Задание по электротехнике 45 группа 18.03

1. Прочитать и законспектировать
2. Решить задачи
3. Готовое задание переслать на электронную почту

Расчет электрических сетей и электрического освещения

К осветительным электросетям предъявляются следующие требования:

- надежность (бесперебойность снабжения потребителей);
- обеспечение высокого качества электроэнергии (минимальные отклонения подводимых к потребителям напряжений от номинальных значений);
- пожарная безопасность.

Для выполнения этих требований необходимо обеспечить достаточную механическую прочность проводов, правильно выбрать плавкие вставки и определить сечения проводов по условию допустимой потери напряжения, а также применять провода с изоляцией, соответствующей условиям окружающей среды.

Выбор проводов производится путем расчета их по току нагрузки и потере напряжения. Механическая прочность проводов, которая определяется материалом и сечением токопроводящих жил, должна соответствовать их назначению и принятому способу прокладки.

Например, провода для зарядки светильников внутри и вне зданий должны иметь медные жилы с сечениями 0,5... 1 мм^2; голые провода в зданиях — медные жилы с сечением 2,5 мм^2; а изолированные провода в трубах — алюминиевые жилы с сечениями 4 и 2,5 мм^2 и медные с сечением 1 мм^2.

Расчет осветительной сети по току нагрузки.

Определив токовую нагрузку в сети, по таблицам длительно допустимых токовых нагрузок (приложение 1) подбирают необходимое минимальное сечение проводника, для которого расчетный ток меньше длительно допустимого.

Приложение 1

Длительно допустимые токовые нагрузки, А, для проводов с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Проложенные открыто провода		Проложенные в одной трубе			
			два провода		три провода	
	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	—	16	—	15	—
1,5	23	—	19	—	17	—
2,5	30	24	27	20	25	19
4	41	32	33	28	35	28
6	50	39	46	36	42	32
10	80	68	70	50	60	47
16	100	80	85	60	80	60
25	140	105	115	85	100	80
35	170	130	135	100	120	95
50	215	165	185	140	170	130

Нагрузка на провода должна рассчитываться достаточно точно, так как ее завышение приведет к выбору провода большего сечения, а занижение — меньшего, что также экономически не выгодно, так как вызывает лишние потери электроэнергии и напряжения в проводах.

При определении сечения проводов используются следующие величины:

- номинальная мощность $P_н$ — мощность, указанная в паспорте токоприемника, Вт;

- установленная мощность $P_у$ — сумма номинальных мощностей всех установленных токоприемников, Вт;
- потребляемая мощность $P_П$ — фактическая мощность, расходуемая токоприемниками, Вт;
- расчетная мощность $P_р$, по которой производится расчет, т.е. мощность одного или группы одновременно работающих токоприемников, Вт; .
- соответствующие указанным мощностям токи $I_н$, $I_у$, $I_П$, $I_р$, А.

Суммируя номинальные мощности подключенных токоприемников, определяют установленную мощность $P_у$: $\boldsymbol{P_у = P_{н1} + P_{н2} + P_{н3} + \ldots}$

Она всегда больше расчетной мощности $P_р$, потому что все токоприемники электроустановки почти никогда не работают одновременно: $\boldsymbol{P_у > P_р}$

Поэтому при расчете используют не установленную мощность, а ту ее часть, которая может одновременно использоваться токоприемниками, т. е. $P_р$.

Для получения расчетной мощности вводится коэффициент спроса: $\boldsymbol{K_c}$

Коэффициент спроса - показывает, какая часть установленной мощности фактически расходуется:

$$K_c = \frac{P_p}{P_y}$$

$\Rightarrow$ $\boldsymbol{P_p = K_c \cdot P_y}$ **или** $\boldsymbol{K_c = \frac{I_p}{I_y}}$ $\Rightarrow$ $\boldsymbol{I_p = K_c \cdot I_y}$

Коэффициенты спроса для некоторых электроустановок приведен в приложении 2.

Приложение 2 **Коэффициенты спроса для некоторых потребителей электроэнергии**

Потребители электроэнергии	K_c
Жилые дома, торговые помещения, мелкие мастерские, наружное и аварийное освещение	1
Библиотеки, столовые, административные здания	0,9
Лечебные, детские, учебные заведения, конторы	0,8
Большие производственные объекты	0,95
Средние производственные объекты	0,85
Подстанции	0,6
Склады, подвалы	0,6

Для расчета сечения провода по допустимой длительной токовой нагрузке необходимо знать номинальный ток $\mathbf{I_н}$.

Если номинальный ток не известен, то его определяют по формуле, которая справедлива для цепей постоянного и однофазного переменного токов с осветительными и нагревательными приборами:

$$I_н = \frac{P_p}{U_н}$$

При расчете питающих сетей наружного и аварийного освещения, а также групповых сетей всех видов освещения коэффициент спроса принимается равным единице (K_c = 1).

При определении расчетных нагрузок осветительных установок необходимо учитывать потери мощности в пускорегулирующих аппаратах, составляющие около 20 % для люминесцентных ламп и 10 % для ДРЛ.

Расчетную мощность определяют по формуле: $\boldsymbol{P_p = K_c \cdot P_y}$, а расчетный ток по формуле $I_y = \frac{P_y}{U_н}$

$I_p = \frac{P_p}{U_н}$ $\boldsymbol{I_p = K_c \cdot I_y}$

$I_p = \frac{K_c \cdot P_y}{U_н}$ $\boldsymbol{P_p = K_c \cdot P_y}$

В трехфазной цепи переменного тока расчетный ток для трехпроводной линии $I_p = \frac{K_c \cdot P_y}{\sqrt{3}U}$

Пример. Необходимо определить сечения и марки проводов для монтажа электропроводки в учебной мастерской, питание которой осуществляется от осветительного щитка. В мастерской необходимо установить 14 ламп накаливания по 150 Вт, 4 лампы по 60 Вт, 8 ламп по 15 Вт и от осветительного щитка. В мастерской необходимо установить электронагревательные приборы общей мощностью 2 кВт. Напряжение сети 220 В.

1. Определим установленную электрическую мощность освещения и приборов в учебной мастерской:

$P_y = P_{н1} + P_{н2} + P_{н3} + P_{н4} =$ 150·14 + 60·4 + 8·15 + 2000 = 4460 Вт

2. Найдем коэффициент спроса по приложению 2: K_C = 0,8, так как мастерская является учебным заведением.

3. Вычислим расчетную мощность: $P_p = K_C \cdot P_У = 0{,}8 \bullet 4460 = 3668$ Вт

4. Найдем номинальный ток, который в данном случае будет равен расчетному току при напряжении сети $U_н$ = 220 В:

$I_н = I_p = P_p / U_H = 3668 / 220 = 16{,}67\ A.$

5. По приложению 1 определим сечения жил проводов, соответствующие току 16,67 А:

сечение медных жил — 1 мм^2;
сечение алюминиевых жил — 2,5 мм^2.

6. По приложению 3 найдем марки проводов, которые можно использовать для монтажа:

для открытой прокладки — ППВ (2 х 1 мм^2), АППВ (2 х 2,5 мм^2):
для прокладки в одной трубе — ПВ (2 х 1,5 мм^2), АПВ (2 х 2,5 мм^2), ПРТО (2 х 1,5 мм^2), АПРТО (2 х 2,5 мм^2); для скрытой прокладки - ППВС (2 х 2,5 мм^2), АППВС (2 х 2,5 мм^2).

Приложение 3 **Установочные провода**

Марка	Конструкция	Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Число жил	Допустимое напряжение, В
ПР	Резиновая изоляция, оплетка из пропитанной противогнилостным составом хлопчатобумажной ткани, медные жилы	0,75. ..120	1	660
АПР	То же, но жилы алюминиевые	2,5. ..400	1	660
ПРГ	То же, но медная жила состоит из многих скрученных вместе проволок	0,75... 400	1	660
ПВ	Поливинилхлоридная изоляция, медная жила	0,5... 120	1	660
АПВ	То же, но алюминиевая жила	1	1	660
ППВ	Плоский с двумя или тремя медными жилами, изолированными поливинилхлоридной изоляцией	0,75. ..2,5	2...3	660
ППВС	Плоский с поливинилхлоридной изоляцией, без разъединительной пленки для скрытой прокладки, с медными жилами	0,75. ..2, 5	2...3	660
АППВС	То же, но с алюминиевыми жилами	2,5...6	2...3	660
АППВ	То же, но с алюминиевыми жилами и разъединительной пленкой	2,5...6	2...3	660

ПРТО	Резиновая изоляция, общая хлопчатобумажная оплетка, для прокладки в трубах, медные жилы	1...120	1...37	660
АПРТО	То же, но жилы алюминиевые	2,5. ..400	1...4	660

Задача. Рассчитать сечение и выбрать марки проводов для монтажа электропроводки в лаборатории специальной технологии, в которой 20 рабочих стендов с установленными щитками. Электрическая мощность одного щитка 2,5 кВт. Напряжение сети 220 В.

1. $P_у = P_{н1} = 2{,}5 \cdot 20 = 50$ кВт
2. коэффициент спроса по приложению 2: Средние производственные объекты $К_С = 0{,}85$
3. $P_р = К_С \cdot P_У = 0{,}85 \cdot 50$ кВт = 42,5 кВт
4. $I_н = I_р = P_р / U_Н = 42500 / 220 = 193{,}2\ A$
5. По приложению 1 определим сечения жил проводов, соответствующие току *193,2 А*:

сечение медных жил — 50 мм^2

6. По приложению 3 найдем марки проводов, которые можно использовать для монтажа:
7. для открытой прокладки — ПР (1х50 мм^2); ПРГ (1х50 мм^2); ПВ (1х50 мм^2)

Определение сечения проводов

№	Название объекта	Необходимо определить сечения и марки проводов для монтажа электропроводки:			
		Напряжение сети, **220 В**			
		лампы накаливания		электронагревательные приборы	
		Количество, штук	Мощность, Вт	Количество, штук	Мощность, Вт
1.	торговый павильон	20	100	3	2000
		2	75		
		3	40		
2.	квартира	2	60	2	1000
		3	75		
		2	40		
3.	столовая	15	75	5	600
		2	60		
		6	100		
		4	40		
4.	библиотека	30	60	2	700
		10	75		
		8	40		
		2	100		
		6	25		
5.	больница	10	60	3	800
		5	75		
		8	40		
		4	25		
6.	детсад	6	75	4	1000
		2	60		
		3	100		
		2	40		
7.	завод	25	60	1	2000

		2	75		
		3	100		
		6	150		
8.	фабрика	30	60	1	2000
		20	40		
		2	100		
		3	75		
9.	кондитерский цех	16	75	5	700
		4	40		
		3	60		
		2	25		
10.	хлебопекарня	4	100	6	800
		2	75		
		6	40		
11.	склад	9	60	1	2000
		3	40		
		2	25		
12.	подвал	3	40	1	600
		2	25		

Приложение 1

Длительно допустимые токовые нагрузки, А, для проводов с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Проложенные открыто провода		Проложенные в одной трубе			
			два провода		три провода	
	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые	медные	алюминиевые
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	—	16	—	15	—
1,5	23	—	19	—	17	—
2,5	30	24	27	20	25	19
4	41	32	33	28	35	28
6	50	39	46	36	42	32
10	80	68	70	50	60	47
16	100	80	85	60	80	60
25	140	105	115	85	100	80
35	170	130	135	100	120	95
50	215	165	185	140	170	130

Приложение 2 **Коэффициенты спроса для некоторых потребителей электроэнергии**

Потребители электроэнергии	K_c
Жилые дома, торговые помещения, мелкие мастерские, наружное и аварийное освещение	1
Библиотеки, столовые, административные здания	0,9
Лечебные, детские, учебные заведения, конторы	0,8
Большие производственные объекты	0,95
Средние производственные объекты	0,85
Подстанции	0,6
Склады, подвалы	0,6

Приложение 3 **Установочные провода**

Марка	Конструкция	Сечение токопроводящей жилы, мм^2	Число жил	Допустимое напряжение, В
ПР	Резиновая изоляция, оплетка из пропитанной противогнилостным составом хлопчатобумажной ткани, медные жилы	0,75. ..120	1	660
АПР	То же, но жилы алюминиевые	2,5. ..400	1	660
ПРГ	То же, но медная жила состоит из многих скрученных вместе проволок	0,75... 400	1	660
ПВ	Поливинилхлоридная изоляция, медная жила	0,5... 120	1	660
АПВ	То же, но алюминиевая жила	1	1	660
ППВ	Плоский с двумя или тремя медными жилами, изолированными поливинилхлоридной изоляцией	0,75. ..2,5	2...3	660
ППВС	Плоский с поливинилхлоридной изоляцией, без разъединительной пленки для скрытой прокладки, с медными жилами	0,75. ..2, 5	2...3	660
АППВС	То же, но с алюминиевыми жилами	2,5...6	2...3	660
АППВ	То же, но с алюминиевыми жилами и разъединительной пленкой	2,5...6	2...3	660
ПРТО	Резиновая изоляция, общая хлопчатобумажная оплетка, для прокладки в трубах, медные жилы	1...120	1...37	660
АПРТО	То же, но жилы алюминиевые	2,5. ..400	1...4	660

Расчет осветительной сети по потерям напряжения.

Потерей называют разность значений напряжений в начале и конце линии.

Сечение провода по допустимой потере напряжения определяют, если линия сравнительно длинная и имеет нормальную нагрузку.

После чего проверяют соответствие полученного значения условиям нагрева, а для воздушной линии — механической прочности.

Чем дальше токоприемник расположен от источника питания, тем большими становятся потери напряжения в проводах вследствие возрастания их сопротивления.

Потеря напряжения в проводах отрицательно сказывается на работе токоприемников, поэтому при расчете сечения проводов электрической сети по потере напряжения необходимо исходить из того, что отклонения напряжения для присоединенных к этой сети токоприемников не должны выходить за пределы допустимых.

ПУЭ допускают следующие пределы отклонений напряжения на зажимах токоприемников:

- для ламп освещения жилых зданий, аварийных и наружных светильников ±5 %;
- для ламп рабочего освещения промышленных предприятий и общественных зданий, а также для прожекторных установок наружного освещения +5... -2,5%.

Исходя из обеспечения допустимых значений отклонения напряжения на зажимах токоприемников, можно определить допустимую потерю напряжения в проводах сети электроустановки.
Сечение провода по допустимой потере напряжения в двухпроводной линии однофазного переменного или постоянного тока напряжением до 1000 В можно определить по формулам:

$$S = \frac{2 \cdot P_p \cdot \ell}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U_i} \qquad S = 2\sum_{1}^{n} \frac{P_p \cdot \ell}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U_i}$$

Сечение провода по допустимой потере напряжения в трехпроводной и четырехпроводной линиях трехфазного тока напряжением до 1000 В небольшой протяженности при нагрузке на конце линии можно определить по формуле:

$$S = \frac{P_p \cdot \ell}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U_i}$$

$$S = \sum_{1}^{n} \frac{P_p \cdot \ell}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U_i}$$

а при нагрузках, присоединенных по длине линии, по формуле:

где P_p — расчетная мощность на участке, Вт;
U— напряжение, В;
ℓ - расчетная длина участка, м;
S — сечение провода, мм^2;
γ — удельная электропроводимость провода, м/(Ом·мм^2);
ΔU— потеря напряжения, В.

Из приведенных формул видно, что при одинаковых номинальном напряжении электрической сети и передаваемой мощности, одинаковом сечении и материале токопроводящих жил потери напряжения в трехфазной проводке в два раза меньше, чем в однофазной.
На рис. 4.29 показана линия с нагрузкой, сосредоточенной в ее конце (*P* = 16кВт и ℓ=200 м).
Произведение нагрузки на длину линии называют моментом нагрузки, т. е. *M = Pℓ.*
При расчете трехфазной проводки с несколькими нагрузками, распределенными вдоль линии, в приведенных выше формулах вместо расчетной мощности P_p используют момент нагрузок $M = P_1 \cdot \ell_1 + P_2 \cdot \ell_2 + P_3 \cdot \ell_3 + ...$

Где P_1, P_2, P_3 - нагрузки, кВт; ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 - длины отрезков линии, м.

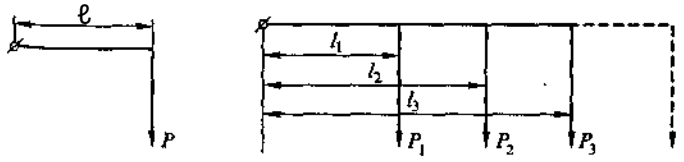

Рис. 4.29. Линия с нагрузкой, сосредоточенной в ее конце

Пример. Требуется рассчитать сечение алюминиевых проводов для магистрали с нагрузкой в 16 кВт длиной 200 м от трансформаторной подстанции с номинальным вторичным напряжением 380/220 В до жилого дома, если допустимая потеря напряжения в этой линии составляет 5 %

1. Определим допустимую потерю напряжения: $\Delta U = \frac{U_н \cdot 5\%}{100} = \frac{380 \cdot 5\%}{100} = 19B$
2. Расчетная нагрузка: $P_p = P_н = 16$ кВт.
3. По формуле для четырехпроводной линии трехфазного тока найдем сечение провода:

$$S = \frac{P_p \cdot \ell}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U_н} = \frac{16000 \cdot 200}{36 \cdot 19 \cdot 380} = 12мм^2$$

γ=36 *м/(Ом·мм^2)таблица*

4. Найдем ближайшее стандартное сечение алюминиевого провода: S = 16 мм^2.
5. Сечение нулевого провода магистрали принимаем равным 16 мм^2, как минимально допустимое по условиям механической прочности алюминиевых проводов воздушных линий.

Задача 1. Определить сечение проводов в осветительной двухпроводной линии, расчетная схема которой приведена на рис. 4.30. Номинальное напряжение линии 220 В. Провода алюминиевые. Допустимые потери напряжения в линии 2,5 %.

Ответ. 9,5 мм^2. Стандартное сечение провода 10 мм^2.

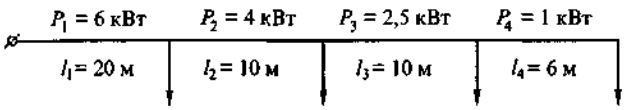

Рис. 4.30. Расчетная схема линии

$$M = P_1 \cdot \ell_1 + P_2 \cdot \ell_2 + P_3 \cdot \ell_3 + P_4 \ell_4 = P_1 \cdot \ell_1 + P_2 \cdot (\ell_1 + \ell_2) + P_3 \cdot (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3) + P_4 \cdot (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4)$$

$$M = 6 \cdot 20 + 4 \cdot (10 + 20) + 2{,}5 \cdot (10 + 10 + 20) + 1 \cdot (6 + 10 + 10 + 20) = 386кВт \cdot м$$

$$\Delta U = \frac{U_н \cdot 2{,}5\%}{100} = \frac{220 \cdot 5\%}{100} = 11B$$

$$S = \frac{2 \cdot P_p \cdot \ell}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U_н} = \frac{2 \cdot 386000}{36 \cdot 11 \cdot 220} = 8{,}9мм^2$$

Задача 2. Определить сечение алюминиевых проводов магистральной линии трехфазного тока с напряжением U= 380/220 В, которая питает групповой осветительный щиток с расчетной нагрузкой 20 кВт. Длина линии 100 м, допустимые потери напряжения в проводах составляют 1,5 %.

$$\Delta U = \frac{U_н \cdot 1{,}5\%}{100} = \frac{380 \cdot 1{,}5\%}{100} = 5{,}7B \qquad S = \frac{P_p \cdot \boldsymbol{\ell}}{\gamma \cdot \boldsymbol{\Delta U} \cdot U_{\boldsymbol{н}}} = \frac{20000 \cdot 100}{36 \cdot 5{,}7 \cdot 380} = 26\boldsymbol{мм}^2$$

Ответ. 29 мм^2. Стандартные сечения: 35 мм^2 для фазных проводов и 16 мм^2 для нулевого.

Расчет осветительной сети по потерям напряжения.

1. Требуется рассчитать сечение алюминиевых проводов для магистрали с нагрузкой в 18 кВт длиной 500 м от трансформаторной подстанции с номинальным вторичным напряжением 380/220 В до жилого дома, если допустимая потеря напряжения в этой линии составляет 5 %.

2. Требуется рассчитать сечение алюминиевых проводов для магистрали с нагрузкой в 28 кВт длиной 300 м от трансформаторной подстанции с номинальным вторичным напряжением 380/220 В до жилого дома, если допустимая потеря напряжения в этой линии составляет 6 %.

3. Требуется рассчитать сечение алюминиевых проводов для магистрали с нагрузкой в 10 кВт длиной 600 м от трансформаторной подстанции с номинальным вторичным напряжением 380/220 В до жилого дома, если допустимая потеря напряжения в этой линии составляет 4 %.

4. Определить сечение проводов в осветительной двухпроводной линии, расчетная схема которой приведена на рис. 1 Номинальное напряжение линии 220 В. Провода алюминиевые. Допустимые потери напряжения в линии 2,4 %.

5. Определить сечение проводов в осветительной двухпроводной линии, расчетная схема которой приведена на рис. 2 Номинальное напряжение линии 220 В. Провода алюминиевые. Допустимые потери напряжения в линии 2,2 %.

6. Определить сечение проводов в осветительной двухпроводной линии, расчетная схема которой приведена на рис. 3 Номинальное напряжение линии 220 В. Провода алюминиевые. Допустимые потери напряжения в линии 2,3 %.

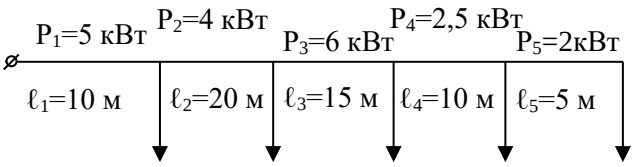

Рис.1

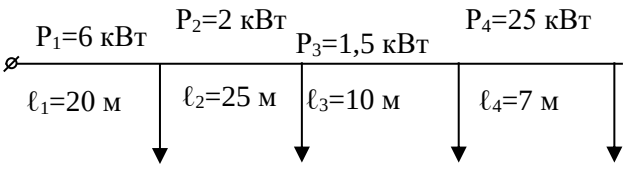

Рис.3

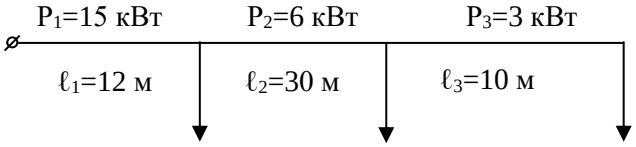

Рис.2