

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Государственное образовательное учреждение –
«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий

Е.Я. АБРАМОВА, С.К. АЛЕШИНА

РАСЧЕТ НАГРУЗОК СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО
ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

Рекомендованы к изданию Редакционно-издательским советом
Государственного образовательного учреждения
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2002

ББК 31.211
А 16
УДК 658.26.621.316.1

Введение

В указаниях представлена методика расчета нагрузок на всех напряжениях, используемых в сельских электрических сетях, приведены пояснения по всем режимным показателям, с помощью которых ведется расчет, а также номограммы, расчетные формулы и таблицы.

В разделах 4, 5, 6 даны различные способы определения электрических нагрузок сельских потребителей, а также числовые примеры расчета нагрузок сетей до и выше 1000 В.

1 Общие положения

Методическое пособие предназначено для определения электрических нагрузок при составлении проектов электрических сетей 0,38 - 110 кВ сельскохозяйственного назначения.

В основу метода определения нагрузок при расчете таких сетей положено суммирование расчетных нагрузок, представленных в вероятностной форме на вводах потребителей или на шинах потребительских трансформаторных подстанций. Расчетные нагрузки жилых домов в сетях 0,38 кВ определяются с учетом достигнутого уровня электропотребления на внутриквартирные нужды, а производственных, общественных и коммунальных потребителей - по нормам.

Все необходимые режимные показатели и вероятностные характеристики расчетных нагрузок содержатся в /1/.

В методическом пособии приняты следующие определения:

а) Расчетной нагрузкой, S_p , считается наибольшее из средних значений полной мощности за промежутки 30 минут (получасовой максимум), S_{M30} , которое может возникнуть на вводе к потребителю или в питающей сети в расчетном году с вероятностью не ниже 0,95. Различаются дневные, $P_{pд}$ ($Q_{pд}$), и вечерние $P_{pв}$ ($Q_{pв}$), расчетные активные (реактивные) нагрузки. За расчетную нагрузку для выбора сечений проводов или мощности трансформаторных подстанций принимается большая из величин дневной, $\Sigma S_{pд}$, или вечерней, $\Sigma S_{pв}$, расчетных нагрузок, полученных на данном участке линии или подстанции. Потери или отклонения напряжения в сетях рассчитываются отдельно для режима дневных и вечерних нагрузок.

б) Коэффициентом роста нагрузок, k_p , называется отношение нагрузок расчетного и исходного годов. Расчетным годом, t_p , считается последний год расчетного периода, на который определяется уровень нагрузок и другие параметры электроустановок. Исходным годом, t_o , считается последний год, за который имеются данные о существующих нагрузках и электропотреблении.

в) Коэффициент одновременности, k_o , представляет собой отношение величин совмещенной максимальной нагрузки, P_p , к сумме максимумов нагрузок отдельных потребителей, ΣP_{pi} , или их групп:

$$k_o = \frac{P_p}{\sum P_{pi}}.$$

г) Коэффициент участия в дневном (вечернем) максимуме нагрузок, $k_{yд}$ ($k_{yв}$), показывает, какая часть максимальной нагрузки приходится на дневной (вечерний) максимум нагрузки.

д) Сельским жилым домом при расчете нагрузок считается многоквартирный дом или квартира в многоквартирном доме, имеющие отдельный счетчик электроэнергии.

2 Определение нагрузок на вводах к потребителям

При определении расчетных потребительских нагрузок следует учитывать некоторые особенности их расчета.

а) При проектировании наружных сетей 0,38 кВ расчетные нагрузки, приведенные к вводу в сельский жилой дом, и удельное перспективное электропотребление на внутриквартирные нужды определяются по номограмме (рисунок 1), исходя из существующего внутриквартирного потребления с учетом динамики его роста до расчетного года.

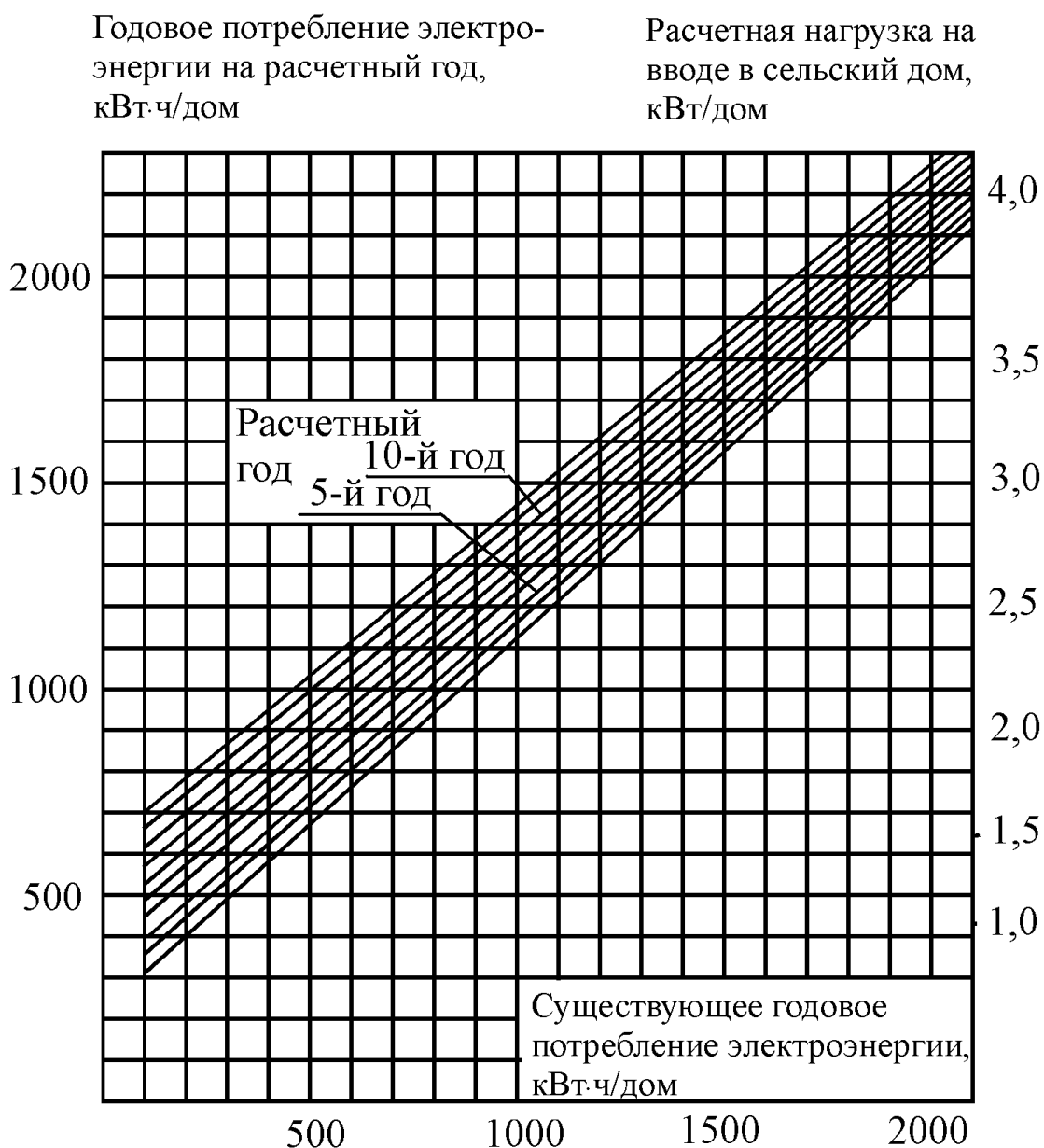


Рисунок 1 - Удельная расчетная нагрузка на вводе в сельский дом, перспективное потребление электроэнергии на внутриквартирные нужды в зависимости от существующего уровня электропотребления

При использовании номограмм (рисунок 1) следует учитывать, что исходные данные, как правило, берутся за предыдущий исходный год, а ввод объекта в эксплуатацию наступает не ранее, чем через год после составления проекта. Поэтому расчетный год определяется прибавлением двух лет к расчетному периоду. Например, при пятилетнем расчетном периоде расчетным годом будет 7-ой год, а при десятилетнем - 12-ый год.

2.2 Определение внутриквартирного потребления электроэнергии

Величина внутриквартирного потребления электроэнергии принимается:

1) в населенных пунктах с преимущественно старой застройкой (более 60 домов, построенных 20 лет назад) с газификацией - 1,5 кВт, без газификации - 1,8 кВт;

2) с преимущественно новой застройкой с газификацией - 1,8 кВт, без газификации - 2,2 кВт;

3) для вновь строящихся благоустроенных квартир в поселках городского типа, поселках при крупных животноводческих и других комплексах с газификацией - 4 кВт, без газификации - 5 кВт.

в) При проектировании внешних сетей 0,38 кВ расчетные нагрузки на вводе сельских жилых домов с электроплитами принимаются равными 6 кВт, а с электроплитами и водонагревателями - 7,5 кВт.

г) Нагрузки бытовых кондиционеров учитываются путем увеличения расчетных нагрузок на вводах жилых домов на 1 кВт.

д) Расчетные нагрузки, P_p , на вводе в многоквартирный дом и нагрузки группы многоквартирных домов определяются по формуле:

$$P_p = n \cdot P + \sqrt{n \cdot \beta \cdot \sigma_p},$$

где P_p - расчетная нагрузка многоквартирного дома;

n - число квартир в доме или многоквартирных домов в группе;

\bar{P} - среднее значение (математическое ожидание) максимальной активной нагрузки, кВт;

σ - степень надежности (обеспеченности) расчета;

σ_p - среднеквадратичное отклонение максимальной активной нагрузки от ее средней величины, кВт.

P , σ , σ_p приведены в /1/.

е) Расчетная нагрузка на вводах в производственные, общественные и коммунальные предприятия, здания и сооружения принимаются по данным /1, 2, 3/. Нагрузки потребителя, отличающегося величиной установленной мощности от соответствующего потребителя по /1/ определяются экстраполяцией или интерполяцией. Если при заполнении формы исходных данных встретится по-

требитель, наименование которого отсутствует в /1/, то принимается потребитель, аналогичный ему по режиму работы.

ж) Расчетные нагрузки животноводческих комплексов принимаются по таблице /1, 2, 3/ или по действующим проектам.

и) Электротепловые нагрузки для технологических нужд животноводческих помещений и ферм (комплексов) - местный обогрев молодняка, нагрев воды, обогрев инкубаторов и др.- учтены в нормативах, приведенных в /1, 2, 3/. Электроэнергия для теплоснабжения - обогрев закрытого грунта, подогрев приточного воздуха систем вентиляции животноводческих помещений, обогрев помещений для обслуживающего персонала - может применяться при наличии технико-экономических обоснований. Электрические нагрузки электротеплоснабжения животноводческих ферм, парников и теплиц с электрообогревом принимаются по /1/.

к) Расчетные нагрузки на вводах к потребителям, имеющим только электроосвещение и до 3-х силовых электроприемников, приближенно могут быть приняты равными арифметической сумме установленных мощностей силовых электроприемников и освещения.

л) Нагрузки уличного освещения в сельских населенных пунктах определяются по таблице 1.

Таблица 1 - Нормы нагрузок уличного освещения РСН - 23-75 Госгражданстроя

Характеристика улицы	Норма средней освещенности, лк	Рекомендуемые светильники	Удельные мощности установки Вт/м
Поселковые улицы с асфальтобетонными покрытиями, ширина проезжей части:			
5 - 7 м	4	СКЗПР-250	4,5-6,5
9 - 12 м	4	РКУ-250	6,0-8,0
То же с покрытиями переходного типа:			
5 - 7 м	4	СПО-500	11,0
9 - 12 м	4	МСУ-200	13,0
Поселковые дороги и улицы с покрытиями простейшего типа, ширина проезжей части:			
5 - 7 м	2	СПО-200	5,5
9 - 12 м	2	МСУ-200 МКУ-200	7,0
Улицы и дороги местного значения и пешеходные шириной:			
5 - 7 м	1	СПО-200	3,0

9 - 12 м	1	МКУ-200	4,5
----------	---	---------	-----

Примечания

1. При использовании газоразрядных светильников типа СЗПР, РКУ и др. меньшая норма берется при высоте подвеса светильников 8,5м, большая - при 10м и выше.
2. Установленная мощность осветительных установок с газоразрядными источниками света рассчитана с учетом потерь в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА).
3. Покрытия переходного типа - грунтоасфальтовые, грунтощебеночные, грунтогравийные, щебеночные, гравийные и шлаковые, обработанные вяжущими материалами; мостовые из булыжного и колотого камня.
4. Покрытия простейшего типа - грунтовые, улучшенные минеральными материалами; гравийные, щебеночные и шлаковые. Нагрузка наружного освещения территории хозяйственных центров (дворов) принимается из расчета 250 Вт на помещение и 3 Вт на погонный метр длины периметра хоздвора. Расчетная нагрузка наружного освещения площадей общественных и торговых центров принимается по норме 0,5 Вт / м² площади.

м) Расчетные нагрузки прочих потребителей в сельской местности принимаются из проектов электроснабжения этих объектов. Для ориентировочного определения нагрузок отдельных прочих предприятий используются данные /1, 2, 3/

3 Расчет электрических нагрузок в сетях 0,38 - 110 кВ

При расчете электрических сетей 0,38 – 110 кВ руководствуются следующими положениями.

а) Расчет электрических нагрузок сетей 0,38 - 110 кВ производится, исходя из расчетных нагрузок на вводах потребителей (раздел 2), на шинах подстанций (раздел 5, таблицы 15, 16, 17) и соответствующих коэффициентов одновременности, k_o , отдельно для дневного и вечернего максимумов (таблицы 3, 4, 5):

$$P_{pd} = k_{od} \cdot \sum_{i=1}^n p_{di}, \text{ кВт}$$

$$P_{pe} = k_{oe} \cdot \sum_{i=1}^n p_{ei}, \text{ кВт}$$

где P_{pd} , P_{pe} - расчетная дневная, вечерняя нагрузки на участках линии или шинах трансформаторной подстанции, кВт;

$k_{од}$, $k_{ов}$ - коэффициент одновременности для дневного и вечернего максимумов;

$p_{дi}$, $p_{вi}$ - дневная, вечерняя нагрузки на вводе i -го потребителя или i -го элемента сети, кВт.

Допускается определение нагрузок по одному режиму - дневному, если суммируются производственные потребители, или вечернему, если суммируются бытовые потребители. Коэффициенты участия в дневном или вечернем максимуме принимаются по таблице 2.

Таблица 2 - Коэффициенты участия в максимуме нагрузки

Для производственных потребителей		Для бытовых потребителей				Для смешанной нагрузки	
		Дома без электроплит		Дома с электроплитами			
$k_{уд}$	$k_{ув}$	$k_{уд}$	$k_{ув}$	$k_{уд}$	$k_{ув}$	$k_{уд}$	$k_{ув}$
1	0,6	0,3-0,4	1	0,6	1	1	1

б) Расчетные электрические нагрузки потребителей суммируются с коэффициентами одновременности, приведенными: в таблице 3 - в сетях 0,38 кВ; в таблице 4 - в сетях 6-20 кВ; в таблице 5 - в сетях 35-110 кВ.

Таблица 3 - Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях 0,38 кВ.

Наименование потребителей	Количество потребителей											
	2	3	5	7	10	15	20	50	100	200	>200	
Жилые дома с удельной нагрузкой на вводе:												
	до 2 кВт/дом	0,76	0,66	0,55	0,49	0,44	0,40	0,37	0,30	0,26	0,24	0,22
св. 2 кВт/дом	0,75	0,64	0,53	0,47	0,42	0,37	0,34	0,27	0,24	0,20	0,18	
Жилые дома с электроплитами и водонагревателями												
	Производственные потребители	0,73	0,62	0,50	0,43	0,38	0,32	0,29	0,22	0,17	0,15	0,12
	0,85	0,80	0,75	0,7	0,65	0,60	0,55	0,47	0,40	0,35	0,30	

Таблица 4 - Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях 6-20 кВ

Количество ТП	2	3	5	10	20	≥ 25
Коэффициент одновременности, k_o	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65

Таблица 5 - Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок в сетях 35-110 кВ

Количество подстанций 110 -35 10 кВ или линий 35, 110кВ	2	3	≥ 4
Коэффициент одновременности, k_o	0,97	0,95	0,90

Если нагрузки потребителей отличаются по величине более, чем в 4 раза, суммирование их рекомендуется производить по таблице 9 - в сетях 0,38 кВ; по таблице 10 - в сетях 6 - 35 кВ.

в) При наличии в зоне электроснабжения сезонных потребителей (парников, теплиц, оросительных агрегатов и т.п.) расчетные нагрузки сети определяются с учетом коэффициентов сезонности, $k_{сез}$, по таблице 6.

Если суммарная нагрузка сезонных потребителей составляет от суммарной нагрузки более 20% для весенних, 30% для летних или 10% для осенне-зимних, то кроме расчетного зимнего режима, выполняется расчет нагрузок для соответствующего сезона.

Таблица 6 - Коэффициенты сезонности сельскохозяйственных потребителей

Вид потребителя	Сезон			
	зима	весна	лето	осень
Традиционные потребители	1	0,8	0,7	0,9
Орошение	0 - 0,1	0,3 - 0,5	1	0,2 - 0,5
Закрытый грунт на электрообогреве	0,3	1	0	0
Осенне-зимние потребители	0,2	0	1	1

г) Полная мощность на участках сети 0,38 кВ определяется, исходя из расчетных активных нагрузок этих участков и соответствующих коэффициентов мощности ($\cos \varphi$, $\operatorname{tg} \varphi$), приведенных в таблице 7.

Таблица 7 - Коэффициенты мощности сельскохозяйственных потребителей и трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ.

Потребители, трансформаторные подстанции	Коэффициенты мощности, $\cos \varphi$, $\operatorname{tg} \varphi$, в периоды дневного и вечернего максимумов нагрузки			
	дневной		вечерний	
	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
1	2	3	4	5
Животноводческие и птицеводческие помещения	0,75	0,88	0,85	0,62
То же с электрообогревом	0,92	0,43	0,96	0,29
Отопление и вентиляция животноводческих помещений	0,99	0,15	0,99	0,15
Кормоцеха	0,75	0,88	0,78	0,80
Зерноочистительные тока, зернохранилища				
Установки орошения и дренажа почвы	0,70	1,02	0,75	0,88
Парники и теплицы на электрообогреве	0,80	0,75	0,80	0,75
Мастерские, тракторные станы, гараж для машин	0,92	0,43	0,96	0,29
Мельницы, маслобойки	0,70	1,02	0,75	0,88
Цеха по переработке сельхозпродукции	0,80	0,75	0,85	0,62
Общественные учреждения и коммунальные предприятия	0,75	0,88	0,80	0,75
Жилые дома без электроплит	0,85	0,62	0,90	0,48
Жилые дома с электроплитами и водонагревателями	0,90	0,48	0,93	0,40
	0,92	0,43	0,96	0,29

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
Трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ с производственной нагрузкой	0,70	1,02	0,75	0,88
с коммунально-бытовой	0,90	0,48	0,92	0,43
со смешанной нагрузкой	0,80	0,75	0,83	0,67

д) При смешанной нагрузке отдельно определяются нагрузки на участках сети с жилыми домами, с производственными, общественными помещениями и коммунальными предприятиями с использованием соответствующих коэффициентов одновременности. Суммирование нагрузок участков сети производится по таблице 9.

е) Значения естественного коэффициента мощности на участках сетей 10 - 110 кВ определяются в зависимости от соотношения расчетных нагрузок производственных потребителей, $P_{рп}$, к суммарной (общей) расчетной нагрузке, $P_{ро}$, по номограмме (рисунок 2). Расчетная нагрузка $P_{ро}$ берется как сумма нагрузок производственных $P_{рп}$ и коммунально-бытовых потребителей, $P_{ркб}$, которые определяются из расчетных нагрузок на шинах трансформаторных подстанций.

ж) Годовое потребление электроэнергии на шинах трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ определяется приблизительно по величине расчетной нагрузки, $P_{ро}$, и годовому числу часов ее использования, T_m , (кроме сезонных потребителей) в соответствии с данными таблицы 8.

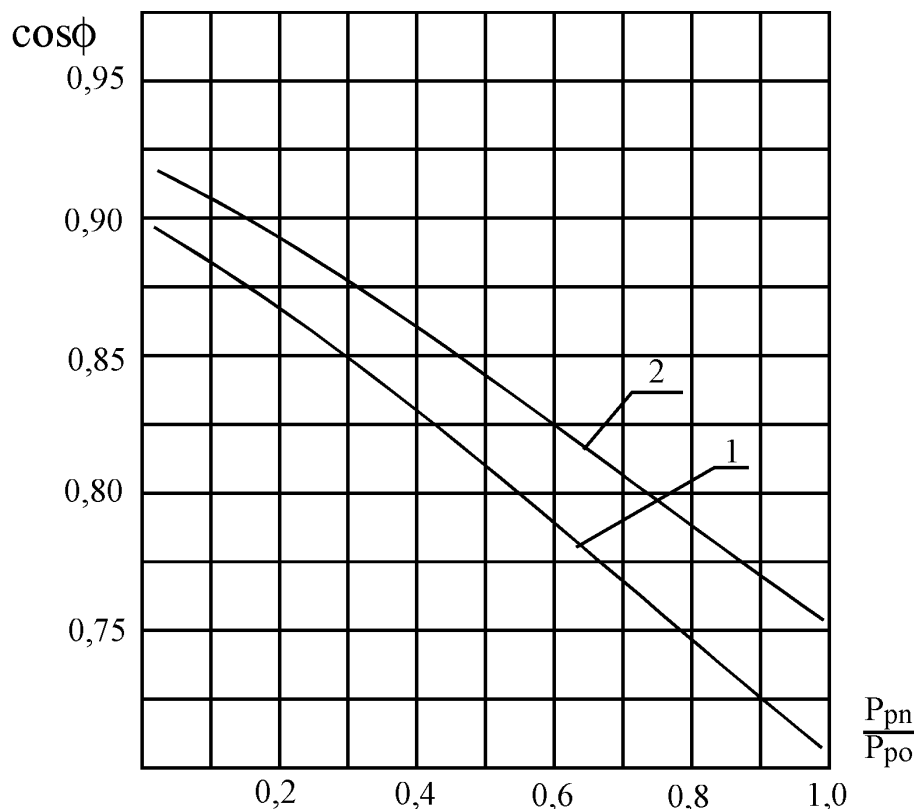


Рисунок 2 - Зависимость $\cos \varphi$ от соотношения $P_{рп} / P_{ро}$ в максимум нагрузок: 1 - дневной, 2 - вечерний

Таблица 8 - Зависимость годового числа часов использования максимума от расчетной нагрузки

Расчетная нагрузка, кВт	Число часов использования максимума, T_M		
	Х а р а к т е р н а г р у з к и		
	Коммунально-бытовая	Производственная	Смешанная
до 10	900	1100	1300
10 - 20	1200	1500	1700
20 - 50	1600	2000	2200
50 - 100	2000	2500	2800
100 - 250	2350	2700	3200
более 250	2600	2800	3400

Таблица 9 - Суммирование нагрузок в сетях 0,38 кВ

P^*	DP^*	P	DP	P	DP	P	DP	P	DP	P	DP
0,2	+0,2	16	+9,8	46	+31,0	82	+56,4	142	+102	202	+152
0,3	+0,2	17	+10,5	47	+31,8	84	+57,8	144	+103	204	+153
0,4	+0,3	18	+11,2	48	+32,5	86	+59,2	146	+105	206	+155
0,5	+0,3	19	+11,8	49	+33,2	88	+60,6	148	+106	208	+156
0,6	+0,4	20	+12,5	50	+34,0	90	+62,0	150	+108	210	+158
0,8	+0,5	21	+13,1	51	+34,7	92	+63,4	152	+110	212	+160
1,0	+0,6	22	+13,8	52	+35,4	94	+64,8	154	+111	214	+161
1,5	+0,9	23	+14,4	53	+36,1	96	+66,2	156	+113	216	+163
2,0	+1,2	24	+15,0	54	+36,8	98	+67,6	158	+114	218	+164
2,5	+1,5	25	+15,7	55	+37,5	100	+69,0	160	+116	220	+166
3,0	+1,8	26	+16,4	56	+38,2	102	+70	162	+117	222	+168
3,5	+2,1	27	+17,0	57	+38,9	104	+72	164	+119	224	+169
4,0	+2,4	28	+17,7	58	+39,6	106	+73	166	+120	226	+171
4,5	+2,7	29	+18,4	59	+40,3	108	+75	168	+122	228	+172
5,0	+3,0	30	+19,0	60	+41,0	110	+76	170	+123	230	+174
5,5	+3,3	31	+19,7	61	+41,7	112	+78	172	+124	232	+176
6,0	+3,6	32	+20,4	62	+42,4	114	+80	174	+126	234	+177
6,5	+3,9	33	+21,2	63	+43,1	116	+81	176	+127	236	+179
7,0	+4,2	34	+22,0	64	+43,8	118	+82	178	+129	238	+180
7,5	+4,5	35	+22,8	65	+44,5	120	+84	180	+130	240	+182
8,0	+4,8	36	+23,5	66	+45,2	122	+86	182	+132	242	+184
8,5	+5,1	37	+24,2	67	+45,9	124	+87	184	+134	244	+185
9,0	+5,4	38	+25,0	68	+46,6	126	+89	186	+136	246	+187
9,5	+5,7	39	+25,8	69	+47,3	128	+90	188	+138	248	+188
10	+6,0	40	+26,5	70	+48,0	130	+92	190	+140	250	+190
11	+6,7	41	+27,2	72	+49,4	132	+94	192	+142	252	+192
12	+7,3	42	+28,0	74	+50,2	134	+95	194	+144	254	+193
13	+7,9	43	+28,8	76	+52,2	136	+97	196	+146	256	+195
14	+8,5	44	+29,5	78	+53,6	138	+98	198	+148	258	+196
15	+9,2	45	+30,2	80	+55,0	140	+100	200	+150	260	+198

Продолжение таблицы 9

262	+200	268	+204	274	+209	280	+214	286	+219	292	+224
264	+201	270	+206	276	+211	282	+216	288	+220	294	+225
266	+203	272	+208	278	+212	284	+217	290	+222	296	+227
										298	+228
										300	+230

Таблица 10 - Суммирование нагрузок в сетях 6 - 35 кВ

	<i>DP*</i>	<i>P</i>	<i>DP</i>	<i>P</i>	<i>DP</i>	<i>P</i>	<i>DP</i>	<i>P</i>	<i>DP</i>	<i>P</i>	<i>DP</i>
1	+0,6	34	+23,6	84	+62,5	250	+194	580	+465	910	+749
2	+1,2	35	+24,4	86	+64,0	260	+204	590	+474	920	+758
3	+1,8	36	+25,2	88	+65,5	270	+212	600	+483	930	+767
4	+2,5	37	+26,0	90	+67,0	280	+220	610	+492	940	+776
5	+3,1	38	+26,8	92	+68,5	290	+228	620	+500	950	+785
6	+3,7	39	+27,6	94	+70,0	300	+235	630	+508	960	+794
7	+4,3	40	+28,4	96	+71,5	310	+243	640	+517	970	+803
8	+5,0	41	+29,2	98	+73,0	320	+251	650	+525	980	+812
9	+5,6	42	+30,0	100	+74,5	330	+259	660	+534	990	+821
10	+6,3	43	+30,8	105	+78	340	+267	670	+543	1000	+830
11	+7,0	44	+31,6	110	+82	350	+275	680	+552	1020	+847
12	+7,7	45	+32,4	115	+86	360	+283	690	+561	1040	+865
13	+8,4	46	+33,2	120	+90	370	+291	700	+570	1060	+882
14	+9,0	47	+34,0	125	+94	380	+299	710	+578	1080	+900
15	+9,7	48	+34,8	130	+98	390	+307	720	+586	1100	+918
16	+10,4	49	+35,6	135	+102	400	+315	730	+594	1120	+935
17	+11,0	50	+36,5	140	+106	410	+323	740	+602	1140	+953
18	+11,6	52	+38,0	145	+110	420	+332	750	+610	1160	+970
19	+12,3	54	+39,5	150	+115	430	+340	760	+618	1180	+987
20	+13,0	56	+41,0	155	+119	440	+348	770	+626	1200	+1005
21	+13,7	58	+42,5	160	+123	450	+357	780	+634	1220	+1022
22	+14,4	60	+44,0	165	+127	460	+365	790	+642	1240	+1040
23	+15,1	62	+45,6	170	+131	470	+374	800	+650	1260	+1057
24	+15,8	64	+47,2	175	+135	480	+382	810	+659	1280	+1075
25	+16,5	66	+48,8	180	+139	490	+391	820	+668	1300	+1093
26	+17,2	68	+50,4	185	+143	500	+400	830	+677	1320	+1110
27	+18,0	70	+52,0	190	+147	510	+408	840	+686	1340	+1128
28	+18,8	72	+53,5	195	+151	520	+416	850	+695	1360	+1146
29	+19,6	74	+55,0	200	+155	530	+424	860	+704	1380	+1164
30	+20,4	76	+56,5	210	+162	540	+432	870	+713	1400	+1182
31	+21,2	78	+58,0	220	+170	550	+440	880	+722	1420	+1200
32	+22,0	80	+59,5	230	+178	560	+448	890	+731	1440	+1218
33	+22,8	82	+61,0	240	+186	570	+456	900	+740	1460	+1235
										1480	+1252
										1500	+1270

P^* - меньшая из суммируемых нагрузок;

DP^* - величина добавок к большей из суммируемых нагрузок.

Суммарная мощность (нагрузка) на участке сети определяется по формуле:

$$P_{\Sigma} = P + DP^*,$$

где P – большая из суммируемых нагрузок;

DP^* - определяется по таблицам 9, 10 в зависимости от величины P^* .

и) При проектировании сетей 10-110 кВ расчетные нагрузки определяются, исходя из существующей нагрузки трансформаторов подстанций и нагрузок вновь вводимых потребителей.

Расчетные нагрузки существующих подстанций 10/0,4 кВ, P_p , на расчетный год определяются по формуле:

$$P_p = P_m \cdot k_p,$$

где P_p - расчетная нагрузка подстанции на расчетный год;

P_m - фактическая максимальная нагрузка ТП в исходном году, кВт;

k_p - коэффициент роста нагрузок.

Существующие нагрузки ТП определяются по данным замеров максимальной мощности или по годовому потреблению электроэнергии, а при отсутствии этих данных - по замерам максимальной нагрузки линии 10 кВ (Раздел 5) Коэффициент роста нагрузок для существующих ТП принимается в зависимости от потребителей, по таблице 11.

Таблица 11 - Коэффициент роста нагрузок

Вид потребителя	Коэффициент роста нагрузок, k_p , на расчетный год			
	5	7	10*	12*
Коммунально-бытовые	1,2	1,3	1,8	2,0
Производственные	1,3	1,4	2,1	2,4
Смешанные и прочие несельскохозяйственные	1,3	1,4	2,0	2,2

* Коэффициенты роста нагрузок на 10-ый и 12-ый годы учитывают нагрузки всех потребителей, включая новые.

к) Для электрических нагрузок ТП, питающих законченные строительством животноводческие комплексы, неперспективные населенные пункты и другие потребители, развитие которых не намечается, коэффициент роста принимается равным 1, $k_p = 1$.

4 Рекомендации по определению расчетных электрических нагрузок

Рекомендации предназначены для определения и уточнения расчетных электрических нагрузок на вводах в отдельные здания и сооружения. Эти нагрузки следует определять одним из следующих способов:

а) Если в проекте здания или сооружения имеется сменный или суточный технологический график работы силового, нагревательного и осветительного оборудования, то строится график электрических нагрузок, из которого определяется получасовой максимум нагрузки с учетом следующих средних коэффициентов загрузки, k_z , электроприемников (таблица 12):

Таблица 12 - Средние коэффициенты загрузки, k_z , электроприемников

Наименование электроприемников	k_z
Кормоприготовительные машины:	
измельчение зерновых	0,8
измельчение сочных кормов и корнеплодов	0,6
измельчение грубых кормов	0,5
Транспортеры:	0,7
скребковые	0,4
шнековые	0,6
Смесители кормов	0,5
Кормораздатчики	0,8
Доильные установки	0,6-0,8
Вентиляторы	0,5
Навозоуборочные транспортеры	0,7
Насосы, компрессоры	1
Нагревательные установки	1
Осветительные электроустановки	

б) В исключительных случаях при отсутствии технологического графика работы оборудования расчетную нагрузку допускается определять по формуле:

$$P_p = \sum_{i=1}^n \frac{P_{yi} \cdot k_{zi}}{\eta} + \sum_{j=1}^m \frac{P_{yj} \cdot t_j \cdot k_{zj}}{\eta \cdot 0,5},$$

где P_p - расчетная мощность оборудования, кВт;

P_{yi} - установленная мощность каждого из n электроприемников, участвующих в формировании максимальной нагрузки и работающих во время ожидаемого максимума нагрузок более 0,5 часа, кВт;

k_{zi} , k_{zj} - средние коэффициенты загрузки соответствующего электроприемника по активной мощности, представляющий собой отношение

фактически потребляемой мощности при выполнении данной операции к установленной мощности ($k_3 = p_{\phi}/p_y$);

η - коэффициент полезного действия электроприемника;

p_{yj} - установленная мощность каждого из m электроприемников, участвующих в формировании максимальной нагрузки и работающих во время максимума менее 0,5 часа, кВт;

t_j - длительность непрерывной работы каждого из m электроприемников ($t < 0,5$ ч);

Выявление электроприемников, создающих максимум электрических нагрузок, производится на основании анализа технологического процесса с учетом последовательности выполнения операций и организации работ. Следует принимать не предельно возможный случай одновременного включения наибольшего числа электроприемников, а наиболее вероятный при нормальной эксплуатации набор электроприемников, формирующих максимум.

в) Расчетные нагрузки механических мастерских, ремонтных цехов, котельных, насосных и компрессорных станций и других зданий и сооружений животноводческих комплексов, аналогичных по составу оборудования и режиму работы промышленных установок, могут определяться в соответствии с /4/.

г) Если имеются данные замеров (или графики нагрузок) на объектах, идентичных проектируемым, то в проекте расчетная нагрузка принимается по данным замеров, а не по расчетам.

Величина естественного коэффициента мощности ($\cos \varphi$) для получения нагрузок в кВт·А, а также для выбора компенсирующих устройств, принимается в зависимости от соотношения суммы установленных мощностей электродвигателей, $\Sigma p_{y\partial}$, и суммарной установленной мощности (общей) всех электроприемников, Σp_{yo} , участвующих в максимуме нагрузок:

Таблица 13 - Суммарный коэффициент мощности двигательной нагрузки

$\Sigma p_{y\partial} / \Sigma p_{yo}$	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,73	0,68	0,63	0,58	0,53
$\cos \varphi$	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86

При использовании электроэнергии на тепловые нужды (более 60 % от установленной мощности) $\cos \varphi$ определяется по соотношению суммы установленных мощностей нагревательных электроприемников, Σp_{yh} , кВт и суммарной установленной мощности всех электроприемников, Σp_{yo} , кВт:

Таблица 14 - Суммарный коэффициент мощности нагревательных электроприемников

$\Sigma p_{yh} / \Sigma p_{yo}$	0,63	0,68	0,73	0,78	0,85	0,95
$\cos \varphi$	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99

Нагрузки резервных электроприемников, ремонтных сварочных трансформаторов и других ремонтных электроприемников, а также электроприемников, работающих кратковременно (пожарных насосов, задвижек, вентилей, ши-

беров и др.), при определении расчетных нагрузок и величины естественного коэффициента мощности не учитываются.

В результате расчетов в пояснительной записке и на расчетной схеме проекта должны указываться по каждому зданию, сооружению, животноводческому комплексу и др. следующие величины:

- 1) расчетная нагрузка дневная и вечерняя, кВ·А;
- 2) установленная мощность электроприемников всего и по группам: силовые, осветительные, тепловые, кВт;
- 3) расчетная нагрузка электроприемников I и II категорий надежности электроснабжения, кВ·А;
- 4) расчетная нагрузка электро, теплоснабжения и вентиляции, кВ·А;
- 5) коэффициент мощности с учетом компенсации;
- 6) годовой расход электроэнергии, тыс. кВт·час.

5 Определение нагрузки трансформаторных подстанций при отсутствии непосредственных замеров нагрузок

При отсутствии замеров нагрузок по отдельным трансформаторным подстанциям, ТП 10/0,4 кВ, их нагрузку можно приблизительно определить по данным замеров нагрузки линии 10 кВ, к которой присоединены эти подстанции, или по годовому потреблению электроэнергии по ТП.

Коэффициент средней загрузки, k_3 , ТП 10/0,4 кВ по линии 10 кВ составит:

$$k_3 = \frac{P_{мл}}{k_o \cdot \sum_{i=1}^n (S_{mi} \cdot k_{сез i} \cdot \cos \varphi_i)}$$

где k_3 - коэффициент загрузки подстанции;

$P_{мл}$ - фактическая максимальная нагрузка линии 10 кВ по данным измерений, кВт;

k_o - коэффициент одновременности, учитывающий разновременность максимумов нагрузки отдельных потребителей, принимается в зависимости от количества, присоединенных к линии 10 кВ ТП, определяется по таблице 15;

S_{mi} - установленная мощность i -го трансформатора, присоединенного к линии 10 кВ, кВ·А;

$k_{сез i}$ - коэффициент сезонности потребителей i -го трансформатора, принимается по таблице 6;

$\cos \varphi_i$ - коэффициент мощности i -го трансформатора в максимум нагрузки, принимается по таблице 7 или рисунку 2 в зависимости от вида нагрузки.

Максимальная нагрузка ТП (P_{mi}) может быть определена:

$$P_{mi} = S_{mi} \cdot k_{zi} \cdot \cos \varphi_i.$$

Таблица 15 - Коэффициент одновременности нагрузок разных групп потребителей

Количество ТП	3 - 6	7 - 13	14 - 20	21 - 30
Коэффициент одновременности, k_0	0,65	0,60	0,55	0,50

При наличии годового потребления электроэнергии, W , по ТП максимальная расчетная нагрузка, P_m , может быть определена, исходя из годового числа использования максимальной нагрузки, T_m , принятого по таблице 16:

$$P_{mi} = \frac{W_{zi}}{T_{mi}}, \text{ кВт},$$

где P_{mi} - максимальная нагрузка i -го трансформатора на подстанции;

W_{zi} - годовое потребление электроэнергии i -ым трансформатором;

T_{mi} - число часов использования максимальной нагрузки за год на i -ой подстанции, принимаемое по таблице 16.

Таблица 16 - Зависимость годового числа часов использования максимальной нагрузки от потребления электроэнергии

Годовое потребление энергии, тыс кВт.ч.	Число часов использования максимума (T_m) при различных характеристиках нагрузки		
	Коммунально-бытовая	Производственная	Смешанная
до 10	900	1100	1300
10 - 25	1200	1500	1700
25 - 80	1600	2000	2200
80 - 200	2000	2500	2800
200 - 600	2350	2700	3200
600 и более	2600	2800	3400

Если замеры нагрузок даны в амперах, то максимальная активная нагрузка i -той подстанции, P_{mi} , составит:

$$P_{mi} = \sqrt{3}U \cdot I_i \cdot \cos \varphi_i, \text{ кВт},$$

где U - напряжение потребителя, кВ;

I_i - ток i -ой подстанции по замерам, А;

$\cos \varphi_i$ - коэффициент мощности i -ой подстанции;

6 Примеры расчета нагрузок электрических сетей

6.1 Электрические сети 0,38 кВ

Производственные и коммунально-бытовые потребители присоединены к ТП 10/0,4 кВ согласно схеме (рисунок 3). Расчетные нагрузки на вводе отдельных производственных и общественных потребителей приняты в соответствии с /1/. Расчетные нагрузки на вводах в жилые дома приняты, исходя из существующего внутриквартирного потребления электроэнергии на один дом (500 кВт.ч по данным энергосбыта). на расчетный год (7 лет) годовое потребление электроэнергии составит 750 кВт.ч/дом, а максимальная нагрузка на вводе в дом - 1750 Вт (рисунок 3).

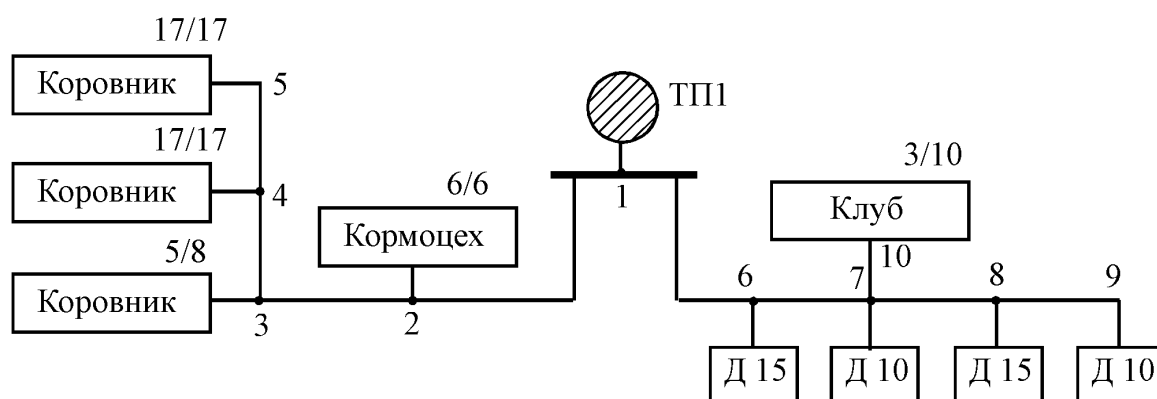


Рисунок 3 - Схема присоединения нагрузок к ТП 1

Нагрузка уличного освещения рассчитана в соответствии с таблицей 1: на участках 1-9, 7-10 для улицы местного значения шириной 10 м расчетная нагрузка на 1 погонный метр длины улицы составит 4,5 кВт; при общей длине улицы 0,8 км нагрузка уличного освещения составит: $4,5 \times 800 = 3600$ Вт; на участках 1-5 (хоздвор) при количестве помещений - 4 и общей длине периметра хоздвора 800 м нагрузка наружного освещения составит: $0,25 \times 4 + 0,003 \times 800 = 1 + 2,4 = 3,6$ кВт. Тогда суммарная нагрузка уличного освещения - $3,6 + 3,4 = 7$ кВт.

Для определения расчетных нагрузок на участках сети составляется таблица 17 исходных данных, в которой указаны потребители (их номер на плане и наименование), количество потребителей, величина установленной или максимальной мощности и номера участков, к которым подключена нагрузка на схеме сети.

Расчетные нагрузки на участках сети определяются согласно рисунка 3 с учетом коэффициента одновременности (таблица 3). На участке 3-4:

$$P_{pд3-4} = (P_{pд5} + P_{pд4}) \cdot k_o = (17 + 17) \cdot 0,85 = 28,9 \text{ кВт.}$$

Полная мощность на участке 3-4:

$$S_{p\partial 3-4} = \frac{P_{p\partial 3-4}}{\cos \varphi} = 36,1 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Таблица 17 - Исходные данные для расчета

NN на плане	Количество потребителей	Установленная мощность, кВт	Максимальная нагрузка, кВт	Начало участка	Конец участка
1	-	-	-	0	1
2	1	7,0	-	1	2
3	1	14,0	-	2	3
4	1	35,0	-	3	4
5	1	35,0	-	4	5
6	15	-	1,75	1	6
7	10	-	1,75	6	7
8	15	-	1,75	7	8
9	10	-	1,75	8	9
10	1	15,0	-	7	10

Нагрузки жилых домов, P_p , кВт, суммируются с учетом коэффициента одновременности (таблица 3):

$$P_p = n \cdot P_m \cdot k_o,$$

где P_m - наибольшая из нагрузок дневного и вечернего максимумов, кВт.
На участке 8-9 вечерняя нагрузка составит:

$$P_{p\partial 8-9} = 10 \cdot 1,75 \cdot 0,44 = 7,7 \text{ кВт}.$$

Расчетная нагрузка участка 6-7 определяется согласно п. 3.5 суммированием отдельно рассчитанных нагрузок жилых домов и клуба. В вечерний максимум нагрузка жилых домов:

$$P_{p\partial 6-7} = 35 \cdot 1,75 \cdot 0,34 = 20,8 \text{ кВт}.$$

Расчетная нагрузка клуба в вечерний максимум - 10 кВт /1/.

Суммарная нагрузка на участке 6-7 определяется по таблице 9.

$$P_{p\partial 6-7} = P_{p\partial ж.д.} + P_{p\partial кл.} = 20,8 + 6 = 26,8 \text{ кВт}.$$

Для определения нагрузки на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ в вечерний максимум нагрузки жилых домов суммируются с коэффициентом одновременности, k_o (по таблице 3).

$$P_{рвж.д.} = n \cdot P_i \cdot k_o = 50 \cdot 1,75 \cdot 0,3 = 26,3 \text{ кВт.}$$

Нагрузки остальных потребителей суммируются также с коэффициентами одновременности, k_o :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n P_{рвн_i} + \sum_{j=1}^m P_{рвк\sigma_j} &= \sum_{i=1}^n (P_i \cdot k_o) + \sum_{j=1}^m (P_j \cdot k_o) = \\ &= (17+17+8+6) \cdot 0,75 + 10 \cdot 0,9 = 36 + 9 = 45 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Нагрузки жилых домов, производственных и общественных потребителей суммируются по таблице 9:

$$P_{рво} = P_{рвн} + P_{рвкб} + P_{рвж.д} = 36 + 9 + 16,6 = 61,6 \text{ кВт.}$$

Расчетная нагрузка ТП с учетом наружного освещения составит:

$$P_{рпн1} = P_{рво} + P_{рно} = 61,6 + 7 = 68,6 \text{ кВт.}$$

Полная расчетная мощность ТП со смешанной нагрузкой равна:

$$S_{p \text{ тп}} = \frac{P_{p \text{ тп}}}{\cos \varphi},$$

где $\cos \varphi$ определен в соответствии с рисунком 2. Соотношение P_{pn}/P_{po} для вечернего максимума равно - 0,525, тогда $\cos \varphi = 0,84$, а полная расчетная мощность составит:

$$S_{p \text{ тп}} = \frac{68,6}{0,84} = 81,7 \text{ кВт} \cdot \text{А.}$$

6.2 Электрические сети 10 - 110 кВ

На рисунке 4 приведена схема отходящей линии 10 кВ.

Сведения о потребителях приведены в таблице 18.

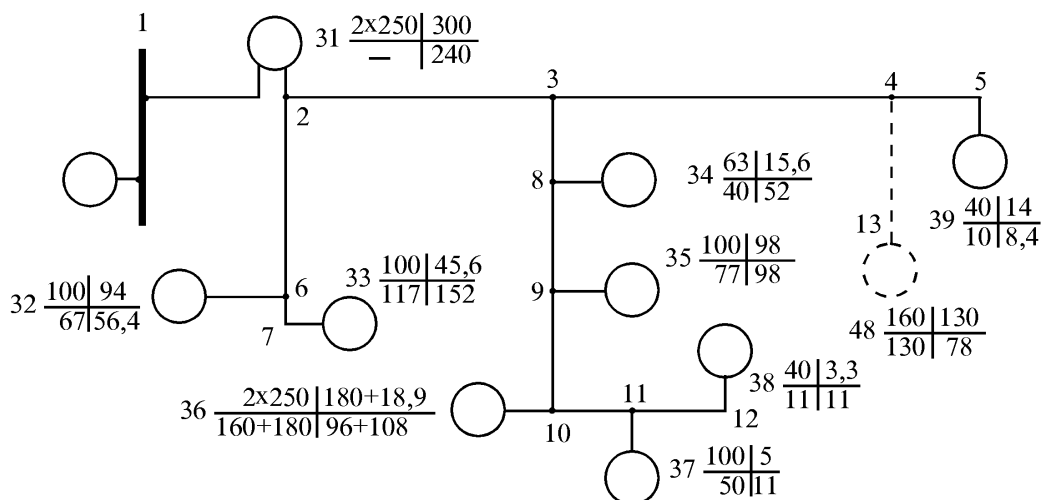


Рисунок 4 - Схема отходящей линии 110 кВ

Таблица 18 - Сведения о потребителях

NN ТП на пла не	Местораспо- ложение ТП	Кол тран шт.	Ном мощ транс форм кВ·А	Характерис- тика потре- бителя	Максималь- ная нагруз- ка		Сведения о развитии по- требителя
					Ве- ли- чина	Фор- ма предс т	
	Линия						
31	с. Петровка	2	250	свиноферма	300	P	в стадии ос- воения
			250				
32		1	100	хоздвор	67	P	
33		1	100	коммуналь- но-бытовая	275	W	
34		1	63	мастерские	40	P	
35	1	100					
36	с-з Петров- ский	2	250	комплекс по производст- ву молока	160	P	строит законч. мощн. освоены
					250	180	
37		1	100	орошение	50	P	
38	х. Лесной	1	40	коммун. бытовая	18	I	неперспекти- вен
39	с. Петровка	1	40	тракторная бригада	10	P	
48	с-з Петров- ский	1	160	кирпичный завод	130	P	намечается

При расчете нагрузок учитываются коэффициенты сезонности, $k_{сез}$, коэффициенты роста, k_p , и другие режимные показатели; коэффициенты сезонности определяются из таблицы 6. Уточняются коэффициенты роста нагрузки для потребителей в соответствии с данными раздела 3.

Так для комплекса по производству молока - ТП 36, для вновь вводимых потребителей Тп 48, насосной орошения ТП 31, для Тп 38, питающего жилые дома хутора Лесной, отмеченного в таблице 18 как неперспективный населенный пункт, коэффициенты роста нагрузок принимаются равными 1, $k_p=1$. При расчете нагрузок необходимо данные по замерам нагрузок (ток, годовое потребление электроэнергии) привести к активной мощности в соответствии с разделом 2. Для ТП 33 где приведено годовое потребление электроэнергии, максимальная нагрузка с учетом коэффициента роста будет:

$$P_M = \frac{W_{33}}{T_{33}} \cdot k_p = \frac{275000}{2350} \cdot 1,3 = 152 \text{ кВт},$$

где - W_{33} из таблицы 18,

T_{33} из таблицы 16;

k_p из таблицы 11.

На ТП 38 задана токовая нагрузка, в этом случае максимальная нагрузка равна:

$$P_{M38} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 18 \cdot 0,95 = 11 \text{ кВт},$$

где U - напряжение потребителя;

I - ток потребителя из таблицы 18

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности из таблицы 7.

Рассчитанные нагрузки ТП 10/0,4 кВ определяются умножением их максимальных нагрузок по замеру на соответствующие коэффициенты роста (таблица 11), коэффициенты дневного и вечернего максимумов (таблица 2), коэффициенты сезонности (таблица 6). Например, для ТП 22 с производственной нагрузкой $k_{yд} = 1$, $k_{yв} = 0,6$, коэффициент роста нагрузок на период 7 лет - $k_p = 1,4$:

$$P_{pд} = P_M \cdot k_{yд} \cdot k_p = 67 \cdot 1 \cdot 1,4 = 94 \text{ кВт}.$$

$$P_{pв} = P_M \cdot k_{yв} \cdot k_p = 67 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 56,4 \text{ кВт}.$$

Для ТП 34 с бытовой нагрузкой $k_{yд} = 0,3$, $k_{yв} = 1$, $k_p = 1,3$:

$$P_{pд} = 40 \cdot 0,3 \cdot 1,3 = 15,6 \text{ кВт};$$

$$P_{pв} = 40 \cdot 1 \cdot 1,3 = 52 \text{ кВт.}$$

От линии питания 10 кВ питается нагрузка орошения (ТП 37), которую следует умножить еще и на коэффициент сезонности, $k_{сез} = 0,1$ (таблица 6).

Расчетная нагрузка орошения в зимний период составит - $50 \cdot 0,1 = 5$ кВт, с учетом $k_{уд} = 1$, $k_{ув} = 0,6$:

$$P_{pд} = 5 \text{ кВт}, \quad P_{pв} = 3 \text{ кВт.}$$

Так как нагрузка орошения составляет менее 30%, расчеты для летнего периода не производятся. Расчетная нагрузка дневного и вечернего максимумов по каждому ТП приведены на схеме линий 10 кВ.

Суммарная дневная и вечерняя нагрузка на участке 2-6 определится суммированием соответствующих нагрузок ТП 32 и ТП 33 с учетом коэффициента одновременности (таблица 3):

$$P_{pд2-6} = (P_{pд32} + P_{pд33}) \cdot k_o = (94 + 45,6) \cdot 0,9 = 125,6 \text{ кВт},$$

$$P_{pв2-6} = (P_{pв32} + P_{pв33}) \cdot k_o = (56,4 + 152) \cdot 0,9 = 187,6 \text{ кВт.}$$

Суммирование нагрузок на участке 4-5 производится по таблице 10, так как нагрузка на ТП 39 меньше нагрузки на ТП 48 более, чем в 4 раза. При суммировании нагрузок по таблице 10 к большей нагрузке (130 кВт) прибавляется добавка, φP , от меньшей нагрузки (14 кВт), которая составляет 9 кВт, в соответствии с данными таблицы 10 тогда:

$$P_{pд4-5} = 130 \cdot 1 + 9 = 139 \text{ кВт};$$

$$P_{pв4-5} = 100 \cdot 0,6 + 9 = 83 \text{ кВт.}$$

Для определения суммарной нагрузки на участке 9 - 10 производится группировка нагрузок ТП, чтобы величина их не отличалась друг от друга не более чем в 4 раза. Группировка производится отдельно для дневного и вечернего максимумов:

для дневного максимума:

$$P'_{pд9-10} = (160 + 180) \cdot 0,9 = 306 \text{ кВт};$$

$$P''_{pд9-10} = (5 + 3,3) \cdot 0,9 = 7,5 \text{ кВт};$$

$$P_{pд9-10} = P'_{pд9-10} + P''_{pд9-10} = 306 + 7,5 = 313,5 \text{ кВт};$$

для вечернего максимума:

$$P'_{p\epsilon 9-10} = (96 + 108) \cdot 0,9 = 183,6 \text{ кВт};$$

$$P''_{p\epsilon 9-10} = (3 + 11) \cdot 0,9 = 12,6 \text{ кВт};$$

$$P_{p\epsilon 9-10} = P'_{p\epsilon 9-10} + P''_{p\epsilon 9-10} = 183,6 + 12,6 = 196,2 \text{ кВт};$$

Аналогично производится суммирование остальных участков схемы сети.

Список использованных источников

1. Руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства. - М.: 1996, 86 с.
2. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию. - М.: Высшая школа. 1990, 383 с.
3. Будзко И.А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов. - М.:Колос, 1975, 287 с.
4. Указания по расчету электрических нагрузок./РТМ 36.18.32.4-92. - М.: ВНИИ Тяжпромэлектропроект, 1992, 27 с.