

7 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

7.1 Разработка схемы питания осветительной установки и выбор типа щитков освещения

Внутри цеха принимаем осветительную сеть переменного тока с заземлённой нейтралью напряжением 230В, ([4], с.47).

Выбор схем питания осветительной установки определяется:

- 1) требованиями к бесперебойности действия осветительной установки (наиболее важное требование);
- 2) технико-экономическими показателями;
- 3) безопасностью обслуживания, удобством управления и эксплуатации.

В соответствии с требованием СНиП предусматривается в производственных помещениях выполнение аварийной системы освещения, (ПЗ, п.5).

Как и все электроприёмники, осветительные установки подразделяются с точки зрения надёжности электроснабжения на три категории: I, II, III.

В общем случае элементами осветительной сети являются источники питания, групповой щиток освещения, провода, кабели и шинопроводы.

Электрическая часть состоит из:

а) питающих участков – это участки осветительной сети от источников питания до групповых щитков освещения. Групповой щиток освещения – это щиток, от которого непосредственно запитываются светильники.

б) групповых линий – это линии, питающие светильники от групповых щитков освещения.

Источником питания могут быть цеховые трансформаторные подстанции, вводно-распределительные устройства и магистральные шинопроводы. Питание осветительных приемников от силовых пунктов распределительных шинопроводов не допускаются, так как осветительные установки требуют достаточного качества по напряжению и могут возникнуть ситуации, когда необходимо проводить ремонт или ревизию силового пункта при наличии освещения. В качестве источника питания литейного цеха выступает КТП - 10/0,4кВ.

Питание освещения выполним непосредственно от комплектной трансформаторной подстанции (КТП), (ПЗ, задание).

					КР 1-43 01 03 01 3Э22с-ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Электрический расчёт		
Разраб.	Егорченко Е.						
Пров.	Елкин В.Д.						
Т. контр.							
Н. контр.							
Утв.							
					Лит	Лист	Листов
					У	20	29
					ГГТУ им. П.О.Сухого Кафедра «Электроснабжение»		

Номинальная мощность трансформатора $S_{HT}=400$ кВА и их количество в КТП $n=2$, а также коэффициенты загрузки $\beta_T=0,95$ и мощности $\cos\varphi_T=0,8$.

Запитывание цеха электроэнергией происходит по следующей схеме, ([4], с.54):

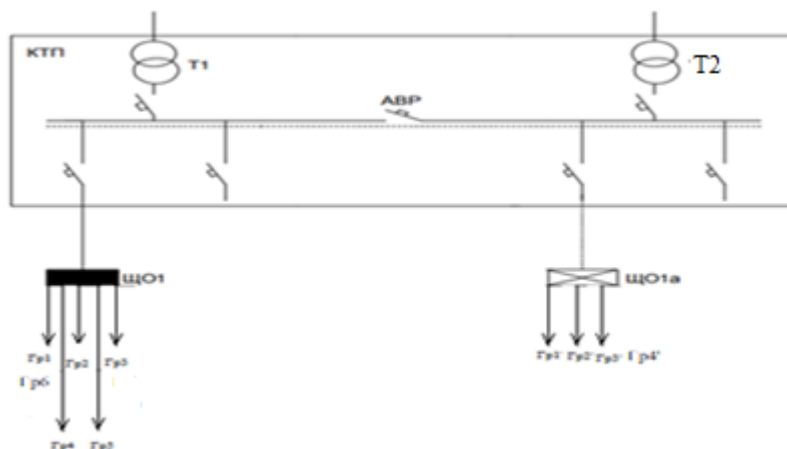


Рисунок 7.1 – Схема питания электрического освещения от двухтрансформаторной подстанции

7.2 Определение установленной и расчетной мощности групп светильников осветительной установки

Рассчитанное сечение жил проводов и кабелей должно удовлетворять условиям механической прочности, допустимому нагреву, обуславливать потерю напряжения не превышающую допустимых значений.

По механической прочности расчет проводов и кабелей внутренних электрических сетей не производится.

Выбор щитков освещения типа ПР11 выполним по допустимому нагреву. Расчет выполним для одного ЩО, имеющего наибольшее число групп потребителей, для чего определим их расчетные токовые нагрузки по формуле, ([4], с.62):

$$I_p = \frac{P_p}{3 \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (7.1)$$

где U_ϕ – фазное напряжение сети, $U_\phi=230В$, (ПЗ, п.6);

$\cos\varphi$ – средневзвешенное значение коэффициента мощности;

P_p – суммарная расчетная мощность групп электроприемников.

Расчетная мощность группы электроприемников определяется по формуле, ([4], с. 63):

$$P_p = \sum P_{л}, \quad (7.2)$$

где P_L – мощность одной лампы, (ПЗ, п. 4).

Разобьем электроприемники с СИД на несколько групп. Запитаем эти группы от двух щитков освещения.

Для группы электроприемников с лампами типа СИД (помещение на плане №3):

$$P_{p3} = 9 \cdot 120 = 1080 \text{ Вт}$$

Определяем расчётную мощность с учётом всех коэффициентов по формуле:

$$P_{расч3} = P_{p3} \cdot K_{пра} \cdot K_c \quad (7.3)$$

Где $K_{пра}$ -коэффициент пускорегулирующей аппаратуры($K_{пра}=1,05$);

K_c - коэффициент спроса($K_c=0,95$).

Для 3 группы электроприёмников:

$$P_{расч3} = 108 \cdot 1,05 \cdot 0,95 = 1077,3 \text{ Вт.}$$

Для остальных групп расчёты аналогичны, занесём наши расчёты в таблицу 7.1

Таблица 7.1 – Расчётные и установленные мощности

Номер группы	Тип освещения	$P_{уст}, \text{Вт}$	$K_{пра}$	K_c	$P_{расч}, \text{Вт}$
1	Рабочее	1210	1,05	0,95	1206,97
2	Рабочее	108	1,05	0,95	107,73
3	Рабочее	1080	1,05	0,95	1077,3
4	Рабочее	1440	1,05	0,95	1436,4
5	Рабочее	1440	1,05	0,95	1436,4
6	Рабочее	600	1,05	0,95	598,5
1'	Аварийное	360	1,05	0,95	359,1
2'	Аварийное	396	1,05	0,97	403,33
3'	Аварийное	360	1,05	0,95	359,1

$$I_p = \frac{5863,3}{3 \cdot 230 \cdot 0,8} = 10,62 \text{ А.}$$

По, ([4], табл. П.16) принимаем щиток освещения типа ПР-85.

$I_p=10,62 \text{ А} < I_H=100 \text{ А}$ – условие выполнено, следовательно выбор ЩО произведен верно.

Аналогично по формулам (7.1) – (7.3) выполним выбор и проверку остальных щитков освещения. Технические данные ЩО занесем в таблицу 7.2

Таблица 7.2 – Технические характеристики ЩО

Обозначение на схеме	Тип ЩО	Расчетный ток I_p, A	Номинальный ток I_H, A	Тип вводного выключателя	Тип выключателей на фидерах	Назначение
ЩО1	ПР-85-100-25-У3	10,62	100	ВА47-100	ВА47-100	для питания освещения помещений
ЩО1а	ПР-85-100-25-У3	6,05	100	ВА47-100	ВА47-100	для питания аварийного освещения

7.3 Определение способа прокладки кабелей (проводов) групповой и питающей электрической проводки

Выполним выбор сечения проводов и кабелей, предназначенных для питания щитков освещения от КТП.

Расчет выполним для выбора кабеля, проложенного между КТП и ЩО1. Расчетную токовую нагрузку определим по формуле, ([3], с. 156):

$$I_p = \frac{P_p}{3 \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (7.4)$$

$$I_p = \frac{5863,3}{3 \cdot 230 \cdot 0,8} = 10,62A.$$

По, ([3], табл. 12.6), с учетом того, что кабель проложен в воздухе выбираем пятижильный кабель АВВГ-5×16 С $I_{дон}=75A$.

Выполним проверку кабеля по условию нагрева, ([3], с. 157):

$I_p=10,62 A < I_{дон}=75A$ – условие выполнено, следовательно выбор кабеля произведен верно.

Аналогично по формуле (7.4) выполним выбор и проверку остальных кабелей. Технические характеристики кабелей занесем в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 – Технические характеристики выбранных кабелей

Марка кабеля	Месторасположение кабеля	Расчетный ток I_p, A	Допустимый ток $I_{дон}, A$	Условия прокладки	Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Количество жил кабеля
АВВГ	КТП – ЩО1	10,62	75	Воздух	6	5
АВВГ	КТП – ЩО1а	6,05	75	Тросовый	6	5

Выполним выбор сечения проводов и кабелей, предназначенных для питания групп потребителей от ЩО.

7.4 Расчет сечения жил кабелей (проводов) осветительной сети

Расчет выполним для выбора кабеля, проложенного между ЩО1 и четвертой группой потребителей, состоящей из ряда последовательно соединенных светильников с лампами СИД в количестве 9 единиц, по 120 Вт каждая. Расчетную токовую нагрузку определим по формуле, ([3], с. 156):

$$I_p = \frac{P_{\text{гp}}}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\text{л}}}, \quad (7.5)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение сети, $U_{\phi}=230\text{В}$, (ПЗ, п.6);

$\cos \varphi$ – значение коэффициента мощности лампы, $\cos \varphi_{\text{л}}=0,95$ для светильников с лампами типа СИД, ([4], с. 63);

$P_{\text{гp}}$ – расчетная мощность группы электроприемников, $P_{\text{гp}}=1077,3 \text{ Вт}$.

$$I_p = \frac{1077,3}{230 \cdot 0,95} = 5,15 \text{ А}.$$

По, ([3], табл. 12.6), с учетом того, что кабель проложен в воздухе выбираем пятижильный кабель АВВГ-5×2,5 с $I_{\text{доп}}=25\text{А}$.

Выполним проверку кабеля по условию нагрева, ([3], с. 157):

$I_p=5,15 \text{ А} < I_{\text{доп}}=25\text{А}$ – условие выполнено, следовательно выбор кабеля произведен верно.

Аналогично по формуле (7.5) выполним выбор и проверку остальных кабелей. Технические характеристики кабелей занесем в таблицу 7.4.

Таблица 7.4– Технические характеристики кабелей для питания осветительных установок

Марка кабеля	Месторасположение кабеля	Расчетный ток I_p , А	Допустимый ток $I_{\text{доп}}$, А	Условия прокладки	Сечение токопроводящей жилы, S , мм ²	Количество жил кабеля
АВВГ	ЩО1 – Гр1	5,52	20	Под слоем штукатурки	2,5	4
АВВГ	ЩО1 – Гр2	0,5	20	Под слоем штукатурки	2,5	4
АВВГ	ЩО1 – Гр3	3,43	25	Тросовый	2,5	5
АВВГ	ЩО1 – Гр4	6,57	25	Тросовый	2,5	5
АВВГ	ЩО1 – Гр5	6,57	25	Тросовый	2,5	5
АВВГ	ЩО1 – Гр6	2,74	25	Тросовый	2,5	5

Продолжение таблицы 7.4

ВВГ	ЩО1а – Гр1'	1,72	16	Под слоем штукатурки	1,5	3
ВВГ	ЩО1а – Гр2'	1,89	16	Под слоем штукатурки	1,5	3
ВВГ	ЩО1а – Гр3'	1,72	16	Под слоем штукатурки	1,5	3

Располагаемая (допустимая) потеря напряжения в осветительной сети, т.е. потеря напряжения в линии от источника питания (шин 0,4кВ КТП) до самой удаленной лампы в ряду, определяется по формуле, ([4], с. 64):

$$\Delta U_p = U_X - U_{\min} - \Delta U_T, \quad (7.6)$$

где U_X – напряжение холостого хода на шинах низшего напряжения трансформатора, $U_X=105\%$, ([4], с. 64);

U_{\min} – наименьшее напряжение, допускаемое на зажимах источника света, $U_{\min}=95\%$, ([4], с. 64);

ΔU_T – потери напряжения в силовом трансформаторе, приведенные к вторичному номинальному напряжению и зависящие от мощности трансформатора, его загрузки β и коэффициента мощности нагрузки, $\Delta U_T=4,4\%$.

$$\Delta U_p = 105 - 95 - 4,4 = 5,6\%.$$

Определим момент нагрузки и потери напряжения на всех участках сети. Расчет выполним для участка КТП – ЩО1 – крайняя лампа СИД Гр3.

Суммарный момент нагрузки вычислим по выражению, ([3], с. 165):

$$M = \sum P_{\text{эpi}} \cdot l_i, \quad (7.7)$$

где $P_{\text{эpi}}$ – мощность i -го приемника группы;

l_i – длина участка от источника до i -го электроприемника.

Для участка КТП – ЩО1 момент нагрузки равен:

$$M_{\text{КТП-ЩО1}} = 5863,3 \cdot 10 = 58633 \text{ Вт} \cdot \text{м}.$$

Для участка ЩО1 – крайняя лампа СИД Гр3 момент нагрузки равен:

$$M_{\text{КТП-ЩО1}} = 120 \cdot 18 + 120 \cdot 24 + 120 \cdot 36 + 120 \cdot 42 + 120 \cdot 24 + 120 \cdot 30 + 120 \cdot 36 + 120 \cdot 42 + 120 \cdot 48 = 36000 \text{ Вт} \cdot \text{м}.$$

Потеря напряжения при заданном значении сечения проводов можно определить по выражению, ([4], с.65):

$$\Delta U = \frac{M}{CS}, \quad (7.8)$$

где C – коэффициент, зависящий от материала провода и напряжения сети, для трехфазной сети с нулем $C=44$ и для однофазной сети с нулем $C=7,4$, ([4], табл.3.4);

S – площадь сечения жилы кабеля, (ПЗ, табл. 9.3).

Потеря напряжения на участке КТП – ЩО1:

$$\Delta U_{\text{КТП-ЩО1}} = \frac{58,633}{44 \cdot 16} = 0,08\%$$

Потеря напряжения на участке ЩО1 – крайняя лампа СИД Гр3:

$$\Delta U_{\text{ЩО1-сид}} = \frac{36,0}{44 \cdot 2,5} = 0,33 \%$$

Суммарная потеря напряжения на участке КТП – ЩО1 – крайняя лампа СИД Гр4:

$$\Delta U_{\text{КТП-сид}} = 0,08 + 0,33 = 0,41 \%$$

$\Delta U_{\text{ЩО1-сид}} = 0,41\% < \Delta U_P = 5,6 \%$ – условие выполнено, потеря напряжения в пределах допустимой нормы.

Аналогично, формулам (7.7) – (7.8) выполним расчеты по потере напряжения для других групп электроприемников. Полученные данные заносим в таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Потеря напряжения на участках схемы

Участок на схеме	Расчетная потеря напряжения $\Delta U_{\text{ЩО}i-\text{Л}i}$, %	Допустимая потеря напряжения ΔU_P , %	Длительно допустимый ток, А
ЩО1 – Гр1	0,511	5,52	20
ЩО1 – Гр2	0,111	5,52	20
ЩО1 – Гр3	0,33	5,52	20
ЩО1 – Гр4	0,456	5,52	20
ЩО1 – Гр5	0,611	5,52	20
ЩО1 – Гр6	0,743	5,52	20
ЩО1а – Гр1'	0,967	4,83	16
ЩО1а – Гр2'	0,801	4,83	16
ЩО1а – Гр3'	0,732	4,83	16

7.5 Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей групповой и питающей сети

Аппараты, установленные для защиты от токов коротких замыканий и перегрузки, должны быть выбраны так, чтобы номинальный ток каждого из них I_z (ток плавкой вставки или расцепителя автоматического выключателя) был не менее расчетного тока I_P , рассматриваемого участка сети:

$$I_z \geq I_P, \quad (7.9)$$

где I_p – расчетный ток рассматриваемого участка сети, A .

Проверку выполним для наиболее нагруженной группы потребителей щитка ЩО1, т.е. Гр4 с общей мощностью ламп 1436,4 Вт.

По формуле (7.3) определим расчетный ток:

$$I_p = \frac{1436,4}{230 \cdot 0,95} = 6,57 A.$$

$I_p=6,57 A < I_3=6,3 A$, ([4], табл. П.24) – условие выполнено, следовательно автоматический выключатель серии ВА47-100 на 16 ампер выбран верно.

Для защиты осветительных сетей промышленных, общественных, жилых этажных зданий наибольшее распространение получили однополюсные и трехполюсные автоматические выключатели с расцепителями, имеющие обратно зависимую от тока характеристику, у которых с возрастанием тока время отключения уменьшается.

Аппараты защиты, защищающие электрическую сеть от токов КЗ должны обеспечивать отключение аварийного участка с наименьшим временем с соблюдением требований селективности.

Номинальные токи уставок автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам защищаемых участков сети, при этом должно соблюдаться соотношение между наибольшими допустимыми токами проводов $I_{дон}$ и номинальными токами аппаратов защиты I_3 .

Выполним проверку по условию, ([4], с. 71):

$$I_{дон} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{II}}, \quad (7.10)$$

где $I_{дон}$ – допустимый ток проводов, $I_{дон}=63 A$, (ПЗ, табл. 9.3);

K_3 – коэффициент защиты, $K_3=1$, ([4], табл. 3.6);

K_{II} – поправочный коэффициент, $K_{II}=1,2$, ([4], с. 73).

$I_{дон} = 63 A > 16 A$ – условие выполнено, следовательно автоматический выключатель серии ВА47-100 выбран верно.

Выбор вводного автомата для ЩО1 и ЩО1а:

$$I_3 \geq I_p,$$

$I_p=16 A < I_3=25 A$, ([4], табл. П.24) – условие выполнено, следовательно вводной автоматический выключатель серии ВА47-100 на 25 ампер выбран верно. Аналогично для ЩО1а.

Таблица 7.6– Выбор выключателей на участках схемы

Участок на схеме	Серия выключателя	Допустимый ток выключателя	Номинальный ток выключателя
Вводной ЩО1	ВА 47-100	25	10,62
Вводной ЩО1а	ВА 47-100	25	6,05
ЩО1 – Гр1	ВА 47-100	16	5,52
ЩО1 – Гр2	ВА 47-100	16	0,5
ЩО1 – Гр3	ВА 47-100	16	3,43
ЩО1 – Гр4	ВА 47-100	16	6,57
ЩО1 – Гр5	ВА 47-100	16	6,57
ЩО1 – Гр6	ВА 47-100	16	2,74
ЩО1а – Гр1'	ВА 47-100	16	1,72
ЩО1а – Гр2'	ВА 47-100	16	1,89
ЩО1а – Гр3'	ВА 47-100	16	1,72