

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»**

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Методические указания
к выполнению курсового проекта**

**Для студентов направления подготовки 13.03.01
«Теплоэнергетика и теплотехника»**

Казань 2021

УДК 621.31; 621.32

ББК31.28

О

О Электроснабжение предприятий и основы проектирования:

Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» образовательной программы «Энергообеспечение предприятий» / сост. Д.В. Рыжков. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2021. – 84с.

Содержит методику расчета электрического освещения и силовой сети здания. Приведены требования к содержанию и оформлению курсового проекта по дисциплине «Электроснабжение предприятий и основы проектирования».

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по образовательной программе направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (профиль) «Энергообеспечение предприятий».

УДК 621.31; 621.32

ББК 31.28

ВВЕДЕНИЕ

Системы электроснабжения, обеспечивающие электрической энергией объекты промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, оказывают существенное влияние на эффективную работу электроприводов, осветительных, преобразовательных и электротехнологических установок. Эффективность использования электроэнергии – важнейшая часть обеспечения энергетической безопасности страны. В системах электроснабжения предприятий и установок эффективность достигается, главным образом, уменьшением потерь электроэнергии при ее передаче и преобразовании, а также применением менее материалоемких и более надежных конструкций элементов системы в целом.

Главной задачей при проектировании системы электроснабжения является разработка рационального электроснабжения с учетом новейших достижений науки и техники на основе технико-экономического обоснования решений, при которых обеспечивается оптимальная надежность снабжения потребителей электроэнергией в необходимых объемах, требуемого качества с наименьшими затратами. Реализация данной задачи связана с рассмотрением ряда вопросов, возникающих на различных этапах проектирования. При технико-экономических сравнениях вариантов электроснабжения основными критериями выбора технического решения является его экономическая целесообразность.

Надежность системы электроснабжения в первую очередь определяется схемными и конструктивными построениями системы, разумным объемом заложенных в нее резервов, а также надежностью используемого электрооборудования. При выборе оборудования необходимо стремиться к унификации и ориентироваться на применение комплексных устройств различных напряжений, мощности и назначения, что повышает не только надежность, а также качество электроустановки, удобство и безопасность обслуживания.

Таким образом, существует ряд вопросов энергоэффективного проектирования электроустановок, которые должен уметь решать каждый студент. В процессе работы над курсовой работой студент не только закрепляет и углубляет теоретические знания, полученные на лекциях и на практических занятиях, но и учится применять их при постановке и решении конкретных задач в сфере электроэнергетики.

Выполнение курсового проекта направлено на формирование у студентов:

- способности применять методы анализа, синтеза и оптимизации процессов энергообеспечения предприятия (ПК-1);
- способности разрабатывать проектную и рабочую документацию систем энергообеспечения предприятия (ПК-2);
- проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование систем энергообеспечения предприятия с использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК-3).

В результате студент должен:

- знать основные принципы получения и преобразования электрической энергии;
- уметь пользоваться нормативно-технической документацией, справочной и учебной литературой по основам проектирования систем электроснабжения;
- владеть приемами первичной обработки полученной информации.

1. ЗАДАНИЕ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задание на курсовой проект «Расчет электрического освещения и силовой сети здания».

1. Рассчитайте силовую сеть здания/помещения:

1.1. Методом средней мощности и коэффициента максимума для каждого приемника в отдельности определите электрические расчетные нагрузки.

1.2. Определите основные характеристики электродвигателей.

1.3. Найдите расчетные токи оборудования.

1.4. Выберите марку и сечение проводников распределительной сети и способ их прокладки.

1.5. Выберите аппарат защиты оборудования и произведите согласование с сечением проводников (предохранителей, выключателей, магнитных пускателей).

1.6. Определите потери напряжения в проводниках электроэнергии.

2. Рассчитайте осветительную сеть здания/помещения:

2.1. Выберите освещенность, коэффициента запаса K_z .

2.2. Выберите источник света и осветительный прибор.

2.3. Разместите осветительные приборы.

2.4. Рассчитайте количество светильников.

2.5. Методом коэффициента использования светового потока рассчитайте освещенность.

2.6. Рассчитайте аварийное освещение.

3. Рассчитайте полную мощность здания/помещения:

3.1. Рассчитайте суммарную мощность силовой и осветительной сетей.

3.2. Выберите количество и мощность трансформаторов.

3.3. Рассчитайте потери мощности в трансформаторе.

3.4. Выберите сечение питающего кабеля.

3.5. Определите потери электроэнергии в питающем кабеле.

3.6. Рассчитайте экономические показатели.

Исходными данными для расчета являются:

1) наименование электропотребителей (назначение);

2) номинальные мощности и расположение потребителей электроэнергии в здании;

3) габаритные размеры здания.

При проектировании системы электроснабжения здания необходимо выполнить определенные требования, предъявляемые к осветительным установкам:

- 1) надежность действия осветительной установки;
- 2) постоянство напряжения у источников света;
- 3) индустриальность выполнения монтажа и удобства эксплуатации;
- 4) пожарная безопасность;
- 5) защита от поражения электрическим током.

Для создания равномерного распределения светового потока и необходимой освещенности рабочих мест расчет освещения проводится определением количества ламп и расстояния между ними.

Светильники устанавливаются симметрично, что обеспечивает освещенность всех рабочих мест.

От главного распределительного щита или трансформаторного пункта питаются распределительные пункты, к которым подключены электропотребители.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из задания, пояснительной записки, комплекта технологической документации и графического материала.

2.1. Структура пояснительной записки

В пояснительной записке материал располагается следующим образом:

1. *Титульный лист* является первой страницей и оформляется в соответствии с определенными требованиями (прил. 1).

2. *Бланк задания* на курсовой проект – основной документ, используемый при выполнении курсового проекта (прил.2). Оформляется на отдельном листе формата А4. Бланк содержит задания и исходные данные, необходимые для их выполнения.

3. *Содержание*. В содержании приводятся названия разделов и подразделов в полном объеме, как они даны в тексте, и указываются номера страниц, на которых они начинаются.

4. *Введение*. В этом разделе описывается, где и для каких целей применяется расчет электрического освещения и силовой сети здания.

5. *Основная часть* включает расчеты силовой и осветительной сетей, а также полной мощности здания/помещения.

6. *Библиографический список (список литературы)*. Содержит библиографические описания использованных источников. В него рекомендуется включать издания, достаточно широко освещающие рассматриваемую проблему.

7. *Приложения*.

2.2. Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка оформляется на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Объем пояснительной записки должен составлять не более 40 страниц текста. Поля на странице задаются следующие: слева – 25 мм, справа – 15 мм, сверху и снизу – 20 мм.

Терминология и определения в пояснительной записке должны быть едиными и соответствовать установленным стандартам, а при их отсутствии – общепринятым в научно-технической литературе.

Изложение материала в пояснительной записке должно идти от первого лица множественного числа («определяем», «принимаем») или может быть использована неопределенная форма («определяется», «выбирается»). Сокращение слов в тексте и надписях под иллюстрациями не допускается.

При выполнении расчетов формулы должны быть вынесены из общетекстового материала в отдельную строку. Расчетные формулы приводятся сначала в общем виде, затем в них подставляют численные значения величин и записывают результат расчета с указанием размерности. Все расчеты должны быть выполнены в международной системе единиц СИ.

Расшифровка буквенных обозначений и числовых коэффициентов дается непосредственно за формулой. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова «где», без двоеточия после него.

Результаты однотипных расчетов сводятся в таблицы.

При выборе и обосновании технических решений и выполнении расчетов текст записки следует сопровождать необходимым графическим материалом (например, схемы электрических соединений подстанций, схемы замещения и т. д.).

Принятые технические решения проектирования прописываются в тексте.

Каждая глава или раздел пояснительной записки должны заканчиваться общим выводом. В выводе, на основании выполненных расчетов и принятых решений, даются рекомендации по вопросу конкретного проектирования, рассмотренному в данной главе или разделе.

2.3. Оформление графического материала

Графическая часть выполняется на бумаге формата А1. Объем графической части – 2 листа. Чертежи выполняются в любом графическом редакторе или вручную с использованием чертежных шрифтов, правил нанесения на чертежах надписей в соответствии с ГОСТ 2.109-73 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные требования к чертежам». Графический материал заключается в стандартную рамку со штампом и основными надписями согласно ЕСКД. Допускается как книжное, так и альбомное расположение листов.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ И СИЛОВОЙ СЕТИ ЗДАНИЯ

3.1. Расчет силовой сети здания/помещения

3.1.1. Определение электрических расчетных нагрузок методом средней мощности и коэффициента максимума в отдельности для каждого приемника

Метод средней мощности и коэффициента максимум применяется для определения расчетной нагрузки при известном составе приемников электрической энергии. Расчет ведется для групп приемников. Все приемники разбиваются на две группы: «А» и «Б».

К группе «А» относятся приемники с постоянным или мало меняющимся графиком нагрузки с коэффициентом максимума нагрузки $k_{\max} = 1$ – вентиляторы, компрессоры, насосы, электрические печи и т.п.

Группа «Б» включает в себя приемники с неравномерным и повторно-кратковременным графиком нагрузки – станки, сварочные аппараты, прессы, краны и т.п.

Резервные приемники в расчете не учитываются.

1. Расчет электропотребителей группы «А» производится по следующим формулам:

- средняя активная нагрузка за смену $P_{\text{см}}$, кВт:

$$P_{\text{см}} = P_{\text{расч}} = k_{\text{исп}} \cdot P_{\text{ном}},$$

где $k_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования (прил. 3);

- средняя реактивная нагрузка за смену $Q_{\text{см}}$, кВАр:

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{расч}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg } \varphi,$$

где $\text{tg } \varphi$ – коэффициент реактивной мощности;

- расчетная полная мощность $S_{\text{расч}}$, кВА:

$$S_{\text{расч}} = \sqrt{P_{\text{расч}}^2 + Q_{\text{расч}}^2};$$

- расчетный ток $I_{\text{расч}}$, А:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{расч}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, кВ (0,22 или 0,38 кВ).

Число m показывает отношение мощностей потребителей с макси-

мальной $P_{\text{ном.мах}}$ и минимальной $P_{\text{ном.мин}}$ мощностью приемников в группе:

$$m = \frac{P_{\text{ном.мах}}}{P_{\text{ном.мин}}}.$$

Расчетные нагрузки для группы потребителей «А» равны средним нагрузкам за смену:

$$\begin{aligned} P_{\text{см}} &= k_{\text{исп}} \cdot \sum P_i; & Q_{\text{см}} &= P_{\text{см}} \cdot \text{tg } \varphi; \\ P_{\text{см}} &= P_{\text{расч}}; & Q_{\text{см}} &= Q_{\text{расч}}. \end{aligned}$$

2. Расчет электропотребителей группы «Б».

Суммарный коэффициент использования $K_{\text{исп}}$ для потребителей группы «Б» определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{исп}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}},$$

где $\sum P_{\text{ном}}$ – суммарная номинальная мощность электроприёмников, кВт.

Для потребителей группы «Б» необходимо определить эффективное число приёмников $n_{\text{э}}$. Эффективное число приемников электроэнергии – эквивалентное число приемников $n_{\text{э}}$, однородных по режиму работы, одинаковой мощности, имеющих тот же расчетный максимум нагрузки, что и n приемников электроэнергии, различных по мощности и разнохарактерных по режиму работы, присоединенных к данному элементу сети:

- если $m > 3$ и $k_{\text{исп}} \geq 0,3$, то $n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{ном}}^2}{P_{\text{мах}}}$;
- если $m < 3$, то $n_{\text{э}} = n$.

Коэффициент максимума $k_{\text{мах}}$ является функцией от эффективного числа приемников и суммарного коэффициента использования (прил. 4):

$$k_{\text{мах}} = f(n_{\text{э}}, k_{\text{исп}}).$$

Расчетная активная мощность $P_{\text{расч}}$ определяется по формуле, кВт:

$$P_{\text{расч}} = k_{\text{мах}} \sum P_{\text{см}}.$$

Расчетная реактивная мощность $Q_{\text{расч}}$ определяется по следующим условиям, кВт·Ар:

- если $n_{\text{э}} \leq 10$, то $Q_{\text{расч}} = 1,1 \sum Q_{\text{см}}$;

- если $n_{\text{э}} > 10$, то $Q_{\text{расч}} = Q_{\text{см}}$.

Результаты расчетов электропотребителей сводятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Ведомость электрических нагрузок

Наименование приемника электроэнергии	n	Установленная мощность, кВт		$k_{и}$	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$	Средняя нагрузка за смену		m	$n_{э}$	$k_{\max}$	$P_{\text{расч}},$ кВт	$Q_{\text{расч}},$ кВАр	$S_{\text{расч}},$ кВА	$I_{\text{расч}},$ А
		p_i	$\sum p_i$			$P_{\text{см}},$ кВт	$Q_{\text{см}},$ кВАр							
РП-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Группа «А» на 220 В														
Розетка	5	3,5	17,5	0,65	0,8/0,75	11,70	8,78	1			11,70	8,78	14,63	66,49
Группа «А» на 380 В														
Компрессор	1	5,5	5,5	0,65	0,8/0,75	3,58	2,68	1			3,58	2,68	4,47	6,79
Мойка ТЭН		30,0	30,0	0,7	0,95/0,33	21,00	6,93				21,00	6,93	22,11	33,60
Сушилка ТЭН		12,0	12,0		0,95/1,33	8,40	11,17				8,40	11,17	13,98	21,23
Итого по группе «А»	7	52,0	65,5	—	—	44,68	29,56	—	—	—	44,68	29,56	55,19	83,85
Группа «Б» на 380 В														
Станки	8	5,5...22,0	85,0	0,25	0,65/1,17	21,25	24,86	—	—	—	—	—	—	—
Механическая пила	1	3,0	3,0	0,25	0,65/1,17	0,75	0,88	—	—	—	—	—	—	—
Гидравлический пресс	1	5,5	5,5	0,35	0,65/1,17	1,93	2,25	—	—	—	—	—	—	—
Итого по группе Б	10	8,5	93,5	0,41	—	23,9	28,0	7,33	6,5	1,60	38,28	30,79	49,13	74,64
Итого по цеху	17	60,5	159,0	—	—	68,60	57,55	—	—	—	82,96	60,35	104,32	158,5

3.1.2. Характеристики электродвигателей для оборудования

Основной тип электродвигателей на напряжение 220/380В это асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором серии АИР («А»– асинхронный двигатель, «И»– Интерэлектро, «Р»– привязка мощностей к установочным размерам в соответствии с ГОСТ Р 51689-2000 «Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно. Общие технические требования»). Выпускаются взамен серии 4А. Из справочных данных определяем КПД η (%), коэффициент активной мощности $\cos \varphi$ и коэффициент пуска $k_{\text{пуск}} = I_{\text{пуск}} / I_{\text{ном}}$ при 100% нагрузке по известной мощности электрооборудования. Также применяются электродвигатели серии 5А, взаимозаменяемые с электродвигателями АИР. Электродвигатель выбирается по требуемой мощности $P_{\text{уст}}$ (кВт) оборудования и числу оборотов n (об/мин) (прил. 5). В таблицу «Характеристики электродвигателей оборудования» (табл. 3.2) заносятся только электропотребители с электродвигателями.

Таблица 3.2

Характеристики электродвигателей оборудования

Номер двигателя	$P_{\text{уст}}$, кВт	Типоразмер двигателя	$P_{\text{ном.дв}}$, кВт	КПД $\eta_{\text{ном}}$, %	$\cos \varphi$	$k_{\text{пуск}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$	n , об/мин
1	3,0	АИР 90 L2	3,0	84,5	0,85	7	
2		5А 112 MB8		80	0,71	6	

3.1.3. Определение расчетных токов электрооборудования

Расчетный ток определяется по следующим формулам:

- для электродвигателей:

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{ном.дв}}}{\sqrt{n_{\text{ф}}} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi},$$

где $P_{\text{ном.дв}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, кВ; $n_{\text{ф}}$ – число фаз;

- для нагревательного оборудования, А:

$$I_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{ном.}}}{\sqrt{n_{\text{ф}}} \cdot U_{\text{ном.}} \cdot \cos \varphi};$$

- для сварочного и преобразовательного оборудования, А:

$$I_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{n_{\text{ф}}} \cdot U_{\text{ном}}}.$$

3.1.4. Выбор марки и сечения проводников распределительной сети и их способа прокладки

Чтобы понять, какой перед Вами кабель, внедрена система маркировки кабелей и проводов. Все имеющиеся на сегодняшний день материалы, из которых делают кабельную продукцию, обозначены определенными буквами, а их позиция говорит о том, что из этого материала сделано – изоляция, защита или броня:

А – (1-я буква) – жила из алюминия;

(А) – кабель имеет индекс «не распространяющий горение по категории А»;

Б – бронепокров из плоских лент;

В – ПВХ оболочка (1-я буква) или изоляция жил (2-я буква) при расположении в начале или в середине обозначения марки;

Г – отсутствие наружного покрова поверх брони или металлической оболочки;

К – бронепокров из стальных круглых проволок;

Н – резиновая маслостойкая оболочка, не распространяющая горение;

нг – негорючий наружный покров у защитного покрова;

О – отдельная оболочка каждой жилы;

П – в начале или середине обозначения – полиэтиленовая оболочка или изоляция жил;

С – свинцовая изоляция жил;

ХЛ – хладостойкий (климатическое исполнение);

Шв – наружный покров из поливинилхлоридного шланга;

нг – не поддерживающий горения;

LS – Изоляция жил и оболочка из ПВХ пластика пониженной горючести с пониженным газо- и дымовыделением;

FR – наличие термического барьера в виде обмотки проводника двумя слюдосодержащими лентами;

HF – отсутствие галогенов.

В зависимости от применения возможно разное исполнение кабелей (Прил. 6):

- без исполнения – для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях; при групповой прокладке – обязательное применение средств пассивной огнезащиты;

- **нг, нг(А), нг(А F/R), нг(В), нг(С) и нг(Д)** – для групповой прокладки с учётом объёма горючей загрузки в кабельных сооружениях, наружных (открытых) электроустановках; не допускается применение в кабельных помещениях промышленных предприятий, жилых и общественных зданий;

- **нг-LS** – для групповой прокладки с учётом объёма горючей загрузки в кабельных сооружениях и помещениях внутренних электроустановок, в том числе в жилых и общественных зданиях;

- **нг-HF** – для групповой прокладки с учётом объёма горючей загрузки в помещениях, оснащённых компьютерной и микропроцессорной техникой, для применения в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей;

- **нг-FRLS** и **нг-FRHF** – для одиночной или групповой прокладки (с учётом объёма горючей загрузки) цепей питания электроприёмников систем противопожарной защиты, операционных больниц и стационаров, а также других электроприёмников, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара;

- **нг-LSLTX** и **нг-HFLTX** – для одиночной или групповой прокладки (с учётом объёма горючей загрузки) в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов, больниц, спальных корпусах образовательных учреждений и детских учреждений.

В зависимости от требований пожарной безопасности кабели подразделяются на следующие типы (Прил. 7):

- без исполнения – кабельные изделия, не распространяющие горение при одиночной прокладке;

- **нг** – кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке;

- **нг-LS** – кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением;

- **нг-HF** – кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении;

- **нг-FRLS** – кабельные изделия огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением;

- **нг-FRHF** – кабельные изделия огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке и не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении;

- **нг-LSLTX** – кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке, с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения;

- **нг-HFLTX** – кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке, не выделяющие коррозионно-активные газообразные продукты при горении и тлении и с низкой токсичностью продуктов горения.

Особенности аббревиатуры некоторых видов кабельной продукции:

КГ – кабель гибкий;

А – (первая буква) жила из алюминия, при ее отсутствии – жила из меди;

В – (первая (при отсутствии А) буква) ПВХ изоляция;

В – (вторая (при отсутствии А) буква) ПВХ оболочка;

Г – отсутствие защитного покрова («голый»);

нг – не поддерживающий горение;

LS – (Low Smoke) – с пониженным дымо- и газовыделением;

П – изоляция или оболочка из термопластичного полиэтилена;

Шв – наружный покров из ПВХ шланга.

Контрольные кабели:

К – (первая или вторая (после А) буква) – кабель контрольный (кроме КГ – кабель гибкий);

Э – экран.

Кабель передачи данных «витая пара»: UTP, FTP, S-FTP, S-STP:

U – unfoiled (нефольгированный, неэкранированный);

F – foiled (фольгированный, экранированный);

S – screened (экранированный медными проволоками);

S-F – общий экран из фольги + общий плетеный экран;

S-S – экран каждой пары из фольги + общий плетеный экран;

TP – twisted pair – витая пара;

SAT – от англ. satellite – спутник – кабель для спутникового телевидения.

Огнестойкий кабель:

КПС – кабель противопожарной сигнализации;

КПСЭ – кабель противопожарной сигнализации экранированный;

FE 180 – кабель сохраняет свои свойства на протяжении 180 минут в открытом пламени, под напряжением;

Si – изоляция жил из огнестойкой кремнийорганической резины.

Сечение проводов и кабелей выбирают по нагреву их длительным допустимым током, а также проверяют на соответствие номинальному току срабатывания защитного аппарата.

Согласно ПУЭ-7, сечения проводников должны быть проверены по экономической плотности тока, т. е. определяют экономически выгодное сечение $S_э$, мм²:

$$S_э = I_{расч} / j,$$

где I_p – расчетный ток в нормальном режиме, А; j – нормированное значение экономической плотности тока, А/мм² (Прил. 8).

При определении сечения по нагреву током нагрузки необходимо делать поправку на прокладку кабеля введением снижающего коэффициента $k_{\text{сн}}$, который определяется ПУЭ-7 (среднее значение $k_{\text{сн}} = 0,9$). Тогда, с учетом выбранного снижающего коэффициента $k_{\text{сн}}$, определяем токи нагрузки $I_{\text{н}}$ и $I_{\text{ав}}$ в нормальном и аварийном режимах, соответственно:

$$I_{\text{н}} = \frac{I_{\text{расч.}}}{k_{\text{сн}}}; \quad I_{\text{ав}} = \frac{I_{\text{расч.}}}{k_{\text{сн}}} \cdot k_{\text{пер}}$$

где $I_{\text{расч.}}$ - расчетный ток в нормальном режиме; $k_{\text{пер}}$ – коэффициент, характеризующий перегрузку кабелей, значение которого определяется по ПУЭ-7 и составляет 1,25.

После определения токов нагрузки в нормальном и аварийном режимах, исходя из условия $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{расч.ав}}$, где $I_{\text{доп}}$ – допустимый длительный ток для кабелей и проводов (Прил. 9 и 10).

Сечение трубы при прокладке проводов (кабелей) в трубах (гофрах) определяется по Прил. 11.

Следует отметить, что длину провода (кабеля) рекомендуется брать с запасом 13% от расстояния до потребителя.

Согласно ПУЭ, кабели и провода должны иметь оболочку из материалов, не распространяющих горение. Применение неизолированных проводов запрещается.

Полученные данные вносятся в таблицу «Выбор проводов и кабелей» (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Выбор проводов и кабелей

$P_{\text{ном}},$ кВт	$I_{\text{ав}},$ А	$I_{\text{дл.доп}},$ А	Марка и сечение провода	Длина линии, м	Внутренний диаметр гофры, (размер короба), мм
2,0	20,5	28	ВВГ _{нг} LS(3×2,5)	50	60×40
11	23,4	40	ВВГ _{нг} LS- FRLSLTx(5×6)	25	20

3.1.5. Выбор аппаратов защиты

Все существующие эксплуатируемые или вновь сооружаемые электрические сети должны быть обеспечены необходимыми и достаточными средствами защиты (прежде всего, от поражения электрическим током людей, работающих с этими сетями, участков цепей и электрооборудования от токов перегрузки, токов короткого замыкания, пиковых токов). Эти токи могут привести к повреждению как самих сетей, так и электроприборов, работающих в этих сетях.

Каждая трансформаторная подстанция, каждая воздушная линия, каждая кабельная линия и распределительные внутридомовые сети, каждый электроприёмник имеют аппараты защиты, обеспечивающие их бесперебойную и надежную работу.

Таких аппаратов на данный момент в мире имеется огромный выбор. Их можно подобрать по типу, по способу подключения, по параметрам защиты. Аппараты защиты электрооборудования и электрических сетей – очень обширная группа и включает в себя такие аппараты, как плавкие вставки (предохранители), автоматические выключатели, разнообразные реле (токовые, тепловые, напряжения и т. п.).

3.1.6. Выбор предохранителей

Плавкий предохранитель – компонент силовой электроники одноразового действия, выполняющий защитную функцию по ГОСТ Р МЭК 60269-1-2010 «Предохранители низковольтные плавкие. Часть 1. Общие требования».

Плавкий предохранитель является самым слабым участком защищаемой электрической цепи, срабатывающим в аварийном режиме, тем самым разрывая цепь и предотвращая последующее разрушение более ценных элементов электрической цепи высокой температурой, вызванной чрезмерными значениями силы тока.

Величина номинального тока плавкой вставки $I_{\text{пл.вст}}$ предохранителя для ответвления к короткозамкнутому одиночному электродвигателю должна удовлетворять условию:

$$I_{\text{пл.вст}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{\alpha},$$

где α – коэффициент, определяемый условиями пуска: $\alpha = 2,5$ для двигателей с плавным пуском; $\alpha = 2$ для двигателей со средним пуском; $\alpha = 1,6$ для двигателей с тяжелым пуском.

Пусковой ток двигателей рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{пуск}} I_{\text{ном}},$$

где $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток электродвигателя, А; $k_{\text{пуск}}$ – кратность пуска (см. табл.3.2).

Номинальный ток патрона предохранителя (ток корпуса) всегда больше или равен току плавкой вставки $I_{\text{пл.вст}}$.

Для оборудования без пусковых токов условие выбора следующее:

$$I_{\text{пл.вст}} \geq I_{\text{расч}},$$

где I_p – расчетный ток оборудования, А (см. табл. 3.1).

Технические характеристики предохранителей ПН2, НПН и ПРС до 1000 В приведены в Прил. 12.

Полученные данные заносятся в табл.3.4 и 3.5.

Таблица 3.4

Расчетные характеристики предохранителей

№	$I_{\text{расч}}, \text{ А}$	Кратность пуска	$I_{\text{пуск}}, \text{ А}$	$I_{\text{пл.вст}}, \text{ А}$
1	9,02	5	45,1	22,6
2	4,45	4	17,8	8,9

Таблица 3.5

Выбор предохранителей электрооборудования

Номер потребителя	Мощность потребителя, кВт	Расчетный ток плавкой вставки, А	Номинальный ток, А		Тип и конструкция предохранителя
			патрона	плавкой вставки	
1	1,1	22,6	25	25	ППН33-0С
2	0,37	8,9	10	10	ППН33-0С

Учитывая особенности работы предохранителей, рекомендуют также учитывать запас 20% по току при выборе плавкой вставки.

3.1.7. Выбор магнитных пускателей

Магнитный пускатель – электромагнитное (электромеханическое) комбинированное устройство распределения и управления, предназначенное для пуска электродвигателя, обеспечения его непрерывной работы, отключения питания, защиты электродвигателя и подключенных цепей и иногда для реверсирования направления его вращения.

Пускатель представляет собой модифицированный контактор, он может быть укомплектован дополнительными устройствами. Иногда пускатели снабжаются устройством аварийного отключения при выпадении (обрыве) одной из фаз трёхфазной сети питания трёхфазных электродвигателей.

Электромагнитные пускатели выбирают в зависимости от условий окружающей среды и схемы управления по номинальным напряжению и току (Прил. 13):

$$U_{\text{ном.пуск}} \geq U_{\text{ном. сети}}; \quad I_{\text{ном.пуск}} \geq I_{\text{ном. сети}}.$$

Полученные данные заносятся в табл.3.6.

Таблица 3.6

Выбор магнитного пускателя

№ п/п	Мощность электродвигателя, кВт	Тип пускателя	$I_{\text{ном.пуск}}$, А	Тип теплового реле	Номинальный ток теплового реле I , А	Кол-во, шт.
1	2,0	ПМЕ 012	10	ТРН-10	10	2
2	22,0	ПМЕ 410	55	ТРП-60	60	

3.1.8. Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели играют ту же роль, что и предохранители. Только по сравнению с ними имеют более сложную конструкцию. Но при этом пользоваться автоматическими выключателями гораздо удобнее. В случае возникновения, например, короткого замыкания в сети вследствие старения изоляции, автоматический выключатель отключит от питания повреждённый участок. При этом сам легко восстанавливается, не требует замены на новый, и после проведения ремонтных работ будет снова защищать свой участок сети. Кроме того, пользоваться выключателями удобно при проведении каких-либо регламентных ремонтных работ.

В отличие от плавких предохранителей автоматические выключатели производятся как для однофазных, так и для трехфазных сетей. То есть существуют одно-, двух-, трех-, четырехполюсные выключатели, контролируемые три фазы трехфазной сети.

При появлении короткого замыкания на землю одной из жил питающего кабеля электродвигателя автоматический выключатель отключит питание на всех трех, а не на одной поврежденной, как после исчезновения одной фазы электродвигатель продолжил бы работу на двух, что недопустимо. Это является аварийным режимом работы и может привести к преждевременному выходу его из строя. Автоматические выключатели производятся для работы с постоянным и переменным напряжением.

Автоматический выключатель выбирается исходя из следующих условий:

$$I_{\text{расц}} = (1,1 \dots 1,25) \cdot I_p;$$

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}} + (I_p - k_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.мах}});$$

$$I_{\text{уст.расц}} \geq (1,25 \dots 1,35) \cdot I_{\text{пик}},$$

где $I_{расц}$ – ток расцепителя, А; I_p – расчетный ток, А (см. п.3.1.3); $I_{пик}$ – пиковый ток, А; $I_{пуск}$ – пусковой ток электродвигателя, А; k_n – коэффициент использования (см. табл. 3.1); $I_{ном.мах}$ – номинальный расчетный ток линии (см. табл.3.1); $I_{уст.расц}$ – ток уставки расцепителя, А.

Наиболее часто используемые марки автоматических выключателей и соответствующие им значения основных параметров приведены в Прил. 14, а рубильников – в Прил. 15.

Все данные о выключателях необходимо занести в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Выбор автоматических выключателей

№ п/п	Мощность потребителя, кВт	$I_{расц}$, А		$I_{уст.расц}$, А		Марка автоматического выключателя
		расчет	номинал	расчет	номинал	
1	1,1	9,92	10	67,1	100	ТХЗ 2п 10А типа С
2	0,37	4,90	6	31,7	60	ТХЗ 2п 6А типа С

После выбора аппаратов защиты необходимо провести согласование тока уставки расцепителя $I_{уст.расц}$ и тока плавкой вставки $I_{пл.вст}$ с сечением кабеля (табл. 3.8), при этом должно быть выполнено следующее условие:

$$I_{дл.доп} \geq I_{защ} \cdot k_{защ},$$

где $I_{защ}$ – ток уставки расцепителя автоматического выключателя или плавкой вставки предохранителя, А; $k_{защ}$ – поправочный коэффициент аппарата защиты:

- $k_{защ} = 0,22$ – для уставки расцепителя автоматического выключателя;
- $k_{защ} = 0,33$ – для плавкой вставки предохранителя.

Таблица 3.8

Согласование тока аппарата защиты с сечением кабеля

Номер электропотребителя	$P_{ном}$, кВт	$I_{дл.доп}$, А	$I_{уст.расц} \cdot k_{защ}$ (автоматический выключатель)	$I_{пл.вст} \cdot k_{защ}$ (плавкий предохранитель)
1	1,1	25	14,8	8,3
2	0,37	17	7,0	3,3

Если условие согласования не выполняется, то необходимо выбрать большее сечение проводника, с большим длительно допустимым током.

3.1.9. Определение потерь напряжения в проводниках электроэнергии

Для электроустановок, подключаемых к электрическим сетям общего пользования, установлены следующие максимальные падения напряжения: для электрических светильников – 3%, для других электроприемников – 5%.

При отсутствии других соображений рекомендуется, чтобы на практике падение напряжения между вводом в электроустановку пользователя и электро-оборудованием было не более 4% от номинального напряжения электро-установки.

Для потребителей электроэнергии, находящихся внутри помещения и имеющих свои индивидуальные характеристики, потери напряжения определяются по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} I_{\text{расч.л}} 2L}{U_{\text{ном}}} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \cdot 100\%,$$

где $I_{\text{расч.л}}$ – расчетный ток линии, А; L – длина линии, км; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В; r_0 и x_0 – удельное активное и индуктивное сопротивление проводника, Ом/км (Прил. 16); $\cos \varphi$ и $\sin \varphi$ – характеристики оборудования (см. табл.3.1).

Длина линии L увеличивается в два раза, так как напряжение должно вернуться к источнику (генератору) в допустимых пределах.

3.2. Расчет осветительной сети

3.2.1. Выбор освещенности и коэффициента запаса

Принимаем общую равномерную систему освещения. Освещенность выбираем по разряду зрительной работы согласно СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» или по таблице норм освещенности (Прил. 17).

3.2.2. Выбор источника света и осветительного прибора

Выбор светильников определяется характером окружающей среды, требованиями к светораспределению и ограничению слепящего действия, а также исходя из экономических соображений.

Условия среды освещаемого помещения определяют конструктивное исполнение светильника.

С учетом рекомендаций для зданий выбираем светодиодные светильники. Для аварийного освещения применяют специальные аварийные светильники.

3.2.3. Расчет количества светильников

1. Определяем рабочую высоту светильников h , м:

$$h = H - h_c - h_p,$$

где H – высота помещения, м; h_c – свес светильника, м; h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности, м.

2. Рассчитываем расстояние между светильниками L , м:

$$L = \lambda h,$$

где λ – оптимальное отношение расстояния между светильниками к высоте их подвеса над рабочей поверхностью, выбирается в соответствии с ТКП 45-4.04-296-2014 «Силовое и осветительное электрооборудование промышленных предприятий. Правила проектирования» или по табл. 3.9.

Таблица 3.9

Значение λ в зависимости от типа кривой силы света

Тип кривой силы света светильников	Отношение расстояний
Кривая К	0,4...0,7
Кривая Г	0,8...1,1
Кривая Д	1,2...1,5
Кривая Л	1,6...1,8
Кривая М	1,9...2,6

Примечание. Допускается, кроме случая кривой К, увеличение этих отношений не более чем на 30 %.

3. Рассчитываем расстояние от светильников до стен l , между крайними светильниками по длине ряда b^1 и крайними светильниками по ширине a^1 , м:

$$l = L/2; \quad b^1 = B - 2 \cdot l; \quad a^1 = A - L,$$

где B – длина помещения, м; A – ширина помещения, м.

4. Определяем количество светильников в ряду N_1 , шт.:

$$N_1 = b^1 / L.$$

5. Находим количество рядов N_2 и общее количество светильников N , шт.:

$$N_2 = a^1 / L; \quad N = N_1 \cdot N_2.$$

6. Уточняем расстояние между светильниками в ряду L_1 и между рядами светильников, м:

$$L_1 = b^1 / N_1; \quad L_1 = a^1 / N_2.$$

3.2.4. Расчет освещенности методом коэффициента использования светового потока

Определяем индекс помещения i :

$$i = \frac{F}{h(A + B)}.$$

Коэффициенты отражения от поверхностей зависят от ее цвета: чем поверхность светлее, тем коэффициент выше, и наоборот:

$$\rho_{\text{п}} = 50 \%, \quad \rho_{\text{с}} = 30 \%, \quad \rho_{\text{р.п}} = 10 \%,$$

где $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$ и $\rho_{\text{р.п}}$ – коэффициенты отражения потолка, стен и рабочей поверхности, соответственно.

Световой поток ламп в светильнике Φ рассчитывается по формуле, лм:

$$\Phi = \frac{E \cdot k_3 \cdot F \cdot z}{N \cdot \eta},$$

где E – заданная освещенность, лк; k_3 – коэффициент запаса; F – освещаемая площадь, м^2 ; $z = E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$ – коэффициент неравномерности освещения; N – количество светильников, шт.

Коэффициент использования светового потока определяем в зависимости от индекса помещения и коэффициентов отражения по таблицам, приведенным в Прил. 18.

Далее по расчетному значению светового потока из Прил. 19 определяем тип лампы. Также в этих целях можно использовать онлайн-источники.

Если в светильнике несколько ламп, то световой поток одной лампы умножаем на количество ламп в светильнике.

После выбора типа лампы уточняем их количество N и определяем для них световой поток Φ .

В процентном соотношении значение относительной погрешности светового потока $\Delta\Phi$ должно лежать в пределах от -10 до $+20\%$:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{\text{л}} - \Phi}{\Phi_{\text{л}}} \cdot 100\%,$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток лампы, лм.

После определения относительной погрешности светового потока $\Delta\Phi$ выбираем провода, как и в силовой сети (см. п. 3.1.4). В соответствии с ПУЭ на освещение выбираются медные провода и кабели сечением не менее $0,75 \text{ мм}^2$, а в качестве аппаратов защиты – автоматические выключатели.

3.2.5. Расчет аварийного освещения

Аварийное освещение предназначено для эвакуации и обеспечения бесперебойного электроснабжения производственных и жизненно важных объектов.

Нормы аварийного освещения помещений вновь строящихся или реконструируемых зданий и сооружений различного назначения и мест производства работ вне зданий устанавливают ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) «Освещение аварийное. Классификация и нормы» и СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

Для обеспечения бесперебойного электроснабжения производственных и жизненно важных объектов применяют лампы накаливания и допускают применение люминесцентных ламп при напряжении не менее 95% от номинального напряжения.

3.3. Расчет полной мощности

3.3.1. Расчет суммарной мощности силовой и осветительной сетей

Расчет суммарной мощности силовой и осветительной сетей производится по формуле:

$$S_p = \sqrt{(Q_{\text{расч}} + Q_{\text{осв}})^2 + (P_{\text{расч}} + P_{\text{осв}})^2},$$

где $Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi$.

Реактивная мощность на освещение учитывается по параметру коэффициента мощности для различных типов ламп:

- для люминесцентных ламп $\cos \varphi = 0,92$;
- для ламп накаливания $\cos \varphi = 1$;
- для ДРИ, ДРЛ и ДНаТ без конденсатора $\cos \varphi = 0,4$, а с конденсатором $\cos \varphi = 0,85$.

3.3.2. Выбор количества и мощности трансформаторов

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники подразделяются на следующие три категории.

Электроприемники I категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых влечет за собой опасность для жизни людей, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции и т. д. Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников

питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Электроприемники II категории – электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта. Электроприемники II категории в нормальном режиме должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания. Перерыв электроснабжения электроприемников II категории допускается на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала.

Для **электроприемников III категории** электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают сутки.

Если здание относится к III категории электроснабжения, то выбирается один силовой трансформатор, если ко II категории – два. Питающее напряжение силового трансформатора составляет 6(10) кВ.

Потери в центральной трансформаторной подстанции составляют, соответственно:

$$\Delta P_{ЦТП} = 0,02S_p; \quad \Delta Q_{ЦТП} = 0,1S_p.$$

Суммарные активные P_{Σ} и реактивные Q_{Σ} мощности с учетом потерь в трансформаторе соответственно равны:

$$P_{\Sigma} = P_{расч} + P_{осв} + \Delta P_{ЦТП}; \quad Q_{\Sigma} = Q_{расч} + \Delta Q_{ЦТП}.$$

Расчетный коэффициент реактивной мощности определяется как

$$\operatorname{tg} \varphi_{ном} = \frac{Q_{\Sigma}}{P_{\Sigma}}.$$

Тогда расчетная мощность компенсирующего устройства $Q_{к.у}$, кВАр, равна:

$$Q_{к.у} = P_{\Sigma} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_{ном} - \operatorname{tg} \varphi_{зад}),$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{зад}$ – заданный коэффициент реактивной мощности, который для сетей до 35 кВ равен 0,33.

Важно учесть правило – количество компенсирующих устройств должно быть кратно количеству силовых трансформаторов.

Выбрать тип компенсирующего устройства можно при помощи Прил. 20.

Рассчитать потери мощности $\Delta P_{к.у}$, кВт, в компенсирующих устройствах можно по формуле:

$$\Delta P_{к.у} = 0,003 Q_{к.у.ном}.$$

Тогда расчетная нагрузка данной ступени электроснабжения определится по формулам:

$$P_{расч \Sigma} = (P_{\Sigma} + \Delta P_{к.у}) k_{р.м}$$

$$Q_{расч \Sigma} = (Q_{\Sigma} - Q_{к.у.ном}) k_{р.м}$$

$$S_{расч \Sigma} = \sqrt{P_{расч \Sigma}^2 + Q_{расч \Sigma}^2},$$

где $k_{р.м}$ – коэффициент разновременности максимумов, значение которого варьируется в пределах от 0,92 до 0,95; $Q_{к.у.ном}$ – номинальная мощность компенсирующего устройства, кВАр.

Выбор мощности силовых трансформаторов необходимо производить таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$S_{тр.ном} \geq \frac{S_{расч \Sigma}}{n_{тр} k_{загр.ном}},$$

где $S_{тр.ном}$ – номинальная мощность силового трансформатора, кВА; $S_{расч \Sigma}$ – расчетная суммарная мощность, кВА; $n_{тр}$ – количество силовых трансформаторов, шт.; $k_{загр.ном}$ – номинальный коэффициент загрузки трансформаторов, значение которого для трансформаторов II категории варьируется в пределах от 0,7 до 0,8, а для трансформаторов III категории – от 0,92 до 0,95.

Реальный коэффициент загрузки трансформаторов рассчитывается по формуле:

$$k_{загр.реал} = \frac{S_{расч \Sigma}}{n_{тр} S_{тр.ном}}.$$

3.3.3. Расчет потерь мощностей в трансформаторе

Потери мощности в трансформаторах рассчитываются по формулам:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_{х.х} + \Delta P_{к.з} \cdot k_3;$$

$$\Delta Q_{тр} = \frac{I_{х.х}}{100 \cdot S_{ном.тр}} + \frac{U_{к.з}}{100 \cdot S_{ном.тр} \cdot k_3^2},$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$, $\Delta Q_{\text{тр}}$ – активная и реактивная мощности, потребляемые трансформатором при загрузке, определяющейся коэффициентом загрузки k_3 ; $\Delta P_{\text{х.х}}$, $\Delta P_{\text{к.з}}$ – потери мощности в трансформаторе при холостом ходе и коротком замыкании, кВт; $I_{\text{х.х}}$ и $U_{\text{к.з}}$ – соответственно ток холостого хода и напряжение КЗ, которые определяются из паспортных данных трансформатора.

Основные характеристики трансформаторов в зависимости от типа приведены в Прил. 21.

Коэффициент изменения потерь в силовых трансформаторах составляет $k_{\text{и.п}} = 0,07$ кВт/кВАр.

$$\begin{aligned}\Delta Q'_{\text{х.х}} &= \frac{S_{\text{ном.тр}} \cdot I_{\text{х.х}}}{100}; \quad \Delta P'_{\text{х.х}} = \Delta P_{\text{х.х}} + k_{\text{и.п}} \cdot \Delta Q'_{\text{х.х}}. \\ \Delta Q'_{\text{к.з}} &= \frac{S_{\text{ном.тр}} \cdot U_{\text{к.з}}}{100}; \quad \Delta P'_{\text{к.з}} = \Delta P_{\text{к.з}} + k_{\text{и.п}} \cdot \Delta Q'_{\text{к.з}}. \\ \Delta P_{\text{тр}} &= \Delta P'_{\text{х.х}} + k_3^2 \cdot \Delta P'_{\text{к.з}}; \quad \Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q'_{\text{х.х}} + k_3^2 \cdot \Delta Q'_{\text{к.з}}. \\ \Delta P_{2\text{тр}} &= n_{\text{тр}} \cdot \Delta P_{\text{тр}}; \quad \Delta Q_{2\text{тр}} = n_{\text{тр}} \cdot \Delta Q_{\text{тр}}.\end{aligned}$$

3.3.4. Выбор сечения питающего кабеля

Мощность в питающей линии с учетом потерь в трансформаторе, кВА:

$$S_{\text{расч}\Sigma\text{пит}} = \sqrt{\left(P_{\text{расч}\Sigma} + \Delta P_{2\text{тр}}\right)^2 + \left(Q_{\text{расч}\Sigma} + \Delta Q_{2\text{тр}}\right)^2}.$$

Расчетный ток питающей линии, А:

$$I_{\text{пит}} = \frac{S_{\text{расч}\Sigma\text{пит}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{пит}}}.$$

Марку и сечение кабеля определяем из Прил. 21.

3.3.5. Определение потерь электроэнергии в питающем кабеле

Потребление активной $W_{\text{л}}$ и реактивной $V_{\text{л}}$ энергии в питающей линии за год составляет:

$$W_{\text{л}} = \left(P_{\text{расч}\Sigma} + \Delta P_{2\text{тр}}\right) \cdot T_{\text{мах}}; \quad V_{\text{л}} = \left(Q_{\text{расч}\Sigma} + \Delta Q_{2\text{тр}}\right) \cdot T_{\text{мах}},$$

где $T_{\text{мах}}$ – максимальное число часов работы предприятия в год в зависимости от режима его работы: $T_{\text{мах}} = 2500$ ч, если предприятие работает в одну смену, $T_{\text{мах}} = 4500$ ч – в две смены, $T_{\text{мах}} = 6500$ ч – в три смены.

Средневзвешенный коэффициент активной мощности рассчитывается по формуле:

$$\cos \varphi_{\text{ср.взв}} = \frac{P_{\text{расч}\Sigma} + P_{2\text{тр}}}{S_{\text{расч}\Sigma\text{пит}}}.$$

Средний ток линии $I_{\text{ср}}$, А, определяется по формуле:

$$I_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{пит}} \cdot T_{\text{мах}} \cdot \cos \varphi_{\text{ср.взв}}}.$$

Для расчета среднеквадратичного тока линии $I_{\text{ср.к}}$, А, используют формулу:

$$I_{\text{ср.к}} = I_{\text{ср}} k_{\text{ф}},$$

где $k_{\text{ф}} = 1,01 \dots 1,1$ – коэффициент формы графика нагрузок, причем меньшее значение соответствует большему числу потребителей.

Определение допустимой длины питающей линии, км:

$$l_{\text{фак}} \leq \frac{l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{\text{доп}} \cdot I_{\text{дл.доп}}}{I_{\text{расч}}},$$

где $l_{\text{фак}}$ – фактическая длина линии, км; $l_{\Delta U 1\%}$ – длина кабеля на 1% потери напряжения, км (Прил. 22); $\Delta U_{\text{доп}}$ – допустимый процент потерь напряжения в линии, %; $I_{\text{дл.доп}}$ – длительно допустимый ток линии, А; $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток линии, А.

3.4. Экономические показатели

3.4.1. Экономические показатели работы трансформатора

Отчисления на амортизацию, тыс.руб.:

$$C_{\text{а}} = K_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}} \cdot \varphi,$$

где $K_{\text{тр}}$ – стоимость трансформатора, тыс.руб.; $n_{\text{тр}}$ – количество трансформаторов, шт.; φ – нормативный коэффициент амортизационных отчислений. Для России принимается $\varphi = 0,1$ (10%).

Потери энергии в трансформаторе, (кВт·ч)/год:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} = \Delta P_{2\text{т}} \cdot T_{\text{мах}}.$$

Стоимость потерь в трансформаторе, тыс.руб.:

$$C_{\text{п}} = \Delta \mathcal{E}_{\text{тр}} \cdot C_0,$$

где C_0 – стоимость 1 кВт·ч, тыс. руб./ (кВт·ч).

Общие потери в трансформаторе, тыс.руб.:

$$C_{\Sigma} = C_a + C_{\Pi}.$$

Приведенные затраты, тыс.руб.:

$$З = p_H \cdot K_{\text{тр}} \cdot n_{\text{тр}} + C_{\Sigma},$$

где p_H – нормативный коэффициент отчислений, $p_H = 0,125$ (12,5%).

3.4.2. Экономические показатели работы линии электропередач

Стоимость кабельной линии, тыс. руб.:

$$K_{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot l \cdot C_{\text{л}},$$

где $n_{\text{л}}$ – количество кабелей, шт.; l – длина кабельной линии, км;
 $C_{\text{л}}$ – стоимость кабельной линии, тыс. руб./км.

Коэффициент загрузки кабельной линии:

$$K_3^{\text{кл}} = \frac{I_{\text{р}}}{I_{\text{доп}}}.$$

Потери мощности в линии электропередач, кВт:

$$\Delta P_{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot l \cdot \Delta P_{\text{ном}} \cdot (K_3^{\text{кл}})^2,$$

где $\Delta P_{\text{ном}}$ – потери мощности в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км. Значения $\Delta P_{\text{ном}}$ в зависимости от рабочего напряжения приведены в Прил. 22.

Потери энергии в линии $\Delta \mathcal{E}_{\text{л}}$, (кВт·ч)/год:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \cdot T_{\text{max}}.$$

Стоимость потерь в линии C_{Π} , тыс.руб.:

$$C_{\Pi} = \Delta \mathcal{E}_{\text{л}} \cdot C_0.$$

Список литературы

1. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс]. – 7-е изд. – Введ. 2003-01-01. – Режим доступа: Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.04.19).
2. Коновалова, Л.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учеб. пособие для техникумов / Л.Л. Коновалова, Л.Д. Рожкова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
3. Липкин, Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Б.Ю. Липкин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 366 с.
4. Киреева, Э.А. Электроснабжение цехов промышленных предприятий / Э.А. Киреева, В.В. Орлов, Л.Е. Старкова. – М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2003. – 122 с.
5. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений / Б.И. Кудрин. – 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
6. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие для вузов / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
7. Емцев, А.Н. Изображение и обозначение элементов электрических схем: метод. указания к выполнению дипломного проекта / А.Н. Емцев, В.А. Попик. – Братск: БрГУ, 2011. – 70 с.
8. Кабышев, А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок / А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248 с.
9. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А.Э. Кравчик [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 504 с.
10. Установки конденсаторные типа УKM: Руководство по эксплуатации МКЖИ.673810.001РЭ. – Серпухов: ЗАО «Электроинтер», 2010. – 33 с.
11. Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: метод. пособие для курсового проектирования / В.П. Шеховцев. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 214 с. – (Сер. «Профессиональное образование»).
12. Автоматические выключатели общего применения до 630 А: справочник / И.С. Сагирова [и др.]. – М.: Информэлектро, 1996. – 184 с.
13. Обозначения условные буквенно-цифровые и графические на электрических схемах: практикум по дисциплине «Стандарты в проектировании» / сост. Ю.П. Свиридов. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 41 с.
14. ГОСТ 2.710-81. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – Введ. 1981-07-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 9 с.
15. СП 76.13330.2016. Электротехнические устройства. – Введ. 2017-06-17. – М.: Стандартинформ, 2017. – 82 с.

16. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. – Введ. 2017-03-02. – М.: Минстрой России, 2016. – 123 с.
17. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – Режим доступа: <http://птээп.рф> (дата обращения: 17.04.19).
18. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
19. ГОСТ Р 50571.5.52-2011 Электроустановки низковольтные. Ч. 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 67 с.
20. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. – Введ. 2017-05-08. – М., 2016. – 108 с.
21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-06-15. – Режим доступа: https://www.ledit.ru/pdf/SanPiN_221_111278_03.pdf (дата обращения: 17.04.19).
22. ТКП 45-4.04-296-2014 (02250). Силовое и осветительное электрооборудование промышленных предприятий. Правила проектирования. – Введ. 2014-10-01. – Минск: Мин-во архит. и стр-ва Республики Беларусь, 2014. – 62 с.
23. ГОСТ 21.210-2014. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.
24. ГОСТ 21.608-2014. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 18 с.
25. ГОСТ 29322-2014. Напряжения стандартные. – Введ. 2015-10-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 10 с.
26. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
27. ГОСТ 31947-2012. Провода и кабели для электрических установок на номинальное напряжение до 450/750 В включительно. Общие технические условия. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
28. ГОСТ Р 52868-2007 (МЭК 61537:2006). Системы кабельных лотков и системы кабельных лестниц для прокладки кабелей. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 60 с.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт _____
Кафедра _____

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему _____

по дисциплине _____

ВЫПОЛНИЛ
студент группы _____
_____ (Ф.И.О.)

ПРОВЕРИЛ
_____ (Ф.И.О.)
« ____ » _____ 201__ г.

Казань, 20__ г.

ОБРАЗЕЦ БЛАНКА ЗАДАНИЯ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт _____

Кафедра _____

З А Д А Н И Е на курсовой проект

Студент _____

фамилия и.о.

группа

Тема _____

Исходные данные:

(наименование объекта проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т.д.); вид сырья или материал изделия; особые требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду и т.д.)

Перечень подлежащих проектированию и разработке вопросов *(постановка задачи и содержание процедуры проектирования)*:

Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*:

Задание выдал _____

Подпись руководителя фамилия и.о.

Задание принял к исполнению _____

подпись студента

дата

Казань, 20__ г.

Значения коэффициентов $k_{\text{и}}$ и $\cos \varphi$ для приемников электроэнергии

Наименование электроприемников	Коэффициенты	
	использования $k_{\text{и}}$	мощности $\cos \varphi$
Металлорежущие станки (мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные и расточные): мелкосерийное производство с нормальным режимом работы крупносерийное производство	0,12...0,14 0,16	0,4...0,5 0,5...0,6
Штамповочные прессы, автоматы, станки (револьверные обдирочные, зубофрезерные, крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные и расточные)	0,17	0,65
Приводы молотков, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0,2...0,24	0,65
Переносный инструмент	0,06	0,5
Вентиляторы и эксгаустеры	0,6...0,65	0,8
Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0,7	
Краны, тележки: при ПВ = 25 % при ПВ = 40%	0,05 0,1	0,5 0,5
Элеваторы, транспортеры, шнеки, несблокированные конвейеры	0,4	0,75
Элеваторы, транспортеры, шнеки, сблокированные конвейеры	0,55	0,75
Сварочные трансформаторы дуговой сварки	0,2	0,4
Сварочные двигатель-генераторы: однопостовые многопостовые	0,3 0,5	0,6 0,7
Сварочные машины: шовные шовные, стыковые и точечные	0,2...0,5 0,2...0,25	0,7 0,6
Сварочные дуговые автоматы	0,35	0,5
Печи: сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий индукционные низкой частоты	0,75...0,8 0,5 0,7	0,95 0,95 0,35

Таблица ПЗ.2

Значения коэффициентов $k_{\text{и}}$ и $\cos\varphi$ для групп приемников электроэнергии

Наименование групп электроприемников	Коэффициенты	
	использования $k_{\text{и}}$	мощности $\cos \varphi$
Сырьевой цех производства цемента		
Главный привод сырьевых мельниц	0,72	0,85
Низковольтное оборудование	0,56	0,75
Шлам-насосы	0,56	0,75
Болтушки	0,62	0,8
Дробилки	0,54	0,8
Крановые мешалки шлама	0,38	0,5
Экскаваторы	0,4	0,7
Транспортеры сырья	0,5	0,75
Цех обжига		
Вращающиеся печи:		
без холодильников	0,7	0,8
с холодильниками	0,6	0,7
Главные приводы печей	0,7	0,8
Дымососы печей	0,7	0,8
Механизмы пылеуборки	0,46	0,65
Вентиляторы технологические	0,57	0,75
Транспортеры клинкера	0,45	0,7
Холодильники	0,53	0,75
Электрофильтры	0,6	0,85
Цех сухого помола		
Механизмы цементных мельниц	0,8	0,85
Главный привод цементных мельниц	0,85	0,85...0,9
Низковольтное оборудование цементных мельниц	0,48	0,75
Упаковочная	0,4	0,7
Грейферные краны	0,5	0,6
Пневмовинтовые насосы (фулер-насосы)	0,48	0,75
Сушильное отделение	0,6	0,75
Питатели, дозаторы	0,6	0,78
Угольные мельницы	0,7	0,83
Электрокалориферы	0,6	0,88

Таблица П4

Коэффициент максимума активной мощности $k_{\max}$

Эффективное число электро- приемников $n_э$	Коэффициент максимума $k_{\max}$ при $k_{и}$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,05
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10	1,04
7	2,88	2,48	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08	1,04
9	2,56	2,20	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,10	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
20	1,84	1,65	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,14	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02

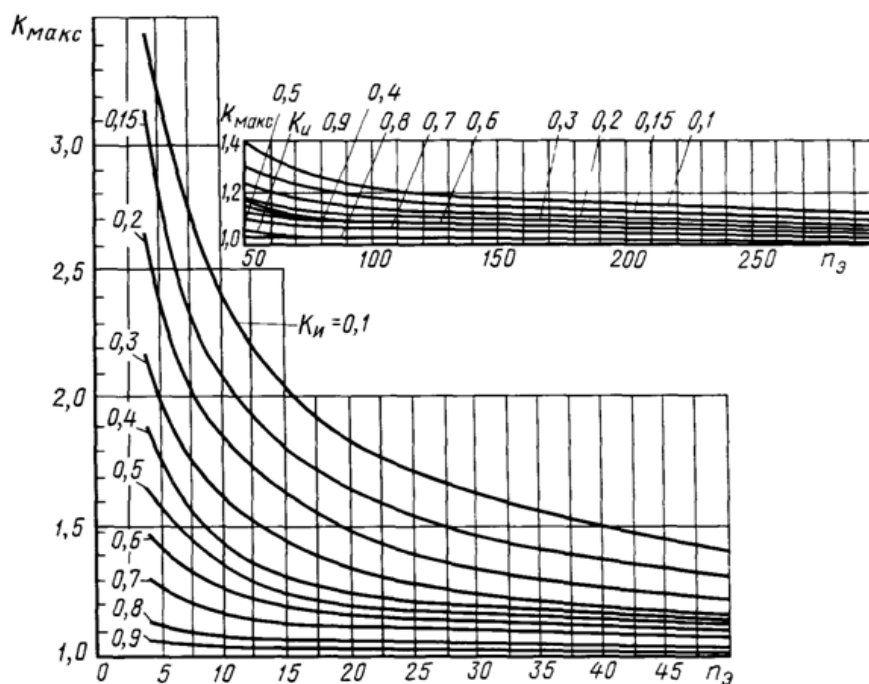


Рис.П4. Зависимость $k_{\max}$ и $k_{и}$ от $n_э$

Приложение 5

Таблица П5.1

Основные технические характеристики электродвигателей АИР

Электродвигатель	Мощность, кВт	Частота вращения, об./мин.	Ток при 380В, А	КПД, %	Коэффициент мощности	$\frac{I_{\Pi}}{I_{H}}$	Масса, кг	Электродвигатели, выпускавшиеся ранее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИР 56 А2	0,18	3000	0,55	65	0,78	5	3,5	4АА56А2 4ААМ56А2
АИР 56 В2	0,25	3000	0,73	66	0,79	5	3,8	4АА56В2 4ААМ56В2
АИР 56 А4	0,12	1500	0,5	57	0,66	5	3,6	4АА56А4 4ААМ56А4
АИР 56 В4	0,18	1500	0,7	60	0,68	5	4,2	4АА56В4 4ААМ56В4
АИР 63 А2	0,37	3000	0,9	72	0,84	5	5,2	4А63А2 4АМ63А2
АИР 63 В2	0,55	3000	1,3	75	0,81	5	6,1	4А63В2 4АМ63В2
АИР 63 А4	0,25	1500	0,9	65	0,67	5	5,1	4АА63А4 4ААМ63А4
АИР 63 В4	0,37	1500	1,2	68	0,7	5	6	4АА63В4 4ААМ63В4
АИР 63 А6	0,18	1000	0,8	56	0,62	4	4,8	4АА63А6 4ААМ63А6
АИР 63 В6	0,25	1000	1,0	59	0,62	4	5,6	4АА63В6 4ААМ63В6
АИР 71 А2	0,75	3000	1,3	79	0,8	6	8,7	4А71А2 4АМ71А2
АИР 71 В2	1,1	3000	2,6	79,5	0,8	6	9,5	4А71В2 4АМ71В2
АИР 71 А4	0,55	1500	1,7	71	0,71	5	8,1	4А71А4 4АМ71А4
АИР 71 В4	0,75	1500	1,9	72	0,75	5	9,4	4А71В4 4АМ71В4
АИР 71 А6	0,37	1000	1,4	65	0,63	4,5	8,6	4А71А6 4АМ71А6
АИР 71 В6	0,55	1000	1,8	69	0,68	4,5	9,9	4А71В6 4АМ71В6

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИР 80 А2	1,5	3000	3,6	82	0,85	6,5	13,3	4А80А2
АИР 80 В2	2,2	3000	5,0	83	0,87	6,4	15,0	4А80В2
АИР 80 А4	1,1	1500	3,1	76,5	0,77	5,0	12,8	4А80А4
АИР 80 В4	1,5	1500	3,9	78,5	0,80	5,3	14,7	4А80В4
АИР 80 А6	0,75	1000	2,3	71	0,71	4,0	12,5	4А80А6
АИР 80 В6	1,1	1000	3,2	75	0,71	4,5	16,2	4А80В6
АИР 80 А8	0,37	750	1,5	58	0,59	3,5	14,7	4А80А8
АИР 80 В8	0,55	750	2,2	58	0,60	3,5	15,9	4А80В8
АИР 90 L2	3	3000	6,5	84,5	0,85	7,0	20,0	4А90L2
АИР 90 L4	2,2	1500	5,3	80	0,79	6,0	19,7	4А90L4
АИР 90 L6	1,5	1000	4,2	76	0,70	5,0	20,6	4А90L6
АИР 90 LA8	0,75	750	2,4	70	0,71	4,0	19,5	4А90LA8
АИР 90 LB8	1,1	750	3,3	74	0,72	4,5	22,3	4А90LB8
АИР 100 S2	4	3000	8,4	87	0,88	7,5	30,0	4А100S2
АИР 100 L2	5,5	3000	11,0	88	0,88	7,5	32,0	4А100L2
АИР 100 S4	3	1500	7,2	82	0,82	7,0	34,0	4А100S4
АИР 100 L4	4	1500	9,3	85	0,84	7,0	29,2	4А100L4
АИР 100 L6	2,2	1000	5,9	81,5	0,74	6,0	27,0	4А100L6
АИР 100 L8	1,5	750	4,5	76,5	0,70	3,7	26,0	4А100L8
АИР 112 M2	7,5/7,6	3000	14,7	87,5	0,88	7,5	48	4А112M2 4АМ112M2

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИР 112 М4	5,5	1500	11,3	85,5	0,86	7	45	4А112М4 4АМ112М4
АИР 112 МА6	3	1000	7,4	81	0,76	6	43	4А112МА6 4АМ112МА6
АИР 112 МВ6	4	1000	9,1	82	0,81	6	48	4А112МВ6 4АМ112МВ6
АИР 112 МА8	2,2	750	6,16	76,5	0,71	6	43	4А112МА8 4АМ112МА8
АИР 112 МВ8	3	750	7,8	79	0,74	6	48	4А112МВ8 4АМ112МВ8
АИР 132 М2	11	3000	21,1	88	0,9	7,5	78	4А132М2 4АМ132М2
АИР 132 S4	7,5/7,6	1500	15,1	87,5	0,86	7,5	70	4А132S4 4АМ132S4
АИР 132 М4	11	1500	22,2	88,5	0,85	7,5	84	4А132М4 4АМ132М4
АИР 132 S6	5,5	1000	12,3	85	0,8	7	69	4А132S6 4АМ132S6
АИР 132 М6	7,5/7,6	1000	16,5	85,5	0,81	7	82	4А132М6 4АМ132М6
АИР 132 S8	4	750	10,5	83	0,7	6	69	4А132S8 4АМ132S8
АИР 132 М8	5,5	750	13,6	83	0,74	6	82	4А132М8 4АМ132М8
АИР 160 S2	15	3000	30	88	0,86	7,5	116	4А160S2 4АМ160S2
АИР 160 М2	18,5	3000	35	90	0,88	7,5	130	4А160М2 4АМ160М2
АИР 160 S4	15	1500	29	89	0,87	7	120	4А160S4 4АМ160S4
АИР 160 М4	18,5	1500	35	90	0,89	7	142	4А160М4 4АМ160М4
АИР 160 S6	11	1000	23	87	0,82	6,5	125	4А160S6 4АМ160S6
АИР 160 М6	15	1000	31	89	0,82	7	150	4А160М6 4АМ160М6
АИР 160 S8	7,5/7,6	750	18	85	0,85	6	125	4А160S8 4АМ160S8
АИР 160 М8	11	750	26	87	0, 86	6	150	4А160М8 4АМ160М8

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИР 180 S2	22	3000	41,5	90,5	0,89	7	150	4A180S2 4AM180S2
АИР 180 M2	30	3000	55,4	91,5	0,9	7,5	170	4A180M2 4AM180M2
АИР 180 S4	22	1500	42,5	90,5	0,87	7	160	4A180S4 4AM180S4
АИР 180 M4	30	1500	57	92	0,87	7	190	4A180M4 4AM180M4
АИР 180 M6	18	1000	36,9	89,5	0,85	6,5	160	4A180M6 4AM180M6
АИР 180 M8	15	750	31,3	89	0,82	5,5	172	4A180M8 4AM180M8
АИР 200 M2	37	3000	71	91	0,87	7	230	4A200M2 4AM200M2
АИР 200 L2	45	3000	84	92	0,88	7,5	255	4A200L2 4AM200L2
АИР 200 M4	37	1500	68,3	92,5	0,89	7,5	230	4A200M4 4AM200M4
АИР 200 L4	45	1500	83,1	92,5	0,89	7,5	200	4A200L4 4AM200L4
АИР 200 M6	22	1000	44	90	0,83	6,5	195	4A200M6 4AM200M6
АИР 200 L6	30	1000	59,6	90	0,85	6,5	255	4A200L6 4AM200L6
АИР 200 M8	18,5	750	39	89	0,81	6	210	4A200M8 4AM200M8
АИР 200 L8	22	750	45,9	90	0,81	6	225	4A200L8 4AM200L8
АИР225M2	55	3000	99,3	92,5	0,91	7,5	320	4A225M2 4AM225M2
АИР225M4	55	1500	101	93	0,89	7	325	4A225M4 4AM225M4
АИР225M6	37	1000	72,7	91	0,85	6,5	360	4A225M6 4AM225M6
АИР225M8	30	750	62,2	90,5	0,81	6	360	4A225M8 4AM225M8

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИР250S2	75/76	3000	134,6	93	0,91	7,5	425	4A250S2 4AM250S2
АИР250M2	90	3000	160	93	0,91	7,5	455	4A250M2 4AM250M2
АИР250S4	75/76	1500	137,8	94	0,88	7,5	450	4A250S4 4AM250S4
АИР250M4	90	1500	163	94	0,89	7,5	480	4A250M4 4AM250M4
АИР250S6	45	1000	87	92,5	0,85	6,5	390	4A250S6 4AM250S6
АИР250M6	55	1000	105	92,5	0,86	6,5	430	4A250M6 4AM250M6
АИР250S8	37	750	77,9	92,5	0,78	6	400	4A250S8 4AM250S8
АИР250M8	45	750	93,6	92,5	0,79	6	430	4A250M8 4AM250M8
АИР280S2	110	3000	198	93,7	0,9	7,2	590	4A280S2 4AM280S2
АИР280M2	132	3000	235	94	0,9	8,5	620	4A280M2 4AM280M2
АИР280S4	110	1500	196	95,3	0,87	6,5	790	4A280S4 4AM280S4
АИР280M4	132	1500	230	95,5	0,88	6,5	885	4A280M4 4AM280M4
АИР280S6	75/76	1000	137	94,5	0,86	6,5	745	4A280S6 4AM280S6
АИР280M6	90	1000	164	94,5	0,86	6,5	780	4A280M6 4AM280M6
АИР280S8	55	750	106	93,9	0,85	6	725	4A280S8 4AM280S8
АИР280M8	75/76	750	141	93,8	0,84	6	790	4A280M8 4AM280M8
АИР315S2	160	3000	279	94,5	0,92	7,2	1170	4A315S2 4AM315S2

Окончание табл. 5П.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АИР315М2	200	3000	339	95	0,94	7,2	1460	4А315М2 4АМ315М2
АИР315S4	160	1500	286	94,5	0,91	5,5	1000	4А315S4 4АМ315S4
АИР315М4	200	1500	352	95,5	0,92	5,5	1200	4А315М4 4АМ315М4
АИР315S6	110	1000	200	93,5	0,9	6	880	4А315S6 4АМ315S6
АИР315М6	132	1000	239	94	0,9	6,5	1050	4А315М6 4АМ315М6
АИР315S8	90	750	173	93,5	0,85	6	880	4А315S8 4АМ315S8
АИР315М8	110	750	209	93,5	0,85	6	1050	4А315М8 4АМ315М8
АИР355S2	250	3000	433	95,3	0,92	7,1	1900	4А355S2 4АМ355S2
АИР355М2	315	3000	548	95,6	0,92	7,1	2300	4А355М2 4АМ355М2
АИР355S4	250	1500	442	95,3	0,90	6,9	1700	4А355S4 4АМ355S4
АИР355М4	315	1500	558	95,6	0,90	6,9	1900	4А355М4 4АМ355М4
АИР355S6	160	1000	292,3	94,5	0,88	6,7	1550	4А355S6 4АМ355S6
АИР355М6	200	1000	364,9	94,7	0,88	6,7	1600	4А355М6 4АМ355М6
АИР355МВ6	250	1000	454,8	94,9	0,88	6,7	1700	—
АИР355S8	132	750	261	93,7	0,82	6,4	2000	4А355S8 4АМ355S8
АИР355М8	160	750	314,7	94,2	0,82	6,4	2150	4А355М8 4АМ355М8
АИР355МВ8	200	750	387,4	94,5	0,82	6,4	2250	—
АИР355М10	110	600	230	93,2	0,78	6,0	1640	4А355М10 4АМ355М10
АИР355МВ10	132	600	275	93,5	0,78	6,0	1690	—

Таблица 5П.2

Основные технические характеристики электродвигателей 5А

Марка	Мощность, кВт	Напряжение, В	Ток, А	Частота вращения, об./мин	КПД, %	cos φ	$M_{\max}/M_{\text{н}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{н}}$	$I_{\text{п}}/I_{\text{н}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5А 56 А2	0,18	220	0,96	2700	62	0,8	2,2		5,5
		380	0,55						
5А 56 А4	0,12	220	0,94	1300	53	0,63	2,2	2,1	4,4
		380	0,54						
5А 56 В2	0,25	220	1,25	2700	65	0,81	2,2		5,5
		380	0,72						
5А 56 В4	0,18	220	1,26	1300	56	0,67	2,2	2,1	4,4
		380	0,73						
5А 63 А2	0,37	220	1,71	2800	70	0,81	2,2		6,1
		380	0,99						
5А 63 А4	0,25	220	1,37	1400	65	0,74	2,2	2,1	5,2
		380	0,79						
5А 63 А6	0,18	220	1,28	900	56	0,66	2	1,9	4
		380	0,74						
5А 63 В2	0,55	220	2,4	2800	73	0,82	2,3	2,2	6,1
		380	1,4						
5А 63 В4	0,37	220	1,93	1400	67	0,75	2,2	2,1	5,2
		380	1,12						
5А 63 В6	0,25	220	1,5	900	59	0,68	2	1,9	4
		380	0,94						

Продолжение табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 71 A2	0,75	220	3	2830	71	0,9	2,3	2,2	6,1
		380	1,77						
5A 71 A4	0,55	220	2,89	1390	70,5	0,71	2,3	2,4	5,2
		380	1,67						
5A 71 A6	0,37	220	2,1	910	67	0,69	2	1,9	4,7
		380	1,2						
5A 71 B2	1,1	220	4,3	2830	73	0,91	2,3	2,2	6,1
		380	2,5						
5A 71 B4	0,75	220	3,7	1390	72,5	0,72	2,3	2,4	6
		380	2,18						
5A 71 B6	0,55	220	2,99	920	69	0,7	2,1	1,9	4,7
		380	1,73						
5A 71 B8	0,25	220	2,1	680	50	0,6	1,9	1,8	3,3
		380	1,27						
5A 80 A2	1,5	220	5,9	2840	79	0,84	2,3	2,2	7
		380	3,4						
5A 80 A4	1,1	220	5	1400	75	0,77	2,3		6
		380	2,9						
5A 80 A6	0,75	220	3,9	910	69	0,72	2,1	2	5,5
		380	2,3						
5A 80 A8	0,37	220	2,5	680	62	0,61	1,9	1,8	4
		380	1,5						

Продолжение табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 80 B2	2,2	220	8,4	2840	81	0,85	2,3	2,2	7
		380	4,8						
5A 80 B4	1,5	220	6,4	1400	78	0,79	2,3		6
		380	3,7						
5A 80 B6	1,1	220	5,5	910	72	0,73	2,1	2	5,5
		380	3,2						
5A 80 B8	0,55	220	3,7	700	63	0,61	2	1,8	4
		380	2,17						
5A 90 L2	3	220	10,7	2850	83	0,89	2,3	2,2	7,5
		380	6,2						
5A 90 L4	2,2	220	9,1	1410	78	0,82	2,3		7
		380	5,3						
5A 90 L6	1,5	220	7	920	75	0,75	2,1	2	5,5
		380	4,1						
5A 90 LA8	0,75	220	3,6	700	75,5	0,73	2	1,8	4
		380	2,1						
5A 90 LB8	1,1	220	5,2	700	77	0,72	2	1,8	5
		380	3						
5A 100 L2	5,5	220	19,1	2880	85	0,89	2,3	2,2	7,5
		380	11						

Продолжение табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 100 L4	4	220	15,2	1420	82	0,84	2,3		7
		380	8,8						
5A 100 L6	2,2	220	10	920	76	0,76	2,1	2,1	6,5
		380	5,6						
5A 100 L8	1,5	220	7,9	700	74	0,67	2	1,8	5
		380	4,6						
5A 100 S2	4	220	14	2850	84	0,89	2,3	2,2	7,5
		380	8,1						
5A 100 S4	3	220	11,7	1410	82	0,82	2,3		7
		380	6,8						
5A 112 M2	7,5	220	26	2890	86	0,88	2,3	2,2	7,5
		380	15,07						
5A 112 M4	5,5	220	20,2	1450	86	0,83	2,3		7
		380	11,7						
5A 112 MA6	3	220	12,6	940	81	0,77	2,1		6,5
		380	7,3						
5A 112 MA8	2,2	220	11	710	80	0,68	2	1,8	6
		380	6,3						
5A 112 MB6	4	220	16,6	940	81	0,76	2,1		6,5
		380	9,6						

Продолжение табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 112 MB8	3	220	14	710	80	0,71	2	1,8	6
		380	8						
5A 132 M2	11	220	36,4	2950	88	0,9	2,3	2,2	7,5
		380	21,1						
5A 132 M4	11	220	37,1	1460	88,5	0,88	2,3	2,2	7
		380	21,4						
5A 132 M6	7,5	220	28,6	960	85,5	0,81	2,1	2	6,5
		380	16,5						
5A 132 M8	5,5	220	21	710	85,5	0,81	2		6
		380	13,6						
5A 132 M10	11	220	19	640	85,5	0,81	2		6
		380	10,6						
5A 132 M12	11	220	16	520	87	0,81	2		6
		380	9,8						
5A 132 L2	11	220	19,1	2900	85	0,89	2,3	2,2	7,5
		380	11						
5A132 L4	11	220	15,2	1410	82	0,84	2,3		7
		380	8,8						
5A132 L6	11	220	10	940	76	0,76	2,1		6,5
		380	5,6						

Продолжение табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A132 L8	11	220	7,9	710	74	0,67	2		6
		380	4,6						
5A132 L10	11	220	7	620	78	0,71	2,1		5,5
		380	4,1						
5A132 L12	11	220	6,5	510	76	0,75	2,1	2	5
		380	5,9						
5A 132 S2	11	220	27	2950	87	0,85	2,3		7
		380	15,6						
5A 132 S4	7,5	220	27	1440	87,2	0,84	2,3		7
		380	15,6						
5A 132 S6	5,5	220	22,3	960	84	0,77	2,1		6,5
		380	12,9						
5A 132 S8	4	220	18,5	710	83	0,7	2	1,9	6
		380	10,5						
5A 132 S10	11	220	15,5	630	83	0,7	2	1,9	6
		380	8,5						
5A 132 S12	11	220	13,5	490	82	0,75	2,1	2	6,5
		380	6,5						
5A 160 M2	18,5	380	34,7	2930	90	0,9	2,3	2,2	7,5
		660	20						

Продолжение табл. 5П.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 160 M4	18,5	380	36	1450	90,5	0,86	2,3	2,2	7,5
		660	20,7						
5A 160 M6	15	380	33	965	89	0,78	2,1		7
		660	19						
5A 160 M8	11	380	24,9	710	87	0,77	2		6,6
		660	14,3						
5A 160 S2	15	380	28,8	2930	89	0,89	2,3	2,2	7,5
		660	16,6						
5A 160 S4	15	380	30,1	1460	89	0,85	2,3	2,2	7,5
		660	17,4						
5A 160 S6	11	380	24,2	970	87,5	0,79	2,1	2	6,5
		660	14						
5A 160 S8	7,6	380	17,8	720	85,5	0,75	2	2	6
		660	10,3						
5A 180 M2	30	380	55	2940	91,4	0,9	2,3	2	7,5
		660	31,9						
5A 180 M4	30	380	56,3	1470	91,4	0,86	2,3	2,2	7,2
		660	32,4						
5A 180 S2	22	380	41	2940	90,5	0,9	2,3	2	7,5
		660	23,7						

Продолжение табл. 5П.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 180 S4	22	380	43,2	1470	91	0,85	2,3	2,2	7,5
		660	24,9						
5A 200 L2	45	380	82,3	2950	92,3	0,9	2,3	2	7,5
		660	47,4						
5A 200 L4	45	380	85	1470	92,6	0,87	2,3	2,2	7,2
		660	48						
5A 200 L6	30	380	59,6	970	90	0,85	2,1	2	7
		660	34,35						
5A 200 L8	22	380	45,8	730	90	0,81	2	1,9	6,6
		660	26,4						
5A 200 M2	37	380	67,9	2950	92	0,9	2,3	2	7,5
		660	39,2						
5A 200 M4	37	380	68,3	1460	91	0,92	2,3	2,2	7,2
		660	41						
5A 200 M6	22	380	44,7	980	90	0,83	2,1	2,1	7
		660	25,8						
5A 200 M8	18,5	380	39	730	89	0,81	2	1,9	6,6
		660	22,5						
5A 225 S2	55	380	89	2970	92,5	0,91	2,3	2	7,5
		660	65,3						
5A 225 S8	55	380	59,8	770	93	0,9	2,2	2,1	7
		660	34,2						

Продолжение табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 225 S10	45	380	16,7	620	92	0,9	2,1	2	6,5
		660	9,9						
5A 225 M2	55	380	100	2970	92,5	0,91	2,3	2	7,5
		660	58						
5A 225 M4	55	380	101,8	1470	92	0,89	2,3	2,2	7,2
		660	58,8						
5A 225 M6	37	380	72,7	980	91	0,85	2,1	2,1	7
		660	42						
5A 225 M8	30	380	62,2	730	90,5	0,81	2	1,9	6,6
		660	35,9						
5A 225 M10	45	380	70,1	620	92,5	0,85	2		6,8
		660	40,1						
5A 280 M2	132	380	230,7	2970	94,5	0,92	2,2	1,8	7,1
		660	132,7						
5A 280 M4	132	380	235,2	1485	95,8	0,89	2,2	2,1	6,9
		660	135,6						
5A 280 M6	90	380	170,2	985	94,5	0,85	2		7
		660	98,5						
5A 280 M8	75	380	147,8	740	94	0,82	2	1,8	6,6
		660	86						
5A 280 S2	110	380	194,3	2975	93,5	0,9	2,2	1,8	7,1
		660	34						

Продолжение табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 280 M8	75	380	147,8	740	94	0,82	2	1,8	6,6
		660	86						
5A 280 S2	110	380	194,3	2975	93,5	0,9	2,2	1,8	7,1
		660	34						
5A 280 S4	110	380	202	1485	95,1	0,87	2,2	2,1	6,9
		660	116						
5A 280 S6	75	380	140,3	985	94,5	0,86	2		7
		660	80,8						
5A 280 S8	55	380	108,9	740	93,6	0,82	2,2	1,8	6,6
		660	63						
5A 280 S10	55	380	120,9	610	93,6	0,82	2,2	1,8	6,6
		660	71,5						
5A 250 M2	90	380	161,1	2960	93	0,91	2,3	2	7,5
		660	93,1						
5A 250 M4	90	380	167,2	1480	94	0,7	2,3	2,2	7,2
		660	96,3						
5A 250 M6	55	380	105	980	92,5	0,86	2	2,1	7
		660	60,5						
5A 250 M8	45	380	93,7	730	92,5	0,79	2	1,8	6,6
		660	54						
5A 250 S2	75	380	135	2965	92,5	0,91	2,3	2	7,5
		660	78						

Окончание табл. П5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5A 250 S4	75	380	141,1	1480	94	0,86	2,3	2,2	7,2
		660	81,2						
5A 250 S6	45	380	85	980	92,5	0,87	2	2,1	7
		660	49,5						
5A 250 S8	37	380	78,3	730	92	0,78	2	1,9	6,6
		660	45						
5A 315 M2	200	380	348	2975	94,8	0,92	2,2	1,8	7,1
		660	200,8						
5A 315 M4	200	380	359,4	1480	95	0,89	2,2	2,1	6,9
		660	207,1						
5A 315 M6	132	380	244	980	94,2	0,87	2	2	6,7
		660	141						
5A 315 M8	110	380	217	735	94	0,82	2	1,8	6,4
		660	124,9						
5A 315 S2	160	380	279	2975	94,6	0,92	2,2	1,8	7,1
		660	161						
5A 315 S4	160	380	287,8	1480	94,9	0,89	2,2	2,1	6,9
		660	166,7						
5A 315 S6	110	380	206	980	94	0,86	2	2	6,7
		660	118						
5A 315 S8	90	380	178	735	93,8	0,83	2	1,8	6,6
		660	101,2						

Преимущественные области применения кабельных изделий
с учетом их типа и исполнения согласно ГОСТ 31565-2012

Тип исполнения кабельного изделия	Класс пожарной опасности	Преимущественная область применения
1	2	3
Без обозначения	01.8.2.5.4	Для одиночной прокладки в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Групповая прокладка разрешается только в наружных электроустановках и производственных помещениях, где возможно лишь периодическое присутствие обслуживающего персонала, при этом необходимо применять пассивную огнезащиту
нг(A F/R) нг(A) нг(B) нг(C) нг(D)	П1а.8.2.5.4 П16.8.2.5.4 П2.8.2.5.4 П3.8.2.5.4 П4.8.2.5.4	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в открытых кабельных сооружениях (эстакадах, галереях) наружных электроустановок
нг(A F/R)-LS нг(A)- LS нг(B)- LS нг(C)- LS нг(D)- LS	П1а.8.2.2.2 П16.8.2.2.2 П2.8.2.2.2 П3.8.2.2.2 П4.8.2.2.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, во внутренних электроустановках, а также в зданиях, сооружениях и закрытых кабельных сооружениях
нг(A F/R)-HF нг(A)- HF нг(B)- HF нг(C)- HF нг(D)- HF	П1а.8.1.2.1 П16.8.1.2.1 П2.8.1.2.1 П3.8.1.2.1 П4.8.1.2.1	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, во внутренних электроустановках, а также в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, в том числе в multifunctional высотных зданиях и зданиях-комплексах
нг(A F/R)- FRLS нг(A)- FRLS нг(B)- FRLS нг(C)- FRLS нг(D)- FRLS	П1а.7.2.2.2 П16.7.2.2.2 П2.7.2.2.2 П3.7.2.2.2 П4.7.2.2.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в системах противопожарной защиты, а также других системах, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара
нг(A F/R)- FRHF нг(A)- FRHF нг(B)- FRHF нг(C)- FRHF нг(D)- FRHF	П1а.7.1.2.1 П16.7.1.2.1 П2.7.1.2.1 П3.7.1.2.1 П4.7.1.2.1	

1	2	3
нг(A F/R)-LSLTx нг(A)- LSLTx x нг(B)- LSLTx нг(C)- LSLTx нг(D)- LSLTx	П1а.8.2.1.2 П16.8.2.1.2 П2.8.2.1.2 П3.8.2.1.2 П4.8.2.1.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в зданиях детских дошкольных и образовательных учреждений, специализированных домах престарелых и инвалидов, больницах, в спальнях корпусах образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений
нг(A F/R) -HFLT _x нг(A)- HFLT _x нг(B)- HFLT _x нг(C)- HFLT _x нг(D)- HFLT _x	П1а.8.1.1.1.1 П16.8.1.1.1.1 П2.8.1.1.1.1 П3.8.1.1.1.1 П4.8.1.1.1.1	
нг(A F/R -FRLSLTx нг(A)- FRLSLTx нг(B)- FRLSLTx нг(C)- FRLSLTx нг(D)- FRLSLTx	П1а.7.2.1.2 П16.7.2.1.2 П2.7.2.1.2 П3.7.2.1.2 П4.7.2.1.2	Для прокладки, с учетом объема горючей нагрузки кабелей, в системах противопожарной защиты, а также в других системах, которые должны сохранять работоспособность в условиях пожара, в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домах престарелых и инвалидов, больницах, спальнях корпусах образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений
нг(A F/R -FRHFLT _x нг(A)- FRHFLT _x нг(B)- FRHFLT _x нг(C)- FRHFLT _x нг(D)- FRHFLT _x	П1а.7.1.1.1. П16.7.1.1.1. П2.7.1.1.1. П3.7.1.1.1. П4.7.1.1.1.	

**Указания по эксплуатации проводов и кабелей согласно
ГОСТ 31947-2012**

1. Провода и кабели предназначены для эксплуатации при температуре окружающей среды до минус 40 °С. Допускается эксплуатация при более низких температурах, если они указаны в технических условиях на провода и кабели конкретных марок.

2. Преимущественные области применения проводов и кабелей в зависимости от исполнения и класса их пожарной опасности должны соответствовать указанным в табл. П22.

Расширенные области применения проводов и кабелей с учетом требований, установленных в национальных нормативных документах государств, должны быть указаны в технических условиях на провода и кабели конкретных марок.

3. Монтаж проводов и кабелей должен производиться при температуре не ниже минус 15 °С.

Таблица П7

Области применения проводов и кабелей в зависимости от исполнения
и класса их пожарной опасности

Тип проводов и кабелей, исполнение	Класс пожарной опасности	Преимущественные области применения
Провода и кабели, не распространяющие горение при одиночной прокладке с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика	O1.8.2.3.4	Для прокладки одиночных кабельных линий и выполнения цепей питания токоприемников, расположенных в помещениях
Провода и кабели с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластика пониженной пожарной опасности с пониженным дымо- и газовыделением (нг-LS)	П1.8.2.2.2 П2.8.2.2.2	Для групповой прокладки кабельных линий в помещениях внутренних (закрытых) электроустановок. Для электропроводок в жилых и общественных зданиях
Провода и кабели с пониженным дымо- и газовыделением, с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов (нг-HF)	П1.8.1.2.1 П2.8.1.2.1 П3.8.1.2.1	Для кабельных линий и электропроводок при групповой и одиночной прокладке в офисных помещениях, оснащенных компьютерной техникой и микропроцессорной техникой, зрелищных комплексах и спортивных сооружениях

Тип проводов и кабелей, исполнение	Класс пожарной опасности	Преимущественные области применения
Провода и кабели с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката пониженной пожарной опасности с пониженным дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения (нг-LSLTx)	П1.8.2.1.2 П2.8.2.1.2	Для электропроводок в общественных зданиях, в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов, больниц и детских интернатов
Провода и кабели с пониженным дымо- и газовыделением, с изоляцией и оболочкой из полимерных композиций, не содержащих галогенов и с низкой токсичностью продуктов горения (нг-HFLT _x)	П1.8.1.1.1 П2.8.1.1.1 П3.8.1.1.1	

4. Значения радиуса изгиба при монтаже должны быть не менее значений, установленных в технических условиях на провода и кабели конкретных марок.

5. Длительно допустимая температура нагрева токопроводящих жил не должна превышать установленную в технических условиях на провода и кабели конкретных марок.

6. Значения допустимых токовых нагрузок на провода и кабели в зависимости от температуры окружающей среды и условий эксплуатации не должны превышать указанных в технических условиях на провода и кабели конкретных марок.

7. Дополнительные указания по эксплуатации приводят в технических условиях на провода и кабели конкретных марок.

Приложение 8

Таблица П8

Экономическая плотность тока при числе часов использования
максимума нагрузки в год, А/мм²

Проводники	Более 1 000 до 3 000 ч	Более 3 000 до 5 000 ч	Более 5 000 ч
Неизолированные провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поли- винилхлоридной изоляцией:			
жилы медные	3,0	2,5	2,0
жилы алюминиевые	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
жилы медные	3,5	3,1	2,7
жилы алюминиевые	1,9	1,7	1,6

Приложение 9

Таблица П9

Допустимый длительный ток для проводов и шнуров, А

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Открытая прокладка	При прокладке в одной трубе				
		2-х одно-жильных	3-х одно-жильных	4-х одно-жильных	1-го двух-жильного	1-го трех-жильного
Проводы и шнуры с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами						
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Открытая прокладка	При прокладке в одной трубе				
		2-х одно- жильных	3-х одно- жильных	4-х одно- жильных	1-го двух- жильного	1-го трех- жильного
Провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами						
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Приложение 10

Таблица П10.1

Допустимый длительный ток* для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Одножильные	Двухжильные		Трехжильные	
	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	170	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	—	—	—	—

Примечание. *Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Таблица П10.2

Допустимый длительный ток* для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных, А

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Кабели				
	одножильные	двухжильные		трехжильные	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
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	105	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	—	—	—	—

Примечание. *Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

Приложение 11

Таблица П11

Условный проход стальных и пластмассовых труб в зависимости от числа, марки и сечения проводников, мм

Сечение, мм ²	Одножильные провода (А)ПРТО, (А)ПВ, (А)ПР, (А)ПРВ при числе проводов, равном							Кабели АВВГ						Кабели АВВБ	
	2	3	4	5	6	7	8	с однопроволочными жилами 25 мм ² и выше при числе жил, равном			до 16 мм ² и ВВГ при числе жил, равном			с однопроволочными жилами 25 мм ² и выше при числе жил, равном	до 16 мм ² и ВВБ при числе жил, равном
								2	3	4	2	3	4		
1,5	15	15	15	15+	20–	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	15	15	15+	20–	20	20	20+	–	–	–	25–	25+		–	–
4	15	15	15+	20	20	20+	25–	–	–	–	25+	25+	25+	–	40+
6	15	15+	20	20+	20+	25	25+	–	–	–	25+	25+	32–	–	40+
10	20	20+	25+	32–	32–	32+	32+	–	–	–	32–	32+	32+	–	50–
16	25	25+	32–	32	32+	40+	40+	–	–	–	32+	32+	40–	–	50+
25	32–	32	32+	40+	50–	50	50+	40+	50+	70–	32+	40+	40+	70+	50+
35	32	32+	40+	50–	50	50+	70–	50–	70–	70–	32+	40+	40+	80–	70–
50	40–	40+	50	50+	70–	70	70+	–	–	70+	–	–	50+	80+	70
70	50	50	70–	70	70+	80–	80+	–	–	70+	–	–	50+	100	70+
95	70–	70–	70+	–	–	–	–	–	–	80+	–	–	70–	–	70+
120	70	70	80–	–	–	–	–	–	–	100–	–	–	70	–	80+
150	70	70+	80+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70+	–	80+
185	80–	80+	100–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–	–

Примечания: 1. Трассы участков трубных прокладок условно делятся на три степени сложности в зависимости от их длины и числа углов, а именно:

Характеристика трассы	Примерная длина участков, м		
	средних	сложных	простых
Прямая или слабо искривленная	75	100	50
С одним прямым и двумя тупыми углами	50	75	30
С двумя прямыми углами	30	50	20

2. В таблице указаны условные проходы труб для трасс средней сложности: знак «+» означает необходимость выбора ближайшего большего условного прохода при сложных трассах, знак «-» ближайшего меньшего условного прохода при простых трассах.

3. Длина участка между коробками должна быть не более 12 м если участок прямой; 8 м – участок с одним изгибом под углом 90°; 6 м – участок с двумя изгибами под углом 90°. При увеличении указанных расстояний до 20 м трубы выбираются следующего большего диаметра.

4. Для неохваченных таблицей случаев условный проход может выбираться по следующим формулам в зависимости от числа проводников n и их диаметра d :

Трасса	Кабели			
	с алюминиевыми однопроволочными жилами выше 16 мм ²	прочие		
	$n = 1$	$n = 1$	$n = 2$	$n \geq 3$
Средняя	$\geq 2d$	$\geq 1,4d$	$\geq 1,35d$	$\geq \sqrt{2,5nd^2}$
Сложная	$\geq 2,3d$	$\geq 1,65d$	$\geq 1,35d$	$\geq \sqrt{3,1nd^2}$
Простая	$\geq 1,8d$	$\geq 1,2d$	$\geq 1,25d$	$\geq \sqrt{2,2nd^2}$

Приложение 12

Таблица П12

Характеристики предохранителей до 1000 В

Тип и конструкция предохранителей	Номинальный ток патрона, А	Номинальный ток плавкой вставки, А Площадь сечения плавкой вставки, мм ²	Предельно отключающий ток – действующее значение короткого замыкания $I^{(3)}$, кА, при напряжении, В	
			I габарит, 220/380	II габарит, 380/500
ПН2: закрытый, патрон разборный, с заполнителем, вставка из листовой меди с оловянными шариками	100	$\frac{30}{0,17}; \frac{40}{0,225}; \frac{50}{0,34}; \frac{60}{0,426}; \frac{80}{0,595}; \frac{100}{0,765}$	—	—/50
	250	$\frac{100}{0,765}; \frac{120}{0,935}; \frac{150}{1,085}; \frac{200}{1,53}; \frac{250}{2,3}$	—	—/40
	400	$\frac{200}{1,53}; \frac{250}{2,04}; \frac{300}{2,88}; \frac{350}{3,06}; \frac{400}{3,81}$	—	—/25
	600	$\frac{300}{2,88}; \frac{400}{4,08}; \frac{500}{5,1}; \frac{600}{6,12}$	—	—/25
НПН: закрытый, патрон неразборный, с заполнителем, вставка из меди с оловянным шариком	15	$\frac{6}{0,0345}; \frac{10}{0,098}; \frac{15}{0,141}$	—	—/10
	60	$\frac{15}{0,141}; \frac{20}{0,215}; \frac{25}{0,282}; \frac{35}{0,48}; \frac{45}{0,72}; \frac{60}{0,96}$	—	—/10
НПР: закрытый, патрон неразборный, с заполнителем, вставка из меди с оловянным шариком	100	$\frac{60}{0,96}; \frac{80}{1,04}; \frac{100}{1,7}$	—	—
	200	$\frac{100}{1,7}; \frac{125}{2,27}; \frac{160}{2,83}; \frac{200}{3,4};$	—	—

Окончание табл. П12

Тип и конструкция предохранителей	Номинальный ток патрона, А	Номинальный ток плавкой вставки, А Площадь сечения плавкой вставки, мм ²	Предельно отключающий ток – действующее значение короткого замыкания $I^{(3)}$, кА, при напряжении, В	
			I габарит, 220/380	II габарит, 380/500
ПРС: однополюсный, резьбовой, разборный, с заполнителем	6	$\frac{1}{0,138}; \frac{2}{0,312}; \frac{4}{0,482}; \frac{6}{0,635}$	—	—
	20	$\frac{10}{1,3}; \frac{16}{1,54}; \frac{20}{2,55}$	—	—
	63	$\frac{25}{3,8}; \frac{40}{7,6}; \frac{63}{10,4}$	—	—
ППЗ1 с токоведущими частями из алюминия:				
ППЗ1-29	63	4; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	—	—
ППЗ1-33	160	50; 63; 80; 100; 125; 160	—	—
ППЗ1-35	250	125; 160; 200; 250	—	—
ППЗ1-39	630	200; 250; 320; 400; 500; 630	—	—

Приложение 13

Таблица П13

Технические данные электромагнитных пускателей и тепловых реле

Тип пускателя	Величина пускателя	Наибольшая мощность управляемого двигателя, кВт, при напряжении 380 В	Тип реле	Номинальный ток, А	
				реле	тепловых элементов
ПМЕ	0	1,1	ТРН-10А	3,2	0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2
ПМЕ	1	4,0	ТРН-10	10	0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8; 10
ПМЕ	2	10,0	ТРН-25	25	5,0; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25
ПАЕ	3	17,0	ТРН-40	40	12,5; 16; 20; 25; 32; 40
ПАЕ	4	30,0	ТРП-60	60	20; 25; 30; 40; 50; 60
ПАЕ	5	55,0	ТРП-120	120	50; 60; 80; 100; 120
ПАЕ	6	75,0	ТРП-150	150	100; 120; 150
ПМЛ	1	4,0	РТЛ-1	10	1,6...10
ПМЛ	2	10,0	РТЛ-2	25	10...25
ПМЛ	3	18,5	РТЛ-3	40	30; 40
ПМЛ	4	30,0	РТЛ-4	63	40...63
ПМЛ	5	45,0	РТЛ-5	80	63; 80
ПМЛ	6	55,0	РТЛ-6	125	100; 125
ПМЛ	7	110,0	РТЛ-7	200	125; 160; 200

Технические характеристики автоматических выключателей

Марка	Полюс	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток расцепителя,	Ток уставки расцепителя, А	IP	Габариты, мм
AE 1031	1	220/380	6; 10; 16; 20; 25	$1,5I_H$	20	21×90×70
AE 2044	1	220/380/440	10; 12,5; 16; 25	$12I_H$	20	25×164×110
BM 40	1	230/440	10; 16; 20; 25; 32; 40	$1,45I_H - T$; $5I_H - ЭМ$	20	17,5×80×71
AE 2046-10P	3	660	16; 20; 25; 31,5; 40; 50	$12I_H$	20	75×215×105
АП 50Б-3МТ	3	500 – пер.ток	1,6; 2,5; 4; 6,3	$10I_H$	20	103×138×98
BA 5237	3	380/660	250; 320; 400	$10I_H$	20	50×225×140
BA 47-29	1, 2	380/220	1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	$2,5I_H$	40	18×80×75
BA 47-100	3, 4	380/220	63, 80, 100	$2,5I_H$	40	27×81×70
BA 16-26	1	220/380	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5	$1,45I_H - T$; $(12...14)I_H - ЭМ$	20	18×90×80
A63M	1	380	10; 16; 20; 25	$1,35I_H - T$; $10I_H - ЭМ$	30	28×134×83
BA 60-26-14	1	380	6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40	$1,45I_H - T$; $10I_H - ЭМ$	20	12,5×85×65
BA 66-29-14	1	220/380	10; 16; 25; 40; 50; 63	$1,45I_H - T$; $10I_H - ЭМ$	20	17,5×80×71
AE 2056MM	3	660	80; 100	$1,25I_H - T$; $12I_H - ЭМ$	20	75×145×105
BA-6026-34	3	380	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5	$1,45I_H - T$; $10I_H - ЭМ$	20	39×85×65
BA-6026-24	2	380	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5	$1,45I_H - T$; $10I_H - ЭМ$	20	25×85×65
AE2046M	3	660	10; 16; 25; 31,5; 40; 50	$1,25I_H - T$; $12I_H - ЭМ$	20	75×145×90
BA 51-25	3	660	10; 16; 25	$1,35I_H - T$; $10I_H - ЭМ$	20	52,5×100×75

Окончание табл. П14

Марка	Полюс	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток расцепителя,	Ток уставки расцепителя, А	IP	Габариты, мм
A3716	3	380/660	100; 125; 160	$1,15I_H - T$; 630 А – ЭМ	30	110×320×180
AE2046-10Б	3	660	10; 16; 20; 25	$1,25I_H - T$	–	75×164×110
BA5735	3	380/660	100; 125; 160	$1,3I_H - T$; $14I_H - ЭМ$	20	110×175×128
BA51-39	3	660	320; 400; 630	$1,25I_H - T$; $10I_H - ЭМ$	20	225×250×100
AE2056МП	3	660	16; 20; 25; 31,5	$1,25I_H - T$	–	75×145×105

Примечание. Типы автоматических выключателей: Т – тепловые, ЭМ – электромагнитные.

Характеристики рубильников TDM (соответствуют ГОСТ Р 50030.3-99)

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	230/400
Номинальный ток, А	16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125
Номинальный рабочий ток при $t = 1$ с	$15 I_n$
Категория применения	АС 22 В
Число полюсов	1, 2, 3, 4
Условия эксплуатации	УХЛ4
Степень защиты выключателя	IP 20
Износостойкость, циклов В–О, не менее:	
электрическая	10 000
механическая	30 000
Максимальное сечение присоединяемых проводов, мм ²	35
Наличие драгоценных металлов (серебро), г/полюс	1,2
Диапазон рабочих температур, °С	от – 40 до +50
Масса 1 полюса, кг	0,13

Примечание. На ток более 125 А устанавливаются рубильники TDM серии ВНК-35.

Приложение 16

Таблица П16.1

Удельные активные сопротивления проводов и кабелей, Ом/км

Сечение провода, мм ²	Медные провода и кабели	Алюминиевые провода и кабели	Сталеалюминиевые провода
1	18,9	—	—
1,5	12,6	—	—
2,5	7,55	12,6	—
4	4,65	7,90	—
6	3,06	5,26	—
10	1,84	3,16	3,12
16	1,20	1,98	2,06
25	0,74	1,28	1,38
35	0,54	0,92	0,85
50	0,39	0,64	0,65
70	0,28	0,46	0,46
95	0,20	0,34	0,33
120	0,158	0,27	0,27
150	0,123	0,21	0,21
185	0,103	0,17	0,17
240	0,078	0,132	0,132
300	0,062	0,106	0,107
400	0,047	0,08	0,08

Таблица П16.2

Удельные индуктивные сопротивления трехжильных кабелей и изолированных проводов, проложенных на роликах и изоляторах, Ом/км

Сечение, мм ²	Трехжильные кабели				Изолированные провода	
	до 1 кВ	3 кВ	6 кВ	10 кВ	на роликах	на изоляторах
1,5	—	—	—	—	0,28	0,32
2,5	—	—	—	—	0,26	0,30
4	0,095	0,111	—	—	0,25	0,29
6	0,090	0,104	—	—	0,23	0,28
10	0,073	0,0825	0,11	0,122	0,22	0,26
16	0,0675	0,0757	0,102	0,113	0,22	0,24
25	0,0662	0,0714	0,091	0,099	0,20	0,24
35	0,0637	0,0688	0,087	0,095	0,19	0,24
50	0,0625	0,0670	0,083	0,09	0,19	0,23
70	0,0612	0,0650	0,08	0,086	0,19	0,23
95	0,0602	0,0636	0,078	0,083	0,18	0,23
120	0,0602	0,0626	0,076	0,081	0,18	0,22
150	0,0596	0,0610	0,074	0,079	—	—
185	0,0596	0,0605	0,073	0,077	—	—
240	0,0587	0,0595	0,071	0,075	—	—

Таблица норм освещенности

Типы помещений	По Российским нормам: СП 52.13330.2016 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03	По международным нормам (МКО)
Офисы общего назначения с использованием компьютеров	200–300	500
Офисы большой площади со свободной планировкой	400	750
Офисы с чертежными работами	500	1000
Конференц-залы	200	300
Лестницы, эскалаторы	50-100	150
Коридоры, холлы	50-75	100
Архивы	75	200
Кладовые	50	100

Приложение 18

Таблица П18.1

Коэффициент использования светового потока, %(светильники с лампами ДРЛ)

Индекс поме- щения, <i>i</i>	Тип светильника																													
	РСП05/Г03; С34ДРЛ					РСП07; РСП06/Л100; РСП06/Л50					РСП05/Д03; СД2Р1С; РСП06/Д03; СД2ДРЛ; РСП06/Д50					УПДДРЛ					РСП05/К03; С35ДРЛ					РСП06/Г03; РСП06/ГУ3				
$\rho_{\text{п}}, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
$\rho_{\text{с}}, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{р}}, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
0,5	51	49	45	42	41	23	22	18	12	12	33	29	27	22	20	30	30	23	20	18	49	46	42	40	37	41	39	35	32	31
0,6	56	51	49	46	45	30	30	22	18	16	38	37	31	27	26	37	36	30	27	26	53	50	46	44	42	49	47	42	39	38
0,7	60	57	53	50	50	35	32	27	21	20	43	41	35	32	31	42	40	33	31	29	58	54	50	48	47	54	51	47	44	43
0,8	63	60	56	53	53	40	38	30	25	23	46	44	38	35	34	45	43	37	34	33	61	57	53	51	50	57	54	50	47	46
0,9	65	63	58	56	55	43	39	33	29	26	49	47	41	38	37	47	45	40	37	35	64	59	56	53	52	60	57	53	50	49
1,0	68	65	61	59	57	47	40	37	31	29	52	49	44	40	39	49	47	41	40	38	67	61	58	55	54	63	60	55	53	51
1,1	70	67	62	60	59	50	44	40	33	31	54	51	46	43	41	51	50	43	42	40	69	63	60	57	56	65	62	57	55	53
1,25	73	68	64	62	61	53	50	42	37	34	57	54	48	45	44	55	53	47	44	42	71	65	62	59	58	68	64	59	57	56
1,5	78	71	68	65	64	58	54	46	41	38	62	57	53	49	48	59	56	50	48	45	74	68	65	62	61	73	67	63	60	59
1,75	81	73	70	68	66	62	57	50	44	41	66	60	56	52	51	62	58	53	50	48	76	70	67	64	64	76	69	66	63	61
2,0	82	74	72	69	67	66	60	54	48	44	68	62	58	54	53	67	60	56	53	51	78	71	69	66	65	78	70	67	64	63
2,25	84	75	72	70	68	68	62	56	50	46	70	63	59	56	56	69	62	57	54	52	79	72	70	67	66	80	72	68	66	64
2,5	85	76	73	71	69	70	64	58	52	47	72	65	61	58	56	71	63	59	57	53	80	74	71	68	67	81	73	69	68	66
3,0	86	78	74	73	70	74	67	60	56	50	74	67	62	60	58	73	66	60	58	56	82	75	72	70	68	83	74	71	69	67
3,5	87	78	75	74	71	77	70	62	58	52	76	68	64	62	59	75	67	61	59	57	84	76	72	70	69	84	75	72	70	68
4,0	89	79	76	74	72	79	71	63	59	53	77	69	65	63	60	77	69	63	61	58	85	76	73	71	70	85	76	73	71	69
5,0	91	80	78	76	73	82	72	65	63	55	80	71	68	65	63	79	70	66	63	60	88	76	74	73	71	88	78	75	73	70
$\Phi, \%$	80					64					80					70					80									
	0					16					0					2					0									

Таблица П18.2

Коэффициент использования светового потока, %(светильники с люминесцентными лампами)

Индекс поме- щения, <i>i</i>	Тип светильника																								
	ЛОУ 2×40 1001					ЛОУ 2×40 1011					ШОД					ЛПО09					ЛПО02 4×40				
ρ _п , %	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
ρ _с , %	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
ρ _р , %	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
0,5	27	26	21	16	15	28	26	19	17	14	23	22	16	14	10	27	25	23	20	14	26	24	23	19	15
0,6	32	30	24	20	18	31	29	23	20	18	29	28	21	18	12	33	31	29	24	18	30	28	26	22	18
0,7	36	34	28	24	22	36	34	28	24	22	33	32	24	21	14	38	36	34	28	22	34	32	30	26	21
0,8	40	37	31	27	25	39	37	30	26	24	37	35	27	24	16	41	39	37	32	25	37	34	33	29	24
0,9	44	40	34	30	28	43	40	34	29	27	40	38	30	27	18	46	42	41	35	29	40	37	35	32	26
1,0	47	43	37	32	30	46	42	36	32	30	43	41	32	29	19	49	46	44	38	32	43	39	38	34	28
1,1	49	45	39	34	32	48	44	38	34	31	46	43	34	31	20	52	48	46	41	34	45	41	39	36	30
1,25	52	48	42	37	34	51	47	41	36	34	49	46	37	34	22	56	51	49	44	37	47	43	41	38	32
1,5	56	51	46	41	38	56	50	45	40	37	54	50	40	37	24	60	55	53	49	42	51	46	44	41	35
1,75	59	54	49	44	41	58	53	48	42	40	57	53	43	40	25	64	58	57	52	46	53	48	46	44	37
2,0	62	56	50	46	43	60	55	49	44	41	60	55	45	42	27	67	61	59	55	48	55	50	48	45	39
2,25	64	58	52	48	45	63	57	51	46	43	63	57	47	44	28	70	63	62	57	51	57	52	50	47	41
2,5	66	60	54	50	46	65	58	52	48	45	65	59	48	45	29	72	65	64	59	53	59	53	51	48	42
3,0	68	62	56	52	48	67	60	54	50	46	68	61	50	48	30	76	68	66	62	56	61	55	52	50	44
3,5	70	63	57	53	50	69	61	56	52	48	71	63	52	50	31	78	70	68	64	58	63	56	53	51	45
4,0	72	64	58	55	51	70	62	57	53	49	73	65	54	52	32	80	71	69	66	60	64	57	54	52	46
5,0	76	66	61	58	53	74	65	59	56	51	76	67	56	53	34	85	75	72	70	65	67	59	56	55	48
Φ, %	62					58					40					80					64				
	10					13					45					0									

Окончание табл. П18.2

Индекс поме- щения, i	Тип светильника																								
	ЛПР					ОЛС1					ЛВО01/05					ЛСП01-2×150-15					УВЛН, УВЛВ				
$\rho_{\text{п}}, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
$\rho_{\text{с}}, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{р}}, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
0,5	24	23	22	19	11	24	20	17	13	6	15	13	15	10	6	27	25	23	22	16	28	26	25	21	17
0,6	31	29	26	22	15	26	25	22	17	9	18	17	16	13	9	33	31	29	26	20	32	31	29	25	21
0,7	35	33	30	26	18	30	28	24	20	11	20	19	18	15	11	38	35	33	30	24	37	34	31	30	25
0,8	39	36	33	29	20	33	31	27	22	13	22	21	19	17	13	41	38	36	32	26	40	37	36	32	28
0,9	42	39	36	31	22	36	34	30	25	15	24	23	21	18	14	44	41	38	35	28	43	40	39	35	31
1,0	45	41	38	34	24	39	36	32	27	16	26	24	22	20	15	47	43	40	37	30	46	42	42	38	33
1,1	47	43	40	36	26	41	38	34	29	18	28	25	24	21	16	49	45	42	39	32	48	44	43	40	35
1,25	50	45	42	38	28	44	40	36	31	20	29	27	25	23	18	51	47	44	41	33	51	46	45	42	37
1,5	53	49	44	41	30	48	44	39	35	22	32	29	27	25	20	55	50	46	44	36	54	49	48	46	41
1,75	56	51	47	44	33	51	47	42	38	25	33	30	28	26	21	57	52	49	47	38	57	52	51	48	44
2,0	59	53	48	46	34	54	48	43	40	26	35	31	29	28	22	59	54	50	48	40	59	54	52	50	45
2,25	61	55	50	47	36	56	51	45	41	28	36	32	30	29	23	61	56	52	50	41	61	55	54	52	47
2,5	63	56	52	49	37	58	52	47	43	29	37	34	31	30	24	63	57	53	51	42	63	57	55	53	49
3,0	65	58	53	51	38	61	55	49	45	31	39	35	32	31	25	65	59	54	52	44	65	58	57	55	51
3,5	67	60	54	52	40	63	56	50	47	33	40	35	33	32	26	67	60	56	54	44	66	59	58	56	52
4,0	69	61	55	53	41	65	58	52	49	34	41	36	34	32	27	68	61	56	55	45	68	60	59	57	53
5,0	72	63	58	56	43	69	61	55	52	37	43	38	35	34	28	72	63	58	57	47	71	62	60	59	56
$\Phi, \%$	51										45					53					64				
	21					24					10					16					0				

Световой поток ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм
Лампы накаливания		
В	15	105
	25	220
БК	40	460
	60	790
Б	100	1 450
Г	150	2 000
	200	2 800
	300	4 600
	500	8 300
	750	13 100
	1 000	18 600
	1 500	29 000
Люминесцентные лампы		
ЛДЦ	20	820
	80	3 560
ЛД	20	920
	40	2 340
ЛБ	20	1 180
	40	3 000
	80	5 220
ЛХБ	40	2 600
	80	4 440
ЛТБ	40	2 580
	80	4 440
Дуговые ртутные лампы		
ДРЛ	80	3 200
	250	11 000
	700	35 000
	1 000	50 000
ДРИ	250	18 700
	400	32 000
	1 000	96 000
	2 000	190 000
ДКсТ	5 000	198 000
	10 000	260 000
	20 000	694 000
ДКсТЛ	50 000	2 230 000

Характеристики компенсирующих устройств

Наименование	Мощность, кВАр	Шаг регулировки, кВАр	Габариты (В×Ш×Г), мм	Ток, А	Масса, кг	Сечение питающего медного кабеля, мм ²
1	2	3	4	5	6	7
УК1 -0,4-2,5-УХЛЗ	2,5	—	400×300×200	3	—	—
УК1 -0,4-5-УХЛЗ	5	—		7		
УК1 -0,4-7,5-УХЛЗ	7,5	—		11		
УК1 -0,4-10-УХЛЗ	10	—		14		
УК1-0,4-15-УХЛЗ	15	—		22		
УКМ 58-0,4-20-2,5	20	2,5	800×600×300	28,9	35	3×16
УКМ 58 -0,4-20-5	20	5		28,9	35	
УКМ 58 -0,4-20-10	20	10		28,9	30	
УКМ 58 -0,4-30-2,5	30	2,5		43,3	62	3×25
УКМ 58 -0,4-30-5	30	5		43,3	65	
УКМ 58 -0,4-30-10	30	10		43,3	60	
УКМ58 -0,4-40-2,5	40	2,5		57,7	65	3×35
УКМ58 -0,4-40-5	40	5		57,7	65	
УКМ58-0,4-40-10	40	10		57,7	62	
УКМ58-0,4-50-5	50	5		72,2	63	3×50
УКМ 58 -0,4-50-10	50	10		72,2	63	
УКМ58 -0,4-50-12,5	50	12,5		72,2	63	
УКМ 58-0,4-50-25	50	25		72,2	63	
УКМ 58-0,4-60-5	60	5	1000×650×350	86,6	67	3×50
УКМ 58-0,4-60-10	60	10		86,6	67	
УКМ 58-0,4-75-12,5	75	12,5		108,3	67	
УКМ 58-0,4-75-25	75	25		108,3	65	
УКМ 58 -0,4-100-10	100	10		144,3	75	3×70
УКМ 58 -0,4-100-12,5	100	12,5		144,3	75	
УКМ 58 -0,4-100-25	100	25		144,3	73	
УКМ 58-0,4-112,5-12,5	112,5	12,5	1400×650×350	162,4	85	3×70
УКМ 58-0,4 -125-25	125	25		180,4	92	3×95
УКМ 58-0,4 -150-25	150	25		216,5	110	2 каб.×(3×50)
УКМ 58-0,4-150-50	150	50		216,5	115	
УКМ 58-0,4-175-25	175	25		252,6	116	
УКМ 58-0,4-200 -25	200	25		288,7	120	2 каб.×(3×70)
УКМ 58-0,4 -200-50	200	50		288,7	120	

1	2	3	4	5	6	7
УКМ 58-0,4-225-25	225	25	1650×800×450	324,8	135	2 каб.×(3×70)
УКМ 58-0,4-250-25	250	25		360,9	153	2 каб.×(3×95)
УКМ 58-0,4-250-50	250	50		360,9	150	
УКМ 58-0,4-275-25	275	25		396,9	158	
УКМ 58-0,4-300-50	300	50		433	160	2 каб.×(3×120)
УКМ 58-0,4-300-25	300	25		433	170	
УКМ 58-0,4 -350-50	350	50		505,2	180	2 каб.×(3×150)
УКМ 58-0,4-350-25	350	25		505,2	185	
УКМ 58-0,4-375-25	375	25		541,3	185	
УКМ 58-0,4 -400-50	400	50		577,4	187	
УКМ 58-0,4-400-25	400	25		577,4	190	
УКМ 58-0,4-425-25	425	25	1650×1000×450	613,5	250	2 каб.×(3×185)
УКМ 58-0,4-450-50	450	50		649,5	252	
УКМ 58-0,4-450-25	450	25		649,5	260	
УКМ 58-0,4-500-50	500	50		721,7	289	
УКМ 58 -0,4-550-50	550	50		793,9	300	
УКМ 58 -0,4-600-50	600	50		866,1	300	2 каб.×(3×240)
УКМ 58 -0,4-650-50	650	50	1650×1600×450	938,2	310	2 каб.×(3×240)
УКМ58 -0,4-700-50	700	50		1010,4	340	4 каб. × (3×150)
УКМ58 -0,4-750-50	750	50		1082,6	361	
УКМ 58-0,4-800-50	800	50		1154,7	413	
УКМ 58-0,4-850-50	850	50	1650×2000×450	1226,9	450	4 каб.×(3×150)
УКМ 58-0,4-900-50	900	50		1299,1	465	
УКМ 58-0,4-950-50	950	50		1371,2	500	4 каб.×(3×185)
УКМ 58-0,4-1000-50	1000	50		1443,4	516	

Приложение 21

Таблица П21

Характеристики двухобмоточных трансформаторов

Тип	Номиналь- ная мощ- ность, кВА	Сочетание напряжений, кВ		Потери, кВт		$I_{\text{х.х}}$, %	$U_{\text{к.з}}$, %
		ВН	НН	$\Delta P_{\text{х.х}}$	$\Delta P_{\text{к.з}}$		
Без регулирования напряжения							
ТМ-25/10 V1	25	6; 10	0,4	0,13	0,6	3,2	4,5
ТМ-40/10 V1	40	6; 10	0,4	0,19	0,88	3,0	4,5
ТМ-63/10 V1	63	6; 10	0,4	0,26	1,28	2,0	4,5
ТМ-100/10 V1	100	6; 10	0,4	0,36	1,97	2,6	4,5
ТМ-160/10 V1	160	6; 10	0,4; 0,69	0,56	2,65	2,4	4,5
ТМ-250/10 V1	250	6; 10	0,4; 0,69	0,82	3,70	2,3	4,5
ТМ-400/10 V1	400	6; 10	0,4; 0,69	1,05	5,50	2,1	4,5
ТМ-630/10 V1	630	6; 10	0,4; 0,69	1,56	7,60	2,0	5,5
ТМ-1000/10 V1	1000	6; 10	0,4...10,5	2,45	12,2	1,4	5,5
ТМС-1000/10 V1	1000	3,15...10,5	0,4...0,525	2,75	12,2	1,5	8,0
ТМ-1600/10 V1	1600	6; 10	0,4...6,3	3,30	18,0	1,3	5,5
ТМ-2500/10 V1	2500	6; 10	0,4...10,5	4,60	26,0	1,0	5,5
ТМ-4000/10 V1	4000	6; 10	3,15; 6,3	6,40	33,5	0,9	6,5
ТМ-6300/10 V1	6300	10	3,15...10,5	9,0	46,5	0,8	6,5
ТМ-100/10 V1	100	35	10	0,46	1,97	4,16	6,5
ТМ-160/10 V1	160	35	10	0,56	2,65	2,4	6,5
ТМ-250/10 V1	250	35	10	0,96	3,70	2,3	6,5
ТМ-400/10 V1	400	35	10	1,35	5,50	2,1	6,5
ТМ-630/10 V1	630	35	10	2,0	7,60	2,0	6,5
ТМ-1000/10 V1	1000	35	10	2,75	11,6	1,5	6,5
ТМ-1600/10 V1	1600	35	10	3,65	16,5	1,4	6,5
ТМ-2500/10 V1	2500	35	10	5,1	23,5	1,1	6,5
ТМ-4000/10 V1	4000	35	10	6,7	33,5	1,0	7,5
ТМ-6300/10 V1	6300	35	10	9,4	46,5	0,9	7,5
ТМ-10000/10 V1	10000	35	10	19,6	85,0	0,8	8,0
ТМ-16000/10 V1	16000	35	10	28,4	105,0	0,75	10,0
С переключением без возбуждения: ПВБ на стороне ВН $\pm 2 \times 2,5\%$							
Масляные							
ТМЗ-400/10 V1	400	6; 10	0,4	1,08	5,50	4,5	5,5
ТМЗ-630/10 V1	630	6; 10	0,4	1,68	7,60	3,2	6,5
ТМЗ-1000/10 V1	1000	6; 10	0,4; 0,69	2,45	11,0	1,4	5,5
ТМЗ-1600/10 V1	1600	6; 10	0,4; 0,69	3,30	16,5	1,3	5,5
ТМЗ-2500/10 V1	2500	6; 10	0,4; 0,69	4,60	24,0	1,0	5,3
С негорючим заполнением							
ТНЗ-630/10 V1	630	6; 10	0,4	1,68	7,60	3,2	5,5
ТНЗ-1600/10 V1	1600	6; 10	0,4; 0,69	3,30	16,5	1,3	5,5
ТНЗ-2500/10 V1	2500	6; 10	0,4; 0,69	4,60	24,0	1,0	5,5

Приложение 22

Таблица П22

Технико-экономические характеристики кабелей с алюминиевыми жилами

Рабочее напряжение, кВ	Сечение жилы, мм ²	Длительно допустимая токовая нагрузка, А		Потери мощности в одном кабеле при полной нагрузке, кВт/км	Длина кабеля на 1% потери напряжения, м	Масса алюминия, т/км	Примерная стоимость 1 км линии, тыс. руб.						
		при прокладке кабеля											
		при прокладке в траншее	при прокладке в конструкциях				в траншее			на конструкциях		в блоке	
							АСБ, АОСБ (20, 35 кВ)	ААБ, АОАБ (20, 35 кВ)	ААШв	АСБГ, АОСБГ (20, 3 кВ)	ААБГ, АО-АБГ (20, 35 кВ)	ААШВв	АСГТ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Трёхжильные кабели													
До 1	2,5	31	22	46	6	0,02	1,12	–	–	1,08	–	–	1,08
	4	42	29	53	7	0,03	1,19	–	–	1,10	–	–	1,11
	6	55	35	60	8	0,05	1,22	0,98	–	1,15	1,05	–	1,17
	10	75	46	67	9	0,08	1,32	1,02	–	1,24	1,11	–	1,25
	16	90	60	71	12	0,13	1,46	1,13	–	1,34	1,21	–	1,40
	25	125	80	76	14	0,20	1,65	1,27	–	1,53	1,34	–	1,60
	35	145	95	76	17	0,28	1,87	1,44	–	1,76	1,49	–	1,85
	50	180	120	77	20	0,40	2,18	1,70	–	2,10	1,70	–	2,21
	70	220	155	83	22	0,56	2,63	2,00	–	2,52	2,01	–	2,67
	95	260	190	83	26	0,76	3,17	2,43	–	3,07	2,48	–	3,29
	120	300	220	90	28	0,96	3,7	2,80	–	3,60	2,72	–	3,88
	150	335	255	90	31	1,20	4,37	3,30	–	4,25	3,17	–	4,58
	185	380	290	91	34	1,48	5,15	3,77	–	4,99	3,69	–	5,40
	240	440	330	95	38	1,92	6,35	4,75	–	6,18	4,50	–	6,75

Продолжение табл. П22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Четырёхжильные кабели													
До 1	4	38	27	53	7	0,04	1,19	–	–	1,26	–	–	1,36
	6	46	35	60	8	0,06	1,23	1,07	–	1,30	1,07	–	1,40
	10	65	45	67	9	0,09	1,35	1,15	–	1,41	1,13	–	1,50
	16	90	60	60	12	0,15	1,50	1,25	–	1,56	1,25	–	1,67
	25	115	75	72	14	0,24	1,75	1,43	–	1,77	1,42	–	1,90
	35	135	95	75	17	0,33	2,00	1,62	–	2,05	1,60	–	2,18
	50	165	110	77	20	0,47	2,41	1,90	–	2,42	1,86	–	2,57
	70	200	140	83	22	0,65	2,95	2,28	–	2,93	2,22	–	3,11
	95	240	165	85	26	0,90	3,65	2,78	–	3,56	2,69	–	3,76
	120	270	200	90	28	1,10	4,33	–	–	4,21	–	–	4,44
	150	305	230	88	31	1,40	5,14	–	–	4,98	–	–	5,25
	185	345	260	91	34	1,67	6,10	–	–	5,92	–	–	6,20
Трёхжильные кабели													
6	10	60	42	40	185	0,08	1,81	1,48	1,32	2,08	1,62	1,48	2,33
	16	80	50	45	220	0,13	1,93	1,55	1,40	2,19	1,70	1,54	2,46
	25	105	70	50	260	0,20	2,12	1,68	1,50	2,37	1,81	1,66	2,67
	35	125	85	51	310	0,28	2,35	1,80	1,64	2,56	1,96	1,77	2,88
	50	155	110	54	360	0,40	2,65	2,06	1,83	2,83	2,18	1,98	3,17
	70	190	135	59	410	0,56	3,08	2,33	2,10	3,21	2,44	2,22	3,64
	95	225	165	61	470	0,76	3,60	2,69	2,40	3,70	2,79	2,55	4,21
	120	260	190	64	510	0,96	4,11	3,06	2,72	4,18	3,12	2,84	4,72
	150	300	225	67	560	1,20	4,75	3,48	3,11	4,74	3,50	3,20	5,41
	185	340	250	69	600	1,48	5,48	4,00	3,56	5,60	4,00	3,68	6,17
	240	390	290	70	680	1,92	6,56	4,75	4,28	6,43	4,76	4,35	7,40

Окончание табл. П22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Трёхжильные кабели													
10	16	75	46	39	400	0,13	2,36	1,76	1,61	2,44	1,75	1,73	2,95
	25	90	65	40	510	0,20	2,54	1,91	1,76	2,62	1,89	1,88	3,16
	35	115	80	42	560	0,28	2,77	2,08	1,88	2,84	2,07	2,02	3,39
	50	140	105	44	660	0,40	3,07	2,29	2,11	3,17	2,30	2,21	3,77
	70	165	130	44	780	0,56	3,49	2,60	2,38	3,59	2,61	2,49	4,24
	95	205	155	50	860	0,76	4,01	2,99	2,76	4,01	3,03	2,84	4,82
	120	240	185	54	930	0,96	4,56	3,37	3,08	4,65	3,41	3,20	5,39
	150	275	210	56	1010	1,20	5,21	3,83	3,50	5,28	3,89	3,62	6,08
	185	310	235	57	1100	1,48	5,90	4,37	4,01	6,03	4,45	4,10	6,94
	240	355	270	58	1250	1,92	7,09	5,20	4,80	7,22	5,26	4,82	8,20

Примечание. Значения букв и цифр в структуре условного обозначения трансформаторов двухобмоточных трехфазных: первая буква Т и О – трехфазное и однофазное исполнение; вторая буква или сочетание букв М, Д, ДЦ, Ц, Н – исполнение изоляции активной части, т.е. М, Д, ДЦ, Ц – изоляция масляная, Н – изоляция негорючий заполнитель; исполнение системы охлаждения активной части: М(Н) – естественная циркуляция заполнителя (трансформаторного масла или негорючей жидкости) и теплоотдача через стенки бака трансформатора, а также через трубчатые радиаторы с естественной циркуляцией воздуха; Д – естественная циркуляция масла и принудительная воздуха; ДЦ – принудительная циркуляция масла и воздуха; Ц – принудительная циркуляция масла и охлаждающей воды; буква перед обозначением системы охлаждения; Р – с расщепленной обмоткой НН; З – трансформатор без расширителя, защищенный азотной подушкой, герметичный; Н – с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН); С – для собственных нужд электростанций; числитель дроби – номинальная мощность, кВт; знаменатель – номинальное напряжение, кВ; цифра после дроби – год разработки; VI – климатическое исполнение и категория размещения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Задание и исходные данные для выполнения курсового проекта	5
2. Требования к содержанию и оформлению курсового проекта	7
2.1. Структура пояснительной записки	7
2.2. Оформление пояснительной записки	8
2.3. Оформление графического материала	8
3. Методика расчета электрического освещения и силовой сети здания	9
3.1. Расчет силовой сети здания/помещения	9
3.1.1. Определение электрических расчетных нагрузок методом средней мощности и коэффициента максимума в отдельности для каждого приемника	9
3.1.2. Характеристики электродвигателей для оборудования	12
3.1.3. Определение расчетных токов электрооборудования	12
3.1.4. Выбор марки и сечения проводников распределительной сети и их способа прокладки	13
3.1.5. Выбор аппаратов защиты	16
3.1.6. Выбор предохранителей	17
3.1.7. Выбор магнитных пускателей	18
3.1.8. Выбор автоматических выключателей	19
3.1.9. Определение потерь напряжения в проводниках электроэнергии	21
3.2. Расчет осветительной сети	21
3.2.1. Выбор освещенности и коэффициента запаса	21
3.2.2. Выбор источника света и осветительного прибора	21
3.2.3. Расчет количества светильников	22
3.2.4. Расчет освещенности методом коэффициента использования светового потока	23
3.2.5. Расчет аварийного освещения	24
3.3. Расчет полной мощности	24
3.3.1. Расчет суммарной мощности силовой и осветительной сетей	24
3.3.2. Выбор количества и мощности трансформаторов	24
3.3.3. Расчет потерь мощностей в трансформаторе	26
3.3.4. Выбор сечения питающего кабеля	27
3.3.5. Определение потерь электроэнергии в питающем кабеле	27
3.4. Экономические показатели	28
3.4.1. Экономические показатели работы трансформатора	28
3.4.2. Экономические показатели работы линии электропередач	29
Список литературы	30
Приложения	32

Учебное издание

**РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ
И СИЛОВОЙ СЕТИ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА**

Учебно-методическое пособие

Составитель: **Рыжков Денис Витальевич**

Кафедра Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооруже-
ний КГЭУ

Редактор И.В. Краснова
Компьютерная верстка И.В. Краснова

Подписано в печать _____

Формат 60×84 1/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.

Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 2,34. Заказ № _____

Редакционно-издательский отдел КГЭУ

420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51