

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ

Электрический расчет воздушных линий (ВЛ) производится с целью выбора марки и сечения проводов, определения потерь напряжения и энергии в линии.

Результаты расчетов и необходимые данные для них оформляются в виде таблицы 3.1.

В столбцах 3, 4, 5 и 6 таблицы 3.1 проставляются расчетные активные нагрузки (дневного и вечернего максимума) всех потребителей ($P_{до}$, $P_{во}$) и производственных потребителей ($P_{дп}$, $P_{вп}$), которые на каждом из участков ВЛ 10 кВ определяются попарным суммированием с помощью коэффициента одновременности или табличных добавок. Коэффициент одновременности при сложении: двух нагрузок $k_o=0,9$; трех нагрузок $k_o=0,85$. Добавки от меньшей из слагаемых нагрузок к большей нагрузке рекомендуется брать по таблице 3.10 [1,2].

Таблица 3.1

Участок 10 кВ		Расчетная активная мощность участка, кВт				$P_{дп}/P_{д}$	$P_{вп}/P_{во}$
Номер	Длина, км	$P_{до}$	$P_{дп}$	$P_{во}$	$P_{вп}$		
5_6	4,2	180	100	240	120	0,556	0,5
2_5	6	432	225	531	247,5	0,521	0,4661
3_2	5,2	584,1	250,56	598,5	273,69	0,429	0,45729
3_4	7,4	260	200	290	210	0,769	0,72414
1_3	8,3	887,49	510,476	1052,73	623,6365	0,575	0,5924
0_1	7,5	1158,7	684,428	1262,45	741,27285	0,591	0,58717

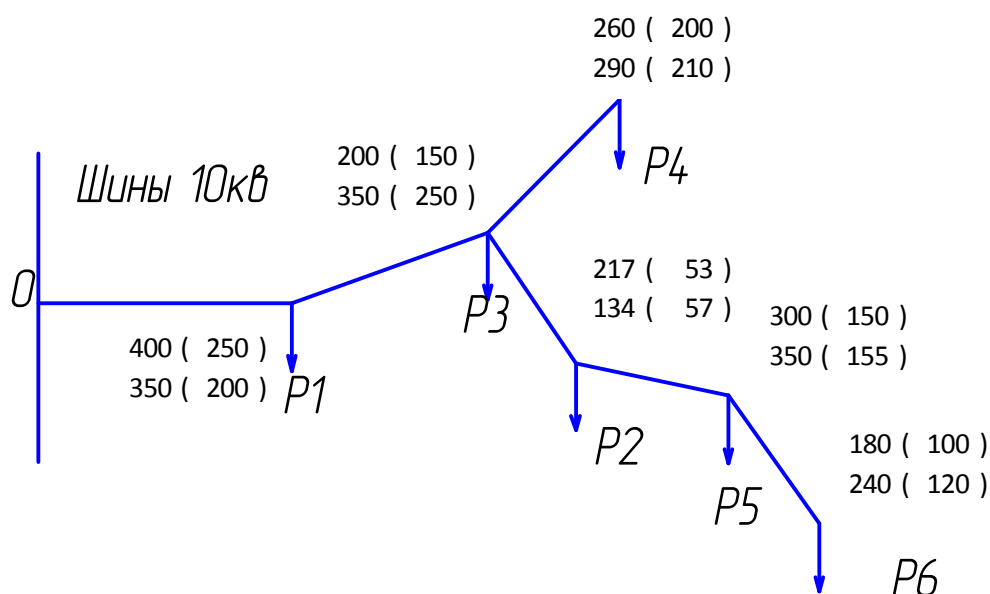


Рисунок 3.1

В столбцы 9 и 10 вписываются значения коэффициента мощности, определенные по кривым рисунка 3.6 [1] или рисунка 3.7 [2] в зависимости от доли производственной нагрузки на каждом из участков линии, а в столбцы 11 и 12 – соответствующие значения «tg φ».

Расчетная реактивная и полная мощность нагрузки для дневного и вечернего максимума по каждому участку ВЛ 10 кВ определяются по формулам:

$$Q = P_o \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3.1)$$

$$S = \frac{P_o}{\cos \varphi}, \quad (3.2)$$

после чего вписываются в соответствующие столбцы таблицы 3.1. В формулах (3.1) и (3.2) «P_o» – расчетная активная общая нагрузка, указанная в столбцах 3 и 5, а «cos φ» и «tg φ» берутся из столбцов 9...12 таблицы 3.1.

В столбцы 17, 18 таблицы вписывается рабочий ток на участках линии, который определяется по формуле:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (3.3)$$

где U_{ном}=10 кВ – номинальное напряжение линии.

Продолжение таблицы 3.1

cosφд	cosφв	tgφд	tgφв	Расчетная мощность				Рабочий ток,А	
				Реактивная, квар		Полная кВА			
				Qд	Qв	Sд	Sв	Iд	Iв
0,794	0,839	0,766	0,649	137,8	155,651	226,7	286,1	13,09	16,52
0,801	0,845	0,747	0,633	322,9	336,048	539,3	628,4	31,14	36,28
0,814	0,846	0,714	0,63	416,8	377,199	717,6	707,4	41,43	40,85
0,745	0,794	0,895	0,766	232,8	222,035	349	365,2	20,15	21,09
0,79	0,821	0,776	0,695	688,8	732,071	1123	1282	64,86	74,03
0,787	0,822	0,784	0,693	908,4	874,636	1472	1536	85,01	88,67

Задаемся предварительным значением площади сечений проводов

$$F_1 = \frac{I_1}{1.3} = \frac{16.5}{1.3} = 12.7 \quad \text{мм}^2$$

$$F_2 = \frac{I_2}{1.3} = \frac{41.4}{1.3} = 31.8 \quad \text{мм}^2$$

$$F_3 = \frac{I_3}{1.3} = \frac{41.4}{1.3} = 31.8 \quad \text{мм}^2$$

$$F_4 = \frac{I_4}{1.3} = \frac{21.1}{1.3} = 16.2 \quad \text{мм}^2$$

$$F_5 = \frac{I_5}{1.3} = \frac{74}{1.3} = 56.9 \quad \text{мм}^2$$

$$F_6 = \frac{I_6}{1.3} = \frac{88.7}{1.3} = 68.2 \quad \text{мм}^2$$

На каждом из участков линии необходимо определить потерю напряжения:

$$\Delta U = \frac{(\mathbf{P} \cdot \mathbf{r}_0 + \mathbf{Q} \cdot \mathbf{x}_0) \cdot \ell}{U_{\text{ном}}}, \quad (3.5)$$

где ℓ , P и Q – длина участка и мощности, передаваемые по участку, берутся из таблицы 3.1, а r_0 и x_0 – из таблицы 3.2 для соответствующего участка ВЛ 10 кВ.

$$\Delta U_{\text{д56}} = \frac{(180 \cdot 0.773 + 138.0 \cdot 0.41) \cdot 4.2}{10} = 82.202 \cdot \text{В}$$

$$\Delta U_{\text{д25}} = \frac{(432 \cdot 0.773 + 417.0 \cdot 0.41) \cdot 6}{10} = 302.944 \cdot \text{В}$$

$$\Delta U_{\text{д32}} = \frac{(584.1 \cdot 0.773 + 689.0 \cdot 0.41) \cdot 5.2}{10} = 381.68 \cdot \text{В}$$

$$\Delta U_{\text{д34}} = \frac{(260 \cdot 0.773 + 156.0 \cdot 0.41) \cdot 7.4}{10} = 196.056 \cdot \text{В}$$

$$\Delta U_{\text{д13}} = \frac{(887.485 \cdot 0.42 + 377.0 \cdot 0.385) \cdot 8.3}{10} = 429.848 \cdot \text{В}$$

$$\Delta U_{\text{д01}} = \frac{(1158.7365 \cdot 0.42 + 732.0 \cdot 0.385) \cdot 7.5}{10} = 576.367 \cdot \text{В}$$

Полученную по формуле (3.5) потерю напряжения в вольтах необходимо перевести в киловольты и представить в процентах:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{ном}}} \cdot 100$$

$$\Delta U_{\text{д56}\%} = \frac{82.2}{10000} \cdot 100 = 0.822$$

$$\Delta U_{\text{д25}\%} = \frac{303}{10000} \cdot 100 = 3.03$$

$$\Delta U_{\text{д32}\%} = \frac{382}{10000} \cdot 100 = 3.82$$

$$\Delta U_{\text{д34}\%} = \frac{196}{10000} \cdot 100 = 1.96$$

$$\Delta U_{\text{д13}\%} = \frac{430}{10000} \cdot 100 = 4.3$$

$$\Delta U_{\text{д01}\%} = \frac{576}{10000} \cdot 100$$

Потери напряжения от шин 10 кВ до конца расчетного участка определяются путем суммирования потерь напряжения тех участков, по которым передается нагрузка рассматриваемого участка ВЛ 10 кВ. Полученные результаты вписываются в столбцы 21 и 23 таблицы 3.1.

$$\Delta U_{д156\%} = \frac{576}{10000} \cdot 100 + \frac{430}{10000} \cdot 100 + \frac{382}{10000} \cdot 100 + \frac{303}{10000} \cdot 100 + \frac{82.2}{10000} \cdot 100 = 17.732$$

$$\Delta U_{д125\%} = \frac{576}{10000} \cdot 100 + \frac{430}{10000} \cdot 100 + \frac{382}{10000} \cdot 100 + \frac{303}{10000} \cdot 100 = 16.91$$

$$\Delta U_{д132\%} = \frac{576}{10000} \cdot 100 + \frac{430}{10000} \cdot 100 + \frac{382}{10000} \cdot 100 = 13.88$$

$$\Delta U_{д134\%} = \frac{576}{10000} \cdot 100 + \frac{430}{10000} \cdot 100 + \frac{196}{10000} \cdot 100 = 12.02$$

$$\Delta U_{д113\%} = \frac{576}{10000} \cdot 100 + \frac{430}{10000} \cdot 100 = 10.06$$

$$\Delta U_{д101\%} = \frac{576}{10000} \cdot 100 = 5.76$$

$$\Delta U_{в156\%} = \frac{650}{10000} \cdot 100 + \frac{438}{10000} \cdot 100 + \frac{434}{10000} \cdot 100 + \frac{304}{10000} \cdot 100 + \frac{134}{10000} \cdot 100 = 19.6$$

$$\Delta U_{в125\%} = \frac{650}{10000} \cdot 100 + \frac{438}{10000} \cdot 100 + \frac{434}{10000} \cdot 100 + \frac{304}{10000} \cdot 100 = 18.26$$

$$\Delta U_{в132\%} = \frac{650}{10000} \cdot 100 + \frac{438}{10000} \cdot 100 + \frac{434}{10000} \cdot 100 = 15.22$$

$$\Delta U_{в134\%} = \frac{650}{10000} \cdot 100 + \frac{438}{10000} \cdot 100 + \frac{268}{10000} \cdot 100 = 13.56$$

$$\Delta U_{в113\%} = \frac{650}{10000} \cdot 100 + \frac{438}{10000} \cdot 100 = 10.88$$

$$\Delta U_{в101\%} = \frac{650}{10000} \cdot 100 = 6.5$$

В столбце 24 таблицы указываются потери электрической энергии на участках линии, которые рассчитываются по формуле:

$$\Delta W = 3 \cdot I^2 \cdot r_0 \cdot \ell \cdot \tau, \quad (3.7)$$

где τ - время максимальных потерь, час; может быть принято по таблице 14.2 [1] или 14.3 [2].

Окончание таблицы 3.1

Марка и сечение провода	Потери напряжения, %				Потери энергии кВт*ч
	на участке	кВ до конца	на участке	до конца участка	
АС	днем		вечером		
АС35/6,2	0,822	17,732	1,34	19,6	5038,155045
АС35/6,2	3,03	16,91	3,04	18,26	45311,27494
АС35/6,2	3,82	13,88	4,34	15,22	39269,77161
АС35/6,2	1,96	12,02	2,68	13,56	14516,13438
АС70/11	4,3	10,06	4,38	10,88	108809,2152
АС70/11	5,76	5,76	6,5	6,5	141264,374
Общие потери энергии кВт*ч/год					354208,9251

Параметры выбранных проводов необходимо свести в таблицу 3.2.(приложение 1, 4, 14, 15 [1,2]).

Номер участка	Провод	Дср,мм	r0, Ом/км	x0, Ом/км	I _{раб.макс} ,А	I _{доп} ,А
5_6	АС35/6,2	2000	0,773	0,41	16,5	175
2_5	АС35/6,2	2000	0,773	0,41	41,4	175
3_2	АС35/6,2	2000	0,773	0,41	41,4	175
3_4	АС35/6,2	2000	0,773	0,41	21,1	175
1_3	АС70/11	2000	0,42	0,385	74	265
0_1	АС70/11	2000	0,42	0,385	88,7	265

Таблица 3.2

ПОСТРОЕНИЕ ТАБЛИЦЫ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ

Таблица отклонений напряжения в курсовом проекте необходима для определения допустимой потери напряжения в линиях 0,38 кВ и выбора оптимальной надбавки напряжения у трансформаторов подстанций. Таблица составляется для подстанций ближайшего к шинам 10 кВ населенного пункта (ТП_б), удаленного (ТП_у) и расчетного (ТП_р) населенных пунктов (таблица 4.1).

Таблица отклонений напряжения в курсовом проекте необходима для определения допустимой потери напряжения в линиях 0,38 кВ и выбора оптимальной надбавки напряжения у трансформаторов подстанций.

Таблица составляется для подстанций ближайшего к шинам 10 кВ населенного пункта (ТП_б), удаленного (ТП_у) и расчетного (ТП_р) населенных пунктов (таблица 4.1).

При заполнении таблицы необходимо помнить, что:

1) отклонения напряжения на шинах 10 кВ, шинах 0,4 кВ и на зажимах удаленного потребителя могут иметь знак плюс, минус или быть равны нулю;

2) ближайший потребитель считается подключенным к шинам 0,4 кВ;

3) надбавка трансформатора может принимать пять фиксированных значений: +10; +7,5; +5; +2,5; 0%;

4) потеря напряжения в линиях 10 и 0,38 кВ, а также в трансформаторе записывается в таблицу со знаком минус;

5) в режиме минимальных нагрузок (25%) потеря напряжения в элементах сети уменьшается в четыре раза;

6) за допустимую потерю напряжения в линии 0,38 кВ принимается наружная составляющая потери напряжения: $\Delta U_{\text{доп вл}0,38} = \Delta U'_{\text{вл}0,38}$;

7) внутреннюю составляющую потери напряжения ($\Delta U''_{\text{вл}0,38}$) в линии 0,38 кВ для курсового проекта рекомендуется принимать равной 2%;

8) потеря напряжения в трансформаторах потребительских подстанций при 100% нагрузке составляет 4-5%. В курсовом проекте рекомендуется принимать $\Delta U_T = 4\%$ для режима максимальных нагрузок (100%).

Таблица 4.1

Элемент сети	Обозначение потери и отклонения напряжения %	ТПб		ТПр		ТПу	
				Нагрузка, %			
		100	25	100	25	100	25
Шины 10 кВ	$\delta U_{\text{Ш}10}$	5	1	5	1	5	1
ВЛ 10 кВ	$dU_{\text{ВЛ}10}$	-5,76	-1,44	-13,88	-3,47	-17,732	-4,433
Тр-р 10/0,38 кВ							
Потери	dU_{T}	-4	-1	-4	-1	-4	-1
Надбавка	δU_{T}	5	5	7,5	7,5	10	10
Шины 0.4 кВ	$\delta U_{\text{Ш}0,4}$	0,24	3,56	-5,38	4,03	-6,732	5,567
ВЛ 0.38 кВ: всего	$dU_{\text{ВЛ}0,38}$	-5,24	-1,31	0,38	0,095	1,732	0,433
Наружная	$dU'_{\text{ВЛ}0,38}$	-3,24	-0,81	2,38	0,595	3,732	0,933
Внутренняя	$dU''_{\text{ВЛ}0,38}$	-2	-0,5	-2	-0,5	-2	-0,5
Удаленный потребитель	$\delta U_{\text{уд.п}}$	-5	2,25	-5	4,125	-5	6
ГОСТ 13109-97	$\delta U_{\text{ном}}$	±5	±5	±5	±5	±5	±5