



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



FAN:

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА**

**ТЕМА
04**

**РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ ПО НАГРЕВУ**



**ТАШПУЛАТОВ НУСРАТИЛЛО
ТЕЛМАНОВИЧ**

Доцент кафедры «Электроснабжение и
возобновляемые источники энергии»



Расчет электрических сетей по нагреву

При работе оборудования электрических сетей, контактные соединения, провода и кабели, под воздействием токовых нагрузок, превышающие допустимые нормы, нагреваются, что приводит в конечном результате к преждевременному выходу из строя. Целью расчета по нагреву является определение граничных показателей разрушения оборудования или преждевременного выхода его из строя. Выбор токовых вставок защитных оборудований.

При выполнении расчета необходимо учитывать следующие факторы: температура среды (комнаты, воздуха, помещения, степень влажности), температура нагрева металла (открытого или закрытого проводника), материал проводника, состав изоляции (бумажная, диэлектрическая, масляная и т.д.), способ прокладки (открыто, закрыто, в коробе, в кабельной полке, в траншее, в трубе и т.д.), вид прокладки (по наружной стенке, внутри здания, в комнате с активными парами, защищенный и т.д.) и уровень напряжения (0,22; 0,4; 6; 10; 35 кВ и т.д.). Вышеперечисленные положения могут привести к порче оборудования и нежелательным последствиям.

Допустимый ток в проводнике определяется по следующей формуле:

$$I' = I \sqrt{\frac{t'_{\text{проводник}} - t'_{\text{среда}}}{t - t_0}}$$

Здесь: I – ток, протекающий через проводник, А; $t'_{\text{проводник}}$ – температура проводника, °С; $t'_{\text{среда}}$ – температура среды во время расчета, °С.

t – температура проводника, °С; t_0 – допустимая температура среды, °С;



При расчете дневная и вечерняя нагрузки складывается отдельно. Согласно итоговой нагрузке мощностей или токов из таблицы производится выбор сечения расчетного, а потом стандартного проводника. После производится проверочный расчет



▲
При расчете электрических линий по данной методике используем предыдущую методику, т.е суммируя нагрузочные токи по линиям, находим сечение проводника и согласно табличным данным производится выбор стандартного сечения электропроводок. В большинстве случаев провода воздушных линий необходимо проверить на нагрев при длительной нагрузке. Осуществляется это путем сравнения $I_{p(max)}$ и $I_{доп}$. Если $I_{p(max)} > I_{доп}$, то в этом случае провод при длительной нагрузке будет греться. Если же $I_{p(max)} < I_{доп}$, то с точки зрения нагрева все обстоит благополучно. Величину $I_{доп}$ берем из таблиц 6, 7 приложения, либо из литературы / 2 / в зависимости от материала сечения.

ЗАДАЧА № 3

Дано: Воздушная линия из медного проводника марки М 25 проходит по воздуху с температурой $t_{\text{окр}} = 25^{\circ}\text{C}$. Проводник в момент расчета имеет температуру $t_{\text{проводник}} = 70^{\circ}\text{C}$. Допустимый ток проводника $I_{\text{доп}} = 180 \text{ A}$.

Определить: Если температура проводника достигнет $t' = 100^{\circ}\text{C}$ и при этом температура окружающей среды остается неизменной, сколько тока может проводить медный проводник? Выполните расчет медного проводника по нагреву.

РЕШЕНИЕ:

$$I' = I \sqrt{\frac{t'_{\text{проводник}} - t'_{\text{среда}}}{t - t_0}} = 180 \sqrt{\frac{100 - 25}{70 - 25}} = 232 \text{ A}$$



ЗАДАЧА № 4

Дано: Используя данные задачи – 3 с учетом температуры окружающей среды $t_{0.среда} = 35^{\circ}\text{C}$. и при достижении температуры проводника $t'_{проводник} = 35^{\circ}\text{C}$, определите величину допустимого тока:

РЕШЕНИЕ:

$$I' = I \sqrt{\frac{t'_{проводник} - t'_{среда}}{t - t_0}} = 180 \sqrt{\frac{70 - 35}{70 - 25}} = 158 \text{ A}$$

ЗАДАЧА № 5

Дано: Используя данные предыдущей задачи, произведите расчет воздушной линии с алюминиевыми проводами вместо медного провода.

РЕШЕНИЕ:

$$I_A = I_M \sqrt{\frac{\gamma_A}{\gamma_M}} = 180 \sqrt{\frac{32}{53}} = 140 \text{ A}$$

ЗАДАЧА № 6

Дано: Используя данные задачи – 3, определите допустимый ток медного проводника, проложенного внутри здания. Нагрузка потребителей дана на рисунке - 3.

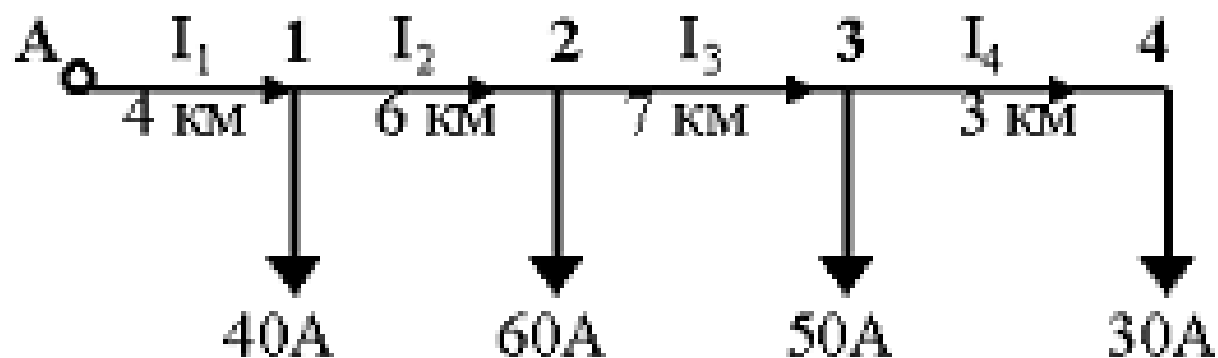


Рис.-3. Расчетная схема электрической линии с напряжением 0,4 кВ.



РЕШЕНИЕ:

1. Определяем точки тока раздела магистральной линии.

$$I_{A-1} = (40 + 60 + 50 + 30) = 180 \text{ А} \quad I_{1-2} = (60 + 50 + 30) = 140 \text{ А}$$

$$I_{2-3} = 80 \text{ А} , \quad I_{3-4} = 30 \text{ А}$$

Из таблицы - 6 приложения для медного проводника М25 проложенного внутри здания определяется допустимый ток нагрева $I_{доп.} = 135 \text{ А}$, и предлагается использование проводника этой марки между точками тока раздела 2-3.



Для точки тока раздела А-1, 1-2 использование провода марки М 25 не рекомендуется. По требованиям безопасности и экономии электрической энергии допустимый ток должен быть меньше, чем рабочий ток ($I_{раб} < I_{доп.}$). Согласно расчета получилось наоборот, т.е. $I_{доп.} < I_{раб}$ (135 < 180; 135 < 140). Для правильного подбора проводника предлагается применять проводник более крупного сечения.





2. Расчет линий на потери напряжения.

Расчет можно вести в двух вариантах:

1 - вариант – согласно представленного номинального напряжения (U_H), нагрузки (P), длина линии (l), допустимое значение потери напряжения ($\Delta U_{p.э.}$), рассчитать сечение проводника воздушной линии (F);

2 - вариант - Когда даны: марка и поперечное сечение проводника (F), и сведения сети (U_H, P, l), находятся потери напряжения и сопоставляются со стандартными значениями.

Оба варианта взаимосвязаны между собой, и их оба можно использовать при расчетах. Если первый вариант использовался для расчета, то второй вариант может быть проверочным или наоборот.



ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ:

На основе расчетной схемы рис. – 3 выполнить расчет аналогично порядку расчета 6 – задачи, воздушных линий построенных из проводов марки А-75, А-95, АС–95, АС-150.

А. Определяется нагрузка потребителей в точках токораздела:

1. 15; 35; 60; 75, *А.*
2. 35; 40; 50; 25, *А.*
3. 15; 23; 33; 10, *А.*
4. 18; 12; 10; 21, *А.*

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ:

На основе расчетной схемы рис. – 3 выполнить расчет аналогично порядку расчета 6 – задачи, воздушных линий построенных из проводов марки А-75, А-95, АС–95, АС-150.

Б. Расстояние между точками токораздела находится следующим образом:

$$l_1 = 3; 5; 8; 4. \quad l_2 = 2; 6; 11; 5 \quad l_3 = 7; 6; 5; 10. \quad l_4 = 5; 7; 3; 3, \text{ км}$$

Приложение

Таблица-1. Коэффициент одновременности потребительских сетей 0,4 кВ.

Количество потребителей	Коэффициент одновременности (K_o)	Количество потребителей	Коэффициент одновременности (K_o)
2	0,85	16-20	0,55
3	0,8	21-30	0,5
4-5	0,75	31-50	0,45
6-7	0,7	50-100	0,4
8-10	0,65	100-150	0,38
11-15	0,6	150 и выше	0,35

Таблица - 2. Коэффициент мощности потребительских подстанций с напряжением 10/0,4 кВ

$S_{\text{Д}}/S_{\text{В}}$	cosφ		$S_{\text{Д}}/S_{\text{В}}$	cosφ	
	Дневной	Вечерней		Дневной	Вечерней
0,25-0,35	0,94	0,97	0,86-1,15	0,8	0,89
0,36-0,6	0,9	0,95	1,16-1,4	0,78	0,84
0,61-0,85	0,85	0,93	1,4 и выше	0,75	0,8

**Таблица 3. Коэффициент одновременности потребительских сетей
10 кВ**

Количество ТП	2	3	4-6	7-15	16-25	26 и выше
K_o	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

Таблица - 4. Коэффициент мощности потребительских подстанций с напряжением 35/10 кВ

S_D/S_B	$\cos\varphi$		S_D/S_B	$\cos\varphi$	
	Дневной	Вечерней		Дневной	Вечерней
0,25-0,35	0,92	0,95	0,86-1,15	0,78	0,87
0,36-0,6	0,88	0,93	1,16-1,4	0,76	0,82
0,61-0,85	0,83	0,91	1,4 и выше	0,73	0,78

Таблица - 5. Активное сопротивление стальных проводов

Ток, А	Активное сопротивление одно проволочного проводника, (Ом/км)			Ток, А	Активное сопротивление многопроволочного проводника, (Ом/км)			
	ПСО 3,5	ПСО 4	ПСО 5		ПС 25	ПС 35	ПС 50	ПС 70
1	15,4	11,7	7,6	1	5,25	3,96	2,75	1,70
2	16,4	12,7	8,5	2	5,27	3,96	2,75	1,70
3	17,9	14,1	9,7	4	5,30	3,99	2,75	1,70
4	19,6	15,5	11,1	6	5,35	4,02	2,75	1,70
5	21,2	17,0	12,5	8	5,40	4,06	2,76	1,70
6	22,3	18,2	13,7	10	5,50	4,10	2,78	1,70
7	22,6	18,7	14,5	12	5,64	-	2,79	1,70
8	22,5	18,8	15,0	14	5,85	-	2,80	1,70
9	22,3	18,7	15,2	16	6,15	4,46	2,81	1,71
10	22,0	18,5	15,2	18	6,50	-	2,83	1,71
12	21,4	18,0	15,0	20	6,70	4,80	2,85	1,72
14	20,8	17,5	14,8	22	6,82	-	2,88	1,73
16	20,2	17,0	14,6	24	6,92	-	2,92	1,74
18	19,5	16,5	14,3	26	7,00	5,26	2,97	1,75
20	19,0	16,0	14,0	28	7,06	-	3,03	1,76
				30	7,10	5,50	3,10	1,77
				35	7,10	5,60	3,25	1,79
				40	7,02	5,65	3,40	1,83
				45	6,92	5,63	3,52	1,88
				50	6,85	5,60	3,61	1,93

Таблица - 6. Допустимый длительный ток неизолированных проводов

Медные проводники			Алюминиевые проводники			Сталеалюминиевые проводники		Сальные проводники	
Марка	Нагрузочный ток, А		Марка	Нагрузочный ток, А		Марка	Нагрузочный ток, А (вне помещения)	Марка	Нагрузочный ток, А (вне помещения)
	Вне помещения	Внутри помещения		Вне помещения	Внутри помещения				
М4	50	25	А10	75	55	АС10	80	ПС03	23
М6	70	35	А16	105	75	АС16	105	ПС03,5	26
М10	95	60	А25	135	105	АС25	130	ПС04	30
М16	130	100	А35	170	130	АС35	175	ПС05	35
М25	180	135	А50	215	165	АС50	210	ПС25	60
М35	220	170	А70	265	210	АС70	265	ПС35	75
М50	270	220	А95	322	255	АС95	330	ПС50	90
М70	340	270	А120	375	300	АС120	380	ПС70	125
М95	415	335	А150	440	355	АС150	445	ПС95	140
М120	485	395	А185	500	410	АС185	510		
М150	570	465	А240	590	490	АС240	610		
М185	640	530	А300	680	570	АС300	690		
М240	760	685	А400	815	690	АС400	835		
М300	880	740				АС0150	450		
М400	1050	895				АС0185	505		
						АСУ120	375		
						АСУ150	450		

Таблица 12. Технические показатели трехфазных трех обмоточных трансформаторов

№ п.п.	Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение высокой стороны, кВ	Потери, Вт			Напряжение к.з. по отношению к номинальному, %	Ток к.з. при холостом ходу по отношению к номинальному
			Холостом ходу		при коротком замыкании		
			степень-А	степень-В			
1	25	10	105	125	600 - 690	4,5 - 4,7	3,2
2	40	10	150	180	880-1000	4,5-4,7	3,0
3	63	10	220	265	1280-1470	4,5-4,7	2,8
4	100	10	310	365	1970-2270	4,5-4,7	2,6
5	160	10	460	540	2650-3100	4,5-4,7	2,4
		35	560	660	2650-3100	4,5-4,7	2,3
6	250	10	660	780	3700-4200	4,5-4,7	2,3
		35	820	960	3700-4200	6,5-6,8	2,3
7	400	10	920	1080	5500-5900	6,5-6,8	2,1
		35	1150	1350	5500	6,5	2,1
8	630	10	1420	1680	7600-8500	6,5	2,0
		35	1700	2000	7600	6,5	2,0

Таблица 13. Технические показатели масляных трансформаторов.

№ п.п.	Номинальная мощность	Номинальное значение высокой стороны, кВ		Потери, кВт			По отношению к номинальному напряжению в %	Ток холостого хода по отношению к номинальному в %
				Холостом ходу		Короткое замыкание		
				ЮК	ПК			
1	1000	10	0,69	2,1	2,45	12,2	5,5	1,4
		10	10,5	2,1	2,45	11,6	5,5	1,4
		35	0,60	2,35	2,75	12,2	6,5	1,5
2	1600	35	10,5	2,35	2,75	11,6	6,5	1,5
		10	0,69	2,8	3,3	18,0	5,5	1,3
		10	6,3	2,8	3,3	16,5	5,5	1,3
		35	0,69	3,1	3,65	18,0	6,5	1,4
3	2500	35	10,5	3,1	3,65	16,5	6,5	1,4
		10	0,69	3,9	4,6	25,0	5,5	1,0
		10	10,5	3,9	4,6	23,5	5,5	1,0
		35	0,69	4,35	5,1	25,0	6,5	1,1
		35	10,5	4,35	5,1	23,5	6,5	1,1
4	4000	10	6,3	5,45	6,4	33,5	6,5	0,9
		35	10,5	5,7	6,7	33,5	7,5	1,0
5	6300	10	10,5	7,65	9,0	46,5	6,5	0,8
		35	10,5	8,0	9,0	46,5	7,5	0,9

Литература:

1. Тошпўлатов Н.Т. – «Сув хўжалигида электр таъмоти» дарслик. Тошкент, ТИҚХММИ 2019 й.-451 б.
2. И.А. Будзко, Н.М. Зуль-«Электроснабжение сельского хозяйства» Москва, Колос 2005 г. – 496 с.
3. *Donald L, Basham P.E. - Electrical Power Supply and Distribution. UFC-3-550-03FA, USA 2005.*
4. Э.А. Киреев. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. Москва. КноРус. 2011 г. 368 с.
6. И.А. Будзко, Ю.В. Гессен, М.С. Левин - «Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов» М. Колос 2011 г.-256 с.
7. «Приборы и средства диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения» справочное пособие. Под.ред. В.И. Григорьева.-М.: Колос, 2006 г.-272 стр.
8. <http://www.uzbekenergo.uz/rus/> ;
9. <http://www.gov.uz/ru/section.scm?sectionId=2039&contentId=17519>



TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH
MUHANDISLARI INSTITUTI



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



**ТОШПУЛАТОВ НУСРАТИЛЛО
ТЕЛМАНОВИЧ**



Доцент кафедры Электроснабжение
и возобновляемые источники
энергии



+ 998 71 237 19 68



nusratillo@mail.ru



@Nysratillo Toshpulatov

