

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ  
СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

*Учебно-методическое пособие  
к расчетно-графической работе*

Красноярск  
СФУ  
2012

УДК 697:682.6(07)  
ББК 38.653я73  
Э455

Составитель *Ю. М. Грудинов*

**Э455**      Электроснабжение строительной площадки : учеб.-метод. пособие к расчетно-графической работе / сост. Ю. М. Грудинов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 40 с.

В учебно-методическом пособии излагаются методы, используемые в лабораторном практикуме по электроснабжению строительной площадки, формулируются требования и даются рекомендации по выполнению отдельных этапов работ и обработке опытных данных измерений.

Предназначено для студентов по направлению подготовки 270100 «Строительство».

**УДК 697:682.6(07)**  
**ББК 38.653я73**

© Сибирский  
федеральный  
университет, 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение расчетно-графической работы (РГР) по электроснабжению строительной площадки предусматривает приобретение будущими инженерами навыков по выбору элементов систем электроснабжения и пускозащитной аппаратуры. Значимость этих навыков в системе инженерной подготовки обусловлена тем, что согласно Правилам эксплуатации электроустановок вся ответственность за их выполнение возлагается на соответствующего руководителя (вне зависимости от его специальности), который обязан обеспечить безопасную и безаварийную эксплуатацию электроустановок, размещенных на вверенном ему участке производства.

*Целями расчетно-графической работы являются:*

- усвоение методов оценки значений электрических нагрузок;
- закрепление знаний правил выбора элементов электрических сетей, силовых распределительных пунктов, комплектных трансформаторных подстанций и пускозащитной аппаратуры;
- изучение номенклатуры электрооборудования и кабельной продукции, применяемых для электроснабжения строительных площадок.

*Индивидуальное задание.* Исходными данными являются схема подключения технологического оборудования, пример которой приведена на рис. 1, задание на электроснабжение строительной площадки (табл. 1), номинальные мощности электроприемников (ЭП) в зависимости от варианта задания принимаются по таблице приложения.

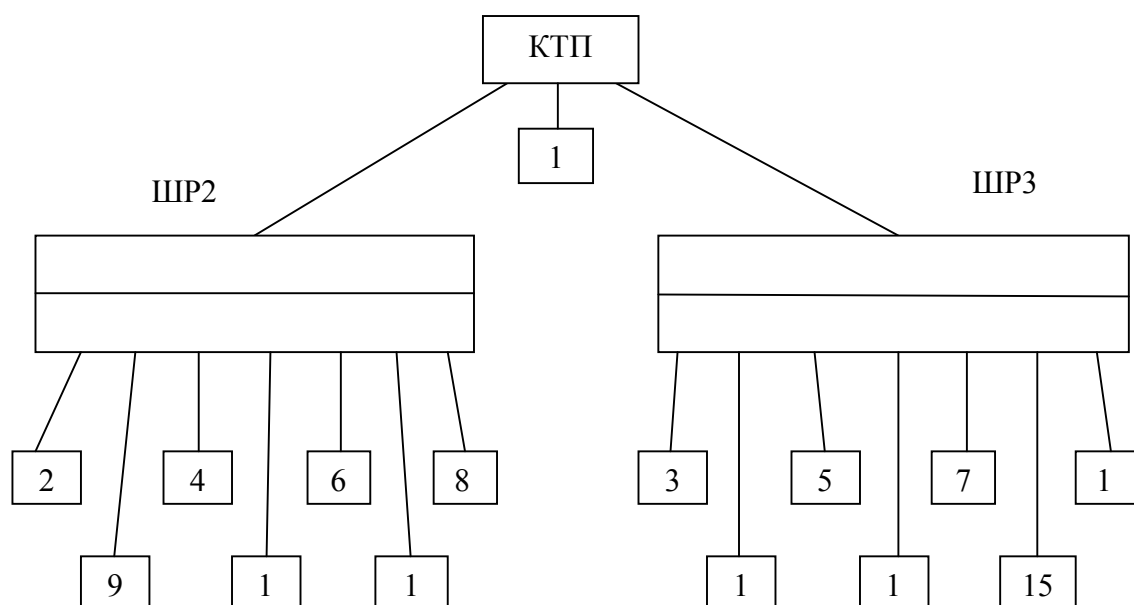


Рис. 1. План подключения технологического оборудования строительной площадки

**Задание на электроснабжение технологического оборудования  
строительной площадки**

Номер на схеме	Оборудование	$P_n$ , кВт	Среда установки	Напряжение сети, В	Сменность	Длина линии до ШР, м
1	Строительный кран	90	Нормальная	380	2	125
2, 3	Лебедка	18,5	Нормальная	380	2	35
4, 5	Бытовка	10	Нормальная	380	2	45
6, 7	Сварочный агрегат	84	Нормальная	380	2	40
8, 9, 10	Растворный узел	22	Нормальная	380	2	20
11	Компрессор	18,5	Нормальная	380	2	80
12	Насос	7,5	Нормальная	380	2	40
13	Вентилятор	11	Нормальная	380	2	100
14	Электроинструмент	2,2	Нормальная	380	1	30
15	Наружное освещение	25	Нормальная	380	1	45

**Примечание.** Длина линии от КТП до ШР2 и ШР3, соответственно, равна 70 м, а полная мощность сварочного агрегата  $S = 120$  кВА.

Номер варианта задания для студентов дневной формы обучения определяется преподавателем, для студентов заочной формы обучения – двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

При выполнении РГР для получения навыка выбора различной защитной аппаратуры один из силовых распределительных шкафов (ШР) следует принять с автоматическими воздушными выключателями, а другой – с предохранителями.

Электроприемники строительной площадки относятся к третьей категории по надежности электроснабжения, что обуславливает достаточность применения комплектной трансформаторной подстанции (КТП), имеющей в своем составе один трансформатор. Длину линии от КТП до силового распределительного шкафа для студентов заочной формы обучения принять равной 190 м, а для студентов дневной формы обучения она определяется преподавателем.

*Содержание расчетно-графической работы:*

1. Выбор комплектной трансформаторной подстанции.
  - 1.1. Расчет электрических нагрузок.
  - 1.2. Выбор комплектных компенсирующих устройств (ККУ).
  - 1.3. Предварительный выбор мощности трансформатора.
  - 1.4. Проверка предварительно выбранного трансформатора по условию допустимого остаточного напряжения при пуске двигателя наибольшей мощности.
2. Выбор комплектного оборудования.
  - 2.1. Расчет электрических нагрузок распределительных шкафов (ШР2 и ШР3).
  - 2.2. Выбор вводного и линейных автоматов ШР2.
  - 2.3. Выбор вводного рубильника и предохранителей для ЭП ШР3.
3. Выбор проводов и кабелей.
  - 3.1. Предварительный выбор проводов и кабелей по токовой нагрузке ЭП.
  - 3.2. Проверка предварительно выбранных проводов и кабелей на потерю напряжения.

Литература.

# 1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

## 1.1. ВЫБОР КОМПЛЕКТНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Источником питания электроприемников строительной площадки напряжением 0,38 кВ является комплектная трансформаторная подстанция. Под *КТП* понимается подстанция, состоящая из одного или двух трансформаторов, аппаратуры защиты и автоматики, скомплектованная по чертежам проектной организации на заводе-изготовителе. Количество трансформаторов КТП определяется категорией надежности электроснабжения потребителей [1].

К *первой категории* по надежности относят ЭП, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный материальный ущерб, повреждение дорогостоящего технологического оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение особо важных объектов коммунального хозяйства.

К *второй категории* по надежности относят ЭП, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и общественного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей.

К *третьей категории* по надежности относят ЭП, которые не попадают под определение первой и второй категорий. Установление категории электроснабжения осуществляется технологами совместно с электриками.

Для ЭП первой категории следует использовать двухтрансформаторные КТП, так как перерыв в электроснабжении для них допустим только на время автоматического восстановления питания. Последнее в двухтрансформаторных КТП осуществляется посредством устройства для автоматического ввода резерва (АВР) на стороне низшего напряжения трансформаторов. В нормальном режиме каждый трансформатор КТП обеспечивает электроснабжение только присоединенных к нему ЭП. При отключении любого из трансформаторов КТП устройством АВР (секционный автоматический воздушный выключатель) автоматически к оставшемуся в работе трансформатору присоединяются все ЭП, электроснабжение которых осуществлялось от отключенного трансформатора.

Для ЭП второй категории перерыв в электроснабжении допустим на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады. При наличии централизованного резерва трансформаторов допускается электроснабжение ЭП второй категории от однотрансформаторной КТП. Количество трансформаторов КТП для ЭП второй категории может быть равно как двум, так и одному, причем более обоснованной стратегией, как доказано в работе [2], является ориентация на КТП с двумя трансформаторами.

Для ЭП третьей категории перерыв в электроснабжении допустим на время не более суток, что соответствует достаточности для их электроснабжения от однотрансформаторной КТП.

Мощность трансформатора однострансформаторной КТП

$$S_T = \frac{S_{\text{нагр}}}{0,95} \quad (1)$$

где  $S_{\text{нагр}}$  – мощность нагрузки КТП.

Мощность двухтрансформаторной КТП

$$S_T = \frac{S_{\text{нагр}}}{1,4}, \quad (2)$$

где 1,4 – коэффициент, учитывающий допустимую перегрузочную способность трансформатора.

В основе определения электрических нагрузок нескольких ЭП лежат статистические коэффициенты, характеризующие режим электропотребления характерных групп. Коэффициентом использования  $K_{\text{и}}$  именуется отношение средней мощности, потребляемой за наиболее загруженную смену  $P_{\text{см}}$ , к номинальной мощности ЭП, т.е.

$$K_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{н}}} \quad (3)$$

Значения  $K_{\text{и}}$  приведены в табл. 2 и заимствованы из работы [3].

Таблица 2

**Расчетные коэффициенты электрических нагрузок технологического оборудования**

Оборудование	Коэффициент			
	$K_{\text{и}}$	$q$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$
Металлообрабатывающие станки ремонтных участков, растворомешалки	0,15	0,6	0,55	1,52
Технологические вентиляторы, компрессоры, насосы, калориферы	0,55	0,9	0,8	0,75
Сантехнические вентиляторы и насосы	0,65	0,9	0,8	0,75
Насосы водоснабжения	0,7	0,9	0,8	0,75
Краны, кран-балки, тельферы, лебедки	0,1	1	0,5	1,73
Сварочные агрегаты	0,25	0,8	0,7	1
Электроосвещение:				
лампы накаливания	1	1	1	0
люминесцентные лампы	1	1	0,95	0,33
дуговые ртутные лампы	1	1	0,5	1,73

При определении мощности, потребляемой группой ЭП, и выборе количества единиц технологического оборудования, как показали исследования последних лет [4, 7], необходимо учитывать неритмичность технологических

процессов и наличие простоев оборудования в ремонтах, что достигается введением в расчет технологического коэффициента  $q$ . Значения  $q$ , обоснованные в работе [4], приведены в [7] и в табл. 2.

Для  $n$  электроприемников с номинальной мощностью  $P_{Hi}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) средняя активная мощность определяется по формуле

$$P_c = \sum_1^n P_{Hi} \cdot K_{иi} \cdot q_{иi}. \quad (4)$$

Средняя активная мощность (интенсивность передачи электрической энергии от источника и ее активное преобразование в другие виды энергии) за наиболее загруженную смену определится для однотипного оборудования по формуле

$$P_c = n \cdot P_H \cdot K_{и} \cdot q. \quad (5)$$

Средняя реактивная мощность нагрузки

$$Q_c = \sum_1^n P_H \cdot K_{иi} \cdot q_i \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (6)$$

Средняя реактивная мощность (интенсивность обмена энергии между источником и магнитным или электрическим полем ЭП) за наиболее загруженную смену для однотипного оборудования определится по формуле

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (7)$$

Полная средняя мощность нагрузки

$$S_{нагр} = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}. \quad (8)$$

Результаты расчета электрических нагрузок электроприемников строительной площадки сводим в табл. 3.

Таблица 3

**Расчет электрических нагрузок электроприемников  
насосной станции**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	$n$	$K_{и}$	$q$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_c$ , кВт	$Q_c$ , кВ·Ар
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В целях снижения потерь электроэнергии в питающих сетях и уменьшения значения устанавливаемой мощности КТП нормативными документами [5] регламентируется необходимость компенсации реактивной мощности посредством

установки батарей конденсаторов, изготавливаемых электропромышленностью в виде комплектных конденсаторных установок (ККУ). Номенклатура ККУ приведена в табл. 4.

Таблица 4

**Номенклатура комплектных конденсаторных установок**

Тип конденсаторной установки	Номинальная мощность, кВ·Ар	Номинальное напряжение, кВ
ККУ–0,38-75	75	0,38
ККУ–0,38-150	150	0,38
ККУ–0,38-225	225	0,38
ККУ–0,38-300	300	0,38
ККУ–0,38-450	450	0,38

Мощность ККУ, присоединяемой к каждому трансформатору КТП, должна выбираться из условия максимальной компенсации реактивной мощности нагрузки ЭП (ближайшей, но не большей), электроснабжение которых осуществляется от этого трансформатора.

Если обозначить  $Q_{нагр}$  расчетную реактивную мощность нагрузки,  $Q_{ККУ}$  реактивную мощность ККУ,  $Q$  реактивную мощность нагрузки после компенсации, то мощность ККУ должна быть такой, чтобы разность была положительной и минимальной:

$$Q = Q_{нагр} - Q_{ККУ} \quad (9)$$

По формуле (2) мощность трансформатора двухтрансформаторной КТП выбирается из условия

$$S_T = \frac{\sqrt{(P_{c1} + P_{c2})^2 + (Q_1 + Q_2)^2}}{1,4} \quad (10)$$

где  $P_{c1}, P_{c2}$  – среднее значение активной мощности нагрузки первого и второго трансформаторов, кВт;  $Q_1, Q_2$  – среднее значение реактивной мощности нагрузки первого и второго трансформаторов после компенсации, кВ·Ар.

Необходимо учитывать, что по формуле (10) определяется мощность одного трансформатора двухтрансформаторной КТП, который при отказе (аварии) другого трансформатора с перегрузкой 140 % будет являться источником электроснабжения всех ЭП рассматриваемой КТП.

Предварительно принимается КТП из номенклатуры по табл. 5, мощность трансформатора которой является ближайшей большей к результату расчета по формуле (10) или (1) величиной.



## Комплектные трансформаторные подстанции

Тип подстанции	Количество трансформаторов	Мощность трансформатора, кВ·А	Напряжение, кВ	
			высшее	низшее
КТП-100/10/0,4-3УЗ	1	100	10	0,4
КТП-160/10/0,4-3УЗ	1	160	10	0,4
КТП-250/10/0,4-3УЗ	1	250	10	0,4
КТП-400/10/0,4-3УЗ	1	400	10	0,4
КТП-630/10/0,4-3УЗ	1	630	10	0,4
КТП-1000/10/0,4-3УЗ	1	1 000	10	0,4
КТП-100/10/0,4-3УЗ	2	100	10	0,4
КТП-160/10/0,4-3УЗ	2	160	10	0,4
КТП-250/10/0,4-3УЗ	2	250	10	0,4
КТП-400/10/0,4-3УЗ	2	400	10	0,4
КТП-630/10/0,4-3УЗ	2	630	10	0,4
КТП-1000/10/0,4-3УЗ	2	1 000	10	0,4

Выбранный трансформатор должен быть проверен по условию обеспечения допустимого значения остаточного напряжения при пуске электродвигателя наибольшей по мощности, определяемого как

$$U_{\text{ост}} = \frac{1,05 \cdot x_{\text{ДВ}}}{x_{\text{ДВ}} + x_{\text{Т}}}, \quad (11)$$

где  $x_{\text{ДВ}}$  – реактивное сопротивление электродвигателя в начале пуска, Ом;  $x_{\text{Т}}$  – реактивное сопротивление трансформатора КТП, Ом.

Значение  $x_{\text{ДВ}}$  определяется по формуле

$$x_{\text{ДВ}} = \frac{U_{\text{Н}}^2 \cdot \eta_{\text{Н}} \cdot \cos \varphi}{P_{\text{Н}} \cdot i_{\text{п}}}. \quad (12)$$

При отсутствии данных о значениях  $i_{\text{п}}$ ,  $\cos \varphi$  и  $\eta_{\text{Н}}$  электродвигателя можно использовать приближенную формулу:

$$x_{\text{ДВ}} \approx \frac{0,0157}{P_{\text{Н}}}. \quad (13)$$

Реактивное сопротивление трансформатора КТП

$$x_{\text{Т}} = \frac{0,055 \cdot U_{\text{НН}}^2}{S_{\text{ТН}}}. \quad (14)$$

Здесь  $U_{\text{Н}}$  – номинальное напряжение электродвигателя,  $U_{\text{Н}} = 0,38$  кВ;  $P_{\text{Н}}$  – номинальная мощность электродвигателя, МВт (т.е. кВт /1000);  $i_{\text{п}}$ ,  $\cos \varphi$ ,  $\eta_{\text{Н}}$  – соответственно, кратность пускового тока и номинальные значения коэффициента мощности и КПД электродвигателя (табл. 6);  $U_{\text{НН}}$  – номинальное напряжение

обмотки низшего напряжения,  $U_{\text{НН}} = 0,4 \text{ кВ}$ ;  $S_{\text{ТН}}$  – номинальная мощность трансформатора КТП, МВ·А (т.е. кВ·А/1000).

Технические данные асинхронных двигателей серии 4А с синхронной частотой вращения 1 500 об/мин приведены в табл. 6.

Таблица 6

**Технические данные асинхронных двигателей  
с короткозамкнутым ротором серии 4А**

Тип двигателя	Мощность, кВт	КПД $\rightarrow \eta_{\text{н}}, \%$	$\cos \varphi$	$i_{\text{п}}$
4АН160S4У3	18,5	88,5	0,87	6,5
4АН160M4У3	22	90	0,88	6,5
4АН180S4У3	30	90	0,84	6,5
4АН180M4У3	37	90,5	0,89	6,5
4АН200M4У3	45	91	0,89	6,5
4АН200L4У3	55	92	0,89	6,5
4АН225M4У3	75	92,5	0,89	6,5
4АН225S4У3	90	94	0,88	6,5
4АН250M4У3	110	93,5	0,89	6,5
4АН280S4У3	132	93	0,89	6
4АН280M4У3	160	93,5	0,9	6
4АН315S4У3	200	94	0,91	6
4АН315M4У3	250	94	0,91	6,5
4АН355S4У3	315	94,5	0,91	6

Если определенное по формуле (9) значение

$$U_{\text{ост}} \geq 0,85, \quad (15)$$

то предварительно принятая мощность трансформатора является окончательной. В противном случае необходимо увеличить мощность трансформатора на одну ступень по табл. 5 и вновь проверить выполнение условия (15). Выбор мощности трансформатора завершается при выполнении условия (15).

## 1.2. ВЫБОР КОМПЛЕКТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для распределения электроэнергии и защиты электрических сетей от токов короткого замыкания применяют распределительные шкафы с плавкими предохранителями или автоматическими выключателями.

Продолжается выпуск распределительных шкафов серии ПР8503 с автоматами на вводе ВА51-39 (на ток 400, 500 и 630 А) и линейными трехполюсными автоматами на отходящих линиях ВА51-31 (с расцепителями на ток 16–100 А) и ВА51-35 (с расцепителями на ток 80–250 А) и распределительных шкафов серии ШР11 с плавкими предохранителями НПН2 и ПН2 (на ток 63, 100 и 250 А) и рубильниками на вводе на ток 250 и 400 А.

Автоматические выключатели предназначены для отключения тока КЗ и перегрузок в электрических сетях, отключений при недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей. Выключатели имеют тепловую и электромагнитную защиту (расцепителя тока). В обозначении автоматического выключателя число 51 (или 52) означает номер серии. Следующее за номером серии двухзначное число 35, 37 или 39 означает номинальный ток автоматического выключателя 250, 400 и 630 А соответственно:

ВА51-35 100, 125, 160, 200, 250 А  
(52)

ВА51-37 250, 320, 400 А  
(52)

ВА51-39 400, 500, 630 А

ВА52-39 630 А

ВА53-37 160, 250, 400, 630 А  
(55)

ВА53 – токоограничивающие автоматы, а ВА55 – селективные с выдержкой времени в зоне КЗ.

Автоматические выключатели ВА55 имеют полупроводниковую ступенчатую регулировку следующих параметров: 0,63; 0,8; 1,0 номинального тока выключателя. Например, для  $I_H = 160$  А номинального тока расцепителя может быть установлен при регулировании на 100, 125, 160 А. Ток срабатывания в зоне перегрузки (ток трогания) равен  $1,25 I_H$  расцепителя для всех выключателей.

Технические данные силовых распределительных шкафов приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7

#### Номенклатура силовых распределительных шкафов серии ПР8503

Тип шкафа	Назначение, тип и количество автоматических выключателей		
	вводного	линейных	
	ВА51-39	ВА51-31	ВА51-35
ПР8503-1001-3УЗ	1	6	–
ПР8503-1002-3УЗ	1	8	–
ПР8503-1003-3УЗ	1	10	–
ПР8503-1004-3УЗ	1	12	–
ПР8503-1005-3УЗ	1	–	4
ПР8503-1006-3УЗ	1	–	6
ПР8503-1007-3УЗ	1	2	2
ПР8503-1008-3УЗ	1	4	2
ПР8503-1009-3УЗ	1	6	2
ПР8503-1010-3УЗ	1	8	2

Примечание. Номинальные токи автоматических выключателей:

ВА51-39: 250, 320, 400, 500, 630 А;

ВА51-31: 16, 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100 А;

ВА51-35: 80, 100, 125, 160, 200, 250 А.

**Шкафы силовые распределительные серии ШР11  
с плавкими предохранителями ПН2, НПН2-60**

Серия	Рубильник на вводе		Число трехполюсных групп предохранителей, их ток $I_H$ , А, на отходящих линиях
	Тип	Номинальный ток $I_H$ , А	
ШР11-73701	P18-353	250	5×63
ШР11-73702	P18-353	250	5×100
ШР11-73703	P18-353	250	2×63 + 3×100
ШР11-73704	P18-373	400	8×63
ШР11-73705	P18-373	400	8×100
ШР11-73706	P18-373	400	8×250
ШР11-73707	P18-373	400	3×100 + 2×250
ШР11-73708	P18-373	400	5×250
ШР11-73709	P18-373	400	4×63 + 4×100
ШР11-73710	P18-373	400	2×63 + 4×100 + 2×250
ШР11-73711	P18-373	400	6×100 + 2×250

Примечание. Запись 2×63 + 3×100 означает, что в шкафу размещены 2 предохранителя на ток 63 А и 3 предохранителя на ток 100 А. Запись 5×63 означает, что в шкафу размещены 5 предохранителей на ток 63 А.

### 1.2.1. Выбор силовых распределительных шкафов

Электроприемники некоторого технологического оборудования присоединяются к одному или нескольким распределительным шкафам, присоединяемым, в свою очередь, к КТП. В некоторых случаях при значительной мощности электроприемников необходимо присоединять их непосредственно к шкафу КТП, предусматривая для них отдельные линии (например, двигатели строительного крана).

Выбор шкафа по исполнению защищенных аппаратов (с автоматами или предохранителями) осуществляется на основе весьма нечетких критериев (шкафы с автоматами дороже, но более удобны в эксплуатации, более надежны по своим функциям), поэтому при выполнении настоящей работы решение этого вопроса необходимо согласовать с преподавателем.

Для определения типа ШР нужно иметь информацию о номинальных, пусковых токах и токах уставки тепловых расцепителей выключателей.

Номинальный ток электродвигателя

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi_H} \quad (16)$$

Если тип двигателя неизвестен, например, для лебедки или вентилятора, то приближенно можно вычислить номинальное значение тока электродвигателя на напряжение  $U_H = 0,38$  кВ, выраженное в амперах, по упрощенной формуле:

$$I_H \approx 2 \cdot P_H. \quad (17)$$

Расчетный ток сварочных преобразователей

$$I_H = \frac{S_H \cdot \sqrt{K_H}}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (18)$$

Расчетный ток для наружного освещения и бытовок

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H}. \quad (19)$$

Пусковой ток электродвигателя

$$I_{\text{пуск}} = i_H \cdot I_H, \quad (20)$$

где  $i_H$  – кратность пускового тока электродвигателя. Если тип электродвигателя неизвестен, то можно принимать  $i_H = 7$ .

Ток плавкой вставки предохранителя для электродвигателя

$$I_{\text{вс}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{1,65 \div 2,5}, \quad (21)$$

где коэффициент  $1,65 \div 2,5$  зависит от условий пуска электродвигателя (1,65 – для тяжелого пуска с большими инерционными массами на валу и 2,5 – для легкого пуска, почти на холостом ходу).

Ток плавкой вставки предохранителя для электроосвещения, сварочного агрегата и бытовки

$$I_{\text{вс}} \geq I_H. \quad (22)$$

Ток уставки теплового расцепителя линейного автомата (ВА51-31 на ток от 16–100 А и ВА51-35 на ток 80–250 А)

$$I_y = \frac{I_H}{0,85}. \quad (23)$$

Автоматические выключатели выбирают по току уставки теплового расцепителя (ближайший больший из ряда номинальных значений тока автомата) из табл. 7.

Для определения вводного автомата или рубильника силового распределительного шкафа ШР необходимо вычислить электрическую нагрузку, подключаемую к каждому шкафу (табл. 9).

Таблица 9

### Расчет электрической нагрузки ШР

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_n$ , кВт	n	$K_n$	q	$\text{tg}\varphi$	$P_c$ , кВт	$Q_c$ , кВ·Ар	Дисперсия мощности D	Третий центральный момент $\mu_3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Дисперсия мощности

$$D = n \cdot P_n^2 \cdot K_n \cdot q \cdot (0,8 - K_n \cdot q). \quad (24)$$

Следует при этом помнить, что  $D \geq 0$  (дисперсия отрицательной быть не может).

Третий центральный момент мощности

$$\mu_3 = P_n \cdot D \cdot (0,8 - 2 \cdot K_n \cdot q). \quad (25)$$

Коэффициент вариации

$$v = \frac{\sqrt{D}}{P_c}. \quad (26)$$

Коэффициент асимметрии

$$\gamma = \frac{\mu_3}{D \cdot \sqrt{D}}. \quad (27)$$

Расчетная активная мощность ЭП ШР

$$P_p = P_c \cdot [1 + (1,65 + 0,3 \cdot \gamma) \cdot v]. \quad (28)$$

Расчетная полная мощность ЭП ШР

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_c^2}. \quad (29)$$

Расчетный ток нагрузки ШР

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (30)$$

По расчетному току ШР определяют рубильник на вводе из условия

$$I_{н.руб} \geq I_p \quad (31)$$

где  $I_{н.руб}$  – номинальный ток рубильника, А.

Ток уставки теплового расцепителя вводного автомата ВА51-39 для ШР

$$I_y = \frac{I_p}{0,85} \quad (32)$$

где 0,85 – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения автомата при его установке в ШР.

Для определения типа ШР с автоматами необходимо приготовить данные требуемых линейных автоматов для подключения электроприемников (табл. 10).

Таблица 10

**Технические данные линейных автоматов ШР**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	Номинальный ток $I_H$ , А	Ток уставки $I_y$ , А	Автомат
1	2	3	4	5	6

Для определения типа ШР с предохранителями необходимо приготовить данные требуемых токов вставок электроприемников (табл. 11).

Таблица 11

**Токовая нагрузка силового распределительного шкафа ШР**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	Ток, А		
			номинальный $I_H$	пусковой $I_{пуск}$	плавкой вставки $I_{вс}$
1	2	3	4	5	6

### 1.2.2. Выбор пускозащитной аппаратуры электродвигателей

В качестве пускозащитной аппаратуры для технологических установок, в комплектность поставки которых пускозащитная аппаратура не входит (насосы, вентиляторы и др.), используются комплектные устройства на базе ящичков

управления Я5100 (табл. 12) для электродвигателей мощностью до 75 кВт и блоков управления Б5130 для электродвигателей мощностью выше 75 кВт. Ящички серии Я5100 предназначены для управления асинхронными двигателями, работающими в продолжительном, кратковременном или повторно-кратковременном режимах. Ящички различают по напряжению главной цепи, цепи управления, по наличию реверса, по количеству управляемых двигателей, по составу аппаратуры.

Типовой индекс ящичка управления Я5100 или блока управления Б5130 выбирается из условия

$$I_p = \frac{I_n}{0,9}, \quad (33)$$

где  $I_p$  – ток расцепителя автоматического выключателя ящичка или блока управления, А;  $I_n$  – номинальный ток электродвигателя, А; 0,9 – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения автомата при его установке в ящик или блок управления.

Таблица 12

**Технические данные ящичков управления Я5141**

Типовой индекс	Номинальный ток, А	Габариты, мм		
		высота	ширина	глубина
2874	6	400	300	250
2974	8	400	300	250
3074	10	400	300	250
3174	12,5	400	300	250
3274	16	400	300	250
3474	25	400	300	250
3574	32	400	300	250
3674	40	600	400	250
3774	50	600	400	250
3874	63	600	400	250
3974	80	600	600	250
4074	100	600	600	250
4174	125	600	600	250
4274	160	600	600	250

**П р и м е ч а н и е.** Пример выбора ящичка управления с номинальным током 50 А: Я5141-3774 УХЛ4.

### 1.3. ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

Подвод электроэнергии к ЭП осуществляется проводами или кабелями с алюминиевыми или медными жилами. Применение проводов и кабелей с медными жилами (табл. 13, 14) обязательно во взрывоопасных зонах классов В1 и



В2, а также при подводе питания к ЭП, установленным на виброоснованиях (например, от ящика управления до электродвигателя вентилятора). Во всех остальных случаях из экономических соображений применяются кабели и провода с алюминиевыми жилами (табл. 13, 15). При выборе вида электропроводки и способа прокладки проводов и кабелей должны учитываться требования электро- и пожарной безопасности.

Таблица 13

**Длительно допустимые токовые нагрузки на силовые кабели с медными и алюминиевыми жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной или резиновой оболочках, бронированные и небронированные, А**

Число и сечение жил, мм <sup>2</sup>	Кабели трехжильные			
	при прокладке в земле		при прокладке в воздухе	
	с медными жилами	с алюминиевыми жилами	с медными жилами	с алюминиевыми жилами
4×1,5	27	–	19	–
4×2,5	38	29	25	19
4×4	49	38	35	27
4×6	60	46	42	32
3×10 + 1×6	90	70	55	42
3×16 + 1×10	115	90	75	60
3×25 + 1×16	150	115	95	75
3×35 + 1×16	180	140	120	90
3×50 + 1×25	225	175	145	110
3×70 + 1×25	275	210	180	140
3×95 + 1×35	330	255	220	170
3×120 + 1×35	385	295	260	200
3×150 + 1×50	435	335	305	235
3×185 + 1×50	500	385	–	–

**П р и м е ч а н и е.** Для алюминиевых кабелей марки АВВГ все четыре жилы одинаковые (например, обозначение кабеля с сечением фазных жил 10 мм<sup>2</sup>: АВВГ (4×10)). Для медных кабелей марки КРПТ (3×10 + 1×6) с сечением фазных жил 10 мм<sup>2</sup> и сечением нулевой жилы 6 мм<sup>2</sup>.

Для питания переносных и передвижных ЭП используют специальные шнуры и гибкие кабели с медными жилами (чаще всего кабели марки КРПТ – с медными жилами с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке).

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), наименьшее сечение жил проводов и кабелей в наружных электропроводах по условию механической прочности должно быть не менее 1,5 мм<sup>2</sup> для медных жил и 2,5 мм<sup>2</sup> – для алюминиевых. Рекомендуются марки проводов и кабелей с алюминиевыми жилами марки АПВ (алюминиевые с поливинилхлоридной изоляцией) и кабели марки АВВГ (с алюминиевыми жилами с поливинилхлоридной оболочкой и с поливинилхлоридной изоляцией). Кабели марки АВВГ предназначены как для

прокладки в помещениях, так и в земле. При открытой прокладке в помещении провода и кабели до высоты 2 м должны быть защищены от механических повреждений трубами или коробами (при высоте более 2 м защита от механических повреждений не требуется).

Таблица 14

**Длительно допустимый ток и сечение для проводов марок ПР и ПВ с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для четырех проводов, проложенных в одной трубе, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для четырех проводов, проложенных в одной трубе, А
1	15	25	100
1,5	17	35	125
2	22	50	170
2,5	25	70	210
4	35	95	255
6	42	120	290
10	60	150	330
16	80		

**П р и м е ч а н и е.** При выборе четырех медных проводов сечением 6 мм<sup>2</sup> к электроприемнику записывают ПВ 4(1×6).

Прокладка проводов в стальных трубах и коробах в земле вне зданий не допускается.

Номенклатуры сечений медных и алюминиевых кабелей марок КРПТ и АВВГ приведены в табл. 13.

Таблица 15

**Номенклатура сечений и длительно допустимые токи алюминиевых проводов марки АПВ**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для четырех проводов, проложенных в одной трубе, А	Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток для четырех проводов, проложенных в одной трубе, А
2,5	19	35	95
4	28	50	130
6	32	70	165
10	47	95	200
16	60	120	220
25	80	150	255

**П р и м е ч а н и е.** При выборе четырех алюминиевых проводов сечением 6 мм<sup>2</sup> к электроприемнику записывают АПВ 4(1×6).

Сечение провода или кабеля выбирается из условия

$$I_{\text{дл}} \geq \frac{I_{\text{расч}}}{0,92}, \quad (34)$$

где  $I_{\text{дл}}$  – длительно допустимый ток для кабеля выбранного сечения, А;  $I_{\text{расч}}$  – расчетный ток нагрузки кабеля, А; 0,92 – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения кабеля при наличии нейтрального провода сечением, равным линейному.

Расчетный ток нагрузки для кабеля, питающего ШР, принимается равным величине, определенной по расчету электрических нагрузок, а для кабелей, питающих индивидуальные ЭП (например, электродвигатели насосов), расчетный ток принимается равным номинальному току ЭП.

Результаты расчета  $I_{\text{дл}}$  по формуле (34) и предварительно выбранных сечений кабелей из табл. 13 необходимо внести в табл. 16.

Таблица 16

**Предварительно выбранное сечение жил проводов и кабелей  
насосной станции**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_{\text{н}}$ , кВт	$I_{\text{н}}$ , А	$I_{\text{дл}}$ , А	Марка и сечение жил проводов и кабелей	$I_{\text{доп}}$ , А
1	2	3	4	5	6	7

Предварительно выбранное сечение проводов и кабелей должно быть проверено на потерю напряжения:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R}{U_{\text{н}}^2} \cdot 10^{-3}, \quad (35)$$

где  $P$  – активная мощность нагрузки, кВт;  $R$  – активное сопротивление линий, Ом.

При определении потери напряжения линии от распределительного щита ШР до КТП понимается расчетная активная мощность  $P_{\text{р}}$ .

Активное сопротивление линии определяют по формуле

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s}, \quad (36)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление,  $\rho = 0,029$  Ом·мм<sup>2</sup>/м – удельное сопротивление алюминия,  $\rho = 0,017$  Ом·мм<sup>2</sup>/м – удельное сопротивление меди;  $l$  – длина линии, м;  $s$  – сечение провода линии, мм<sup>2</sup>. Длина линии определяется из рис. 1 и увеличивается на 1,5 м (для подключения к коммутирующей аппаратуре).

Допустимая потеря напряжения от КТП до ШР и от ШР до электроприемника не должна превышать 0,05 ( $\Delta U \leq 0,05$ ),

$$\sum \Delta U_* = \Delta U_1 + \Delta U_2 , \quad (37)$$

где  $\Delta U_1$  – потеря напряжения на участке от электроприемника до ШР;  $\Delta U_2$  – потеря напряжения на участке от ШР до КТП.

## **2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ»**

Рассмотрим типовой пример выполнения РГР одного из вариантов, представленных в табл. 1.

При выполнении РГР можно принять такое техническое решение (см. рис. 1): электрооборудование строительного крана присоединить непосредственно к КТП, а остальные ЭП технологического процесса присоединить к КТП через силовые распределительные шкафы, распределив нагрузки от них по возможности равномерно.

С целью получения навыков выбора силовых распределительных шкафов с автоматическими выключателями и с предохранителями считаем, что ШР2 выполнен с автоматами, ШР3 – с предохранителями.

### **2.1. ВЫБОР КОМПЛЕКТНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ**

Для выбора КТП необходимо определить:

- расчетные мощности электроприемников, присоединяемых к каждому из силовых распределительных шкафов, значения которых лежат в основе выбора сечения питающих ШР сетей и токов плавких вставок предохранителей отходящих от КТП линий;
- суммарное значение мощности, потребляемое всеми электроприемниками строительной площадки, обуславливающее установленную мощность трансформатора КТП.

Количество трансформаторов КТП определяем категорией надежности электроснабжения электрооборудования, установленного на строительной площадке. Так как электроприемники строительной площадки относятся к третьей категории надежности электроснабжения, то выбираем однитрансформаторную КТП с одним трансформатором, для определения мощности которого выполним расчет электрических нагрузок.

### 2.1.1. Расчет электрических нагрузок

В графы табл. 3 для расчета электрических нагрузок заносим:

1 – номер оборудования на схеме;

2 – наименование оборудования;

3 – номинальную мощность единицы оборудования;

4 – количество единиц данного вида технологического оборудования;

5, 6, 7 – соответственно, коэффициенты  $K_{и}$ ,  $q$  и  $tg\varphi$ , принимаемые по табл. 2 для данного вида электрооборудования;

8 – результаты расчета средней активной мощности группы ЭП  $P_c$  по формуле (22);

9 – результаты расчета средней реактивной мощности группы ЭП  $Q_c$  по формуле (23).

Затем определяем итоговые значения  $P_c$  и  $Q_c$  отдельно как суммы соответствующих величин по графам 8, 9.

Результаты расчета электрических нагрузок строительной площадки вносим в табл. 17.

Таблица 17

**Расчет электрических нагрузок  
электроприемников строительной площадки**

Номер на схеме	Оборудование	$P_H$ , кВт	n	$K_{и}$	q	tgφ	$P_c$ , кВт	$Q_c$ , кВ·Ар
1	Строительный кран	90	1	0,1	1	1,73	9	15,57
2, 3	Лебедка	18,5	2	0,1	1	1,73	3,7	6,4
4, 5	Бытовка	10	2	0,95	0,95	0	18,05	0
6, 7	Сварочный агрегат	84	2	0,25	0,8	1	33,6	33,6
8, 9, 10	Растворный узел	22	3	0,15	0,6	1,52	5,94	9,03
11	Компрессор	18,5	1	0,55	0,9	0,75	9,16	6,87
12	Насос	7,5	1	0,55	0,9	0,75	3,71	2,78
13	Вентилятор	11	1	0,55	0,9	0,75	5,45	4,09
14	Электроинструмент	2,2	1	0,15	0,6	1,52	0,2	0,3
15	Наружное освещение	25	1	0,95	0,95	0	22,56	0
Итого							11,37	78,64

Активная мощность сварочного агрегата

$$P = S_H \cdot \cos \varphi = 120 \cdot 0,7 = 84 \text{ кВт.}$$

### 2.1.2. Выбор комплектных компенсирующих устройств

В целях снижения потерь электроэнергии в питающих сетях и уменьшения значения устанавливаемой мощности КТП выбираем комплектную конденса-

торную установку (ККУ) из табл. 4, ближайшую к итоговой средней реактивной мощности  $Q_c = 78,64 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$ , но не больше, т.е.  $Q_{\text{ККУ}} = 75 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$ .

Средняя реактивная мощность нагрузки после компенсации по формуле (7)

$$Q = Q_c - Q_{\text{ККУ}} = 78,64 - 75 = 3,64 \text{ кВ}\cdot\text{Ар},$$

где реактивная мощность комплектной конденсаторной установки  $Q_{\text{ККУ}} = 75 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$  для ККУ-0,38-75 напряжением 0,38 кВ.

Средняя полная мощность нагрузки трансформатора по формуле (6)

$$S_T = \sqrt{P_c^2 + Q^2} = \sqrt{111,37^2 + 3,64^2} = 111,43 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

### **2.1.3. Предварительный выбор мощности трансформатора**

Так как для электроприемников третьей категории надежности электропитания необходима однострансформаторная КТП, то мощность предварительно выбираемого трансформатора определим по формуле (1):

$$S_T = \frac{S_{\text{нагр}}}{0,95} = \frac{111,43}{0,95} = 117,3 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Выбираем ближайший больший из табл. 5 трансформатор мощностью 160 кВ·А.

### **2.1.4. Проверка предварительно выбираемого трансформатора по условию допустимого остаточного напряжения при пуске двигателя наибольшей мощности**

Допустимое остаточное напряжение при пуске двигателя наибольшей мощности должно быть по формуле (15)

$$U_{\text{ост}} \geq 0,85.$$

Остаточное напряжение по формуле (11) при пуске двигателя наибольшей мощности

$$U_{\text{ост}} = \frac{1,05 \cdot X_{\text{ДВ}}}{X_{\text{ДВ}} + X_{\text{Т}}} = \frac{1,05 \cdot 0,193}{0,193 + 0,055} = 0,817.$$

Индуктивное сопротивление двигателя наибольшей мощности при пуске по формуле (12)

$$X_{ДВ} = \frac{U_{Н}^2 \cdot \eta_{Н} \cdot \cos\varphi}{P_{Н} \cdot i_{П}} = \frac{0,38^2 \cdot 0,93 \cdot 0,91}{0,09 \cdot 7} = 0,193 \text{ Ом.}$$

Индуктивное сопротивление трансформатора по формуле (14)

$$X_{Т} = \frac{0,055 \cdot U_{НН}^2}{S_{ТН}} = \frac{0,055 \cdot 0,4^2}{0,160} = 0,055 \text{ Ом.}$$

Так как условие (15) не выполняется, то следует увеличить мощность трансформатора, т.е. выбрать следующий из табл. 5  $S_{ТН} = 250 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , и повторить расчет:

$$X_{Т} = \frac{0,055 \cdot U_{НН}^2}{S_{ТН}} = \frac{0,055 \cdot 0,4^2}{0,250} = 0,0352 \text{ Ом.}$$

Остаточное напряжение при пуске двигателя наибольшей мощности при этом

$$U_{\text{ост}} = \frac{1,05 \cdot X_{ДВ}}{X_{ДВ} + X_{Т}} = \frac{1,05 \cdot 0,193}{0,193 + 0,0352} = 0,888.$$

Окончательно выбираем из табл.5 КТП-250-10/0,4 мощностью 250 кВ·А напряжением ВН 10 кВ и НН 0,4 кВ.

## 2.2. ВЫБОР КОМПЛЕКТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для определения вводного автомата или рубильника силового распределительного шкафа ШР2 и ШР3 вычислим электрическую нагрузку, подключаемую к каждому шкафу.

В графы табл. 9 для расчета электрических нагрузок ШР заносим:

- 1 – номер оборудования на схеме;
- 2 – наименование оборудования;
- 3 – номинальную мощность единицы оборудования;
- 4 – количество единиц данного вида технологического оборудования;
- 5, 6, 7 – соответственно, коэффициенты  $K_{и}$ ,  $q$  и  $\text{tg}\varphi$ , принимаемые по табл. 2 для данного вида электрооборудования;
- 8 – результаты расчета средней активной мощности группы ЭП  $P_{С}$  по формуле (5);
- 9 – результаты расчета средней реактивной мощности группы ЭП  $Q_{С}$  по формуле (7);
- 10 – результаты расчета дисперсии мощности  $D$  по формуле (24);
- 11 – результаты расчета третьего центрального момента  $\mu_3$  по формуле (25).

Затем определяем итоговые значения  $P_c$ ,  $Q_c$ ,  $D$ ,  $\mu_3$  отдельно как суммы соответствующих величин по графам 8–11. Результаты расчета вносим в табл. 18.

Таблица 18

**Расчет электрической нагрузки ШР2**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	n	$K_{и}$	$\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_c$ , кВт	$Q_c$ , кВт·Ар	Дисперсия мощности $D$	Третий центральный момент $\mu_3$
2	Лебедка	18,5	1	0,1	1	1,73	1,85	3,2	23,96	265,96
4	Бытовка	10	1	0,95	0,95	0	9,025	0	0	0
6	Сварочный агрегат	84	1	0,25	0,8	1	16,8	16,8	846,72	28 449,8
8, 9	Растворные узлы	22	2	0,15	0,6	1,52	1,056	1,605	61,86	843,77
11	Компрессор	18,5	1	0,55	0,9	0,75	9,16	6,87	51,67	-181,62
14	Электроинструмент	2,2	1	0,15	0,6	1,52	0,198	0,3	0,31	0,42
Итого							38,09	28,78	984,52	29 378,33

Используя итоговые величины табл. 18, вычислим по формулам (26)–(28), соответственно, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии и расчетную активную мощность.

Коэффициент вариации по формуле (26)

$$v = \frac{\sqrt{D}}{P_c} = \frac{\sqrt{984,52}}{38,09} = 0,82.$$

Коэффициент асимметрии по формуле (27)

$$\gamma = \frac{\mu_3}{D \cdot \sqrt{D}} = \frac{29378,33}{984,52 \cdot \sqrt{984,52}} = 0,95.$$

Расчетная активная мощность по формуле (28) ЭП ШР2

$$\begin{aligned} P_p &= P_c \cdot [1 + (1,65 + 0,3 \cdot \gamma) \cdot v] = \\ &= 38,9 \cdot [1 + (1,65 + 0,3 \cdot 0,95) \cdot 0,82] = 98,62 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Расчетная полная мощность по формуле (29) ЭП ШР2

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_c^2} = \sqrt{98,62^2 + 28,78^2} = 102,73 \text{ кВА}.$$



Расчетный ток нагрузки по формуле (30) ШР2

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{102,73}{1,73 \cdot 0,38} = 156,27 \text{ А.}$$

Ток уставки теплового расцепителя вводного автомата по формуле (32)

$$I_y = \frac{I_p}{0,85} = \frac{156,27}{0,85} = 183,85 \text{ А.}$$

По  $I_y = 183,85 \text{ А}$  из табл. 7 выбираем ближайший больший вводный автомат ВА51-39 на ток 250 А.

Аналогично выполним расчет для ШР3. Результаты расчета электрических нагрузок ШР3 внесем в табл. 19.

Таблица 19

Расчет электрической нагрузки ШР3

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	n	Коэффициент		tgφ	Средняя мощность		Дисперсия мощности D	Третий центральный момент $\mu_3$
				использования $K_H$	технологический $\varphi$		активная $P_c$ , кВт	реактивная $Q_c$ , кВ·Ар		
3	Лебедка	18,5	1	0,1	1	1,73	1,85	3,2	23,96	265,96
5	Бытовка	10	1	0,95	0,95	0	9,025	0	0	0
7	Сварочный агрегат	84	1	0,25	0,8	1	16,8	16,8	846,72	28 449,8
10	Растворный узел	22	1	0,15	0,6	1,52	1,98	3	30,93	421,89
12	Насос	7,5	1	0,55	0,9	0,75	3,71	2,78	8,49	-12,1
13	Вентилятор	11	1	0,55	0,9	0,75	5,45	4,08	18,27	-38,18
15	Наружное освещение	25	1	0,95	0,95	0	22,56	0	0	0
Итого							61,37	29,86	928,37	29 087,37

Коэффициент вариации по формуле (26)

$$v = \frac{\sqrt{D}}{P_c} = \frac{\sqrt{928,37}}{61,37} = 0,5.$$

Коэффициент асимметрии по формуле (27)

$$\gamma = \frac{\mu_3}{D \cdot \sqrt{D}} = \frac{29087,37}{928,37 \cdot \sqrt{928,37}} = 1,03.$$

Расчетная активная мощность ЭП ШРЗ по формуле (28)

$$P_p = P_c \cdot [1 + (1,65 + 0,3 \cdot \gamma) \cdot v] = \\ = 61,37 \cdot [1 + (1,65 + 0,3 \cdot 1,03) \cdot 0,5] = 121,48 \text{ кВт.}$$

Расчетная полная мощность ЭП ШРЗ по формуле (29)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_c^2} = \sqrt{121,48^2 + 29,86^2} = 125,1 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Расчетный ток нагрузки ШРЗ по формуле (30)

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{125,1}{1,73 \cdot 0,38} = 190,3 \text{ А.}$$

По  $I_p = 190,3 \text{ А}$  из табл. 8 выбираем ближайший больший вводный рубильник и рассчитываем по формуле (31) на ток 250 А.

Для определения серии ШР2 необходимо иметь информацию о номинальных токах и токах уставки тепловых расцепителей выключателей (табл. 20).

Таблица 20

**Технические данные линейных автоматов ШР2**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	Номинальный ток $I_H$ , А	Ток уставки $I_y$ , А	Автомат
2	Лебедка	18,5	37	43,53	ВА51-31 на 50 А
4	Бытовка	10	15,19	17,87	ВА51-31 на 20 А
6	Сварочный агрегат	84	91,3	107,37	ВА51-35 на 125 А
8, 9	Растворные узлы	22	44	51,76	ВА51-31 на 63 А
11	Компрессор	18,5	37	43,53	ВА51-31 на 50 А
14	Электроинструмент	2,2	4,4	5,18	ВА51-31 на 16 А

Номинальный ток двигателя строительного крана по формуле (16)

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{90}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,93 \cdot 0,91} = 161,77 \text{ А.}$$

Расчетный ток сварочных преобразователей по формуле (18)

$$I_H = \frac{S_H \cdot \sqrt{K_{и}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{120 \cdot \sqrt{0,25}}{1,73 \cdot 0,38} = 91,3 \text{ А.}$$

Расчетный ток для наружного освещения по формуле (19)

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{25}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 1} = 38 \text{ А.}$$

Расчетный ток для бытовок по формуле (19)

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{10}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 1} = 15,2 \text{ А.}$$

По условию технического решения (табл. 20) подбираем из табл. 7 силовой шкаф для ШР2 типа ПР8503-1009-3У3 с вводным автоматом ВА51-39 на номинальный ток 250А, который имеет 6 отходящих линий с автоматами ВА51-31 на ток 50 А для подключения лебедки и компрессора, 2 автомата на ток 63 А для растворных узлов, 1 на ток 16 А для электроинструмента, 1 на ток 20 А для бытовок и 2 отходящие линии с автоматами ВА51-35 на ток 125 А для подключения сварочного агрегата (один в резерве).

Для определения серии ШР3 необходимо иметь информацию о номинальных и пусковых токах и токах вставки предохранителей (табл. 21).

Пусковые токи электродвигателей и токи вставок определяем по формулам, соответственно, (20) и (21), а для бытовок, наружного освещения и сварочного агрегата – по формуле (22) и результаты расчета заносим в табл. 21.

Таблица 21

**Токовая нагрузка силового распределительного шкафа ШР3**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	Ток, А		
			номинальный $I_H$	пусковой $I_{пуск}$	плавкой вставки $I_{вс}$
3	Лебедка	18,5	37	259	129,5
5	Бытовка	10	15,2	15,2	15,2
7	Сварочный агрегат	84	91,3	91,3	91,3
10	Растворные узлы	22	44	308	154
12	Насос	7,5	15	105	52,5
13	Вентилятор	11	22	154	77
15	Наружное освещение	25	38	38	38

По условию технического решения (табл. 21) подбираем по табл. 8 силовой шкаф для ШР3 типа ШР11-73710-3У3 с вводным рубильником Р18-373 на номинальный ток 400 А, который имеет две отходящие линии с предохранителями ПН2 на ток 250 А для подключения лебедки и растворного узла, две отходящие линии с предохранителями ПН2 на ток 63 А для бытовки и наружного освещения, четыре отходящие линии с предохранителями ПН2 на ток 100 А для сварочного агрегата, насоса, вентилятора (один в резерве).

## 2.3. ВЫБОР ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

### 2.3.1. Предварительный выбор проводов и кабелей по токовой нагрузке ЭП

Для распределения электрической энергии на строительной площадке применяют четырехпроводную сеть с глухозаземленной нейтралью, при этом для подключения строительного крана, лебедок, растворных узлов, компрессоров, насосов, вентиляторов, сварочного агрегата и электроинструментов используют кабели типа КРПТ, а для бытовок и наружного освещения – кабели АВВГ.

Сечение кабеля выбираем по условию (34) из табл. 13 и при этом используем форму табл. 16. Результаты расчетов представляем в виде табл. 22.

Таблица 22

**Предварительно выбранное сечение жил проводов и кабелей строительной площадки**

Номер на схеме	Оборудование	Номинальная мощность $P_n$ , кВт	$I_n$ , А	$I_{дл}$ , А	Марка и сечение жил проводов и кабелей	$I_{доп}$ , А
1	Строительный кран	90	161,8	175,87	КРПТ (3×70 + 1×25)	180
2, 3	Лебедка	18,5	37	40,22	КРПТ (4×6)	42
4, 5	Бытовка	10	15,19	16,51	АВВГ (4×2,5)	19
6, 7	Сварочный агрегат	84	91,3	99,24	КРПТ (3×35 + 1×16)	120
8, 9, 10	Растворный узел	22	44	47,83	КРПТ (3×10 + 1×6)	55
11	Компрессор	18,5	37	40,22	КРПТ (4×6)	42
12	Насос	7,5	15	16,3	КРПТ (4×1,5)	19
13	Вентилятор	11	22	23,91	КРПТ (4×2,5)	25
14	Электроинструмент	2,2	4,4	4,78	КРПТ (4×1,5)	19
15	Наружное освещение	25	38	41,3	АВВГ (4×10)	42
	ШР2	98,62	156,3	169,9	АВВГ (4×95)	170
	ШР3	121,48	190,3	206,8	АВВГ (4×150)	235

### 2.3.2. Проверка предварительно выбранных проводов и кабелей на потерю напряжения

Предварительно выбранное сечение проводов и кабелей проверяем на потерю напряжения по формуле (35), при этом допустимая потеря напряжения согласно формуле (37) от КТП до ШР и от ШР до электроприемника не должна превышать 0,05 ( $\Delta U_* \leq 0,05$ ). При расчете потери напряжения на сопротивлении линии используем формулу (36). Результаты расчета потери напряжения представляем в виде табл. 23.

Выбранное сечение жил кабелей и потеря напряжений в линии

Оборудование	Номинальная мощность $P_H$ , кВт	Длина линии $l$ , м	$R$ , Ом	Марка и сечение жил проводов и кабелей	Потеря напряжения $\Delta U$
Строительный кран	90	125	0,03	КРПТ (3×70 + 1×25)	0,0187
Лебедка	18,5	35	0,1	КРПТ (4×6)	0,013
Бытовка	10	45	0,522	АВВГ (4×2,5)	0,036
Сварочный агрегат	84	40	0,0194	КРПТ (3×35 + 1×16)	0,0113
Растворный узел	22	20	0,034	КРПТ (3×10 + 1×6)	0,0052
Компрессор	18,5	80	0,227	КРПТ (4×6)	0,0291
Насос	7,5	40	0,453	КРПТ (4×1,5)	0,0235
Вентилятор	11	100	0,68 0,425	КРПТ (4×2,5) КРПТ (4×4)	0,051 0,0324
Электроинструмент	2,2	30	0,34	КРПТ (4×1,5)	0,005
Наружное освещение	25	45	0,1305	АВВГ (4×10)	0,0226
ШР2	98,62	70	0,021	АВВГ (4×95)	0,0143
ШР3	121,48	70	0,0114	АВВГ (4×150)	0,0114

При определении потери напряжения линии от распределительного силового шкафа до КТП понимается расчетная активная мощность  $P_p$  нагрузки для каждого шкафа.

Сопротивление линии на участке от КТП до ШР2 (длина 70 м) рассчитываем по формуле (36)

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} = 0,029 \cdot \frac{70}{95} = 0,021 \text{ Ом.}$$

Сопротивление линии на участке от КТП до ШР3 (длина 70 м) находим по формуле (36)

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} = 0,029 \cdot \frac{70}{150} = 0,0114 \text{ Ом.}$$

Потерю напряжения на участке от КТП до ШР2 (длина 70 м) вычисляем по формуле (35)

$$\Delta U_{22} = \frac{P_p \cdot R}{U_H^2 \cdot 1000} = \frac{98,62 \cdot 0,021}{0,38^2 \cdot 1000} = 0,0143.$$

Потерю напряжения на участке от КТП до ШРЗ (длина 70 м) рассчитываем по формуле (35)

$$\Delta U_{23} = \frac{P_p \cdot R}{U_n^2 \cdot 1000} = \frac{121,48 \cdot 0,0135}{0,38^2 \cdot 1000} = 0,0114.$$

Так как потеря напряжения на участке от ШР до вентилятора составила 0,051, то увеличиваем сечение кабеля до 4 мм<sup>2</sup> (при этом сопротивление уменьшилось до 0,425 Ом и потеря напряжения составила 0,0324).

Суммарная потеря напряжения по формуле (37) от КТП до ШР и от ШР до двигателя вентилятора составила

$$\Sigma \Delta U_* = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0,0324 + 0,0114 = 0,0458 \leq 0,05,$$

где  $\Delta U_1$  – потеря напряжения (0,0324) на участке от электроприемника (вентилятора) до ШР;  $\Delta U_2$  – потеря напряжения (0,0114) на участке от ШРЗ до КТП.

Так как выбранные кабели удовлетворяют условию ( $\Delta U_* \leq 0,05$ ), то на этом проверка заканчивается.

### **3. ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ**

1. Объясните выбор числа трансформаторов на КТП.
2. Назовите критерий выбора трансформатора на КТП.
3. В каких случаях можно использовать комплектные конденсаторные установки и для каких целей?
4. Как осуществляется выбор автомата для подключения лебедки?
5. По какому критерию делают выбор вводного автомата силового распределительного шкафа?
6. По какому критерию следует осуществлять выбор вводного рубильника силового распределительного шкафа?
7. Как делают выбор предохранителей для подключения лебедки?
8. Как осуществляется выбор предохранителей для подключения бытовки, наружного освещения?
9. По какому критерию осуществляется выбор проводов или кабеля для подключения лебедки?
10. Как производится выбор кабеля для подключения силового распределительного шкафа?
11. Как осуществляется выбор предохранителей для подключения сварочного агрегата?

12. По какому критерию выполняют выбор проводов или кабеля для подключения сварочного агрегата?
13. По какому критерию делают выбор кабеля для подключения строительного крана?
14. Как выбирают предохранители для подключения строительного крана?
15. Как осуществляется выбор автомата для подключения сварочного агрегата?
16. Как осуществляют выбор автомата для подключения вентилятора?
17. Как реализовывают выбор автомата для подключения насоса?
18. Как осуществляется выбор предохранителей для подключения вентилятора?
19. Как выбирают предохранители для подключения насоса?
20. По какому критерию делают выбор кабеля для подключения вентилятора?
21. По какому критерию осуществляется выбор кабеля для подключения насоса?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-86). – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 646 с.
2. Тюханов, Ю. М. Критериальный анализ задачи резервирования в системах электроснабжения / Ю. М. Тюханов, В. Н. Усихин // Электричество. – 1987. – № 2. – С. 49–51.
3. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю. Г. Барыбина. – М. : Энергоатомиздат, 1979. – 492 с.
4. Тюханов, Ю. М. Совершенствование расчетов электрических нагрузок / Ю. М. Тюханов, В. Н. Усихин, Г. И. Шарко // Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. – М. : Энергоатомиздат, 1982. – № 5. – С. 3–5.
5. Указания по компенсации реактивных нагрузок в электрических сетях промышленных предприятий // Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – № 1. – С. 6–20.
6. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / под ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 346 с.
7. Ангорова, Т. В. Оценка значений промышленных электрических нагрузок / Т. В. Ангорова, Ю. М. Тюханов, В. Н. Усихин // Электричество. – 1990. – № 12. – С. 9–14.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Вариант	Строительный кран	Лебедка	Бытовка	Сварочный агрегат	Растворный узел	Компрессор	Насос	Вентилятор	Электроинструмент	Наружное освещение
1	55 100	5,5 25	10 25	40 30	7,5 20	5,5 100	22 20	7,5 120	1,1 10	15 25
2	75 100	7,5 25	15 30	60 25	11 25	7,5 95	18,5 25	5,5 115	1,1 15	15 30
3	90 120	11 30	20 35	75 35	15 30	11 90	15 30	7,5 110	1,5 20	20 35
4	110 120	15 30	15 40	100 45	18,5 30	15 85	11 35	5,5 105	1,5 25	20 40
5	90 125	18,5 35	10 45	120 40	22 20	18,5 80	7,5 40	11 100	2,2 30	25 45
6	75 125	22 35	15 50	150 55	30 40	22 75	5,5 45	11 95	2,2 35	25 50
7	55 150	30 40	20 55	120 45	37 25	30 70	7,5 50	15 90	3 40	30 55
8	75 150	22 40	15 60	100 45	30 30	22 65	11 55	15 85	3 35	30 60
9	90 175	5,5 165	10 70	75 85	30 35	22 45	11 40	30 50	3 45	15 110
10	110 175	15 45	15 70	60 50	18,5 35	15 55	18,5 55	18,5 75	4 25	40 70
11	75 200	11 50	20 75	40 60	15 45	11 50	22 50	18,5 70	3 20	30 75
12	55 200	7,5 50	10 80	60 75	11 50	7,5 45	30 45	11 65	3 15	30 80
13	75 175	5,5 55	15 75	75 50	7,5 45	5,5 40	22 40	11 60	2,2 10	25 85
14	110 175	7,5 55	20 70	100 60	11 50	7,5 30	18,5 40	7,5 55	2,2 15	25 90
15	90 150	11 60	10 65	120 70	15 20	11 25	15 35	7,5 30	1,5 20	20 95
16	75 150	15 60	15 60	150 75	18,5 25	15 20	11 30	5,5 45	1,5 25	20 100
17	55 125	18,5 65	20 55	120 80	22 30	18,5 25	7,5 25	7,5 40	1,1 30	15 105
18	90 125	22 65	10 50	75 70	30 35	22 30	5,5 20	11 35	1,1 35	15 110
19	75 200	22 80	20 180	100 100	7,5 55	5,5 60	7,5 15	7,5 60	4 15	15 40
20	90 195	30 85	15 175	100 105	7,5 50	5,5 50	11 20	11 55	3 20	15 30
21	110 190	18,5 90	10 170	120 105	11 45	5,5 40	15 25	11 50	2,2 25	20 20

Вариант	Строительный кран	Лебедка	Бытовка	Сварочный агрегат	Растворный узел	Компрессор	Насос	Вентилятор	Электроинструмент	Наружное освещение
22	55	15	20	120	11	5,5	18,5	11	1,5	20
	185	95	165	100	40	35	30	45	30	15
23	75	11	15	150	15	7,5	5,5	5,5	1,1	25
	180	100	160	110	35	30	35	40	35	50
24	90	7,5	10	150	15	7,5	11	11	1,1	25
	175	105	155	110	30	25	40	35	40	60
25	110	5,5	20	40	18,5	7,5	15	15	1,5	30
	170	110	150	115	25	20	45	30	45	70
26	90	7,5	15	40	18,5	7,5	18,5	18,5	2,2	30
	165	115	145	115	20	15	55	25	50	80
27	75	11	10	60	22	11	5,5	5,5	3	35
	160	120	140	115	30	40	60	20	55	90
28	55	15	20	60	22	11	7,5	7,5	4	40
	155	125	135	115	40	30	55	15	60	100
29	110	18,5	15	75	11	11	15	15	4	35
	150	130	150	120	50	45	50	20	45	110
30	90	22	10	75	7,5	11	15	18,5	3	40
	145	135	130	120	50	60	45	25	30	120
31	75	30	20	100	11	15	15	11	2,2	15
	140	140	125	120	50	50	40	30	20	110
32	55	5,5	15	100	7,5	15	11	7,5	1,5	15
	135	145	120	120	50	50	35	35	15	100
33	110	7,5	10	120	22	15	15	11	1,1	20
	130	150	115	125	40	20	30	40	20	90
34	90	11	20	120	22	15	7,5	11	1,1	20
	125	140	110	125	40	30	25	45	25	90
35	75	15	15	150	11	22	18,5	18,5	1,5	25
	120	130	105	125	40	35	20	50	30	80
36	55	18,5	10	150	11	5,5	5,5	7,5	2,2	30
	115	120	100	130	40	40	15	55	35	80
37	110	22	20	40	7,5	7,5	7,5	5,5	3	30
	110	110	95	130	30	55	60	60	40	70
38	90	30	15	40	7,5	11	11	15	4	40
	105	100	90	130	30	15	55	40	45	70
39	75	22	10	60	15	11	11	18,5	4	40
	100	125	85	135	30	80	50	30	50	60
40	55	18,5	20	60	15	11	18,5	5,5	3	25
	120	115	80	135	30	15	45	20	55	60
41	110	15	15	75	18,5	11	18,5	7,5	2,2	25
	130	135	75	135	25	30	40	15	60	50
42	90	11	10	75	18,5	11	15	5,5	1,5	15
	140	145	60	140	25	60	35	50	60	50
43	75	7,5	20	100	22	15	18,5	7,5	1,1	15
	150	155	55	140	25	55	30	45	50	40

Вариант	Строительный кран	Лебедка	Бытовка	Сварочный агрегат	Растворный узел	Компрессор	Насос	Вентилятор	Электроинструмент	Наружное освещение
44	55	18,5	15	150	15	5,5	5,5	7,5	4	25
	150	45	35	140	55	60	50	40	55	80
45	75	22	20	150	15	7,5	7,5	11	1,1	20
	140	50	35	140	55	15	20	30	50	80
46	90	30	10	120	18,5	11	11	15	3	15
	130	55	40	140	50	35	30	45	45	75
47	110	22	15	120	11	15	15	18,5	1,5	40
	110	60	40	145	50	40	30	25	40	75
48	90	18,5	20	100	11	11	18,5	22	1,5	35
	120	65	55	145	45	50	35	20	35	70
49	75	15	10	100	7,5	22	22	15	2,2	30
	100	70	55	145	45	45	30	25	35	70
50	55	11	15	90	7,5	18,5	5,5	5,5	4	20
	75	75	60	150	45	40	25	45	40	65
51	110	7,5	20	90	30	22	7,5	7,5	3	25
	85	80	60	150	40	30	35	50	30	65
52	90	5,5	10	60	30	30	30	22	2,2	15
	95	85	65	150	40	20	40	60	30	60
53	75	7,5	15	60	27	22	22	18,5	1,5	40
	90	90	65	110	40	60	40	35	50	60
54	55	11	20	40	18,5	18,5	18,5	15	1,1	30
	80	95	70	110	35	55	45	40	50	55
55	110	15	10	40	18,5	15	15	18,5	4	20
	70	100	70	110	35	50	50	40	35	55
56	90	18,5	15	150	22	7,5	11	11	3	35
	60	105	75	120	35	45	50	40	35	50
57	75	22	20	150	15	7,5	15	15	2,2	25
	75	110	75	120	30	40	55	30	45	50
58	55	30	10	120	15	5,5	5,5	7,5	1,5	15
	80	115	80	120	30	30	40	60	55	45
59	110	22	15	120	11	7,5	7,5	5,5	1,1	20
	85	120	80	130	30	40	15	25	60	45
60	90	18,5	20	100	11	11	5,5	7,5	1,5	30
	90	125	85	130	25	60	30	20	60	40
61	75	15	10	100	7,5	15	15	18,5	3	40
	95	130	85	130	25	40	35	25	55	40
62	90	18,5	20	120	11	15	11	7,5	3	30
	125	60	150	140	50	60	40	50	50	50
63	75	22	15	100	11	15	7,5	11	2,2	35
	150	65	145	140	50	55	35	45	40	50
64	55	30	10	40	7,5	18,5	18,5	11	1,5	35
	105	70	140	135	45	50	30	40	30	40
65	110	22	20	60	7,5	18,5	11	7,5	1,1	30
	110	75	135	135	45	45	25	35	20	40

Вариант	Строительный кран	Лебедка	Бытовка	Сварочный агрегат	Растворный узел	Компрессор	Насос	Вентилятор	Электроинструмент	Наружное освещение
66	90	18,5	15	75	7,5	18,5	11	11	4	25
	130	80	130	130	45	40	20	30	15	35
67	75	15	10	100	15	18,5	11	5,5	3	25
	135	85	125	130	40	35	15	25	20	35
68	55	11	20	120	15	22	22	15	2,2	20
	140	90	120	125	40	30	20	25	30	30
69	110	7,5	15	150	15	22	15	15	1,5	20
	145	95	115	125	40	25	15	20	35	30
70	90	5,5	10	150	18,5	22	15	22	1,1	15
	150	100	110	120	35	20	60	15	40	25
71	75	7,5	15	120	18,5	22	15	7,5	4	15
	155	105	100	120	35	15	55	20	45	25
72	55	11	20	100	18,5	7,5	7,5	7,5	3	40
	160	110	105	115	35	20	60	25	50	20
73	110	15	10	75	22	11	11	11	2,2	30
	165	115	95	115	30	25	55	30	55	30
74	90	18,5	15	60	22	15	15	15	1,5	20
	170	120	90	110	30	30	60	35	55	40
75	75	22	20	60	22	11	15	7,5	1,1	35
	175	125	85	110	30	35	55	40	60	50
76	55	30	10	40	11	5,5	7,5	7,5	3	35
	180	130	80	105	25	40	50	45	30	60
77	110	22	15	40	11	7,5	7,5	5,5	4	20
	185	135	75	105	25	45	35	40	50	70
78	90	18,5	20	100	15	11	11	5,5	2,2	20
	190	140	70	100	25	50	60	45	40	80
79	75	15	10	75	15	5,5	5,5	7,5	4	15
	195	145	65	100	25	55	15	30	35	90
80	110	30	20	40	7,5	5,5	7,5	11	4	40
	125	75	160	125	45	40	30	20	60	70
81	90	22	15	60	11	11	5,5	7,5	3	30
	120	80	155	125	45	30	50	40	55	60
82	75	18,5	10	75	11	7,5	11	5,5	2,2	25
	115	85	150	130	50	20	60	45	50	40
83	55	15	10	100	15	7,5	11	15	1,5	20
	110	90	145	130	50	50	45	40	50	40
84	110	11	15	120	15	11	7,5	11	1,1	15
	105	95	140	135	50	60	50	30	45	30
85	90	7,5	15	120	18,5	15	15	18,5	1,1	35
	100	120	135	85	30	55	60	45	45	20
86	75	5,5	20	100	18,5	11	15	18,5	2,2	40
	105	125	130	140	30	50	15	40	40	45
87	55	7,5	20	100	22	18,5	11	15	2,2	30
	110	140	125	95	30	45	20	35	40	45

Вариант	Строительный кран	Лебедка	Бытовка	Сварочный агрегат	Растворный узел	Компрессор	Насос	Вентилятор	Электроинструмент	Наружное освещение
88	110	11	10	75	22	22	18,5	15	3	25
	115	135	120	110	25	40	25	30	40	50
89	90	15	10	75	30	15	22	18,5	4	20
	120	130	115	100	25	35	30	25	35	55
90	75	18,5	15	60	30	18,5	22	30	4	15
	125	170	110	95	25	30	35	20	30	60
91	55	22	15	60	7,5	30	18,5	22	3	20
	130	165	105	110	40	25	40	15	30	65
92	110	30	20	40	7,5	5,5	11	15	2,2	25
	135	160	100	120	40	20	45	50	35	70
93	90	5,5	20	40	11	11	5,5	15	1,5	30
	140	155	95	60	40	15	50	45	30	75
94	75	7,5	10	150	11	15	5,5	11	1,1	35
	145	150	95	85	60	60	55	40	30	80
95	55	11	15	150	15	7,5	15	18,5	1,5	40
	150	200	90	80	60	50	60	30	25	85
96	110	15	20	120	15	11	15	18,5	2,2	35
	155	195	90	75	60	40	20	25	30	90
97	75	18,5	10	100	18,5	5,5	7,5	18,5	3	30
	160	190	85	75	55	30	25	15	40	95
98	55	22	15	100	22	7,5	18,5	11	4	25
	165	185	85	80	55	20	30	60	40	100
99	110	30	20	75	22	11	22	30	4	20
	170	180	70	80	55	15	35	55	50	105
100	75	7,5	20	100	22	15	18,5	7,5	1,1	15
	150	155	55	140	25	55	30	45	50	40

П р и м е ч а н и е. Верхнее числовое значение – мощность для электроприемника, кВт, а для сварочного агрегата, кВ·А. Нижнее числовое значение – длина линии до источника электрической энергии, м.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	5
1.1. Выбор комплектной трансформаторной подстанции.....	5
1.2. Выбор комплектного оборудования.....	10
1.2.1. Выбор силовых распределительных шкафов.....	12
1.2.2. Выбор пускозащитной аппаратуры электродвигателей.....	15
1.3. Выбор проводов и кабелей.....	16
2. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ».....	20
2.1. Выбор комплектной трансформаторной подстанции.....	20
2.1.1. Расчет электрических нагрузок.....	21
2.1.2. Выбор компенсирующих устройств.....	21
2.1.3. Предварительный выбор мощности трансформатора.....	22
2.1.4. Проверка предварительно выбранного трансформатора по условию допустимого остаточного напряжения при пуске двигателя наибольшей мощности.....	22
2.2. Выбор комплектного оборудования .....	23
2.3. Выбор проводов и кабелей.....	28
2.3.1. Предварительный выбор проводов и кабелей по токовой нагрузке ЭП.....	28
2.3.2. Проверка предварительно выбранных проводов и кабелей на потери напряжений.....	28
3. ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	33