пусках (до 15 пусков в час); $\alpha = 1,6 \dots 2,0$ – для тяжелых условий пуска (длительность разгона до 40 с) или для повторно-кратковременных режимов с частыми пусками (см. ТКП 121-2008).

Плавкую вставку предохранителя выбирают по результатам расчета и принимают значение тока ближайшее большее, чем расчетное.

Для защиты других электроприемников (не электродвигателей) предохранители выбирают аналогично.

6.1.2. Выбор плавких вставок предохранителей в цепях управления

В цепях управления и сигнализации плавкие вставки выбираются по соотношению:

$$I_{\text{ном.вст}} \geq \sum I_{\text{раб.мах}} + 0,1 \sum I'_{\text{вкл.мах}}$$

где $I_{\text{раб.мах}}$ – наибольший суммарный ток, потребляемый катушками аппаратов, сигнальными лампочками и т. д. при одновременной работе;

$I'_{\text{вкл.мах}}$ – наибольший суммарный ток, потребляемый при включении катушек одновременно включаемых аппаратов.

Мощность, потребляемая катушками электромагнитных пускателей, а также наибольшее время срабатывания пускателей даны в табл. П.5.10.

Типы и технические данные предохранителей приведены в табл. П.5.1. – П.5.2.

6.1.3. Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям:

1. Условия выбора основания автоматического выключателя:

- по номинальному напряжению:

$$U_{\text{н.ав}} \geq U_{\text{н.с.}}; \quad (6.8)$$

- по номинальному току выключателя:

$$I_{\text{н.ав}} \geq I_{\text{дл.}}; \quad (6.9)$$

- по предельно отключаемому току:

$$I_{\text{пр.откл}} \geq I_{\text{к.з.макс.}} \cdot \quad (6.10)$$

2. Условия выбора расцепителя автоматического выключателя:

- по номинальному току расцепителя автоматического выключателя с обратнo зависимой от тока характеристикой (например, теплового):

$$I_{\text{н.т.р.}} \geq k_{\text{н.т}} I_{\text{дл.}}, \quad (6.11)$$

- по току уставки срабатывания (отсечки) автоматического выключателя, имеющего максимальный, мгновенно действующий расцепитель (например, электромагнитный):

$$I_{отс.} \geq k_{н.м} I_{макс.}, \quad (6.12)$$

$$I_{отс.} = k_{ср.м.н} I_{н.м.р.}, \quad (6.13)$$

где $U_{н.ав}$, $I_{н.ав}$ – номинальное напряжение и номинальный ток автоматического выключателя;

$I_{н.т.р.}$ – номинальный ток расцепителя с обратно зависимой от тока характеристикой, А;

$I_{н.м.р.}$ – номинальный ток максимального расцепителя (для автоматического выключателя с комбинированным расцепителем $I_{н.т.р.} = I_{н.м.р.}$, А;

$I_{отс.}$ – уставка тока срабатывания (ток отсечки) максимального расцепителя, А;

$k_{н.т}$, $k_{н.м}$ – коэффициенты надежности, $k_{н.т}$ – коэффициент учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя; $k_{н.м}$ – коэффициент учитывающий разброс по току срабатывания электромагнитного расцепителя ($k_{н.т} = 1,1 \div 1,2$, $k_{н.м} = 1,25 \div 1,4$ или по заводским данным автоматических выключателей);

$k_{ср.м.н}$ – кратность тока срабатывания максимального мгновенно действующего расцепителя по отношению к номинальному току расцепителя (по заводским данным).

При выборе автоматических выключателей для сетей, защищаемых от перегрузок, необходимо руководствоваться ТКП 121-2008.

Типы и технические данные автоматических выключателей приведены в табл. П.5.3. – П.5.7.

6.2. Аппараты управления

Аппараты управления выбирают по роду тока, напряжению, мощности, способу управления, исполнению.

6.2.1. Выбор электромагнитных пускателей и электротепловых реле

Электромагнитные пускатели выбирают по следующим условиям:

- по номинальному напряжению:

$$U_{н.п} \geq U_{н.с.}, \quad (6.14)$$

где $U_{н.п}$ – номинальное напряжение пускателя, В;

- по номинальному току:

$$I_{н.п} \geq I_{дл.}, \quad (6.15)$$

где $I_{н.п}$ – номинальный ток пускателя, А;

- по номинальному напряжению обмотки (катушки) электромагнитного пускателя:

$$U_{н.к} \geq U_{н.у.}, \quad (6.16)$$

где $U_{н.к}$ – номинальное напряжение обмотки (катушки) пускателя, В;

$U_{н.у.}$ – номинальное напряжение цепи управления, в которую включается обмотка (катушка) магнитного пускателя, В;

- по току нагревательного элемента магнитного пускателя (при встроенном тепловом реле):

$$I_m \geq I_{дл.}, \quad (6.17)$$

где I_m – номинальный ток нагревательного элемента теплового реле электромагнитного пускателя, А.

Электротепловое реле выбирают:

- по напряжению реле:

$$U_{н.р} \geq U_{н.с.}; \quad (6.18)$$

- по номинальному току реле:

$$I_{н.р} \geq I_{дл.}, \quad (6.19)$$

где $U_{н.р}$ и $I_{н.р}$ – номинальное напряжение и номинальный ток теплового реле, В и А;

- по току нагревательного элемента электротеплового реле:

$$I_m \geq I_{дл.}, \quad (6.20)$$

где I_m – ток уставки нагревательного элемента теплового реле, А.

Так как тепловое реле по назначению является аппаратом защиты от перегрузки электродвигателей (*не сети!*), то настраивают ток теплового реле I_m ,

практически на номинальный ток электродвигателя или с небольшим запасом, если по технологическим причинам возможна кратковременная перегрузка механизма.

Типы и технические данные электромагнитных пускателей и электротепловых реле приведены в табл. П.5.8.–П.5.9.

6.2.2. Выбор многопозиционных коммутационных устройств

Вид управления в схемах выбирают с помощью переключателей электрических цепей, их называют избирателями вида работы или избирателями режима работы «ИР».

Различают режимы работы электрооборудования:

1. Местный (наладочный, ремонтный) режим – управление электрооборудованием происходит при помощи выключателей кнопочных или пультов, находящихся в непосредственной близости от исполнительных механизмов.

2. Дистанционный или дистанционный сблокированный режим – управление осуществляется при помощи выключателей кнопочных, пультов, шкафов из диспетчерской или из помещения, в месте, удобном для управления. Электрооборудование и исполнительный механизм в данном случае находятся вне поля зрения оператора.

3. Автоматический режим – управление электрооборудованием осуществляется при помощи сигналов от датчиков или реле.

Местный и дистанционный режимы управления подразумевают ручной режим пуска.

Переключатели выбираются 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 – IP 00, монтаж на панели с задним присоединением проводов;

б) для установки по месту – IP 44, IP 54, IP 20;

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 замыкания контактов переключателя представляет собой таблицу и представлена на рис. 6.1.

Число
позиций

| Контакты | Положение рукоятки переключателя SA | | | |
|----------|-------------------------------------|------|----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | -90° | -45° | 0° | +45° |
| 1-2 | + | | | |
| 3-4 | | + | | |
| 5-6 | + | | | + |
| 7-8 | | | + | |

Номера зажимов,
указанные заводом -
изготовителем на
переключателе

Отклонение рукоятки
по отношению к
вертикали

Положение рукоятки переключателя SA

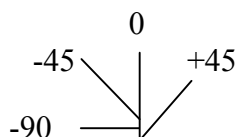


Рис. 6.1. Диаграмма переключателя

Структура условного обозначения переключателя серии УП53 представлена на рис. 6.2.

УП 53 – 11 – С 23 У3

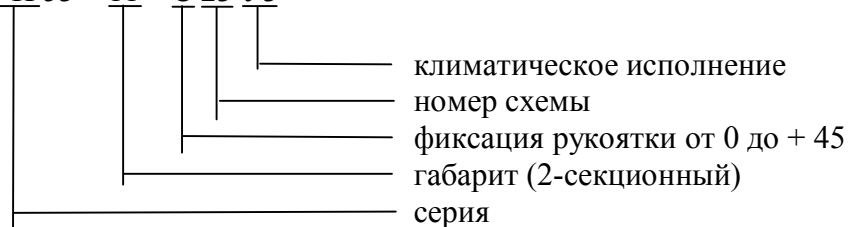


Рис. 6.2. Структура условного обозначения переключателей серии УП53

Обозначение переключателя УП 53-11-С23У3 в схеме представлено на рис. 6.3.

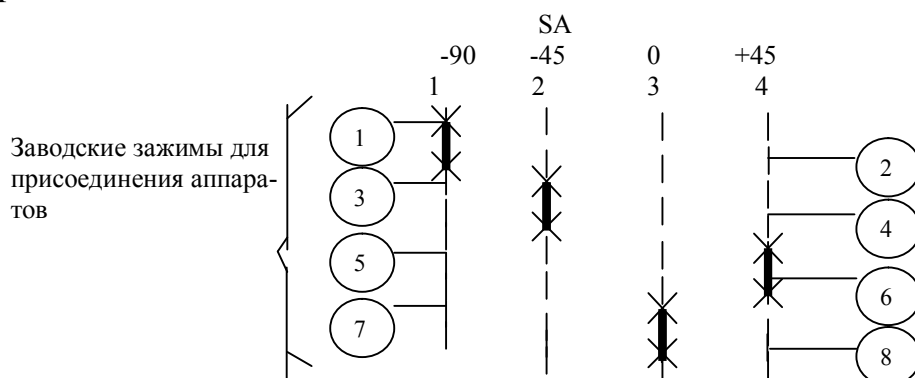


Рис. 6.3. Способ обозначения переключателей в схемах

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 (табл. П.7.1).

Схема и диаграмма переключателя УП53 представлена на рис. 6.4.

| 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. 6.4. Схема и диаграмма № 29 переключателя УП53

6.2.3. Выбор кнопочных выключателей

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).

Выключатели кнопочные серии КЕ размещаются на подвижных и неподвижных частях стационарных установок, в том числе химостойких изделиях и кузнечно-прессовом оборудовании, и предназначены для коммутации электрических цепей управления переменного и постоянного токов. Выключатели изготавливаются в исполнениях для умеренного (У), тропического (Т) и холодного (ХЛ) климата.

Структура условных обозначений выключателей кнопочных серии КЕ приведена на рис. 6.5.

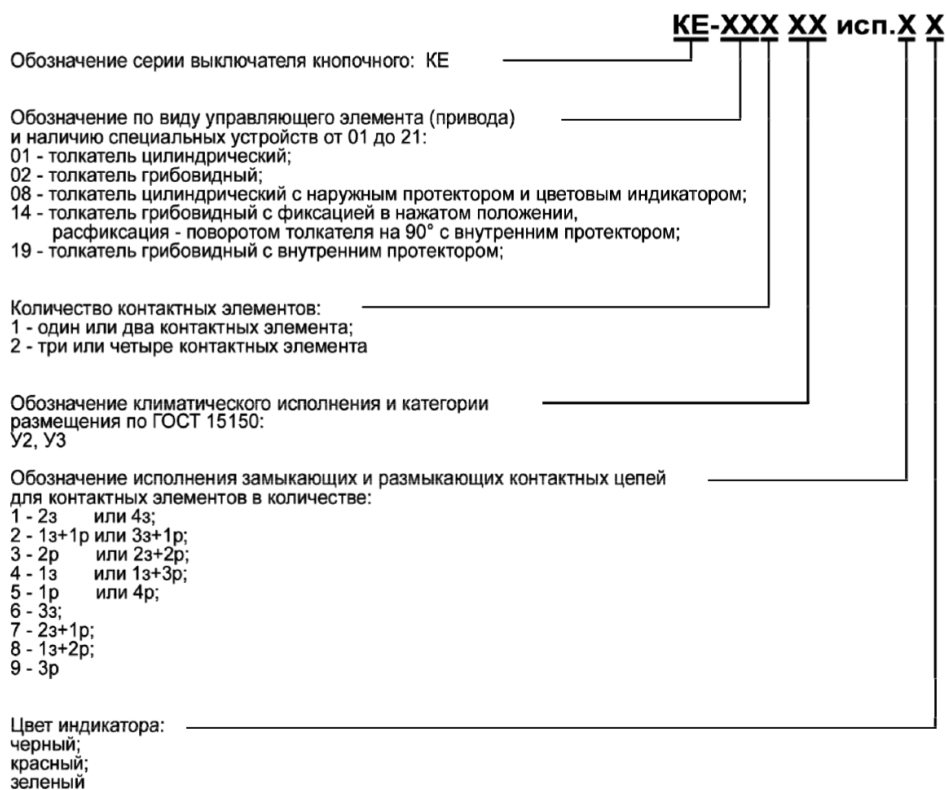


Рис. 6.5. Структура условного обозначения выключателей кнопочных серии KE

Характеристики некоторых кнопочных выключателей KE приведены в табл. П.7.2.

Кнопочные посты управления ПKE 112, ПKE 122, ПKE 212, ПKE 222, ПKE 612, ПKE 622, ПKE 712, ПKE 722 – устройства, предназначенные для коммутации электрических цепей постоянного тока напряжением 440 В, переменного тока напряжением 660 В и частотой 50 Гц. Номинальный ток 10 А.

Посты управления предназначены для дистанционного управления различными приборами, пускателями машин. Применяются в быту и на производстве. В зависимости от эксплуатационного назначения кнопочные посты могут устанавливаться в специальную нишу или на монтажную поверхность. По виду толкателя кнопочные посты можно разделить на устройства с толкателем грибовидного типа или устройства с цилиндрической задвижкой.

Наиболее популярными являются посты на 2 или 3 кнопки. В зависимости от мест их применения могут иметь герметичный корпус, что соответствует степени защиты IP40. Либо герметичный пылезащищенный корпус, что достигается наличием резиновой прокладки, который соответствует степени защиты IP54.

Характеристика кнопочных постов ПKE приведена в табл. П.7.3.

Структура условных обозначений пультов кнопочных серии ПKE приведена на рис. 6.6.

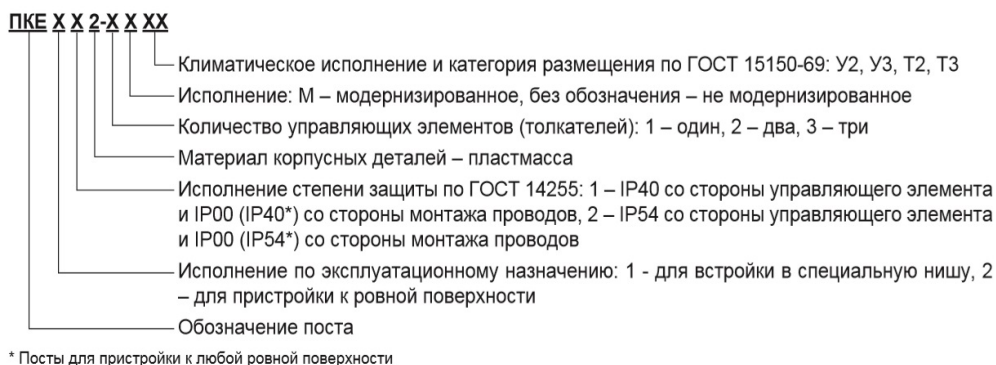


Рис. 6.6. Структура условного обозначения постов кнопочных серии ПКЕ

6.2.4. Выбор реле

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 (400 В, 230 В или более низкое напряжение (110 В, 48 В, 36 В, 24 В, 12 В) питания катушки реле в зависимости от напряжения питания цепей управления проектируемой схемы);
- по величине зоны нечувствительности или по величине дифференциала.

6.2.5. Выбор светосигнальной арматуры

Светосигнальная арматура выбирается:

- по напряжению питания;
- по назначению цепей сигнализации;
- по цвету светосигнальной арматуры;

Технические характеристики светосигнальной арматуры приведены в табл. П.7.4.

6.2.6. Выбор контроллеров

Контроллер предназначен для:

- измерения и автоматического регулирования температуры (при использовании в качестве первичных преобразователей термометров сопротивления), а также

других физических параметров, значение которых первичными преобразователями (датчиками) могут быть преобразованы в напряжение постоянного тока, унифицированный электрический сигнал постоянного тока или активное сопротивление;

- измерения аналоговых сигналов тока или напряжения;
- измерения дискретных входных сигналов;
- управления дискретными (релейными) выходами;
- управления аналоговыми выходами;
- приема и передачи данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet;
- выполнения пользовательской программы по анализу результатов измерения дискретных и аналоговых входов;
- управления дискретными входами и выходами, передачи и приему данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet.

Контроллер может применяться для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в энергетике, на транспорте, в т. ч. железнодорожном, в различных областях промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Логика работы ПЛК определяется потребителем в процессе программирования контроллера. Программирование осуществляется с помощью системы программирования CODESYS2.3.8.1 и старше.

Контроллеры выбираются по следующим параметрам:

- характеру применения (автономно, в качестве станции в распределенной сети, в качестве удаленной станции);
- функциональному назначению (ПИД-регулирование, управление системами тепло- и водоснабжения, измерение и счет данных, терморегулирование, аварийная защита и блокировка и т. д.);
- количеству входов/выходов (цифровых и аналоговых);
- требуемой скорости передачи данных;
- наличию автономного счетчика времени;
- условию регистрации и хранения данных;
- возможности самодиагностики;
- требованию к панели оператора;
- языку программирования;
- интерфейсу;
- каналам связи (проводной, беспроводной);
- режиму и условию эксплуатации.

В настоящее время широко используются контроллеры следующих марок: ПЛК производства Mitsubishi Electric, ПЛК производства ТЕКОН, ПЛК SLC 500, ПЛК производства ОВЕН.

Технические характеристики контроллера ОВЕН ПЛК150 приведены в табл. П.7.5.

Пример:

Выбрать аппараты защиты (предохранители) и управления (электромагнитные пускатели) по схеме, приведенной на рис. 6.1, с учетом того, что электроприемники находятся в производственном помещении с нормальными условиями среды. Питающее напряжение 400 В.

Исходные данные:

- электродвигатель № 1: $P_H = 22$ кВт, $\cos \varphi = 0,87$, $\eta = 0,905$, $K_I = 7,0$;

- электродвигатель № 2: $P_H = 1,5$ кВт, $\cos \varphi = 0,83$, $\eta = 0,78$, $K_I = 5,5$;

- электродвигатель № 3: $P_H = 2,2$ 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 (3.6).

Для электродвигателя № 1

$$I_{H1} = \frac{22}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,87 \cdot 0,905} = 40,4 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 2

$$I_{H2} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,83 \cdot 0,78} = 3,3 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 3

$$I_{H3} = \frac{2,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,83 \cdot 0,81} = 4,7 \text{ А.}$$

Определим суммарный длительный ток, приняв коэффициент загрузки равным единицы.

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{дл1}} + I_{\text{дл2}} + I_{\text{дл3}} = 40,4 + 3,3 + 4,7 = 48,4 \text{ А.}$$

Определим максимальные (пусковые) токи для каждого электродвигателя по формуле (6.6).

Для электродвигателя № 1

$$I_{\text{пуск1}} = 40,4 \cdot 7,0 = 282,8 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 2

$$I_{\text{пуск2}} = 3,3 \cdot 5,5 = 18,1 \text{ А.}$$

Для электродвигателя № 3

$$I_{\text{пуск}3} = 4,7 \cdot 6,5 = 30,5 \text{ А.}$$

Определим максимальный ток для цепи, питающей группу электроприемников, по формуле (6.7).

$$I_{\text{макс}} = 282,8 + 3,3 + 4,7 = 290,8 \text{ А.}$$

Выбираем ток плавкой вставки по большему току из двух условий:

- по первому условию (6.4)

$$I_{\text{вст}} \geq I_{\text{дл}} = 48,4 \text{ А;}$$

- по второму условию (6.5)

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{макс}}}{\alpha} = \frac{290,8}{2,5} = 116,3 \text{ А.}$$

По второму условию по табл. П5.1 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 (6.14):

$$660 \text{ В} \geq 400 \text{ В;}$$

- по номинальному току (6.15):

$$60 \text{ А} \geq 40,4 \text{ А;}$$

- по номинальному напряжению обмотки (катушки) электромагнитного пускателя (6.16):

$$400 \text{ В} \geq 380 \text{ В.}$$

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:

- по номинальному напряжению (6.14):

$$660 \text{ В} \geq 400 \text{ В;}$$

- по номинальному току (6.15):

$$10 \text{ А} \geq 3,3 + 4,7 = 8 \text{ А;}$$

- по номинальному напряжению обмотки (катушки) электромагнитного пускателя (6.16):

$$400 \text{ В} \geq 380 \text{ В.}$$

К установке принимаем пускатель ПМЛ-114002.

Задания для практических занятий

Выбрать аппараты защиты и управления необходимо по двум схемам, приведенным на рис. 6.1 и 6.2, с учетом того, что электроприемники находятся в производственном помещении с нормальными условиями среды, в соответствии с вариантами.

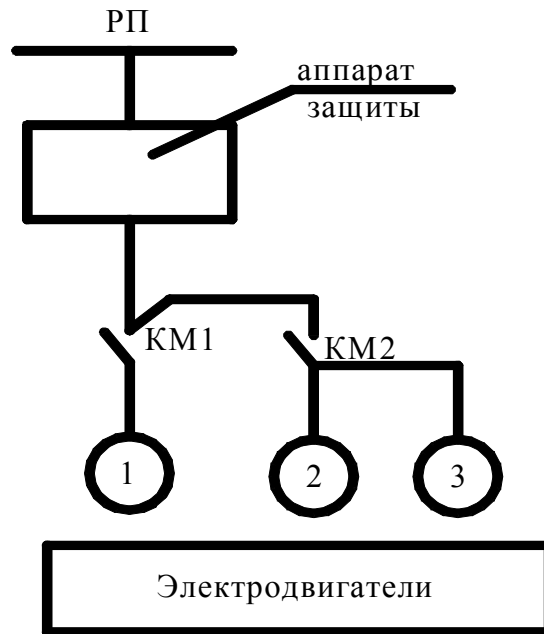


Рис. 6.1. Расчетная схема к таблице 6.1

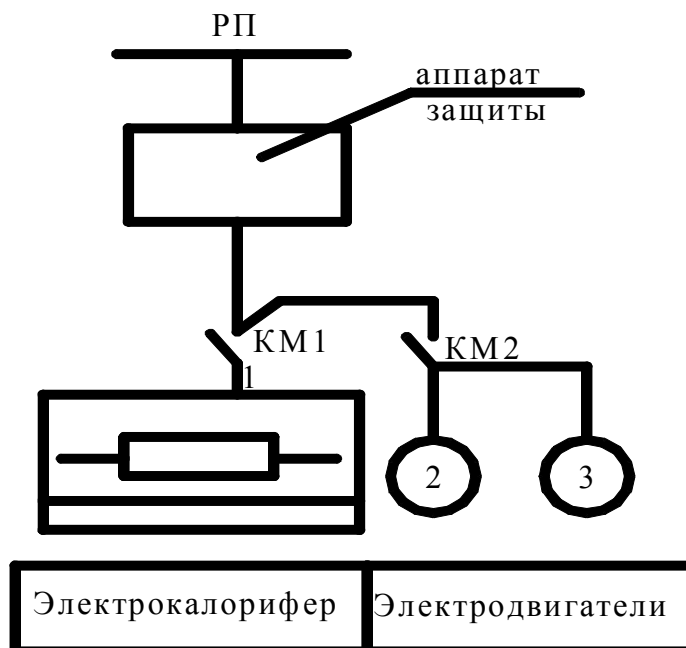


Рис. 6.2. Расчетная схема к таблице 6.2

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 находятся в табл. 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1

Исходные данные для схемы, приведенной на рисунке 6.1

| 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 |
| 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 |
| 16 | 15 | 0,85 | 0,87 | 4 | 0,85 | 0,9 | 1,1 | 0,8 | 0,85 |
| 17 | 11 | 0,8 | 0,9 | 7,5 | 0,81 | 0,855 | 1,1 | 0,8 | 0,85 |
| 18 | 10 | 0,8 | 0,9 | 5,5 | 0,8 | 0,85 | 2,2 | 0,74 | 0,81 |
| 19 | 28 | 0,87 | 0,92 | 4 | 0,78 | 0,8 | 1,1 | 0,8 | 0,85 |
| 20 | 22 | 0,83 | 0,9 | 1,1 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,73 |
| 21 | 18,5 | 0,89 | 0,905 | 2,2 | 0,85 | 0,8 | 0,37 | 0,77 | 0,7 |
| 22 | 15 | 0,85 | 0,87 | 3 | 0,78 | 0,85 | 1,1 | 0,7 | 0,72 |
| 23 | 11 | 0,85 | 0,87 | 2,2 | 0,75 | 0,8 | 1,1 | 0,87 | 0,85 |
| 24 | 10 | 0,85 | 0,87 | 0,75 | 0,72 | 0,7 | 1,1 | 0,81 | 0,75 |
| 25 | 7,5 | 0,87 | 0,9 | 2,2 | 0,74 | 0,81 | 0,55 | 0,7 | 0,685 |

Исходные данные для схемы, приведенной на рисунке. 6.2

| 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 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 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 |
| 16 | 25 | 4 | 0,85 | 0,9 | 1,1 | 0,8 | 0,85 |
| 17 | 5 | 7,5 | 0,87 | 0,92 | 1,1 | 0,8 | 0,85 |
| 18 | 10 | 5,5 | 0,79 | 0,85 | 2,2 | 0,75 | 0,79 |
| 19 | 16 | 4 | 0,78 | 0,8 | 1,1 | 0,8 | 0,85 |
| 20 | 25 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 0,75 | 0,72 | 0,7 |
| 21 | 5 | 2,2 | 0,85 | 0,8 | 0,37 | 0,77 | 0,7 |
| 22 | 10 | 3 | 0,78 | 0,85 | 1,1 | 0,57 | 0,85 |
| 23 | 16 | 2,2 | 0,75 | 0,8 | 1,1 | 0,87 | 0,85 |
| 24 | 25 | 0,75 | 0,75 | 0,6 | 1,1 | 0,87 | 0,9 |
| 25 | 5 | 2,2 | 0,77 | 0,85 | 0,55 | 0,75 | 0,8 |

Результаты расчетов сводим в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Результаты выбора аппаратов управления и защиты

| Показатели | Аппараты защиты | |
|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | предохранители | автоматические выключатели |
| Тип | | |
| I_n , А | | |
| $I_{вст}$ или $I_{н.р.}$ | | |
| Показатели | Аппараты управления | |
| | электромагнитный пускатель КМ1 | электромагнитный пускатель КМ2 |
| Тип | | |
| I_n , А | | |
| I_m , А | | |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок. – 6 изд., перераб. и доп. – Минск : Дизайн ПРО, 2007. – 720 с.
2. ТКП 45-4.04-149-2009. Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования : технический кодекс установившейся практики. – Введ. 15.09.09. – Минск : Минстройархитектуры РБ, 2009. – 24 с.
3. ТКП 45-3.02-141-2009. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 01.01.2010. – Минск : НПП РУП «Стройтехнорм», 2010. – 16 с.
4. ТКП 121-2008. Пожарная безопасность и аппараты защиты внутри зданий. Правила устройства и монтажа. – Введ. 05.01.2008. – Минск : НПП РУП «Стройтехнорм», 2010. – 13 с.
5. ТКП 339-2011 (02230). 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 приемо-сдаточных испытаний. – Введ. 01.12.2011. – Минск : филиал «Информационно-издательский центр» ОАО «Экономэнерго», 2011. – 593 с.
6. ТКП 385-2012. Нормы проектирования электрических сетей внешнего электроснабжения 0,4–10 кВ сельскохозяйственного назначения. – Введ. 10.07.2012. – Минск : РУП «Белэнергосеть-проект», 2012. – 88 с.
7. ГОСТ 21.613-2014. Межгосударственный стандарт. СПДС. Правила выполнения рабочей документации силового электрооборудования, 2015. – Введ. 1.07.2015. – М. : ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. – 26 с.
8. ГОСТ 2.710-81. ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – Введ. 31.03.81. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. – 13 с.
9. ГОСТ 2.755-87. ЕСКД. Обозначения условные графические в электрических схемах. – Введ. 01.01.88. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 21 с.
10. ГОСТ 21.614-88. Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах. – Введ. 01.07.88. – М. : Государственный строит. Комитет СССР, 1988. – 17 с.

11. Защита электрических цепей : учеб.-метод. пособие / сост.: В. В. Гурин, Е. В. Бабаева, А. С. Дробышев. – Минск : БГАТУ, 2008. – 242 с.
12. Карякин, Р. И. Заземляющие устройства электроустановок : справ. пособие / Р. И. Карякин. – М. : ЗАО «Энергосервис», 2002. – 376 с.
13. ГОСТ 30331.1.5.95. Электроустановки зданий. – Введ. 01.06.1999. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999.
14. Проектирование электроустановок. Принципиальные схемы питающей и распределительной сети : учебно-метод. пособие к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 1-74 06 05 Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства / сост.: Е. И. Лицкевич, П. В. Кардашов. – Минск : БГАТУ, 2008. – 53 с.
15. Проектирование электрооборудования : учебно-метод. 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.
16. Проектирование электрооборудования : метод. указания к курсовому проекту для студентов специальности 1-74 06 05 / сост.: А. К. Занберов, Е. И. Лицкевич, А. Г. Мамчиц. – Минск : БГАТУ, 2005. – 135 с.
17. ГОСТ 29322-2014 (IEC60038 : 2009) Напряжения стандартные . – Введ. 01.10.2015. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 6 с.
18. ГОСТ 31996-2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П.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 | | | | |
|--|---------------------------------|---------------|---------|---------------|---------|
| | однопровольных | двухпроводных | | трехпроводных | |
| | | 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 | - | - | - | - |

Приложение 2

Таблица П.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 | | | | |
|--|---------------------|---------------|-----|---------------|-----|
| | однопровольных | двухпроводных | | трехпроводных | |
| | | при прокладке | | | |
| 2,5 | 23 | 21 | 34 | 19 | 29 |
| 4 | 31 | 29 | 42 | 27 | 38 |
| 6 | 38 | 38 | 55 | 32 | 46 |
| 10 | 60 | 55 | 80 | 42 | 70 |
| 16 | 75 | 70 | 100 | 60 | 90 |
| 25 | 105 | 90 | 135 | 75 | 115 |
| 35 | 130 | 105 | 160 | 90 | 140 |
| 50 | 165 | 135 | 205 | 110 | 175 |
| 70 | 210 | 165 | 245 | 140 | 210 |
| 95 | 250 | 200 | 295 | 170 | 255 |
| 120 | 295 | 230 | 340 | 200 | 295 |
| 150 | 340 | 270 | 390 | 235 | 335 |
| 185 | 390 | 310 | 440 | 270 | 385 |
| 240 | 465 | - | - | - | - |

Приложение 3

Таблица П.3

Расчетные сопротивления масляных трансформаторов при вторичном напряжении 380/220 В

| Мощность трансформатора, кВА | Первичное напряжение, кВ | $Z_T / 3$, Ом | |
|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------|
| | | Схема соединения трансформатора | |
| | | Y/Y ₀ | Δ / Y |
| 25 | 6-10 | 1,036 | 0,302 |
| 40 | 6-10 | 0,649 | 0,187 |
| 69 | 6-10 | 0,412 | 0,12 |
| | 20-35 | 0,379 | 0,139 |
| 100 | 6-10 | 0,259 | 0,0754 |
| | 20-35 | 0,288 | 0,109 |
| 160 | 6-10 | 0,162 | 0,047 |
| | 20-35 | 0,159 | 0,068 |
| 250 | 6-10 | 0,104 | 0,03 |
| | 20-35 | 0,102 | 0,0433 |
| 400 | 6-10 | 0,065 | 0,019 |
| | 20-35 | 0,063 | - |
| 630 | 6-10 | 0,043 | 0,014 |
| | 20-35 | 0,04 | - |
| 1000 | 6-10 | 0,027 | 0,009 |
| | 20-35 | 0,0256 | 0,0107 |
| 1600 | 6-10 | 0,018 | 0,0056 |
| | 20-35 | 0,017 | 0,0065 |

Приложение 4

Таблица П.4.1

Поправочные коэффициенты на токи для кабелей, неизолированных 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 |
| 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.4.2

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.4.3

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 не пожароопасные производственные помещения | кабели с бумажной изоляцией | |
| Номинальный ток плавкой вставки предохранителя | 1,25 | 1,0 | 1,0 | 0,33 |

Окончание таблицы П.4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|------|-----|-----|------|
| Ток уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель | 1,25 | 1,0 | 1,0 | 0,22 |
| Номинальный ток расцепителя автоматического выключателя с регулируемой 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 |

Приложение 5

Технические данные аппаратов

Таблица П.5.1

Технические данные плавких предохранителей серии ПН2

| Тип предохранителей | Номинальный ток предохранителя, А | Номинальный ток плавкой вставки, А | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 |
| ПН2-100 | 100 | | | | | | |
| ПН2-250 | 250 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| ПН2-400 | 400 | 200 | 250 | 315 | 355 | 400 | |
| ПН2-600 | 600 | 315 | 400 | 500 | 630 | | |

Таблица П.5.2

Технические данные плавких предохранителей серии НПН

| Тип предохранителей | Номинальный ток предохранителя, А | Номинальный ток плавкой вставки, А | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|--|--|
| | | 6 | 10 | 15 | | | | | |
| НПН-15 | 15 | | | | | | | | |
| НПН-60 | 60 | 15 | 20 | 25 | 35 | 45 | 60 | | |

Примечание. Предохранители серии ПН2, НПН допускается применять в сетях переменного тока напряжением до 500 В. Предельно отключаемый ток при напряжении 380 В переменного тока для предохранителей серий: НПН – 10 кА, ПН2-100 – 50 кА, ПН2-250 – 40 кА, ПН2-400(600) – 25 кА.

Таблица П.5.3

Основные технические данные автоматических выключателей ВА47-29М с номинальным током до 63 А, напряжением до 400 В

| Технические характеристики | Значения |
|---|-----------------------------------|
| 1 | 2 |
| 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 |
| Характеристика срабатывания электромагнитного расцепителя | C, D |
| Число полюсов | 1, 2, 3 |
| Максимальное сечение присоединяемых проводов | 25 |
| Условия эксплуатации | УХЛ4 |
| Степень защиты выключателя | IP20 |
| Масса одного полюса, кг | 0,11 |
| Размер одного модуля | В×Ш×Г 84×18×75 мм |

Примечание. Выключатели предназначены для монтажа на DIN-рейку.

Таблица П.5.4

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 | |
| 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.5.5

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 четырехполюсных | 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.5.6

Основные технические данные трехполюсных автоматических выключателей АЕ 2026 и АЕ2046 напряжением до 660 В

| Тип выключателя | $I_{н.авт}, А$ | $I_{н.расц}, А$ | $I_{ср.элм}/I_{н.элм}$ | $I_{ср.теп}/I_{н.теп}$ |
|-----------------|----------------|---|------------------------|------------------------|
| АЕ 2026 | 16 | 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16 | 12 | 0,9-1,15 |
| АЕ 2046 | 63 | 10; 12; 5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 | 12 | 0,9-1,15 |

Таблица П.5.7

Основные технические данные трехполюсных автоматических выключателей ВА51 и ВА52 с номинальным током до 250 А, напряжением до 660 В

| Тип выключателя | $I_{н.авт}, А$ | $I_{н.расц}, А$ | $I_{ср.элм}/I_{н.элм}$ | $I_{ср.теп}/I_{н.теп}$ |
|----------------------|----------------|---|------------------------|------------------------|
| ВА51-25 | 25 | 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25 | 7; 10 | 1,35 |
| ВА51Г-25 | | | 14 | 1,2 |
| ВА51-31 ВА52-31 | 100 | 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 | 3; 7; 10 | 1,35 1,25 |
| ВА51Г-31 ВА52Г-31 | 100 | 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 | 14 | 1,2 |
| ВА51-33 ВА52-33 | 160 | 80; 100; 125; 160 | 10 | 1,25 |
| ВА51Г-33 ВА52Г-33 | 160 | 80; 100; 125; 160; | 14 | 1,2 |
| ВА51-35 ВА52-35 | 250 | 80; 100; 125; 160; 250 | 12 | 1,25 |

Структура условного обозначения серии ВА51-25

ВА51Г25-3 X X X 10 X X X X X
 | | | | | | | |
 1 2 3 4 5 6 7 8

ВА51 – серия;

Г – выключатели для защиты электродвигателей, отсутствие буквы Г – для защиты сетей;

25 – номинальный ток, А;

3 – количество максимальных расцепителей тока;

1 – исполнение максимальных расцепителей тока (2 – расцепитель в зоне токов короткого замыкания; 4 – расцепитель в зоне токов перегрузки и короткого замыкания);

- 2, 3 – наличие расцепителей и свободных контактов (00 – без дополнительных расцепителей и контактов, 11 – свободные контакты);
- 1 – ручной привод, стационарное исполнение;
- 0 – дополнительные механизмы отсутствуют;
- 4 – наличие регулировки нормального тока теплового расцепителя (Р – регулировка; О – без регулировки);
- 5, 6 – степень защиты оболочки (00 – IP00, 20 – IP20, 54 – IP54);
- 7, 8 – климатическое исполнение и категория размещения.

Классификация пускателей электромагнитных серии ПМЛ

| Величина пускателя | Номинальный ток, А | Типоисполнение пускателей | | | | | | Степень защиты | Число исполн. контак. впом. | Наличие кнопок, ламп |
|--------------------|--------------------|---------------------------|--------|-------------|-------------|------------|--------|----------------|-----------------------------|----------------------|
| | | нереверсивных | | реверсивных | | без реле | с реле | | | |
| 1 | 2 | без реле | с реле | без реле | с реле | | | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 10 | - | - | ПМЛ-150104 | - | - | - | IP00 | 13 | - |
| | | ПМЛ-154002 | - | - | - | - | - | 1p | 13 | - |
| | | ПМЛ-1561M04 | - | - | - | - | - | IP54 | 13 | - |
| | | - | - | - | - | - | - | IP54 | 2p+13 | П+Р П+Р+Л |
| 2 | 25 | - | - | ПМЛ-151002 | - | ПМЛ-161002 | - | IP40 | 13 | - |
| | | ПМЛ-250104 | - | - | - | ПМЛ-162002 | - | IP20 | 2p+13 | П+П+Р П+П+Р+Л |
| | | - | - | - | - | ПМЛ-163002 | - | IP40 | 13 | - |
| | | ПМЛ-114002 | - | - | - | - | - | IP20 | 13 | - |
| | | - | - | - | - | - | - | IP00 | 13 | - |
| | | ПМЛ-1161M04 | - | - | - | - | - | IP00 | 1p | - |
| | | ПМЛ-1160M04 | - | - | - | - | - | IP20 | 13 | - |
| | | ПМЛ-210004 | - | - | - | - | - | IP00 | 13 | - |
| ПМЛ-210104 | - | - | - | - | - | IP20 | 1p | - | | |
| 2 | 25 | ПМЛ-2160M04 | - | - | - | - | IP00 | 13 | - | - |
| | | ПМЛ-2161M04 | - | - | ПМЛ-2561M04 | - | IP20 | 1p | 13 | - |

Окончание таблицы П.5.8

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|-------|-------------------|---|
| 3 | 40 | ПМJI-211002 | ПМJI-221002 | - | - | IP54 | 13 | П+P П+P+JI | |
| | | ПМJI-212002 | ПМJI-222002 | - | - | | | | |
| | | ПМJI-213002 | ПМJI-223002 | - | - | | | | |
| | | - | - | ПМJI-2511-02 | ПМJI-261002 | IP40 | 2p+13 | П+П+P П+П+P+JI | |
| | | - | - | - | ПМJI-262002 | | | | |
| | | - | - | - | ПМJI-263002 | | | | |
| | | - | ПМJI-214002 | - | - | - | IP00 | 13 | - |
| | | - | - | ПМJI-254102 | - | | | | |
| | | - | - | ПМJI-225002 | - | | | | |
| | | - | ПМJI-310004 | - | ПМJI-350004 | IP54 | 13+1p | - | |
| ПМJI-311002 | ПМJI-321002 | - | - | | | | | | |
| ПМJI-312002 | ПМJI-322002 | - | - | | | | | | |
| ПМJI-313002 | ПМJI-323002 | - | - | IP40 | 13+1p | П+P П+P+JI | | | |
| - | - | ПМJI-351002 | ПМJI-361002 | | | | | | |
| - | - | - | ПМJI-362002 | | | | | | |
| - | - | - | - | ПМJI-363002 | IP00 | 13+1p | - | | |
| ПМJI-414002 | - | ПМJI-354004 | - | | | | | | |
| ПМJI-410004 | - | - | - | | | | | | |
| ПМJI-411002 | ПМJI-421002 | - | - | IP40 | 13+1p | П+P П+P+JI | | | |
| ПМJI-412002 | ПМJI-422002 | - | - | | | | | | |
| ПМJI-413002 | ПМJI-423002 | - | - | | | | | | |
| - | - | ПМJI-451002 | ПМJI-461002 | IP40 | 13+1p | П+П+P П+П+P+JI | | | |
| - | - | - | ПМJI-462002 | | | | | | |
| - | - | - | ПМJI-463002 | | | | | | |
| 4 | 60 | ПМJI-414002 | - | ПМJI-454002 | - | IP40 | 13+1p | - | |

Таблица П.5.9

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 |
|------------------------------|------------|-------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 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 |

Таблица П.5.10

Характеристики катушек электромагнитных пускателей

| Величина пускателя | Потребляемая мощность катушки при частоте 50/60 Гц, В·А | | 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 | |

Приложение 6

Основные технические данные двигателей

Таблица П.6.1

| Тип двигателя | Мощность, кВт | КПД, % | cosφ, % | S _{ном} , % | K _п | K _{max} | K _{min} | K _l | 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 |

Продолжение таблицы П.6.1

| Тип двигателя | Мощность, кВт | КПД, % | cosφ, % | S _{ном} , % | K _п | K _{max} | K _{min} | K _Г | Масса, кг |
|---|---------------|--------|---------|----------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|-----------|
| АИР160S4 | 15 | 90 | 0,89 | 3 | 1,9 | 2,9 | 1,8 | 7 | 100 |
| 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 |

Окончание таблицы П.6.1

| Тип двигателя | Мощность, кВт | КПД, % | cosφ, % | S _{ном} , % | K _п | K _{max} | K _{min} | K _γ | Масса, кг |
|--|------------------|-----------|------------|-------------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|--------------|
| 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 |
| 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 7

Таблица П.7.1

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.7.2

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 |
| 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 |

Окончание таблицы П.7.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|---|
| 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.7.3

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.7.4

Арматура светосигнальная неоновая на 230 В

| Тип | Конструктивное исполнение | Диаметр отверстия, мм | Потребляемый ток, мА | Примечание |
|---------|--|-----------------------|----------------------|---|
| AL-22 | Конусный светофильтр, цвета к, ж, з, с, б | 22 | 1 | Подсветка – неоновой лампой ВА9S на 240 В, металлическое кольцо, подключение – проводами на зажимной винт |
| AL-22TE | Светофильтр цилиндрический плоский, цвета к, ж, з, с, б | 22 | 1 | Без металлического кольца, остальное соответствует арматуре AL-22 |
| EMR-22 | Светофильтр цилиндрический плоский. Снабжена отражателем – концентратом. Цвета к, ж, з, с, б | 22 | 1 | То же, но меньших габаритов, с зажимами, встроенными в корпус |

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 |

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Кардашов Павел Владимирович,
Павликова Нина Ивановна,
Бондарчук Оксана Владимировна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.
ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *П. В. Кардашов*
Редактор *Г. В. Анисимова*
Корректор *Г. В. Анисимова*
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 23.08.2019. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 16,74. Уч.-изд. л. 6,54. Тираж 99 экз. Заказ 279.

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