Министерство образования и науки Российской федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Екатеринбург
2015

УДК 621.31(075.8)

Составители: С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг

Рецензенты: зав. кафедрой Автоматизированные системы электроснабжения ВГППУ
С.Р. Федорова;
канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник института теплофизики УрО РАН
П.Е. Мезенцев

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: методическое пособие для выполнения выпускных квалификационных работ и курсовых проектов/ С.С. Ананичева, С.Н. Шелюг. Екатеринбург: 2015. 86 с.

В справочных материалах приводятся сведения о параметрах основного электротехнического оборудования (линии электропередачи, трансформаторы и т.д.) для проведения технических и технико-экономических расчетов электрических сетей.

Библ. 5 назв. Рис. 3 Табл. 108

© Уральский федеральный
университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. Параметры основного оборудования электрических систем 4

1.1. Номинальные напряжения 4

1.2. Собственные нужды..... 7

1.3. Линии электропередачи..... 8

1.3.1. Линии электропередачи с самонесущим изолированным проводом 8

1.3.2. Кабельные линии электропередачи..... 9

1.3.3. Воздушные линии электропередачи 21

1.4. Трансформаторы 33

1.5. Компенсирующие устройства..... 48

1.6. Турбогенератоы..... 50

2. Технико-экономические показатели 53

2.1. Общие параметры..... 53

2.2. Технико-экономические показатели в ценах 1990 года..... 54

2.3. Технико-экономические показатели в ценах 2010 года..... 67

2.4. Учет фактора надежности электроснабжения..... 82

Библиографический список..... 85

1. Параметры основного оборудования электрических систем

1.1. Номинальные напряжения

Таблица 1.1.1

Пропускная способность и дальность передачи линий 110-1150 кВ

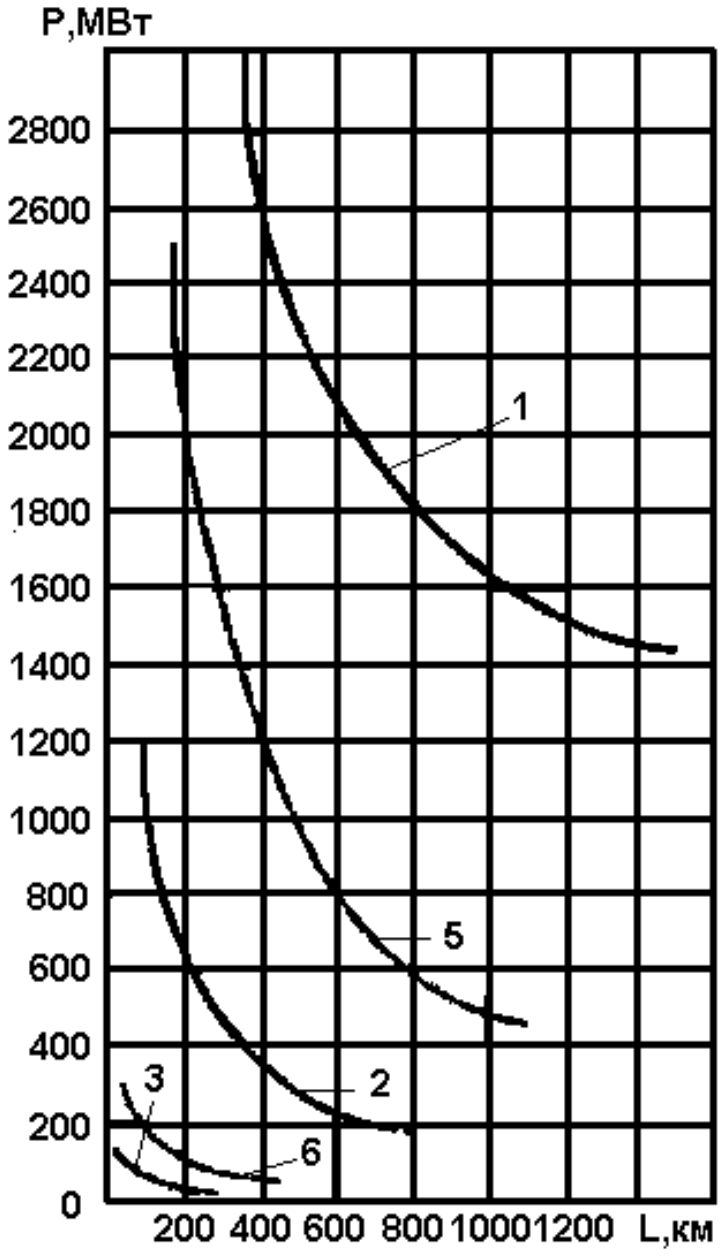
Напряжение линий, кВ	Сечение провода, мм	Передаваемая мощность, МВт		Длина линий электропередачи, км	
		Натуральная	При плотности тока 1,1 А/мм^{2*}	Предельная – при КПД=0,9	Средняя (между двумя соседними ПС)
0,4			0,05 – 0,15	1	0,5
10		10	1 – 3	15	5
35	35 – 150	30	5 – 10	50	10
110	70 - 240	60	13 - 45	80	25
150	150 - 300	135	38 - 77	250	20
220	240 - 400	360	90 - 150	400	100
330	2*240 - 2*400	500	270 - 450	700	130
400	3*300 - 3*400	900	620 - 820	1000	180
500	3*300 - 3*500	2100	770 - 1300	1200	280
750	5*300 - 5*400	5200	1500 - 2000	2200	300
1150	8*300 - 8*500		4000 - 6000	3000	-

* Для ВЛ 750-1150 кВ 0,85 А/мм^2 .

Таблица 1.1.2

Напряжения выше 1000 В, рекомендуемые МЭК, кВ

Номинальное напряжение электрических сетей	Наибольшее рабочее напряжение электрооборудования	Номинальное напряжение электрических сетей	Наибольшее рабочее напряжение электрооборудования
3,0*; 3,3*	3,6*	110; 115	123
6,0*; 6,6*	7,2*	132; 138	145
10,4 11	12	(150)	(170)
(15)	(17,5)	220; 230	245
20; 22	24	Не установлено	(300)
33*^{2}	36*^{2}	То же	363
35*^{2}	40,5*^{2}	« «	420
(45)	(52)	« «	525*^{3}
66; 69	72,5	« «	765*^{4}
		« «	1200



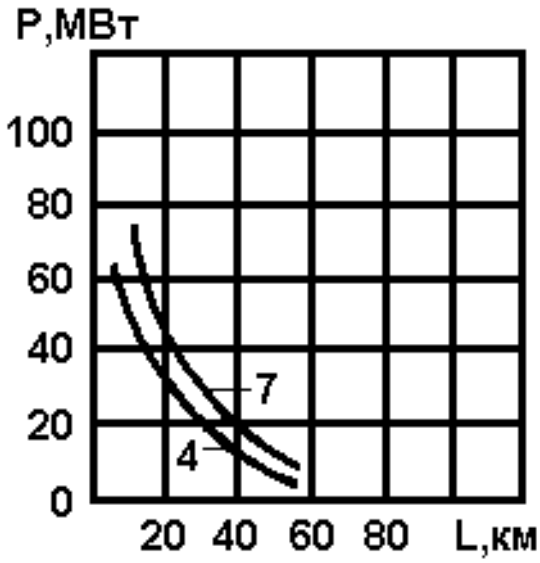


Рисунок 1 – Области применения электрических сетей разных номинальных напряжений. Указаны границы равноэкономичности:
1 – 1150 и 500 кВ; 2 – 500 и 220 кВ; 3 – 220 и 110 кВ; 4 – 110 и 35 кВ;
5 – 750 и 330 кВ; 6 – 330 и 150 кВ; 7 – 150 и 35 кВ

Таблица 1.1.3

Номинальные междуфазные напряжения, кВ, для напряжений выше 1000 В по ГОСТ 721-77 (СТ СЭВ 779-77)

Сети и приемники	Генераторы и синхронные компенсаторы	Трансформаторы и автотрансформаторы без РПН		Трансформаторы и автотрансформаторы с РПН		Наибольшее рабочее напряжение электро-оборудования
		Первичные обмотки	Вторичные обмотки	Первичные обмотки	Вторичные обмотки	
(3)*	(3,15)*	(3) и (3,15)	(3,15) и (3,3)	-	(3,15)	(3,6)
6	6,3	6 и 6,3*	6,3 и 6,6	6 и 6,3**	6,3 и 6,6	7,2
10	10,5	10 и 10,5**	10,5 и 11,0	10 и 10,5**	10,5 и 11,0	12,0
15,75	15,71	15,75**	-	-	-	17,5
20	21,0	20	22,0	20 и 21,0	22,0	24,0
35	-	35	38,5	35 и 36,75	38,5	40,5
110	-	-	121	110 и 115	115 и 121	126
(150)*	-	-	(165)	(158)	(158)	(172)
220	-	-	242	220 и 230	230 и 242	252
330	-	330	347	330	330	363
500	-	500	525	500	-	525
750	-	750	787	750	-	787
1150	-	-	-	1150	-	1200

* Номинальные напряжения, указанные в скобках, для вновь проектируемых сетей не рекомендуется.

** Для трансформаторов и автотрансформаторов, присоединяемых непосредственно к шинам генераторного напряжения электрических станций или к выводам генераторов.

1.2. Собственные нужды

Таблица 1.2.1

Расход электроэнергии на собственные нужды конденсационных тепловых электростанций, %

Тип турбины	Загрузка блока, %	Топливо				
		Каменный уголь		Бурый уголь	Газ	Мазут
		Марки АШ	Других марок			
К-100	100	6,9	6,7	6,7	5,1	5,3
	70	7,4	7,2	7,2	5,5	5,8
К-160-130	100	6,8	6,5	6,6	4,9	5,2
	70	7,3	7,1	7,1	5,3	5,6
К-200-130	100	6,8	6,1	6,8	4,6	5,7
	70	7,3	6,7	7,3	5,1	6,1
К-300-240	100	4,4	3,7	4,2	2,4	2,6
	70	4,9	4,1	4,7	2,8	3,0
К-500-240	100	-	4,4	3,7	-	-
	70	-	4,9	4,1	-	-
К-800-240	100	4,2	3,7	3,9	2,3	2,5
	70	4,6	4,1	4,3	-	-

Таблица 1.2.2

Расход электроэнергии на собственные нужды теплоэлектроцентралей, %

Топливо	Турбина		
	с противодавлением, МПА		с отбором и конденсацией
	0,08	0,12	
Уголь	13,1	9,6	8,0
Газ, мазут	10,8	7,8	6,6

Таблица 1.2.3

Расход электроэнергии на собственные нужды атомных, газотурбинных и гидравлических электростанций, %

Мощность, МВт	Электростанция		
	атомная	газотурбинная	гидравлическая
До 200	-	1,7-0,6	2,0-0,5
Свыше 200	7-5	-	0,5-0,3*

*Большие значения соответствуют меньшим единичным мощностям агрегатов.

1.3. Линии электропередачи

1.3.1. Линии электропередачи с самонесущим изолированным проводом

Таблица 1.3.1

Маркировка самонесущих изолированных проводов

Марка	Характеристика провода
СИП 1	Токоведущие жилы алюминиевые, круглой формы, многопроволочные, уплотненные, изоляция жил из светостабилизированного термопластичного полиэтилена. Несущая нулевая жила - из алюминиевого сплава, круглой формы, скручена из круглых проволок, уплотненная, голая.
СИП 1А	Тоже, что СИП 1, все жилы, включая нулевую, имеют изоляцию.
СИП 2	Тоже, что СИП 1, изоляция жил из сшитого светостабилизированного полиэтилена.
СИП 2А	Тоже, что СИП 2, все жилы, включая нулевую, имеют изоляцию.
СИП 3	Провод из одной токопроводящей жилы из плотного сплава или сталеаллюминевой структуры проволок, изоляция из сшитого светостабилизированного полиэтилена.
СИП 4	Тоже, что СИП 1, несущая жила - отсутствует, в качестве несущих используются все жилы провода.
СИП 5	Тоже, что СИП 4, Число токоведущие жилы (одна, две или более).

Таблица 1.3.2

Расчетные данные проводов (СИП) 0,4 кВ (на 1км)

Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
СИП- 1	16	1,91	0,108	70
СИП- 2	16	1,91	0,108	100
СИП- 4	25	1,2	-	115
СИП-1	25	1,2	0,106	95
СИП-2	25	1,2	0,106	130
СИП-1	35	0,863	0,104	115
СИП-2	35	0,863	0,104	160
СИП- 4	50	0,641	-	180
СИП-1	50	0,641	0,101	140
СИП-2	50	0,641	0,101	195
СИП-1	70	0,443	0,097	180
СИП-2	70	0,443	0,097	240
СИП- 4	95	0,32	-	280
СИП-1	120	0,253	0,092	250
СИП-2	120	0,253	0,092	340

Таблица 1.3.3

Расчетные данные проводов (СИП) 10 кВ (на 1км)

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый ток, А
10	СИП-3	35	0,986			200
10	СИП-3	50	0,72			245
10	СИП-3	70	0,493			310
10	СИП-3	95	0,363			370
10	СИП-3	120	0,288			430
10	СИП-3	150	0,263			485

1.3.2. Кабельные линии электропередачи

Таблица 1.3.4

Маркировка кабельных линий

Элемент кабеля	Назначение элемента	Маркировка
Жилы основные	Протекание тока	А – алюминиевые, при отсутствии буквы А - жилы из меди.
Изоляция	Обеспечение электрической прочности жил кабеля по отношению друг к другу и к земле	Ц- (в начале обозначения) - бумажная с нестекающей пропиткой церезином (ЦАСБ); В - (в конце обозначения через дефис) - бумажная с обедненной пропиткой (ААБУ-В); У- (в конце марки) - бумажная с повышенной температурой нагрева (ААБлУ); при отсутствии маркировки - изоляция бумажная с вязкой пропиткой. В - поливинилхлоридная (АВВГ). П - полиэтиленовая (АПВГ); Пс (в середине марки) - из самозатухающего полиэтилена (АПсВГ); Пв - (в середине) из вулканизированного самозатухающего полиэтилена (АПвВГ). Р - (в середине марки) из резины (АРГ); Рт- (в середине марки) из резины повышенной теплостойкости (НРтГ).
Оболочки и броня	Защита от проникновения влаги в изоляцию, защита от света, химических веществ и механических воздействий	А - алюминиевая (на первом, втором месте); С – свинцовая (на первом,втором месте) - (АСБУ); В - (в середине) - поливинилхлоридная (АВВГ); П - (в середине) - полиэтиленовая (АВПГ); Н - на первом (втором) месте - оболочка из резины, не распространяющей горения (АНРГ); О - на первом (втором) месте - отдельная оболочка каждой жилы (АОСБУ); при отсутствии буквы – оболочка выполнена из крепированной бумаги, пропитанной битумом (АСБУ); 2л - (после индекса брони) - то же, две пластмассовые ленты (ААБ2лУ);

		в (после индекса брони) - прессованный поливинилхлоридный шланг (ААБвУ); п (после индекса брони) - прессованный полиэтиленовый шланг (ААБпУ); б (после индекса брони) - без подушки (ААБбУ). Б (после индекса оболочки) - плоские стальные ленты (ААБлУ); П (то же) - стальные плоские оцинкованные проволоки (ААПлУ); К (то же) - стальные круглые оцинкованные проволоки (АСКУ).
Наружный покров	Защита от механических воздействий	При отсутствии буквы - покров из пропитанной битумом кабельной пряжи (ААБлУ); Г - без наружного покрова на броне (АСБГУ); н - негорючий состав из стеклянной пряжи (АСБнУ); Шп (то же) - полиэтиленовый шланг (ААШпУ); Шв (то же) - поливинилхлоридный шланг (ААШвУ); Шпс (то же) - шланг из самозатухающего полиэтилена (ААШпсУ).
Маслонаполненные кабели		
Изоляция		М -маслонаполненный; Н, ВД - низкого или высокого давления.
Оболочки и броня		С, А, Аг свинцовая, алюминиевая, алюминиевая гафрированная. К – броня из стальных круглых оцинкованных провол.
Вид прокладки		Т, Тк – прокладка в трубопроводе.
Наружный покров		Шв - поливинилхлоридный шланг; Шпу (то же) с повышенной температурой нагрева.

Таблица 1.3.5

Расчетные данные кабельных линий 0,4 кВ (на 1км)

Марка кабеля	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
АПвБбШв	10	2,94	0,073	65
АПвБбШв	16	1,84	0,068	90
АПвБбШв	25	1,7	0,066	115
АПвБбШв	35	0,84	0,064	135
АПвБбШв	50	0,59	0,063	165
АПвБбШв	70	0,42	0,061	200
АПвБбШв	95	0,31	0,06	240
АПвБбШв	120	0,24	0,06	270
АПвБбШв	150	0,2	0,059	305
АПвБбШв	185	0,16	0,059	345

Марка кабеля	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
АПвВГ	10	2,94	0,073	65
АПвВГ	16	1,84	0,068	90
АПвВГ	25	1,7	0,066	115
АПвВГ	35	0,84	0,064	135
АПвВГ	50	0,59	0,063	165
АПвВГ	70	0,42	0,061	200
АПвВГ	95	0,31	0,06	240
АПвВГ	120	0,24	0,06	270
АПвВГ	150	0,2	0,059	305
АПвВГ	185	0,16	0,059	345
АСБ	10	2,94	0,073	65
АСБ	16	1,84	0,068	90
АСБ	25	1,7	0,066	115
АСБ	35	0,84	0,064	135
АСБ	50	0,59	0,063	165
АСБ	70	0,42	0,061	200
АСБ	95	0,31	0,06	240
АСБ	120	0,24	0,06	270
АСБ	150	0,2	0,059	305
АСБ	185	0,16	0,059	345
ВРГ	10	1,79	0,073	87
ВРГ	16	1,12	0,068	115
ВРГ	25	0,72	0,066	150
ВРГ	35	0,51	0,064	175
ВРГ	50	0,36	0,063	215
ВРГ	70	0,256	0,061	265
ВРГ	95	0,19	0,06	310
ВРГ	120	0,15	0,06	350
ВРГ	150	0,12	0,059	395
ВРГ	185	0,1	0,059	450
ПвВГ	10	1,79	0,073	87
ПвВГ	16	1,12	0,068	115
ПвВГ	25	0,72	0,066	150
ПвВГ	35	0,51	0,064	175
ПвВГ	50	0,36	0,063	215

Марка кабеля	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
ПвВГ	70	0,256	0,061	265
ПвВГ	95	0,19	0,06	310
ПвВГ	120	0,15	0,06	350
ПвВГ	150	0,12	0,059	395
ПвВГ	185	0,1	0,059	450
СБ	10	1,79	0,073	87
СБ	16	1,12	0,068	115
СБ	25	0,72	0,066	150
СБ	35	0,51	0,064	175
СБ	50	0,36	0,063	215
СБ	70	0,256	0,061	265
СБ	95	0,19	0,06	310
СБ	120	0,15	0,06	350
СБ	150	0,12	0,059	395
СБ	185	0,1	0,059	450

Таблица 1.3.6

Расчетные индуктивные сопротивления кабельных линий 1 - 35 кВ (на 1км)

Сечение провода, мм^2	r_0, Ом, при +20°С		1 кВ	6 кВ	10 кВ	20 кВ	35 кВ
	Медь	Алюминий	x_0, Ом	x_0, Ом	x_0, Ом	x_0, Ом	x_0, Ом
10	1,79	2,94	0,073	0,11	0,122	-	-
16	1,12	1,84	0,068	0,102	0,113	-	-
25	0,72	1,7	0,066	0,091	0,099	0,0135	-
35	0,51	0,84	0,064	0,087	0,095	0,129	-
50	0,36	0,59	0,063	0,083	0,09	0,119	-
70	0,256	0,42	0,061	0,08	0,086	0,116	0,137
95	0,19	0,31	0,06	0,078	0,083	0,11	0,126
120	0,15	0,24	0,06	0,076	0,081	0,107	0,12
150	0,12	0,2	0,059	0,074	0,079	0,104	0,116
185	0,1	0,16	0,059	0,073	0,077	0,101	0,113
240	0,07	0,12	0,058	0,071	0,075	0,098	0,111
300	0,061	0,103	-	-	-	0,095	0,097
400	0,046	0,077	-	-	-	0,092	0,094

Таблица 1.3.7

Расчетные данные кабельных линий 3 – 35 кВ (на 1км)

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
3	ААБ	10	3,1	0,11	64	55
3	ААБ	16	1,94	0,102	72	70
3	ААБ	25	1,24	0,091	114	90
3	ААБ	35	0,89	0,087	127	110
3	ААБ	50	0,62	0,083	144	130
3	ААБ	70	0,443	0,08	183	160
3	ААБ	95	0,326	0,078	241	195
3	ААБ	120	0,258	0,076	263	220
3	ААБ	150	0,206	0,074	288	250
3	ААБ	185	0,167	0,073	325	285
3	ААБ	240	0,129	0,071	361	335
3	АПвП	50	0,62	0,083	144	155
3	АПвП	70	0,443	0,08	183	190
3	АПвП	95	0,326	0,078	241	225
3	АПвП	120	0,258	0,076	263	260
3	АПвП	150	0,206	0,074	288	275
3	АПвП	185	0,167	0,073	325	340
3	АПвП	240	0,129	0,071	361	390
3	АСГ	10	3,1	0,11	64	55
3	АСГ	16	1,94	0,102	72	70
3	АСГ	25	1,24	0,091	114	90
3	АСГ	35	0,89	0,087	127	110
3	АСГ	50	0,62	0,083	144	130
3	АСГ	70	0,443	0,08	183	160
3	АСГ	95	0,326	0,078	241	195
3	АСГ	120	0,258	0,076	263	220
3	АСГ	150	0,206	0,074	288	250
3	АСГ	185	0,167	0,073	325	285
3	АСГ	240	0,129	0,071	361	335
3	ПвП	25	0,74	0,091	114	135
3	ПвП	35	0,52	87	127	160
3	ПвП	50	0,37	0,083	144	200
3	ПвП	95	0,194	0,078	241	295
3	ПвП	120	0,153	0,076	263	340

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
3	ПвП	150	0,122	0,074	288	390
3	ПвП	185	0,099	0,073	325	440
3	ПвП	240	0,077	0,071	361	510
3	СБУ	16	1,15	0,102	72	92
3	СБУ	25	0,74	0,091	114	122
3	СБУ	35	0,52	0,087	127	147
3	СБУ	50	0,37	0,083	144	175
3	СБУ	70	0,26	0,08	183	215
3	СБУ	120	0,153	0,076	263	295
3	СБУ	150	0,122	0,074	288	335
3	СБУ	185	0,099	0,073	325	380
3	СБУ	240	0,077	0,071	361	445
3	ЦААШвУ	25	0,167	0,073	114	340
3	ЦААШвУ	35	0,89	0,087	127	125
3	ЦААШвУ	50	0,62	0,083	144	155
3	ЦААШвУ	70	0,443	0,08	183	190
3	ЦААШвУ	95	0,326	0,078	241	225
3	ЦААШвУ	120	0,258	0,076	263	260
3	ЦААШвУ	150	0,206	0,074	288	275
3	ЦААШвУ	185	0,167	0,073	325	340
3	ЦААШвУ	240	0,129	0,071	361	390
6	NA2XS	400	0,035	0,07	252	370
6	ААБ	16	1,94	0,113	59	70
6	ААБ	25	1,24	0,099	86	90
6	ААБ	35	0,89	0,095	107	110
6	ААБ	50	0,62	0,09	117	130
6	ААБ	70	0,443	0,086	135	160
6	ААБ	95	0,326	0,083	156	195
6	ААБ	120	0,258	0,081	169	220
6	ААБ	150	0,206	0,079	183	250
6	ААБ	185	0,167	0,077	200	285
6	ААБ	240	0,129	0,075	215	335
6	ААШВ	35	0,89	0,095	107	110
6	ААШВ	50	0,62	0,09	117	130
6	ААШВ	70	0,443	0,086	135	160

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
6	ААШВ	95	0,326	0,083	156	205
6	ААШВ	120	0,258	0,081	169	220
6	ААШВ	150	0,206	0,079	183	250
6	ААШВ	185	0,167	0,077	200	285
6	ААШВ	240	0,129	0,075	215	335
6	АПвП	25	1,24	0,099	86	115
6	АПвП	35	0,89	0,095	107	135
6	АПвП	50	0,62	0,09	117	165
6	АПвП	70	0,443	0,086	135	165
6	АПвП	95	0,326	0,083	156	205
6	АПвП	120	0,258	0,081	169	240
6	АПвП	150	0,206	0,079	183	275
6	АПвП	185	0,167	0,077	200	310
6	АПвП	240	0,129	0,075	215	355
6	АПвП	300	0,105	0,074	225	360
6	АПвП	400	0,035	0,07	252	370
6	АПвП	500	0,035	0,07	252	370
6	АПвП	630	0,035	0,07	252	370
6	АСБ	50	0,62	0,09	117	130
6	АСБ	70	0,443	0,086	135	160
6	АСБ	95	0,326	0,083	156	195
6	АСБ	120	0,258	0,081	169	220
6	АСБ	150	0,206	0,079	183	250
6	АСБ	185	0,167	0,077	200	285
6	АСБ	240	0,129	0,075	215	335
6	АСГ	16	1,94	0,113	59	70
6	АСГ	25	1,24	0,099	86	90
6	АСГ	35	0,89	0,095	107	110
6	АСГ	50	0,62	0,09	117	130
6	АСГ	70	0,443	0,086	135	160
6	АСГ	95	0,326	0,083	156	195
6	АСГ	120	0,258	0,081	169	220
6	АСГ	150	0,206	0,079	183	250
6	АСГ	185	0,167	0,077	200	285
6	АСГ	240	0,129	0,075	215	335

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
6	ПвП	25	0,74	0,099	86	120
6	ПвП	35	0,52	0,095	107	150
6	ПвП	50	0,37	0,09	117	180
6	ПвП	70	0,26	0,086	135	215
6	ПвП	95	0,194	0,083	156	265
6	ПвП	120	0,153	0,081	169	310
6	ПвП	150	0,122	0,079	183	355
6	ПвП	185	0,099	0,077	200	400
6	ПвП	240	0,077	0,075	215	460
6	ПвП	400	0,046	0,048	144	400
6	ПвП	630	0,046	0,048	144	400
6	СБУ	16	1,15	0,113	59	92
6	СБУ	25	0,74	0,099	86	122
6	СБУ	35	0,52	0,095	107	147
6	СБУ	50	0,37	0,09	117	175
6	СБУ	70	0,26	0,086	135	215
6	СБУ	95	0,194	0,083	156	260
6	СБУ	120	0,153	0,081	169	295
6	СБУ	150	0,122	0,079	183	335
6	СБУ	185	0,099	0,077	200	380
6	СБУ	240	0,77	0,075	215	445
6	СШВ	150	0,122	0,079	183	335
10	ААБ	16	1,94	0,113	70	70
10	ААБ	35	0,89	0,095	107	110
10	ААБ	50	0,62	0,09	117	130
10	ААБ	70	0,443	0,086	135	160
10	ААБ	95	0,326	0,083	156	195
10	ААБ	120	0,258	0,081	169	220
10	ААБ	150	0,206	0,079	183	250
10	ААБ	185	0,167	0,077	200	285
10	ААБ	240	0,129	0,075	215	335
10	ААШВ	35	0,89	0,095	107	110
10	ААШВ	50	0,62	0,09	117	130
10	ААШВ	70	0,443	0,086	135	160
10	ААШВ	95	0,326	0,083	156	195

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
10	ААШВ	120	0,258	0,081	169	240
10	ААШВ	150	0,206	0,079	183	250
10	ААШВ	185	0,167	0,077	200	310
10	ААШВ	240	0,129	0,075	215	335
10	АПвП	95	0,326	0,083	156	195
10	АПвП	120	0,258	0,081	169	240
10	АПвП	150	0,206	0,079	183	275
10	АПвП	185	0,167	0,077	200	310
10	АПвП	240	0,129	0,075	215	355
10	АПвП	300	0,094	0,073	230	365
10	АПвП	400	0,035	0,07	252	370
10	АПвП	500	0,035	0,07	252	390
10	АПвП	630	0,028	0,069	290	1170
10	АПвП	800	0,018	0,068	425	1310
10	АПВЭГП	240	0,129	0,075	215	355
10	АСБ	35	0,89	0,095	107	110
10	АСБ	50	0,62	0,09	117	130
10	АСБ	70	0,443	0,086	135	160
10	АСБ	95	0,326	0,083	156	195
10	АСБ	120	0,258	0,081	169	220
10	АСБ	150	0,206	0,079	183	250
10	АСБ	185	0,167	0,077	200	285
10	АСБ	240	0,129	0,075	215	335
10	АСБВнгL	240	0,129	0,075	215	335
10	ПвПг	120	0,153	0,081	169	295
10	ПвПг	185	0,099	0,077	200	380
10	ПвПг	240	0,077	0,075	215	445
10	ПвПг	400	0,013	0,069	260	605
10	СБУ	16	1,15	0,113	59	92
10	СБУ	25	0,74	0,099	86	122
10	СБУ	35	0,52	0,095	107	147
10	СБУ	50	0,37	0,09	117	175
10	СБУ	70	0,26	0,086	135	215
10	СБУ	95	0,194	0,083	156	260
10	СБУ	120	0,153	0,081	169	295

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
10	СБУ	150	0,122	0,079	183	335
10	СБУ	185	0,099	0,077	200	380
10	СБУ	240	0,077	0,075	215	445
10	ЦАСБ	240	0,077	0,075	215	445
20	ААБ	70	0,443	0,137	70	165
20	ААБ	95	0,326	0,126	78	197
20	ААБ	120	0,258	0,12	81	224
20	ААБ	150	0,206	0,116	91	254
20	ААБ	185	0,167	0,113	94	286
20	ААБ	240	0,129	0,111	97	330
20	АПвП	70	0,443	0,137	70	165
20	АПвП	95	0,326	0,126	78	197
20	АПвП	120	0,258	0,12	81	224
20	АПвП	150	0,206	0,116	91	254
20	АПвП	185	0,167	0,113	94	286
20	АПвП	240	0,129	0,111	97	330
20	ПвП	70	0,26	0,137	70	201
20	ПвП	95	0,194	0,126	78	240
20	ПвП	120	0,153	0,12	81	272
20	ПвП	150	0,122	0,116	91	310
20	ПвП	185	0,099	0,113	94	384
20	ПвП	240	0,077	0,111	97	401
20	МВДТ	150	0,122	0,2	98	440
20	МВДТ	185	0,099	0,195	100	500
20	МВДТ	240	0,077	0,19	103	590
20	МВДТ	270	0,068	0,185	105	620
20	МВДТ	300	0,061	0,186	107	640
20	МВДТ	400	0,046	0,17	112	800
20	МВДТ	500	0,037	0,16	117	910
20	МВДТ	625	0,029	0,15	124	1030
20	МВДТ	700	0,026	0,145	128	1030
20	МНС	150	0,122	0,2	98	380
20	МНС	185	0,099	0,195	100	420
20	МНС	240	0,077	0,19	103	480
20	МНС	270	0,068	0,185	105	500

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
20	МНС	300	0,061	0,186	107	530
20	МНС	350	0,051	0,175	110	560
20	МНС	500	0,037	0,16	117	660
20	МНС	550	0,032	0,155	120	680
20	МНС	625	0,029	0,15	124	710
20	МНС	800	0,022	0,14	132	780
20	МВДТ	150	0,122	0,2	98	440
20	МВДТ	185	0,099	0,195	100	500
35	ААБ	70	0,443	0,137	70	165
35	ААБ	95	0,326	0,126	78	197
35	ААБ	120	0,258	0,12	81	224
35	ААБ	150	0,206	0,116	91	254
35	ААБ	185	0,167	0,113	94	286
35	ААБ	240	0,129	0,111	97	330
35	АПвВ	350	0,086	0,116	39	560
35	АПвВ	500	0,06	0,11	43	675
35	АПвВ	625	0,048	0,1	54	760
35	АПвВ	800	0,04	0,1	76	850
35	АПвП	350	0,086	0,116	39	560
35	АПвП	500	0,06	0,11	43	675
35	АПвП	625	0,048	0,1	54	760
35	АПвП	800	0,04	0,1	76	850
35	АПвПс	350	0,086	0,116	39	560
35	АПвПс	500	0,06	0,11	43	675
35	АПвПс	625	0,048	0,1	54	760
35	АПвПс	800	0,04	0,1	76	850
35	АСБ	70	0,443	0,137	70	165
35	АСБ	95	0,326	0,126	78	197
35	АСБ	120	0,258	0,12	81	224
35	АСБ	150	0,206	0,116	91	254
35	АСБ	185	0,167	0,113	94	286
35	АСБ	240	0,129	0,111	97	330
35	ОСБ	120	0,258	0,12	81	224
35	ОСБ	150	0,206	0,116	91	254
35	МВДТ	300	0,060	0,145	81,6	640

Uном, кВ	Марка	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	b_0, мкСм	Допустимый Ток, А
35	МВДТ	400	0,044	0,135	91,1	770
35	МВДТ	500	0,035	0,128	100	870
35	МВДТ	550	0,032	0,124	104	910
35	МВДТ	625	0,029	0,12	110	970
35	МВДТ	700	0,025	0,116	121	980
35	МНС	300	0,061	0,145	109	530
35	МНС	350	0,051	0,14	113	560
35	МНС	400	0,046	0,135	119	600
35	МНС	500	0,037	0,128	123	660
35	МНС	625	0,029	0,12	127	710
35	МНС	800	0,022	0,112	135	780

Таблица 1.3.8

Удельные потери мощности в изоляции кабелей

Сечение, мм^2	Удельные потери мощности в изоляции кабеля, кВт/км, при номинальном напряжении, кВ					
	6	10	20	35	110	220
10	0,016	0,038	–	–	–	–
16	0,019	0,042	–	–	–	–
25	0,030	0,063	0,135	–	–	–
35	0,033	0,078	0,151	–	–	–
50	0,038	0,087	0,174	–	–	–
70	0,048	0,098	0,196	0,461	–	–
95	0,063	0,113	0,219	0,508	–	–
120	0,068	0,123	0,234	0,532	3,037	–
150	0,076	0,134	0,257	0,600	3,082	
185	0,084	0,146	0,279	0,623	3,322	–
240	0,095	0,191	0,320	0,813	3,724	–
300	–	–	–	–	4,018	9,132
400	–	–	–	–	4,269	10,274
500	–	–	–	–	5,068	11,416
625	–	–	–	–	5,628	12,329
800	–	–	–	–	6,644	13,699
П р и м е ч а н и е. Потери мощности в изоляции силовых кабелей принимаются в соответствии с данными заводов-изготовителей оборудования. При их отсутствии расчетные потери принимаются в соответствии с табл.1.3.8.						

1.3.3. Воздушные линии электропередачи

Таблица 1.3.9

Маркировка неизолированных проводов

Марка	**Маркировка неизолированных проводов**
М - Х	Медные, Х-сечение в мм^2, например М-35.
А-Х	Алюминиевые, Х-сечение в мм^2, например А-35.
АЖ, АН	Провода из сплавов алюминия: Ж- термообработанные; Н-нетермообработанные.
АС-Х/Y	Сталеалюминиевые, Х-сечение алюминия, Y-сечение стального сердечника в мм^2, дополнительно: У- усиленной конструкции; О – облегченные; К - с защитным покрытием стального сердечника полиэтиленовой пленкой; КС - с заполнением сердечника антикоррозийной смазкой; КП - с заполнением всего провода антикоррозийной смазкой.
ПС, ПМС	Провода стальные, многопроволочные.
СХ	Грозозащитный трос - стальной оцинкованный канат сечением Х мм^2.

Таблица 1.3.10

Расчетные данные алюминиевых проводов

Марка провода	Вес провода, кг/км	Диаметр провода, мм	Длительно допустимый ток нагрузки, А		Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км
			вне помещений	внутри помещений	
А -16	44	5,1	105	75	1,96
А -25	68	6,4	135	105	1,28
А - 35	95	7,5	170	130	0,92
А - 50	136	9,0	215	165	0,64
А - 70	191	10,7	265	210	0,46
А - 95	257	12,4	320	255	0,34
А - 120	322	14,0	375	300	0,27
А - 150	407	15,8	440	355	0,21
А - 185	503	17,5	500	410	0,17
А - 240	672	20,1	590	490	0,131
А - 300	817	22,2	680	570	0,105
А - 400	1087	25,6	815	690	0.078
А – 500	1376	29,1	980	820	0,063
А - 600	1658	32,0	1070	930	0,052

Таблица 1.3.11

Удельные индуктивные сопротивления ВЛ с алюминиевыми проводами, Ом/км

Сред.геомет. расстояние между фазами, м	А - 16	А - 25	А - 35	А - 50	А - 70	А - 95	А- 120	А- 150	А- 185	А- 240
0,4	0,333	0,319	0.308	0,297	0,283	0,274	-	-	-	-
0,6	0,358	0,345	0,336	0,325	0,309	0,300	0,292	0,287	0,280	-
0,8	0,377	0,363	0,352	0,341	0,327	0,318	0,310	0,305	0,298	-
1,0	0,391	0,377	0,366	0,355	0,341	0,332	0,324	0,319	0,313	0,305
1,5	0,416	0,402	0,391	0.380	0,366	0,357	0,349	0,344	0,338	0,330
2,0	0,435	0,421	0,410	0,398	0,385	0,376	0,368	0,363	0,357	0,349
2,5	0,449	0,435	0,424	0,413	0,399	0,390	0,382	0,377	0,371	0,363
3,0	0,460	0,446	0,435	0,423	0,410	0,401	0,393	0,388	0,382	0,374

Таблица 1.3.12

Расчетные данные сталеалюминиевых проводов

Марка провода	Вес провода, кг/км	Диаметр провода, мм	Длительно допустимый ток, А		Электрическое сопротивление при 20°С, Ом/км
			вне помещений	внутри помещений	
АС - 10	36	4,4	80	50	3,12
АС - 16	62	5,4	105	75	2,06
АС – 25	92	6,6	130	100	1,38
АС – 35	150	8,4	175	135	0,85
АС – 50	196	9,6	210	165	0,65
АС – 70	275	11,4	265	210	0,46
АС - 95	386	13,5	330	260	0,33
АС – 120	492	15,2	380	305	0,27
АС – 150	617	17,0	445	360	0,21
АС – 185	771	19,0	510	425	0,17
АС – 240	937	21,6	605	505	0,13
АС - 300	1098	23,5	690	580	0,108
АС - 400	1501	27,2	825	710	0.08
АС - 500	1838	30,2	945	815	0.065
АС - 600	2206	33,1	1050	920	0.055
АСО - 700	2756	37,1	1220	1075	0,044
АСУ - 120	530	15,5	375	-	0,288
АСУ - 150	678	17,6	450	-	0,21
АСУ - 185	850	19,6	515	-	0,17
АСУ – 240	1111	22,4	610	-	0,131
АСУ - 300	1392	25,2	705	-	0,106
АСУ - 400	1840	29,0	850	-	0,079

Таблица 1.3.13

Удельные индуктивные сопротивления воздушных линий со сталеалюминиевыми проводами, Ом/км

Сред.геомет. расстояние между фазами, м	АС-35	АС-50	АС-70	АС-95	АС-120	АС-150	АС-185	АС-240	АС-300	АС-400
2,0	0,403	0,392	0.382	0,371	0,363	0,358	-	-	-	-
2,5	0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,372	-	-	-	-
3,0	0,429	0,418	0,408	0,397	0,391	0,384	0,377	0,369	-	-
4,0	0,446	0,435	0,425	0,414	0,408	0,401	0,394	0,386	-	-
4,5	-	-	0,433	0.422	0,416	0,409	0,402	0,392	-	-
5,0	-	-	0,440	0,429	0,423	0,416	0,409	0,401	-	-
5,5	-	-	-	-	0,430	0,422	0,415	0,407	-	-
6,0	-	-	-	-	-	-	-	0,413	0,404	0,396
6,5	-	-	-	-	-	-	-		0,409	0,400
7,0	-	-	-	-	-	-	-		0,414	0,406
7,5	-	-	-	-	-	-	-		0,418	0,409
8,0	-	-	-	-	-	-	-		0,422	0,414
8,5	-	-	-	-	-	-	-		0,425	0,418

Таблица 1.3.14

Удельные емкостные проводимости воздушных линий со сталеалюминиевыми проводами, См/км $\cdot 10^{-6}$

Сред.геомет. расстояние между фазами, м	АС-70	АС-95	АС-120	АС-150	АС-185	АС-240	АС-300	АС-400	АСУ-300	АСУ-400
3,0	2,79	2,87	2,92	2,97	3,03	3,10	-	-	-	-
3,5	2,73	2,81	2,85	2,90	2,96	3,02	-	-	-	-
4,0	2,68	2,75	2,79	2,85	2,90	2,96	-	-	-	-
4,5	2,62	2,69	2,74	2,79	2,84	2,689	-	-	-	-
5,0	2,58	2,65	2,69	2,74	2,82	2,85	-	-	-	-
5,5	-	-	2,67	2,70	2,74	2,80	-	-	-	-
6,0	-	-	-	-	-	2,76	2,81	2,88	2,84	2,91
6,5	-	-	-	-	-	-	2,78	2,84	2,80	2,87
7,0	-	-	-	-	-	-	2,74	2,78	2,77	2,83
7,5	-	-	-	-	-	-	2,71	2,76	2,73	2,80
8,0	-	-	-	-	-	-	2,69	2,73	2,70	2,77
8,5	-	-	-	-	-	-	2,67	2,70	2,68	2,75

Таблица 1.3.15

Расчетные данные воздушных линий 0,4 кВ (на 1 км)

Марка провода	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
А	16	1,98	0,377	105
А	25	1,28	0,363	135
А	35	0,92	0,352	170
А	50	0,64	0,341	215
А	70	0,46	0,327	265
А	95	0,34	0,318	320
А	120	0,27	0,31	375
А	150	0,21	0,305	440
А	185	0,17	0,302	500
А	240	0,131	0,298	690
АС	25	1,38	0,363	130
АС	35	0,85	0,352	175
АС	50	0,65	0,341	210
АС	70	0,46	0,327	265
АС	95	0,33	0,318	330
АС	120	0,27	0,31	380
АС	150	0,21	0,305	445
М	10	1,82	0,399	95
М	16	1,157	0,377	130
М	25	0,734	0,363	180
М	35	0,524	0,352	220
М	50	0,369	0,341	270
М	70	0,272	0,327	340
М	95	0,194	0,318	415
М	120	0,156	0,31	485
М	150	0,124	0,305	570

Таблица 1.3.16

Расчетные данные воздушных линий 3 - 35 кВ (на 1 км)

Uном, кВ	Марка провода	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
3	А	16	1,98	0,391	105
3	А	25	1,28	0,377	135
3	А	35	0,92	0,366	170
3	А	50	0,64	0,355	215
3	А	70	0,46	0,341	265
3	А	95	0,34	0,332	320
3	А	120	0,27	0,324	375
3	А	150	0,21	0,319	440
3	А	185	0,17	0,313	500
3	АС	16	2,06	0,391	105
3	АС	25	1,38	0,377	130
3	АС	35	0,85	0,366	175
3	АС	50	0,65	0,355	210
3	АС	70	0,46	0,341	265
3	АС	95	0,33	0,332	330
3	АС	120	0,27	0,324	380
3	АС	150	0,21	0,319	445
3	АС	185	0,17	0,313	510
3	М	16	1,157	0,391	133
3	М	25	0,734	0,377	183
3	М	35	0,524	0,366	223
3	М	50	0,369	0,355	275
3	М	70	0,272	0,341	337
3	М	95	0,194	0,332	422
3	М	120	0,156	0,324	485
3	М	150	0,124	0,319	570
3	М	185	0,1	0,313	650
3	М	240	0,079	0,305	760
6	А	16	1,98	0,391	105
6	А	25	1,28	0,377	135
6	А	35	0,92	0,366	170
6	А	50	0,64	0,355	215
6	А	70	0,46	0,341	265
6	А	95	0,34	0,332	320

Uном, кВ	Марка провода	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
6	А	120	0,27	0,324	375
6	А	150	0,21	0,319	440
6	А	185	0,17	0,313	500
6	АС	16	2,06	0,391	105
6	АС	25	1,38	0,377	130
6	АС	35	0,85	0,366	175
6	АС	50	0,65	0,355	210
6	АС	70	0,46	0,341	265
6	АС	95	0,33	0,332	330
6	АС	120	0,27	0,324	380
6	АС	150	0,21	0,319	445
6	АС	185	0,17	0,313	510
6	М	16	1,157	0,391	133
6	М	25	0,734	0,377	183
6	М	35	0,524	0,366	223
6	М	50	0,369	0,355	275
6	М	70	0,272	0,341	337
6	М	95	0,194	0,332	422
6	М	120	0,156	0,324	485
6	М	150	0,124	0,319	570
6	М	185	0,1	0,313	650
6	М	240	0,079	0,305	760
10	А	70	0,42	0,41	265
10	А	95	0,315	0,401	320
10	А	120	0,251	0,393	375
10	А	150	0,197	0,388	445
10	А	185	0,161	0,382	500
10	А	240	0,123	0,374	590
10	АС	50	0,65	0,355	210
10	АС	70	0,422	0,432	210
10	АС	95	0,301	0,421	330
10	АС	120	0,244	0,414	390
10	АС	150	0,204	0,406	450
10	АСК	120	0,244	0,414	390
10	АСК	150	0,204	0,406	450

Uном, кВ	Марка провода	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
10	М	35	0,524	0,455	223
10	М	50	0,369	0,433	275
10	М	70	0,272	0,42	337
10	М	95	0,194	0,42	422
10	М	120	0,156	0,403	485
10	М	150	0,124	0,393	570
10	М	185	0,1	0,392	650
10	М	240	0,079	0,384	760
20	А	70	0,42	0,41	265
20	А	95	0,315	0,401	320
20	А	120	0,251	0,393	375
20	А	150	0,197	0,388	445
20	А	185	0,161	0,382	500
20	А	240	0,123	0,374	590
20	АС	70	0,422	0,432	210
20	АС	95	0,301	0,421	330
20	АС	120	0,244	0,414	390
20	АС	150	0,204	0,406	450
20	АСК	120	0,244	0,414	390
20	АСК	150	0,204	0,406	450
20	М	35	0,524	0,455	223
20	М	50	0,369	0,433	275
20	М	70	0,272	0,42	337
20	М	95	0,194	0,42	422
20	М	120	0,156	0,403	485
20	М	150	0,124	0,393	570
20	М	185	0,1	0,392	650
20	М	240	0,079	0,384	760
20	М	300	0,064	0,377	880
35	А	70	0,42	0,444	265
35	А	95	0,315	0,434	320
35	А	120	0,251	0,427	375
35	А	150	0,197	0,42	440
35	А	185	0,161	0,413	500
35	А	240	0,123	0,405	590

Uном, кВ	Марка провода	Сечение, мм²	r_0, Ом	x_0, Ом	Допустимый ток, А
35	АС	50	0,428	0,432	210
35	АС	70	0,422	0,444	265
35	АС	95	0,301	0,434	330
35	АС	120	0,244	0,427	390
35	АС	150	0,204	0,42	450
35	АС	185	0,159	0,413	510
35	АС	240	0,118	0,405	610
35	АСК	120	0,244	0,427	390
35	АСК	150	0,204	0,42	450
35	АСК	185	0,159	0,413	510
35	АСК	240	0,122	0,405	610
35	М	70	0,272	0,442	337
35	М	95	0,194	0,433	422
35	М	120	0,156	0,425	485
35	М	150	0,124	0,42	570
35	М	185	0,1	0,414	650
35	М	240	0,079	0,406	760
35	М	300	0,064	0,399	880

Таблица 1.3.17

Расчетные данные ВЛ 35-150 кВ
со сталеалюминиевыми проводами (на 100 км)

Сечение провода, мм^2	r_0, Ом, при +20°С	35 кВ	110 кВ			150 кВ		
		x_0, Ом	x_0, Ом	b_0, 10^{-4}См	q_0, Мвар	x_0, Ом	b_0, 10^{-4}См	q_0, Мвар
50/9	65,0	43,5	-	-	-	-	-	-
70/11	42,8	43,2	44,4	2,55	3,40	46,0	2,46	5,50
95/16	30,6	42,1	43,4	2,61	3,50	45,0	2,52	5,70
120/19	24,9	41,4	42,7	2,66	3,55	44,1	2,56	5,80
150/24	19,8	40,6	42,0	2,70	3,60	43,4	2,61	5,90
185/29	16,2	-	41,3	2,75	3,70	42,9	2,645	5,95
240/32	12,0	-	40,5	2,81	3,75	42,0	2,70	6,10

Таблица 1.3.18

Расчетные данные ВЛ 220-1150 кВ со сталеалюминиевыми проводами (на 100 км)

Номинальное сечение провода, мм^2	Количество проводов в фазе	r_0, Ом, при +20 °С	220 кВ			330 кВ			500 кВ			750 кВ			1150 кВ					
															Dср=15 м			Dср=24,2 м		
			x_0, Ом	b_0, 10^{-4} См	q_0, МВАр	x_0, Ом	b_0, 10^{-4} См	q_0, МВАр	x_0, Ом	b_0, 10^{-4} См	q_0, МВАр	x_0, Ом	b_0, 10^{-4} См	q_0, МВАр	x_0, Ом	b_0, 10^{-4} См	q_0, МВАр	x_0, Ом	x_0, Ом	q_0, МВАр
240/32	1	12,1	43,5	2,60	13,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	6,0	-	-	-	33,1	3,38	40,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240/39	11	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,3	5,95	786,9	-	-	-
249/56	5	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,8	3,76	211,5	-	-	-	-	-	-
300/39	1	9,8	42,9	2,64	14,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	4,8	-	-	-	32,8	3,41	40,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
300/48	8	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,6	4,43	585,9
300/66	3	3,4	-	-	-	-	-	-	31,0	3,97	99,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,8	4,11	231,2	-	-	-	-	-	-
330/43	3	2,9	-	-	-	-	-	-	30,8	3,60	90,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,0	4,38	579,3
400/51	1	7,5	42,0	2,70	14,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	3,75	-	-	-	32,3	3,46	41,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	2,5	-	-	-	-	-	-	30,6	3,62	90,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,6	4,13	232,3	-	-	-	-	-	-
400/93	4	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,9	4,13	232,3	-	-	-	-	-	-
500/64	1	6,0	41,3	2,74	14,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	3,0	-	-	-	32,0	3,50	42,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	2,0	-	-	-	-	-	-	30,4	3,64	91,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,3	3,9	219,4	-	-	-	-	-	-

Таблица 1.3.19

Удельные потери мощности на корону в воздушных линях 110-750 кВ

Напряжение ВЛ, кВ, материал опор	Число проводов в фазе и сечение, мм^2	Потери мощности на корону и виды погод, кВт/км			
		Хорошая погода, роса	Сухой снег, повышенная влажность, туман, иней	Дождь, мокрый снег	В районах с повышенной опасностью зернистой изморози и гололеда
750 сталь	4x600	4,7	18	60	160
	4x500	5,7	23,6	70,4	180
	4x400	6,4	27,3	77,0	200
	5x330	4,5	17,0	53,5	150
	5x240	3,9	16,3	48,0	140
500 сталь	3x500	1,6	5,0	18,0	55
	3x400	2,3	8,0	28,5	83
	3x330	2,7	10,0	33	89
	3x300	2,9	11,5	35,0	92
500 ж/б	3x400	3,4	11,5	40,0	113
	3x300	4,4	15,5	46,7	126
330 сталь	2x240	1,2	4,9	16,8	48
	2x300	1,0	3,5	12,6	40
	2x400	0,8	2,4	9,0	31
	2x500	0,5	1,7	6,1	22
220 сталь	1x240	0,60	1,90	7,0	20,4
	1x300	0,51	1,48	6,02	17,24
	1x400	0,35	1,02	4,18	13,12
220 ж/б	1x240	0,8	2,5	8,7	24,5
	1x300	0,62	1,77	7,4	19,8
	1x400	0,43	1,24	5,3	15,5
154 ж/б	1x120	0,22	0,73	2,74	8,26
	1x150	0,17	0,55	2,13	6,89
	1x185	0,14	0,45	1,71	5,87
	1x240	0,11	0,35	1,23	4,60
154 сталь	1x120	0,18	0,58	2,21	6,88
	1x150	0,13	0,44	1,70	5,65
	1x185	0,11	0,36	1,35	4,78
	1x240	0,09	0,28	0,96	3,71
110 ж/б	1x70	0,056	0,183	0,700	2,365
	1x95	0,042	0,134	0,471	1,768
	1x120	0,037	0,112	0,355	1,436

Напряжение ВЛ, кВ, материал опор	Число проводов в фазе и сечение, мм²	Потери мощности на корону и виды погод, кВт/км			
		Хорошая погода, роса	Сухой снег, повышенная влажность, туман, иней	Дождь, мокрый снег	В районах с повышенной опасностью зернистой изморози и гололеда
110 ж/б	1х150	0,033	0,097	0,269	1,172
	1х185	0,032	0,087	0,217	1,001
	1х240	0,031	0,075	0,160	0,804
110 сталь	1х70	0,044	0,144	0,541	1,898
	1х95	0,034	0,108	0,360	1,406
	1х120	0,031	0,091	0,271	1,139
	1х150	0,029	0,079	0,205	0,929
	1х185	0,028	0,071	0,165	0,793
	1х240	0,027	0,061	0,123	0,639

Таблица 1.3.20

Удельные потери мощности от токов утечки по изоляторам воздушных линий электропередачи 6-1150 кВ

Погода	Удельные потери мощности от токов утечки по изоляторам ВЛ, кВт/км										
	Номинальное напряжение ВЛ, кВ										
	6	10	15	20	35	110	154	220	330	500	750-1150
Влажность менее 90 %	0,011	0,017	0,025	0,033	0,035	0,055	0,063	0,069	0,103	0,156	0,235
Влажность более 90 %	0,094	0,153	0,227	0,302	0,324	0,510	0,587	0,637	0,953	1,440	2,160
Влажность 100 %	0,154	0,255	0,376	0,507	0,543	0,850	0,978	1,061	1,587	2,400	3,600

Таблица 1.3.21

Поправочные коэффициенты на температуру воздуха для неизолированных проводов (к табл. 1.3.21)

Расчетная температ. воздуха, ºС	Нормиро-ванная температ. воздуха, ºС	Поправочные коэффициенты на температуру воздуха, ºС											
		-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45	+50
+25	+70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67

Таблица 1.3.22

Допустимые длительные токи и мощности для неизолированных сталеалюминиевых проводов при температуре воздуха +25ºС

Номинальное сечение, мм^2	Ток, А		Мощность, МВт, вне помещений при напряжении, кВ					
	Вне помещений	Внутри помещений	35	110	150	220	330	500
35/6,2	175	135	10,0	-	-	-	-	-
50/8	210	165	12,0	-	-	-	-	-
70/11	265	210	15,2	47,6	-	-	-	-
95/16	330	260	18,9	59,3	80,9	-	-	-
120/19	390	313	22,3	70,1	95,6	-	-	-
120/27	375	-	21,5	67,4	92,0	-	-	-
150/19	450	365	25,7	80,9	110,3	-	-	-
150/24	450	365	25,7	80,9	110,3	-	-	-
150/34	450	-	25,7	80,9	110,3	-	-	-
185/24	520	430	29,7	93,5	127,5	-	-	-
185/29	510	425	29,2	91,7	125,1	-	-	-
185/43	515	-	29,5	92,6	126,3	-	-	-
240/32	605	505	-	108,8	148,4	217	326	-
240/39	610	505	-	109,7	149,6	219	329	-
240/56	610	-	-	109,7	149,6	219	329	-
300/39	710	600	-	-	-	255	383	580
300/48	690	585	-	-	-	248	372	564
300/66	680	-	-	-	-	245	367	556
330/27	730	-	-	-	-	-	-	597
400/22	830	713	-	-	-	298	448	678
400/51	825	705	-	-	-	297	445	674
400/64	860	-	-	-	-	309	464	703
500/27	960	830	-	-	-	345	518	785
500/64	945	815	-	-	-	340	510	772
600/72	1050	920	-	-	-	-	-	-
700/86	1180	1040	-	-	-	-	-	-

Примечания.

1. Для ВЛ 330 и 500 кВ мощность приведена на один провод и должна быть увеличена в соответствии с количеством проводов в фазе.
2. Мощность рассчитана при $U=1{,}05U_{ном}$, $\cos\varphi=0{,}9$.
3. Поправочные коэффициенты на температуру воздуха приведены в табл.1.3.20.

1.4. Трансформаторы

Таблица 1.4.1

Маркировка силовых трансформаторов

№ п/п	Показатель	Маркировка
Обозначения в маркировке указываются последовательно слева направо		
1	Вид трансформатора	А – (в начале обозначения) - автотрансформатор; без обозначения – трансформатор.
2	Число фаз	Т – (в начале обозначения) - трехфазный; О – (в начале обозначения) – однофазный.
3	Наличие расщепления	Р – (вторая или третья буква в маркировке) - с расщепленной обмоткой низшего напряжения.
4	Система охлаждения	*Сухие трансформаторы* С – естественное воздушное охлаждение; СЗ – естественное воздушное охлаждение при защищенном исполнении; СЗ – естественное воздушное охлаждение при герметичном исполнении; СЗ – естественное воздушное охлаждение с принудительной циркуляцией воздуха; *Масляные трансформаторы* М – естественное масляное охлаждение с естественной циркуляцией воздуха; Д - естественное масляное охлаждение с принудительной циркуляцией воздуха; масляное охлаждение с дутьем; МЦ - масляное с принудительной циркуляцией масла и естественной циркуляцией воздуха; ДЦ - масляное с принудительной циркуляцией масла и воздуха; Ц - масляное с принудительной циркуляцией масла и воды.
5	Число обмоток	Т – трехобмоточный; без обозначения – двухобмоточный.
6	Система регулирования	Н - (в конце марки) – наличие РПН.
7	Исполнение	З – защищенное; Г– грозоупорное; У – усовершенствованное; Л – с литой изоляцией.
8	Область применения	С – для систем собственных нужд; Ж– для железных дорог.
9	Мощность	Номинальная мощность трансформатора , кВА.
10	Напряжение	Классы номинальных напряжений: ВН/СН, кВ.

Таблица 1.4.2

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 6 - 15 кВ

Тип	S, МВА	Каталожные данные						Расчетные данные	
		U обмоток, кВ		$\Delta u_{кз}$, %	$\Delta P_{кз}$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$I_{хх}$, %	R, Ом	X, Ом
		ВН	НН						
ТМ - 25/6	25	6	0,4	4,50	0,60	0,105	3,20	34,56	64,80
ТМ - 25/10	25	10	0,4	4,50	0,60	0,105	3,20	96,00	180,00
ТМ - 25/27,5	25	27,5	0,4	4,50	0,60	0,105	3,20	726,00	1361,25
ТМ - 40/3	40	3	0,4	4,50	0,88	0,240	4,50	4,95	10,13
ТМ - 40/6	40	6	0,4	4,50	0,88	0,240	4,50	19,80	40,50
ТМ - 40/10	40	10	0,4	4,50	0,88	0,240	4,50	55,00	112,50
ТМ - 50/10	50	10	0,4	5,50	1,33	0,440	8,00	53,00	110,00
ТМ - 63/3	63	3	0,4	4,50	1,28	0,220	2,80	2,90	6,43
ТМ - 63/6	63	6	0,4	4,50	1,28	0,220	2,80	11,61	25,71
ТМ - 63/10	63	10	0,4	4,50	1,28	0,220	2,80	32,25	71,43
ТМ - 63/27,5	63	27,5	0,4	5,00	1,28	0,245	2,80	235,10	578,57
ТМ - 100/3	100	3	0,4	4,50	1,97	0,310	2,60	1,77	4,05
ТМ - 100/6	100	6	0,4	4,50	1,97	0,310	2,60	7,09	16,20
ТМ - 100/10	100	10	0,4	4,50	1,97	0,310	2,60	19,70	45,00
ТМ -100/27,5	100	27,5	0,4	4,70	2,27	0,310	2,60	171,67	355,44
ТМ - 125/6	125	6	0,4	4,50	2,29	0,312	2,60	5,28	12,96
ТМ - 125/10	125	10	0,4	4,50	2,29	0,312	2,60	14,66	36,00
ТМ - 160/3	160	3	0,4	4,50	2,65	0,500	2,40	0,93	2,53
ТМ - 160/6	160	6	0,4	4,50	2,65	0,500	2,40	3,73	10,13
ТМ - 160/10	160	10	0,4	4,50	2,65	0,500	2,40	10,35	28,13
ТМ - 160/27,5	160	27,5	0,4	4,70	3,10	0,500	2,40	91,58	222,15
ТМ - 180/6	180	6	0,4	4,50	3,30	1,000	6,00	3,67	9,00
ТМ - 180/10	180	10	0,4	4,50	3,30	1,000	6,00	10,19	25,00
ТМ - 180/27,5	180	27,5	0,4	5,00	3,50	1,200	7,00	81,69	210,07
ТМ - 250/3	250	3	0,4	4,50	3,70	0,660	2,30	0,53	1,62
ТМ - 250/6	250	6	0,4	4,50	3,70	0,660	2,30	2,13	6,48
ТМ - 250/10	250	10	0,4	4,50	3,70	0,660	2,30	5,92	18,00
ТМ - 250/27,5	250	27,5	0,4	5,50	4,00	0,820	2,30	48,40	166,38
ТМ - 300/3	300	3	0,4	4,50	4,20	0,960	2,30	0,42	1,35
ТМ - 300/6	300	10	0,4	4,50	4,20	0,960	2,30	4,67	15,00
ТМ - 320/3	320	6	0,4	4,50	4,85	1,050	5,50	1,71	5,06
ТМ - 320/6	320	10	0,4	4,50	4,85	1,050	5,50	4,74	14,06
ТМ - 400/3	400	3	0,4	4,50	5,50	1,150	2,10	0,31	1,01
ТМ - 400/6	400	6	0,4	4,50	5,50	1,150	2,10	1,24	4,05

Тип	S, МВА	Каталожные данные						Расчетные данные	
		U обмоток, кВ		$\Delta u_{кз}$, %	$\Delta P_{кз}$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$I_{хх}$, %	R, Ом	X, Ом
		ВН	НН						
ТМ - 400/10	400	10	0,4	4,50	5,50	1,150	2,10	3,44	11,25
ТМ - 400/27,5	400	27,5	0,4	5,50	5,50	1,150	2,10	26,00	103,98
ТМ - 560/6	560	6	0,4	4,50	6,50	1,250	2,05	0,75	2,89
ТМ - 560/10	560	10	0,4	4,50	6,50	1,250	2,05	2,07	8,04
ТМ - 560/27,5	560	27,5	0,4	5,50	6,50	1,250	2,05	15,67	74,27
ТМ - 630/3	630	3	0,4	5,50	7,10	1,470	2,00	0,16	0,79
ТМ - 630/6	630	6	0,4	5,50	7,10	1,470	2,00	0,64	3,14
ТМ - 630/10	630	10	0,4	5,50	7,10	1,470	2,00	1,79	8,73
ТМ - 630/27,5	630	27,5	0,4	6,50	6,90	1,620	2,00	13,15	78,03
ТМ - 750/6	750	6	0,4	5,50	9,00	3,000	6,00	0,58	2,64
ТМ - 750/10	750	10	0,4	5,50	9,00	3,000	6,00	1,60	7,33
ТМ - 1000/6	1000	6	0,4	5,50	12,00	2,100	1,50	0,43	1,98
ТМ - 1000/10	1000	10	0,4	5,50	12,00	2,100	1,50	1,20	5,50
ТМ - 1000/15	1000	15	0,4	6,50	11,60	2,100	1,50	2,61	14,63
ТМ - 1000/27,5	1000	27,5	0,4	6,50	11,60	2,100	1,50	8,77	49,16
ТМ - 1250/6	1250	6	0,4	6,50	12,50	2,500	2,10	0,29	1,87
ТМ - 1250/10	1250	10	0,4	6,50	12,50	2,500	2,10	0,80	5,20
ТМ - 1250/15	1250	15	0,4	6,50	12,50	2,500	2,10	1,80	11,70
ТМ -1250/27,5	1250	27,5	0,4	6,50	12,50	2,500	2,10	6,05	39,33
ТМ - 1600/6	1600	6	0,4	5,50	16,50	3,000	1,30	0,23	1,24
ТМ - 1600/10	1600	10	0,4	5,50	16,50	3,000	1,30	0,64	3,44
ТМ - 1600/15	1600	15	0,4	6,50	16,50	3,000	1,30	1,45	9,14
ТМ -1600/27,5	1600	27,5	0,4	6,50	16,50	3,000	1,30	4,87	30,72
ТМ - 1800/6	1800	6	0,4	6,50	19,20	5,000	3,00	0,21	1,30
ТМ - 1800/10	1800	10	0,4	6,50	19,20	5,000	3,00	0,59	3,61
ТМ - 2000/10	2000	10	0,4	6,50	21,00	6,500	3,00	0,53	3,25
ТМ - 2500/6	2500	6	0,4	5,50	24,00	4,350	1,10	0,14	0,79
ТМ - 2500/10	2500	10	0,4	5,50	24,00	4,350	1,10	0,38	2,20
ТМ - 2500/13,8	2500	13,8	0,4	6,50	23,50	4,350	1,10	0,72	4,95
ТМ - 2500/15,75	2500	15,75	0,4	6,50	23,50	4,350	1,10	0,93	6,45
ТМ - 3200/10	3200	10	0,4	5,50	37,00	11,000	4,00	0,36	1,72
ТМ - 3200/15	3200	15	0,4	6,50	37,00	11,000	4,00	0,81	4,57
ТМ - 4000/6	4000	6	0,4	6,50	33,50	5,450	0,90	0,08	0,59
ТМ - 4000/10	4000	10	0,4	6,50	33,50	5,450	0,90	0,21	1,63
ТМ - 6300/10	6300	10	0,4	9,00	46,50	9,000	0,80	0,12	1,43

Таблица 1.4.3

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 6-15 кВ (энергосберегающие)

Тип	S, МВА	Каталожные данные						Расчетные данные	
		U обмоток, кВ		$\Delta u_{кз}$, %	$\Delta P_{кз}$, кВт	$\Delta P_{хх}$, кВт	$I_{хх}$, %	R, Ом	X, Ом
		ВН	НН						
ТМГ12 – 250/6	250	6	0,4	4,50	3,25	0,425	2,30	1,87	6,48
ТМГ12-250/10	250	10	0,4	4,50	3,25	0,425	2,30	5,20	18,00
ТМГ12-250/15	250	15	0,4	4,50	3,25	0,425	2,30	11,70	40,50
ТМГ12-400/6	400	6	0,4	4,50	4,60	0,610	2,10	1,04	4,05
ТМГ12-400/10	400	10	0,4	4,50	4,60	0,610	2,10	2,88	11,25
ТМГ12-400/15	400	15	0,4	4,50	4,60	0,610	2,10	6,47	25,31
ТМГ12-630/6	630	6	0,4	5,50	6,75	0,800	2,00	0,61	3,14
ТМГ12-630/10	630	10	0,4	5,50	6,75	0,800	2,00	1,70	8,73
ТМГ12-1000/6	1000	6	0,4	5,50	10,50	1,100	1,50	0,38	1,98
ТМГ12-1000/10	1000	10	0,4	5,50	10,50	1,100	1,50	1,05	5,50
ТМГ12-1250/6	1250	6	0,4	6,00	13,25	1,350	1,40	0,31	1,73
ТМГ12-1250/10	1250	10	0,4	6,00	13,25	1,350	1,40	0,85	4,80
ТМГ12-1250/15	1250	15	0,4	6,00	13,25	1,350	1,40	1,91	10,80

Таблица 1.4.4

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 35 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_к$, %	$\Delta P_к$, кВт	$P_х$, кВт	$I_х$, %	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом	$\Delta Q_х$, квар
			ВН	НН							
ТМ-100/35	0,1	±2*1,5%	35	0,4	6,5	1,9	0,5	2,6	241	796	2,6
ТМ-160/35	0,16	±2*1,5%	35	0,4;0,69	6,5	2,6;3,1	0,7	2,4	127;148	498	3,8
ТМ-250/35	0,25	±2*1,5%	35	0,4;0,69	6,5	3,7;4,2	1,0	2,3	72;82	318	5,7
ТМН(ТМ)-400/35	0,4	±6*1,5%	35	0,4;0,69	6,5	7,6;8,5	1,9	2,0	23,5; 26,2	126	12,6
ТМН(ТМ)-630/35	0,63	±6*1,5%	35	0,4; 0,69; 6,3; 11	6,5	11,6; 12,2	2,7	1,5	14,9; 14,2	79,6	15
ТМН(ТМ)-1000/35	1	±6*1,5%	35	0,4; 0,69; 6,3; 11	6,5	16,5; 18	3,6	1,4	7,9;8,6	49,8	22,4
ТМН(ТМ)-1600/35	1,6	±6*1,5%	35	6,3; 11	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	11,2; 12,4	49,2	17,6
ТМН(ТМ)-2500/35	2,5	±6*1,5%	35	6,3; 11	6,5	23,5; 26	5,1	1,1	4,6;5,1	31,9	27,5
ТМН(ТМ)-4000/35	4,0	±6*1,5%	35	6,3; 11	7,5	33,5	6,7	1,0	2,6	23	40
ТМН(ТМ)-6300/35	6,3	±6*1,5%	35	6,3; 11	7,5	46,5	9,2	0,9	1,4	14,6	56,7
ТД-10000/35	10	±2*2,5%	38,5	6,3;10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,96	11,1	80
ТМН-10000/35	10	±9*1,3%	36,75	6,3;10,5	7,5	65	14,5	0,8	0,88	10,1	80
ТДНС-10000/35	10	±8*1,5%	36,75	6,3;10,5	8,0	60	12,5	0,6	0,81	10,8	60
ТД-16000/35	16	±2*2,5%	38,5	6,3;10,5	8,0	90	21	0,6	0,52	7,4	96
ТДНС-16000/35	16	±8*1,5%	36,75	6,3-6,3; 10,5-10,5	10	85	18	0,55	0,45	8,4	88
ТРДНС-25000/35	25	±8*1,5%	36,75	6,3-6,3; 10,5-10,5	9,5	115	25	0,5	0,25	5,1	125
ТРДНС-32000/35	32	±8*1,5%	36,75	6,3-6,3; 10,5-10,5	11,5	145	30	0,45	0,19	4,8	144
ТРДНС-40000/35	40	±8*1,5%	36,75	6,3-6,3; 10,5-10,5	11,5	170	36	0,4	0,14	3,9	160
ТРДНС-63000/35	63	±8*1,5%	36,75	6,3-6,3; 10,5-10,5	11,5	250	50	0,3	0,1	2,5	220

Примечания.

1. Регулирование напряжения осуществляется на стороне ВН путем РПН или ПБВ.
2. Трансформаторы типа ТМ, указанные в скобках, имеют ПБВ ±2*2,5% на стороне ВН.

Таблица 1.4.5

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 110 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_к$, %	$\Delta P_к$, кВт	$P_х$, кВт	$I_х$, %	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом	$\Delta Q_х$, квар
			ВН	НН							
ТМН-2500/110	2,5	+10*1,5% - 8*1,5%	110	6,6; 11	10,5	22	5,5	1,5	42,6	508,2	37,5
ТМН-6300/110	6,3	±9*1,78%	115	6,6; 11	10,5	44	11,5	0,8	14,7	220,4	50,4
ТДН-10000/110	10	±9*1,78%	115	6,6; 11	10,5	60	14	0,7	7,95	139	70
ТДН-16000/110	16	±9*1,78%	115	6,5; 11	10,5	85	19	0,7	4,38	86,7	112
ТРДН(ТРДНФ)-25000/110	25	±9*1,78%	115	6,3/6,5; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	120	27	0,7	2,54	55,9	175
ТДНЖ-25000/110	25	±9*1,78%	115	27,5	10,5	120	30	0,7	2,5	55,5	175
ТД-40000/110	40	±2*2,5%	121	3,15; 6,3; 10,5	10,5	160	50	0,65	1,46	38,4	260
ТРДН-40000/110	40	±9*1,78%	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	172	36	0,65	1,4	34,7	260
ТРДЦН-63000/110	63	±9*1,78%	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	260	59	0,6	0,87	22	410
ТРДЦНК-63000/110	63	±9*1,78%	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	245	59	0,6	0,8	22	378
ТДЦ-80000/110	80	±2*2,5%	121	6,3; 10,5; 13,8	10,5	310	70	0,6	0,71	19,2	480
ТРДЦН-80000/110 (ТРДЦНК)	80	±9*1,78%	115	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	10,5	310	70	0,6	0,6	17,4	480
ТДЦ-125000/110	125	±2*2,5%	121	10,5; 13,8	10,5	400	120	0,55	0,37	12,3	687,5
ТРДЦН-125000/110	125	±9*1,78%	115	10,5/10,5	10,5	400	100	0,55	0,4	11,1	687,5
ТДЦ-200000/110	200	±2*2,5%	121	13,8; 15,75; 18	10,5	550	170	0,5	0,2	7,7	1000
ТДЦ-250000/110	250	±2*2,5%	121	15,75	10,5	640	200	0,5	0,15	6,1	1250
ТДЦ-400000/110	400	±2*2,5%	121	20	10,5	900	320	0,45	0,08	3,8	1800

Примечания.

1. Регулирование напряжения осуществляется за счет РПН в нейтрали, за исключением трансформаторов типа ТМН-2500/110 с РПН на стороне НН и ТД с ПБВ на стороне ВН.
2. Трансформаторы типа ТРДН могут изготавливаться также с нерасщепленной обмоткой НН 38,5 кВ, трансформатор 25 МВА - с 27,5 кВ (для электрификации железных дорог).

Таблица 1.4.6

Трехфазные трехобмоточные трансформаторы 110 кВ

Тип	Sном, МВА	Каталожные данные					
		Uном, обмоток, кВ			$U_к$,%		
		ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н
ТМТН-63000/110	6,3	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6
ТДТН-10000/110	10	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6
ТДТН-16000/110*	16	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6
ТДТН-25000/110	25	115	11;38,5	6,6; 11	10,5	17,5	6,5
ТДТНЖ-25000/110	25	115	38,5; 27,5	6,6; 11; 27,5	10,5 (17)	17 (10,5)	6
ТДТН-40000/110*	40	115	11;22; 38,5	6,6; 11	10,5 (17)	17 (10,5)	6
ТДТНЖ-40000/110	40	115	27,5; 35,5	6,6; 11; 27,5	10,5 (17)	17 (10,5)	6
ТДТН-63000/110* (ТДЦНТ)	63	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6,5
ГДТН-80000/110* ТДЦТН, ТДЦТНК)	80	115	38,5	6,6; 11	11 (17)	18,5 (10,5)	7(6,5)

Продолжение табл. 1.4.6

Тип	Каталожные данные			Расчетные данные						
	ΔРк, кВт	Рх, кВт	Iх, %	Rт, Ом			Хт, Ом			ΔQх, квар
				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТМТН-63000/110	58	14	1,2	9,7	9,7	9,7	225,7	0	131,2	75,6
ТДТН-10000/110	76	17	1,1	5	5	5	142,2	0	82,7	110
ТДТН-16000/110*	100	23	1,0	2,6	2,6	2,6	88,9	0	52	160
ТДТН-25000/110	140	31	0,7	1,5	1,5	1,5	56,9	0	35,7	175
ТДТНЖ-25000/110	140	42	0,9	1,5	1,5	1,5	57	0(33)	33(0)	225
ТДТН-40000/110*	200	43	0,6	0,8	0,8	0,8	35,5	0(22,3)	22,3(0)	240
ТДТНЖ-40000/110	200	63	0,8	0,9	0,9	0,9	35,5	0(20,7)	20,7(0)	320
ТДТН-63000/110* (ТДЦНТ)	290	56	0,7	0,5	0,5	0,5	22,0	0	13,6	441
ТДТН-80000/110* (ТДЦТН, ТДЦТНК)	390	82	0,6	0,4	0,4	0,4	18,6 (21,7)	0(10,7)	11,9(0)	480

*При Хт обмотки СН, равном нулю, обмотки НН изготавливаются с Uном, равным 6,3 или 10,5 кВ.

Примечание. Все трансформаторы имеют РПН ±9*1,78% в нейтрали ВН за исключением трансформатора ТНДТЖ-40000 с РПН ±8*1,5% на ВН.

Таблица 1.4.7

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 150 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_к$, %	$\Delta P_к$, кВт	$\Delta P_х$, кВт	$I_х$, %	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом	$\Delta Q_х$, квар
			ВН	НН							
ТДН-16000/150	16	±8*1,5%	158	6,6;11	11	85	21	0,8	8,3	172	128
ТРДН-32000/150	32	±8*1,5%	158	6,3/6,3; 6,3/10,5 10,5/10,5	10,5	145	35	0,7	3,54	82	224
ТРДН-63000/150	63	±8*1,5%	158	6,3/6,3; 6,3/10,5 10,5/10,5	10,5	235	59	0,65	1,48	41,6	410
ТЦ (ТДЦ)-250000/150	250	-	165	10,5;13,8;15,75	11	640	190	0,5	0,3	12	1250

Примечанме. Регулирование напряжения осуществляется за счет РПН в нейтрали ВН (трансформаторы 16-63 МВА) или ПБВ (трансформатор 250 МВА).

Таблица 1.4.8

Трехфазные трехобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы 150 кВ

Тип	Sном, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные					
			Uном, обмоток, кВ			$U_к$,%		
			ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н
ТДТН-16000/150	16	±8*1,5%	158	38,5	6,6;11	10,5	18	6
ТДТН-25000/150	25	±8*1,5%	158	38,5	6,6;11	10,5	18	6
ТДТНЖ-25000/150	25	±8*1,5%	158	27,5; 38,5	6,6;11; 27,5	18	10,5	6
ТДТН-40000/150	40	±8*1,5%	158	38,5	6,6;11	10,5	18	6
ТДТН-63000/150	63	±8*1,5%	158	38,5	6,6;11	10,5	18	6
АТДТНГ-100000/150	100	±4*2,5%	158	115	6,6	5,3	15	15

Продолжение табл. 1.4.8

Тип	Каталожные данные					Расчетные данные						ΔQx, квар
	ΔРк, кВт			ΔРх, кВт	Iх, %	$R_т$, Ом			$X_т$, Ом			
	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-16000/150	96	-	-	25	1,0	4,7	4,7	4,7	176	0	103,5	160
ТДТН-25000/150	145	-	-	34	0,9	2,9	2,9	2,9	112,5	0	67,5	225
ТДТНЖ-25000/150	145	-	-	34	0,9	2,9	2,9	2,9	112,5	0	67,4	225
ТДТН-40000/150	185	-	-	53	0,8	1,45	1,45	1,45	70	0	42,2	320
ТДТН-63000/150	285	-	-	67	0,7	0,9	0,9	0,9	44,7	0	26,8	431
АТДТНГ-100000/150	310	235	230	75	1,5	0,54	0,2	14,2	6,6	6,6	30,9	1500

Таблица 1.4.9

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 220 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_к$, %	$\Delta P_к$, кВт	$\Delta P_х$, кВт	$I_х$, %	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом	$\Delta Q_х$, квар
			ВН	НН							
ТРДН-40000/220	40	±8*1,5%	230	11/11; 6,6/6,6	12	170	50	0,9	5,6	158,7	360
ТРДЦН-63000/220	63	±8*1,5%	230	11/11; 6,6/6,6	12	300	82	0,8	3,9	100,7	504
ТДЦ-80000/220	80	±2*2,5%	242	6,3; 10,5; 13,8	11	320	105	0,6	2,9	80,5	480
ТРДЦН-100000/220	100	±8*1,5%	230	11/11; 38,5	12	360	115	0,7	1,9	63,5	700
ТДЦ-125000/220	125	±2*2,5%	242	10,5; 13,8	11	380	135	0,5	1,4	51,5	625
ТРДЦН-160000/220	160	±8*1,5%	230	11/11; 38,5	12	525	167	0,6	1,08	39,7	960
ТДЦ-200000/220	200	±2*2,5%	242	13,8; 15,75; 18	11	580	200	0,45	0,77	32,2	900
ТДЦ-250000/220	250	-	242	13,8; 15,75	11	650	240	0,45	0,6	25,7	1125
ТДЦ-400000/220	400	-	242	13,8; 15,75; 20	11	880	330	0,4	0,29	16,1	1600
ТЦ-630000/220	630	-	242	15,75; 20	12,5	1300	380	0,35	0,2	11,6	2205
ТЦ-1000000/220	1000	-	242	24	11,5	2200	480	0,35	0,2	6,7	3500

Примечания.
1. Регулирование напряжения осуществляется в нейтрали ВН.
2. Трансформаторы с расщепленной обмоткой могут изготавливаться также с нерасщепленной обмоткой НН на 38,5 кВ.

Таблица 1.4.10

Трехфазные трехобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы 220 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные											Расчетные данные						$\Delta Q_х$, квар
			$U_{ном}$.обмоток,кВ			$U_к$,%			$\Delta P_к$, кВт			$\Delta P_х$, кВт	$I_х$, %	$R_т$, Ом			$X_т$, Ом			
			ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
ТДТН-25000/220	25	±12*1%	230	38,5	6,6; 11	12,5	20	6,5	135	-	-	50	1,2	5,7	5,7	5,7	275	0	148	300
ТДТНЖ-25000/220	25	±8*1,5%	230	27,5; 38,5	6,6; 11; 27,5	12,5	20	6,5	135	-	-	50	1,2	5,7	5,7	5,7	275	0	148	300
ТДТН-40000/220	40	±12*1%	230	38,5	6,6; 11	12,5	22	9,5	220	-	-	55	1,1	3,6	3,6	3,6	165	0	125	440
ТДТНЖ-40000/220	40	±8*1,5%	230	27,5; 38,5	6,6; 11; 27,5	12,5	22	9,5	240	-	-	66	1,1	3,9	3,9	3,9	165	0	125	440
АТДЦТН-63000/220/110	63	±6*2%	230	121	6,6; 11; 27,5; 38,5	11	35,7	21,9	215	-	-	45	0,5	1,4	1,4	2,8	104	0	195,6	315
АТДЦТН-125000/220/110	125	±6*2%	230	121	6,6; 11; 38,5	11	45	28	305	-	-	65	0,5	0,55	0,48	3,2	59,2	0	131	625
АТДЦТН-200000/220/110	200	±6*2%	230	121	6,6; 11; 15,75; 38,5	11	32	20	430	-	-	125	0,5	0,3	0,3	0,6	30,4	0	54,2	1000
АТДЦТН-250000/220/110	250	±6*2%	230	121	10,5; 38,5	11,5	33,4	20,8	520	-	-	145	0,5	0,2	0,2	0,4	25,5	0	45,1	1250

Примечания.

1. Для автотрансформаторов мощность обмотки НН равна 50% от номинальной.
2. Регулирование напряжения осуществляется за счет РПН в нейтрали ВН (±8*1,5%; ±12*1%) или (±6*2%) на стороне СН (на линейном выводе общей обмотки).

Таблица 1.4.11

Трехфазные двухобмоточные трансформаторы 330 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные						Расчетные данные		
			$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_к$,%	$\Delta P_к$, кВт	$\Delta P_х$, кВт	$I_х$, %	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом	$\Delta Q_х$, квар
			ВН	НН							
ТРДНС-40000/330	40	±8*1,5 %	330	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	11	180	80	1,4	12,3	299	560
ТРДЦН-63000/330	63	±1,5%	330	6,3/6,3; 6,3/10,5; 10,5/10,5	11	265	120	0,7	7,3	190	441
ТДЦ-125000/330	125	-	347	10,5; 13,8	11	360	145	0,5	2,78	106	625
ТДЦ-200000/330	200	-	347	13,8; 15,75; 18	11	560	220	0,45	1,68	66,2	900
ТДС-250000/330	250	-	347	13,8; 15,75	11	605	240	0,45	1,2	52,9	1125
ТЦС(ТДЦ)-400000/330	400	-	347	15,75; 20	11	810	365	0,4	0,6	33	1600
ТЦ-630000/330	630	-	347	15,75; 20; 24	11	1300	405	0,35	0,4	21	2205
ТЦ-1000000/330	1000	-	347	24	11,5	2200	480	0,4	0,26	13,2	4000
ТЦ-1250000/330	1250	-	347	24	14	2300	750	0,75	0,2	10,6	5375

Таблица 1.4.12

Трехфазные и однофазные автотрансформаторы 330 кВ

Тип	Sном, МВА	Каталожные данные											Расчетные данные						ΔQx, квар
		Uном.обмоток, кВ			$U_к$,%			ΔPк, кВт			ΔPx, кВт	Ix, %	Rт, Ом			Xт, Ом			
		ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	В-С	В-Н	С-Н			ВН	СН	НН	ВН	С Н	НН	
АТДЦТН-125000/330/110	125	330	115	6,3; 10,5; 15,75; 38,5	10	35	24	370	-	-	115	0,5	1,3	1,3	2,6	91,5	0	213,4	625
АТДЦТН-200000/330/110	200	330	115	6,6; 10,5; 38,5	10	34	22,5	600	-	-	180	0,5	0,8	0,8	2,0	58,5	0	126,6	1000
АТДЦТН-250000/330/150	250	330	158	10,5; 38,5	10,5	54	42	660	490	400	165	0,5	1,07	0,08	4,3	49	0	186,2	1250
АТДЦТН-240000/330/220	240	330	242	11;38,5	7,3/9,6	70/74	60	430/560	260	250	130	0,5	0,4/0,53	0,4/0,53	7,3/7,2	39,2/59,2	0	278,4/312,1	1200
АТДЦН-400000/330	400	330	-	165	-	11,3	-	-	750	-	180	0,3	0,51	-	0,51	-	0	30,8	1200
АОДЦТН-133000/330/220	133	330/√3	230/√3	10,5; 38,5	9	60,4	48,5	280	125	105	55	0,15	0,62	0	3,5	28,7	0	136,5	599

Примечания.

1. Для автотрансформаторов мощность обмотки НН составляет 50% номинальной, за исключением автотрансформаторов мощностью 200 и 250, 240 и 133 МВА, для которых она составляет 40 и 25 % номинальной соответственно.
2. Регулирование напряжения осуществляется на стороне СН (РПН ±6*2% на линейном выводе общей обмотки), за исключением автотрансформатора мощностью 240 МВА, который регулирования не имеет.

Таблица 1.4.13

Трехфазные и однофазные двухобмоточные трансформаторы 500-750 кВ (без регулирования напряжения)

Тип	$S_{ном}$, МВА	Каталожные данные						Расчетные данные(на три фазы)		
		$U_{ном}$ обмоток, кВ		$U_к$, %	$\Delta P_к$, кВт	$\Delta P_х$, кВт	$I_х$, %	$R_т$, Ом	$X_т$, Ом	$\Delta Q_х$, квар
		ВН	НН							
ТДЦ - 250000/500,	250	525	15,75	13	600	250	0,45	2,65	143	1125
ТЦ-250000/500	250	525	15,75	13	600	250	0,45	2,65	143	1600
ТДЦ-400000/500,	400	525	13,8; 15,75; 20	13	800	350	0,4	1,4	89,5	1600
ТЦ-400000/500	400	525	13,8; 15,75; 20	13	800	350	0,4	1,4	89,5	1600
ТЦ-630000/500	630	525	15,75; 20; 24	14	1300	500	0,35	0,9	61,3	2205
ТЦ-1000000/500	1000	525	24	14,5	2000	600	0,38	0,55	40	3800
ОЦ-533000/500*	533	525/√3	15,75; 24	13,5	1400	300	0,3	0,45	23,3	4797
ОРЦ-417000/750*	417	787/√3	20; 24	14	800	400	0,3	0,96	69,3	3753

*Обмотка НН выполняется расщепленной на две каждая мощностью 50%.

Таблица 1.4.14

Трехфазные и однофазные автотрансформаторы 500-750-1150 кВ

Тип	$S_{ном}$, МВА	Пределы регули-рования	Каталожные данные					
			$U_{ном}$, обмоток, кВ			S обмоток, %		
			ВН	СН	НН	ВН	СН	НН
АТДЦТН-250000/500/110	250	±8*1,4%	500	121	11;38,5	100	100	40
АТДЦТН-500000/500/220	500	+8*1% -8*1,25%	500	-	230	100	-	100
АОДЦТН-167000/500/220	167	±6*2,1%	500/√3	230/√3	11;13,8;15,75; 20;38,5	100	100	30;40; 50
АОДЦТН-167000/500/330	167	±8*1,5%	500/√3	330/√3	10,5;38,7	100	100	20
АОДЦТН-267000/500/220	267	±8*1,4%	500/√3	230/√3	10,5;15,5; 20,2; 38,6	100	100	25;30; 45
АОДЦТН-267000/750/220	267	±10% на СН	750/√3	230/√3	10,5	100	100	30
АОДЦТН-333000/750/330	333	±10% на СН	750/√3	330/√3	15,75	100	100	36
АОДЦТН-417000/750/500	417	±5% на ВН	750/√3	500/√3	10,5;15,75	100	100	12;8
АОДЦТ-667000/1150/500	667	-	1150/√3	500/√3	20	100	100	27

Продолжение табл. 1.4.14

Тип	Каталожные данные						Расчетные данные (на три фазы)						
	$U_к$,%			$\Delta P_к$ в, кВт	$\Delta P_х$, кВт	$I_х$, %	Rт, Ом			Хт, Ом			$\Delta Q_х$, квар
	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН				ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
АТДЦТН-250000/500/110 вып. до 1985г. после1985г.	10,5 13	24 33	13,0 18,5	550 640	270 230	0,45 0,45	1,7 2,28	0,47 0,28	3,52 5,22	107,5 137,5	0	132,5 192,5	1125 1125
АТДЦТН-500000/500/220	11,5	-	-	1050	230	0,3	1,05 0,65	1,05 0,32	- 2,8	57,5	0	-	1500
АОДЦТН-167000/500/220	11	35	21,5	325	125	0,4	0,58 0,66	0,39 0,31	2,9 2,7	61,1	0	113,5	2004
АОДЦТН-167000/500/330	9,5	67	61	320	70	0,3	0,48	0,48	2,4	38,8	0	296	1503
АОДЦТН-267000/500/220	11,5	37	23	490	150	0,35	0,28	0,28	1,12; 0,6	39,8	0	75,6	2803
АОДЦТН-267000/750/220	13	32	17	600	250	0,4	0,79	0,79	2,63	98,3	0	126,4	3204
АОДЦТН-333000/750/330	10	28	17	580	250	0,35	0,49	0,49	1,36	59,1	0	98,5	3497
АОДЦТН-417000/750/500	11,5	81	68	700	280	0,2	0,12	0,12	2,2; 3,24	55,1	0	309	2502
АОДЦТ-667000/1150/500	11,5	35	22	1250	350	0,35	0,83	0,42	3,7	80,9	0	150,4	7004

Таблица 1.4.15

Линейные регулировочные трансформаторы

Тип	$S_{ном}$, МВА	Uном, кВ	Каталожные данные						Расчетные данные		
			ΔPк, кВт		ΔPх , кВт		Iх, %		X, Ом	ΔQст, квар	
			Положение переключателя							Пол.перекл.	
			1	23	1; 23	11-13	1	11-13		1; 23	11-13
ЛТМН-16000/10 (ТМНЛ)	16	6,6; 11	35	20	9,5	3,5	5	2,75	0,04-0,1	800	376
ЛТДН-5000/10 (ТЦНЛ)	25	6,6; 11	50	27	12,5	5	4,2	2,6	0,03-0,08	1000	452
ЛТДН-0000/10 (ТЦНЛ)	40	6,6; 11	70	38	18,5	7	3,5	2,5	0,02-0,04	1400	1000
ЛТДН-5000/35 (ТЦНЛ)	25	38,5	50	27	12,5	5	4,2	2,6	0,03-0,08	1000	452
ЛТДН-3000/35 (ТЦНЛ)	63	38,5	110	60	25	12	3,1	2,1	0,33	1953	1323
ЛТДН-00000/35 (ТЦНЛ)	100	38,5	140	75	40	16	3,5	1,5	0,2	3500	1500
ЛТДН-3000/110 (ТЦНЛ)	63	110	112	61	26	13	3,2	2,2	0,35	1973	1363
ЛТДН-125000/110 (ТЦНЛ)	100	110	146	77	44	19	3,7	1,7	0,25	3590	1540

Примечания. 1. Пределы регулирования $(\pm 10 \cdot 1,5\%) = \pm 15\%$;

2.Uном соответствует 11 - 13 нулевым положениям переключателя;

3.Uном $\pm$ 15% соответствует 1 и 23 положениям переключателя.

1.5. Компенсирующие устройства

Таблица 1.5.1

Конденсаторные батареи 6-110 кВ

Показатели	Номинальное напряжение батареи, кВ			
	6	10	35	110
Количество параллельных ветвей	4	4	4	4
Количество параллельно включенных конденсаторов одной ветви	4	7	24	72
Общее количество конденсаторов в батарее	48	84	288	861
Установленная мощность батареи	2,9/6	5/10,5	17,3/36	52/108
Мощность, выдаваемая батареей, Мвар, при напряжении:				
$1{,}1U_{ном}$	2,4/4,9	3,8/7,9	13,5/28	44,5/93
$U_{ном}$	2,0/4,1	3,2/6,5	11,2/23,2	36,8/77

Примечание. В числителе приведены данные для батарей с конденсаторами типа КС2-1,05-60, в знаменателе – КСКГ-1,05-125.

Таблица 1.5.2

Конденсаторные батареи 6-10 кВ

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная мощность, квар	Проводимость, мкСм
КМ1 – 6,3 – 13 – 2УЗ	6,3	13	314,2
КС2 – 6,3 – 17,5 – 2УЗ	6,3	17,5	439,8
КСО – 6,3 – 25 – 2УЗ (1УЗ)	6,3	25	628,3
КМ2 – 6,3 – 26 – 2УЗ	6,3	26	628,3
КС1 – 6,3 – 37,5 – 2УЗ (1УЗ)	6,3	37,5	942,5
КС1 – 6,3 – 37,5 – 2ХЛ1	6,3	37,5	942,5
КС2 – 6,3 – 37,5 – 2УЗ (1УЗ)	6,3	37,5	942,5
КС2 – 6,3 – 50 – 2УЗ	6,3	50	1256,6
КС1 – 6,3 – 50 – 2УЗ(1УЗ)	6,3	50	1256,6
КС1– 6,3 – 75 – 2ХЛ1	6,3	75	1885,0
КС2– 6,3 – 75 – 2ХЛ1	6,3	75	1885,0
КС2 – 6,3 – 100 – 2УЗ (1УЗ)	6,3	100	2513,3
КС1– 6,3 – 150 – 2ХЛ1	6,3	150	3769,9
КМ – 10,5 – 13 – 2УЗ	10,5	13	125,7
КСО – 10,5 – 25– 2УЗ (1УЗ)	10,5	25	219,9
КМ2 – 10,5 – 26– 2УЗ	10,5	26	251,3
КС1 – 10,5 – 37,5 – 2ХЛ1	10,5	37,5	314,2
КС1– 10,5 – 50 – 2УЗ (1УЗ)	10,5	50	439,9
КС2 – 10,5 – 75– 2УЗ (1УЗ)	10,5	75	628,3
КС1 – 10,5 – 75 – 2ХЛ1	10,5	75	628,3
КС2 – 10,5 – 75 – 2ХЛ1	10,5	75	628,3
КС2 – 10,5 – 100– 2УЗ (1УЗ)	10,5	100	879,6
КС2 – 10,5 – 150 – 2ХЛ1	10,5	150	1256,6

Таблица 1.5.3

Реакторы шунтирующие

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная мощность, кВА	Потери мощности, кВт
РОМ-1200/10У1	6,6/√3	1100	20
	11/√3	1100	20
РТМ-3300/6У1	6,6	3300	35
РТМ-3300/10У1	11	3300	35
РТД-20000/35У1	38,5	20000	120
РОД-30000/35У1	38,5/√3	30000	180
РОД-33333/110У1	121/√3	33333	180
РОДЦ-55000/400У1	420/√3	55000	170
РОМ-16700/500У1	500/√3	16700	
РОМ-33300/500У1	500/√3	33300	
РОМ-50000/500У1	500/√3	50000	
РОДЦ-60000/500У1	525/√3	60000	205
РОДЦ-110000/750У1	787/√3	110000	350
РОДЦ-300000/1150У1	1200/√3	300000	900

Таблица 1.5.4

Синхронные компенсаторы

Тип	$S_{ном}$, МВА	Uном, кВ	Iном, кА	Реактивное сопротивление, %					ΔР, кВт	S_{max} при отстаю-щем токе, МВА	Частота ротора, 1/мин
				X"d	X'd	X d	X" q	X q			
КСВБ-50-11 (КСВБО-50-11)	50	11	2,62	26	43	220	-	118	800	20 (33)	750
КСВБ-100-11 (КСВБО-100-11)	100	11	5,25	20	40	210	-	126	1350	50 (82,5)	750
КСВБ-160-15 (КСВБО-160-15)	160	15,75	5,86	20	45	200	-	125	1750	80 (132)	750
КСВВ-320-20	320	20	9,23	25	48	200	26	120	3800	160-210	750

Примечание. Реактивные сопротивления обозначены соответственно: X"d, X'd, X d – продольные сверхпереходное, переходное и синхронное; X"q, X q – поперечное сверхпереходное и синхронное.

1.6. Турбогенератоы

Таблица 1.6.1

Турбогенераторы

Тип турбогенератора	$S_{ном}$, МВА	$P_{ном}$, МВт	$U_{ном}$, кВ	cos φ	$I_{ном}$, кА	Маховый момент, т*м^2	Сопротивления, о.е.			Момент инерции T_{d0}, с
							x"$_d$	X'$_d$	X$_d$	
Т-6-2У3	7,5	6	6,3	0,8	0,68	1,3	0,1208	0,1708	1,651	7,45
Т-6-2У3	7,5	6	10,5	0,8	0,412	1,3	0,119	0,172	1,71	7,26
Т-12-2У3	15	12	6,3	0,8	1,376	2,6	0,114	0,174	1,85	7,93
Т-12-2У3	15	12	10,5	0,8	0,825	2,6	0,131	0,2	2,07	7,9
Т-20-2У3	25	20	6,3	0,8	2,295	3,8				
Т-20-2У3	25	20	10,5	0,8	1,375	3,8				
ТВС-32У3	40	32	6,3	0,8	3,67	5,4	0,143	0,238	2,458	10,4
ТВС-32У3	40	32	10,5	0,8	2,2	5,4	0,153	0,26	2,648	10,4
ТВС-32Т3	31,25	25	10,5	0,8	1,718	5,4	0,13	0,216	2,0206	10,35
ТВФ-63-2ЕУ3	78,75	63	10,5	0,8	4,33	8,85	0,1361	0,202	1,5131	6,15
ТВФ-63-2У3	78,75	63	6,3	0,8	7,21	9,7	0,203	0,275	1,915	6,23
ТВФ-63-2У3	78,75	63	10,5	0,8	4,33	9,7	0,153	0,224	1,199	8,85
ТВФ-120-2У3	125	100	10,5	0,8	6,875	13	0,192	0,278	1,907	6,5
ТВФ-110-2ЕУ3	137,5	110	10,5	0,8	7,56	12,5	0,189	0,271	2,04	6,7
ТВВ-160-2ЕУ3	188	160	18	0,85	5,67	17,5	0,213	0,304	1,713	5,42
ТВВ-220-2ЕУ3	258,3	220	15,75	0,85	8,625	21,1	0,1906	0,275	1,88	6,38
ТВВ-200-2АУ3	235,3	200	15,75	0,85	8,625	21,1	0,1805	0,272	2,106	7,03
ТГВ-200-2У3	235,3	200	15,75	0,85	8,625	25	0,19	0,295	1,84	6,85

Продолжение таблицы 1.6.1

Тип турбогенератора	$S_{ном}$, МВА	$P_{ном}$, МВт	$U_{ном}$, кВ	cos φ	$I_{ном}$, кА	Маховый момент, т*м^2	Сопротивления, о.е.			Момент инерции T_{d0}, с
							x''_d	X'_d	X_d	
ТГВ-200-2Д	235,5	200	18	0,85	7,55	…	0,185	0,297	1,896	6,41
ТГВ-200-МТ	241,3	210	15,75	0,85	9,06	…	0,225	0,34	2,0	6,45
ТГВ-200-2МУ3	247	210	15,75	0,85	9,06	…	0,225	0,34	2,0	6,45
ТГВ-300-2У3	353	300	20	0,85	10,2	31,1	0,195	0,3	2,195	7
ТВМ-300У3	353	300	20	0,85	10,19	28	0,203	0,352	2,11	6,5
ТВВ-320-2ЕУ3	375	320	20	0,85	10,9	30	0,173	0,258	1,698	5,87
ТВВ-500	588	300	20	0,85	17	40	0,242	0,355	2,56	9,2
ТГВ-500-2У3	588	500	20	0,85	17	33	0,243	0,373	2,413	6,3
ТГВ-500-4У3	588	500	20	0,85	17	…	0,268	0,398	2,158	6,9
ТВМ-500-У3	588,2	500	36,75	0,85	9,24	…				
ТГВ-800	941	800	24	0,85	22,65	…	0,272	0,4	2,482	6,7
ТВВ-800	888,9	800	24	0,9	21,4	…	0,219	0,307	2,33	9,3
ТВВ-1000-4У3	1111	1000	24	0,9	26,73	…	0,324	0,458	2,41	9,1
ТВВ-1000-2У3	1111	1000	24	0,9	26,73	…	0,269	0,382	2,82	9,8
ТВВ-1200-2У	1330	1200	24	0,9	15,05*2	18,5*4	0,248	0,358	2,418	8,51

Таблица 1.6.2

Допустимые перегрузки генераторов по току статора

Продолжительность перегрузки, мин	Кратность перегрузки турбогенераторв		
	С косвенным охлаждением обмоток (серия ТВФ)	с непосредственным охлаждением обмоток	
		водой (серий ТВВ-150 - ТВВ-800, ТГМ-200М, ТГВ-500)	водородом (серий ТГВ-200, ТГВ-300)
60	1,1	1,1	-
15	1,15	1,15	-
10	-	-	1,1
6	1,2	1,2	1,15
5	1,25	1,25	-
4	1,3	1,3	1,2
3	1,4	1,35	1,25
2	1,5	1,4	1,3
1	2,0	1,5	1,5

Таблица 1.6.3

Допустимые перегрузки генераторов по току ротора

Продолжительность перегрузки, мин	Кратность перегрузки турбогенераторв	
	ТВФ, кроме ТВФ-120-2	ТГВ, ТВВ (до 500 МВт включительно), ТВФ-120-2
60	1,06	1,06
4	1,2	1,2
2	1,7	1,5
0,5	2	-
0,3	-	2

2. Технико-экономические показатели

2.1. Общие параметры

Таблица 2.1.1

Ежегодные издержки на амортизацию и обслуживание элементов электрических систем, % капитальных затрат

Наименование элементов системы	Нормы амортизационных отчислений			Затраты на обслуживание	Всего издержек на амортизацию и обслуживание
	Общая	В том числе			
		Капитальный ремонт	Реновация		
ВЛ 35 кВ и выше на стальных и железобетонных опорах	2,4	0,4	2,0	0,4	2,8
ВЛ 35-220 кВ на деревянных опорах	4,9	1,6	3,3	0,5	5,4
КЛ до 10 кВ:					
со свинцовой оболочкой, проложенные:					
в земле и помещениях	2,3	0,3	2,0	2,0	4,3
под водой	4,6	0,6	4,0	2,0	6,6
с алюминиевой оболочкой, проложенные:					
в земле	4,3	0,3	4,0	2,0	6,3
в помещениях	2,3	0,3	2,0	2,0	4,3
с пластмассовой изоляцией, проложенные в земле и помещениях	5,3	0,3	5,0	2,0	7,3
КЛ 20-35 кВ со свинцовой оболочкой, проложенные:					
в земле и помещениях	3,4	0,4	3,0	2,0	5,4
под водой	5,8	0,8	5,0	2,0	7,8
КЛ 110-220 кВ, проложенные:					
в земле и помещениях	2,5	0,5	2,0	2,0	4,5
под водой	3,0	1,0	2,0	2,0	5,0
Силовое электрооборудование и распределительные устройства (кроме ГЭС):					
до 150 кВ	6,4	2,9	3,5	3,0	9,4
220 кВ и выше	634	2,9	3,5	2,0	8,4
Электрооборудование и распределительные устройства ГЭС:					
до 150 кВ	5,8	2,5	3,3	3,0	8,8
220 кВ и выше	5,8	2,5	3,3	2,0	7,8

2.2. Технико-экономические показатели в ценах 1990 года

Таблица 2.2.1

Открытые распределительные устройства 35-330 кВ по блочным и мостиковым схемам

Схема ОРУ	Номер типовой схемы	Стоимость, тыс. руб. при напряжении, кВ				
		35	110	150	220	330
Блок линия-трансформатор:						
с разъединителем	1	2,4	11,5	14,0	18,9	21,0
с предохранителем	2	2,7	-	-	-	-
с отделителем	3	4,1	12,7	20,1	26,4	-
с выключателем	-	5,4	36,0	61,0	79	
Два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой	4	13,0	36,3	51,9	83	-
Мостик с выключателем в перемычке и отделителями в цепях трансформаторов	5	18,5	75,0	126	180	-
Мостик с выключателями в перемычке и в цепях трансформаторов	-	-	120	200	280	-
Мостик с отделителями в цепях трансформаторов и дополнительной линией, присоединенной через два выключателя	6	-	98	172	-	-

Таблица 2.2.2

Ячейки ОРУ 35-1150 кВ с выключателями (для схем с количеством выключателей более трех)

Напряжение, кВ	Расчетная стоимость ячейки с выключателем, тыс. руб.			
	Воздушным		Масляным	
	при отключаемом токе, кА			
	до 40	более 40	до 30	более 30
35	14	29	9	20
110	42	57	35	43
150	70	-	-	-
220	85	130	90	105
220*	110	-	115	-
330	160	300	-	-
500	260	380	-	-
750	700	850	-	-
750**	810	-	-	-
1150	1280	-	-	-
1150**	1600	-	-	-

* Для схемы расширенного четырехугольника.

** Для ячеек с включателями-отключателями.

Таблица 2.2.3

Закрытые распределительные устройства 6-10 кВ

Схема	Расчетная стоимость, тыс. руб.	Схема	Расчетная стоимость, тыс. руб.
Две секции:		Четыре секции:	
14 отходящих линий	70	41 отходящая линия	155
26 отходящих линий	95	48 отходящих линий	173
		52 отходящих линий	186
48 отходящих линий	144	Ячейки КРУ с выключателем	2,3

Примечания.
1. Расчетная стоимость ЗРУ приведена с учетом стоимости здания.
2. Стоимость ячейки КРУ не учитывает строительной части здания.
3. В стоимости ЗРУ не учтены токоограничивающие реакторы

Таблица 2.2.4

Трансформаторы 35 кВ

Мощность, МВА	Трансформаторы двухобмоточные					
	без РПН		с РПН		с расщепленной обмоткой НН и РПН	
	Стоимость, тыс. руб.					
	трансфор-матора	расчетная	трансфор-матора	расчетная	трансфор-матора	расчетная
0,1	1	1,6	-	-	-	-
0,16	1,3	2,2	-	-	-	-
0,25	1,7	2,9	-	-	-	-
0,40	2,3	4,3	6,3	8,8	-	-
0,63	3,1	6,4	8,3	11,6	-	-
1,0	4,0	9,3	11,0	15,4	-	-
1,6	5,0	10,1	12,0	16,7	-	-
2,5	7,0	12,2	15,0	21,2	--	-
4,0	9,0	15,2	18,0	25,7	-	-
6,3	11,0	19	21,0	30,5	-	-
10	16	24	30	41,8	-	-
16	24	34	49	61,2	-	-
25	-	-	-	-	62	77
32	-	-	-	-	70	86
40	-	-	-	-	79	96
63	-	-	-	-	107	130

Таблица 2.2.5

Трансформаторы 110кВ

Мощность, МВА	Трансформаторы двухобмоточные						Трансформаторы трехобмоточные с РПН	
	без РПН		с РПН		с расщепленной обмоткой НН и РПН			
	Стоимость, тыс. руб.							
	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная
2,5	-	-	26	35	-	-	-	-
6,3	-	-	36	49	-	-	42	57
10	-	-	40	54	-	-	51	67
16	-	-	48	63	-	-	62	79
25	-	-	-	-	66	84	72	91
40	-	-	-	-	88	109	94	117
63	-	-	-	-	110	136	126	154
80	114	144	-	-	126	157	137	166
125	140	171	-	-	196	244	-	-
200	222	263	-	-	-	-	-	-
250	255	302	-	-	-	-	-	-
400	373	438	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.2.6

Трансформаторы 150 кВ

Мощность, МВА	Трансформаторы двухобмоточные						Трансформаторы трехобмоточные с РПН	
	без РПН		с РПН		с расщепленной обмоткой НН и РПН			
	Стоимость, тыс. руб.							
	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная
16	-	-	53	68	-	-	66	83
25	-	-	-	-	-	-	74	93
32	-	-	-	-	80	100	-	-
40	-	-	-	-	-	-	96	119
63	-	-	-	-	102	125	125	152
80	-	-	-	-	118	145	-	-
250	284	335	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.2.7

Трансформаторы и автотрансформаторы 220 кВ

Мощность МВА	Трансформаторы						Автотрансформаторы с РПН	
	двухобмоточные				трехобмоточные с РПН			
	без РПН		с расщепленной обмоткой НН и РПН					
	Стоимость, тыс. руб.							
	трансформатора	расчетная	трансформатора	расчетная	трансформатора	расчетная	трансформатора	расчетная
25	-	-	-	-	115	148	-	-
40	-	-	140	169	130	165	-	-
63	-	-	157	193	-	-	159	201
80	152	189	-	-	-	-	-	-
100	-	-	220	265	-	-	-	-
125	186	231	-	-	-	-	200	253
160	-	-	269	323	-	-	-	-
200	253	307	-	-	-	-	270	332
250	284	343	-	-	-	-	324	396
400	389	469	-	-	-	-	-	-
630	574	692	-	-	-	-	-	-
1000	740	892	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.2.8

Трансформаторы и автотрансформаторы 330 кВ

Мощность, МВА	Трансформаторы двухобмоточные				Автотрансформаторы с РПН					
	без РПН		с расщепленной обмоткой НН и РПН		330/220		330/150		330/110	
	Стоимость, тыс. руб.									
	трансформатора	расчетная	трансформатора	расчетная	трансформатора	расчетная	трансформатора	расчетная	трансформатора	расчетная
40	-	-	156	194	-	-	-	-	-	-
63	-	-	215	267	-	-	-	-	-	-
125	220	273	-	-	-	-	-	-	239	320
200	295	362	-	-	-	-	-	-	291	370
250	306	378	-	-	209*	297	305	400	-	-
400	399	488	-	-	558**	966	430	564	-	-
630	579	718	-	-	-	-	-	-	-	-
1000	746	922	-	-	-	-	-	-	-	-
1250	910	1128	-	-	-	-	-	-	-	-

* 240 МВА

** 3х133 МВА

Таблица 2.2.9

Трансформаторы и автотрансформаторы 500кВ

Мощ-ность, МВА	Трансформаторы двухобмоточные без РПН		Автотрансформаторы с РПН					
			550/330		550/220		550/110	
	Стоимость, тыс. руб.							
	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная	трансфор-матора	расчет-ная
250	340	400	-	-	-	-	376	453
315	-	-	-	-	394	473	-	-
400	418	493	-	-	-	-	500	600
500	-	-	-	-	490	609	-	-
630	585	705	-	-	-	-	-	-
1000	800	932	-	-	-	-	-	-
3х167	-	-	606	913	618	970	-	-
3х267	-	-	-	-	876	1260	-	-
3х533	1443	1720	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.2.10

Трансформаторы и автотрансформаторы 750 и 1150 кВ

Мощ-ность МВА	Трансформаторы двухобмоточные без РПН				Автотрансформаторы							
	750/20		1150/20		750/220		750/330		750/500		1150/500	
	Стоимость, тыс. руб.											
	трансфор-матора	расчетная	трансфор-матора	расчетная	трансфор-матора	расчетная	трансфор-матора	расчетная	трансфор-матора	расчетная	трансфор-матора	расчетная
3х257	-	-	-	-	1170	1750	-	-	-	-	-	-
3х333	-	-	-	-	-	-	1230	2100	-	-	-	-
3х417	1350	1930	1550	2550	-	-	-	-	1150	2150	-	-
3х667	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3200	4300

Таблица 2.2.11

Линейные и последовательные регулировочные трансформаторы

Тип	Мощность, МВА	Стоимость, тыс. руб.	
		трансформатора	расчетная
ЛТМН-16000/10	16	26,5	45
ЛТДН-40000/10	40	33,8	60
ЛТЦН-40000/10	40	36,7	62
ЛТДН-63000/35	63	40,6	66
ЛТДН-10000/35	100	61	99
ОДЦНТП-92000/150	3х92	510	867
ВРТДНУ-240000/35/35	240	58	99

Таблица 2.2.12

Синхронные компенсаторы

Тип	Номинальная мощность, МВАр	Номинальное напряжение, кВ	Стоимость, тыс. руб.	
			компенсатора	расчетная
КСВБ-50-11 КСВБО-50-11	50	11	188	330/520
			250	390/650
КСВБ-100-11 КСВБО-100-11	100	11	345	670/1020
			410	740/1150
КСВБ-160-15 КСВБО-160-15	160	15,75	670	1200/1900
			830	1600/2500
КСВБ-320/20	320	20	1600	2400/4000

Таблица 2.2.13

Шунтовые конденсаторные батареи

Номинальное напряжение, кВ	С конденсаторами КС2-1,05-50			С конденсаторами КС2-1,05-125		
	Мощность, МВАр		Расчетная стоимость, тыс. руб.	Мощность, МВАр		Расчетная стоимость, тыс. руб
	установленная	располагаемая		установленная	располагаемая	
6	2,9	2,4	18	6,0	4,9	24
10	5,0	3,8	30	10,5	7,9	40
35	17,3	13,5	100	36,0	28,0	130
110	52,0	44,5	290	108,0	93,0	390

Располагаемая мощность конденсаторных батарей соответствует напряжению сети, превышающему номинальное на 10%.

Таблица 2.2.14

Статические тиристорные компенсаторы

Тип	Номинальная мощность, МВАр	Номинальное напряжение, кВ	Стоимость, тыс. руб.	
			компенсатора	расчетная
СТКМ	160	35	2700	6500
СКРМ	40	10	680	1000
	20		340	510
	12,5		210	300
	6,.3		110	160

Примечания:

1. Расчетная стоимость СТКМ приведена для наружной установки шунтирующих реакторов.
2. Стоимости СКРМ приведены без учета коммутационной аппаратуры.

Таблица 2.2.15

Управляемые реакторы для группового регулирования конденсаторных батарей

Тип	Номинальная мощность, МВАр	Номинальное напряжение, кВ	Стоимость, тыс. руб.	
			реактора	расчетная
РТДЦНП	25	10	500	700
РМН	2,5	35	50	70

Таблица 2.2.16

Установки продольной компенсации

Напряжение, кВ	110-220	330	500	750	1150
Расчетная стоимость, тыс. руб/МВАр	8,6	9,2	11,5	13,8	16

Таблица 2.2.17

Шунтирующие реакторы

Тип реактора	Номинальное напряжение, кВ	Мощность, МВА	Стоимость, тыс.руб	
			реактора	расчетная
Трехфазные				
РТМ-3300/6	6,6	3,3	8,9	18
РТМ-3300/10	11	3,3	8,9	18
РТД-20000/35	38,5	20	27,4	50
Однофазные				
3*РОМ-1200/10	6,6/√3 11/√3	3*1,1	9,7	20
3*РОД-30000/35	38,5/√3	3*3,	84	160
3*РОД-33333/110	121/√3	3*33,3	94	170
3*РОДЦ-60000/500	525/√3	3*60	271	380
3*РСДЦ-110000/750	787/√3	3*110	370	950
3*РОДЦ-30000/1150	1200//√3	3*300	1380	2700

Таблица 2.2.18

Стоимость сооружения воздушных линий 35 кВ, тыс. руб/ км

Опоры	Районы по гололеду	Провода сталеалюминиевые сечением, мм²			
		70/11	95/16	120/19	150/24
Стальные одноцепные	I	12,2	12,4	13,1	13,3
	II	14,4	14,1	14,1	14,3
	III	16,5	16,0	16,0	17,7
	IV	18,2	17,8	17,4	21,3
Стальные двухцепные	I	17,3	18,1	19,2	19,5
	II	20,1	20,1	20,4	21,4
	III	24,2	24,2	25,2	25,5
	IV	27,2	27,2	28,9	29,3
Стальные двухцепные с подвеской одной цепи	I	15,4	15,7	16,2	16,2
	II	17,9	17,3	17,3	17,5
	III	21,5	20,8	21,4	20,9
	IV	24,2	23,4	23,7	24,0
Железобетонные одноцепные	I	-	9,4	10,3	10,9
	II	-	10,6	10,8	11,2
	III	-	12,2	12,3	12,3
	IV	-	13,7	13,6	13,4
Железобетонные двухцепные	I	-	15,3	14,1	14,8
	II	-	16,7	14,5	15,3
	III	-	19,5	17,3	17,8
	IV	-	21,7	18,8	19,1
Железобетонные двухцепные с подвеской одной цепи	I	-	12,8	11,4	11,7
	II	-	13,9	11,7	12,2
	III	-	16,6	14,0	14,1
	IV	-	18,4	15,2	15,1
Деревянные двухстоечные бестросовые	I	5,0	5,4	5,9	6,7
	II	5,5	5,8	6,0	6,8
	III	6,0	6,3	6,4	7,1
	IV	6,7	6,8	6,9	7,5

Таблица 2.2.19

Стоимость сооружения воздушных линий 110 кВ, тыс. руб /км

Опоры	Район по гололеду	Провода сталеалюминиевые сечением, мм²					
		70/11	95/16	120/19	150/24	185/29	240/32
Стальные одноцепные	I	14,5	14,8	15,6	16,0	17,4	18,7
	II	16,5	16,4	16,9	16,9	18,0	18,8
	III	19,4	19,1	19,0	19,0	19,7	20,0
	IV	21,5	20,6	20,6	20,6	21,0	21,7
Стальные двухцепные	I	21,6	22,1	23,7	24,6	27,8	30,6
	II	24,6	24,4	25,2	25,7	28,5	30,7
	III	29,2	28,2	28,3	28,6	30,4	32,1
	IV	32,8	30,8	31,0	31,6	31,8	34,4
Стальные двухцепные с подвеской одной цепи	I	19,5	19,4	20,8	21,2	23,3	24,8
	II	22,2	21,5	22,0	22,0	24,0	24,9
	III	26,4	24,8	25,8	25,4	26,8	27,3
	IV	28,7	27,1	27,0	27,2	28,0	29,2
Железобетонные одноцепные	I	10,5	11,1	10,8	11,5	12,6	14,0
	II	12,0	12,0	11,4	11,7	12,9	14,0
	III	14,6	14,3	13,1	13,2	13,8	15,1
	IV	16,5	15,9	14,4	14,1	15,3	16,6
Железобетонные двухцепные	I	15,8	16,9	17,0	20,0	22,0	24,0
	II	17,8	17,8	18,1	20,0	22,0	24,0
	III	21,4	21,0	20,4	22,2	23,6	25,0
	IV	24,4	23,3	22,2	23,9	25,2	27,0
Железобетонные двухцепные с подвеской одной цепи	I	13,7	14,3	14,1	16,6	17,3	18,4
	II	15,5	15,1	15,0	16,6	17,3	18,4
	III	18,6	17,8	16,9	18,4	18,6	19,2
	IV	21,2	19,7	18,4	19,8	19,9	20,8
Деревянные двухстоечные бестросовые	I	4,9	5,4	5,6	6,5	7,2	-
	II	5,2	5,5	5,7	6,6	7,2	-
	III	5,7	6,0	6,2	8,8	7,5	-
	IV	6,2	6,6	6,9	7,4	7,9	-

Таблица 2.2.20

Стоимость сооружения воздушных линий 150 кВ, тыс. руб/ км

Опоры	Район по гололеду	Провода сталеалюминиевые сечением, мм²			
		120/19	150/24	185/29	240/32
Стальные одноцепные	I	15,9	16,6	17,5	18,8
	II	17,2	17,4	18,0	18,9
	III	18,6	18,7	19,1	19,5
	IV	20,2	20,8	21,0	21,8
Стальные духцепные	I	25,4	27,2	30,6	33,0
	II	26,2	28,0	30,6	33,0
	III	28,0	30,0	32,5	33,8
	IV	30,0	31,8	34,2	35,8
Стальные двухцепные с подвеской одной цепи	I	22,3	23,4	25,4	27,4
	II	24,1	24,1	25,4	27,4
	III	24,6	25,8	27,5	28,0
	IV	26,4	27,5	28,9	29,7
Железобетонные одноцепные	I	13,0	13,0	14,4	15,1
	II	13,5	13,1	14,4	15,1
	III	14,8	14,2	15,5	15,7
	IV	16,3	15,4	16,4	16,5
Железобетонные двухцепные	I	20,9	22,2	23,8	26,2
	II	21,2	22,4	23,8	26,2
	III	21,4	24,2	25,5	26,9
	IV	23,2	26,0	26,8	29,4
Железобетонные двухцепные с подвеской одной цепи	I	17,6	18,3	19,2	20,4
	II	17,9	18,5	19,2	20,4
	III	18,1	19,8	20,4	21,0
	IV	19,7	21,3	21,4	22,3

Таблица 2.2.21

Стоимость сооружения воздушных линий 220 и 330 кВ, тыс. руб/км

Опоры	Район по гололеду	220 кВ			330 кВ		
		Провода сталеалюминиевые сечением, мм²					
		220/32	300/39	400/51	2×240/32	2×300/39	2×400/51
Стальные одноцепные	I-II	21,0	21,6	23,8	37,3	38,5	42,5
	III	22,9	23,1	25,0	39,6	40,8	44,0
	IV	24,5	24,7	26,6	41,4	42,7	45,0
Стальные двухцепные	I-II	34,4	36,2	41,3	70,4	74,0	80,2
	III	37,8	38,7	42,8	73,8	77,5	82,4
	IV	40,6	41,1	44,5	77,2	81,0	84,0
Стальные двухцепные с подвеской одной цепи	I-II	28,8	29,5	31,0	55,5	57,0	59,4
	III	31,1	31,4	31,9	59,7	61,2	61,7
	IV	33,1	33,3	33,5	61,7	63,2	65,1
Железобетонные одноцепные	I-II	16,4	17,3	19,4	33,1	35,0	38,0
	III	17,3	18,2	20,0	34,8	36,8	39,6
	IV	18,9	19,2	21,8	36,6	38,6	40,4
Железобетонные двухцепные	I-II	27,8	30,0	33,8	-	-	-
	III	30,6	31,2	35,0	-	-	-
	IV	33,2	33,8	39,0	-	-	-
Деревянные тросовые	I-II	16,8	17,8	20,6	-	-	-
	III	18,0	18,2	20,8	-	-	-
	IV	18,2	18,6	21,2	-	-	-

Таблица 2.2.22

Стоимость сооружения воздушных линий 500, 750 и 1150 кВ, тыс. руб/ км

Опоры	Район по гололеду	500 кВ				750 кВ			1150 кВ
		Провода сталдеалюминиевые сечением, мм²							
		3×300/66	3×330/43	3×400/51	3×500/64	5×240/56	5×300/66	5×400/51	8×330/39
Стальные с оттяжками	II	48,3	49,0	53,4	62,0	-	-	-	170
	III	49,3	51,0	55,3	63,6	88	95	97	-
	IV	51,5	53,0	57,4	66,0	-	-	-	-
Стальные свободностоящие	II	62,2	63,7	68,6	79,5	-	-	-	-
	III	65,8	67,2	72,0	83,2	-	-	-	-
	IV	70,5	72,0	77,0	87,0	-	-	-	-
Железобетонные	II	48,4	49,9	52,4	63,5	-	-	-	-
	III	50,3	52,0	54,3	65,3	-	-	-	-
	IV	53,0	54,4	57,0	68,5	-	-	-	-

Таблица 2.2.23

Поправочные коэффициенты к стоимости сооружения воздушных линий

Условия прохождения трассы ВЛ	Материал опор				
	Железобетон		Сталь		Дерево
	35-110кВ	220-750кВ	35-110кВ	220-750кВ	
Скоростной напор ветра:					
6,0-7,5 Н/м²	1,06	1,06	1,06	1,06	1,08
более 7,5Н/м²	1,1	1,1	1,15	1,15	1,1
Горные условия	1,5	1,35	1,6	1,32	1,7
Городская и промышленная застройка	1,7	-	1,6	1,62	1,4
Болотистая трасса	2,1	1,7	1,46	1,16	1,5
Поймы рек	1,18	1,1	1,14	1,09	1,35
Особо гололедный район (по отношению к стоимости в IV районе)	1,28	1,21	1,27	1,27	1,29
Прибрежные и загрязненные районы при длине пути утечки:					
до 2 см/кВ	1,09	1,05	1,02	1,02	1,05
более 2 см /кВ	1,17	1,17	1,05	1,05	1,19

Таблица 2.2.24

Стоимость сооружения переходов ВЛ 110-750 кВ через водные преграды

Напряжение, кВ	Коли-чество цепей	Марка и сечение проводов, мм²	Длина пере-ходного пролета, м	Формула перехода	Высота опор, м	Габарит до воды, м	Полная стои-мость, тыс. руб.
110	1	С 200	1350	К-А-А-К	105	27,5	1000
	1	С 200	900	К-П-П-К	81	24	460
	2	АС 300/204	1010	К-П-П-К	84	20	360
	2	АС 240/56	800	К-П-П-К	80	17,7	700
220	2	АС 300/204	1230	К-П-П-К	106	29,5	240
	2	АС 300/204	755	К-П-П-К	94	30,8	360
	2	АС 500/336	1395	К-П-П-К	158	38	3200
	2	АС 500/336	1286	К-П-П-К	150	38	2300
330	2	2×АС 500/336	1000	К-П-П-К	100	25	950
	2	2×АС 300/204	1150	К-П-П-К	150	30	1000
500 и 220	2	3×АС 500/336 АС 500/336	1005	К-П-П-К	125	26,5	1600
500	1	2×АС 500/336	1460	К-А-А-К	101	31	750
	1	2×АСКС500/336	1505		156	22	2000
	1	2×АС 500/336	1300	К-А-ПА-К	101 и 50	33	530
	1	3×АС 300/204	950	К-А-А-К	58 и 47	26,3	860
750	1 1	4×АС 500/336 4×АС 300/204	905 1280	К-П-П-К К-П-П-К	79 172	25 35	1000 2200

В формуле перехода опоры обозначены: К- концевая, А-анкерная,
П - промежуточая, ПА – анкерно-промежуточная.

2.3. Технико-экономические показатели в ценах 2010 года

Таблица 2.3.1

Базисные показатели стоимости ВЛ 35-1150 кВ переменного тока на стальных и железобетонных опорах

Напря-жение, кВ	Характеристика промежуточных опор	Провода АС сечение, мм^2	Количество цепей на опоре	Базисные показатели стоимости ВЛ, тыс. руб./км	
				стальные опоры	железобетонные опоры
35	Свободностоящие	до 150	1	912	658
			2	1307	1109
ПО	Свободностоящие	до 150	1	987	799
			2	1495	1081
		185-240	1	1100	893
			2	1687	1551
220	Свободностоящие	300	1	1231	1053
			2	2063	-
		400	1	1382	1175
			2	2275	-
	Двухстоечные, свободностоящие	300	1	-	1072
			2	-	1993
		400	1	-	1217
			2	-	2181
330	Свободностоящие	2х300	1	1875	-
			2	2928	-
		2х400	1	2106	-
			2	3440	-
	Двухстоечные с внутренними связями	2х300	1	-	1767
		2х400	1	-	1889
500	Свободностоящие двухстоечные, с внутренними связями	3х300	1	3346	2933
		3х330	1	3760	3116
		3х400	1	-	3281
	С оттяжками	3х400	1	3393	-
		3х500	1	3751	-
750	С оттяжками	5х300	1	5320	-
		5х400	1	5753	-
1150	С оттяжками	8х330	1	10340	-

Таблица 2.3.2

Укрупненные показатели стоимости ВЛ постоянного тока (по проектам)

Напряжение, кВ	Тип опор	Сечение полюса, мм^2	Количество цепей	Пропускная способность	Стоимость, тыс. руб./км
±300	Свободностоящие	3 х500	1	1000	2444
±400	С оттяжками	3 х 1000	1	4000	3948
±750	С оттяжками	4 х 1000	1	6000	6580

Таблица 2.3.3

Условия строительства ВЛ, учтенные в базисных показателях

Условия строительства	Относительная длина трассы с данными условиями		
	ВЛ 35-110 кВ	ВЛ 220-330 кВ	ВЛ 500-750 кВ
IIIРКУ по гололеду	0,9	0,9	0,9
IV РКУ по гололеду	0,1	0,1	0,1
Болотистая трасса	-	0,05	0,02
Поймы рек	0,02	0,02	0,1
Обводненный грунт	0,4	0,4	-
Косогоры, стесненные условия	0,7	0,7	0,2

Таблица 2.3.4

Площадь постоянного отвода земли для типовых опор ВЛ

№ п/п	Напряжение ВЛ, кВ	Характеристика промежуточной опоры	Размер постоянного отвода земли на 1 км ВЛ, м^2	
			Стальные опоры	Железобетонные опоры
1	35-110	Одностоечная	65-70	35-40
2	220-330	Свободностоящая	80-115	35-90
3	500-750	Ж/б свободностояшая, стальная на оттяжках	520-1215	170
4	1150	Стальная на оттяжках	4000	-

Таблица 2.3.5

Затраты подготовку просеки и лежневых дорог

Наименование работ	Напряжение ВЛ, кВ						
	35	110	220	330	500	750	1150
Вырубка и подготовка просеки, тыс. руб./км	165	220	275	330	440	550	605
Устройство лежневых дорог, тыс. руб./км	370						

Таблица 2.3.6

Коэффициенты учета усложнения условий строительства ВЛ

Условия строительства ВЛ	Коэффициент
В горных условиях	1,04
В условиях городской промышленной застройки	1,04
На болотистых трассах	1,03

Таблица 2.3.7

Стоимость сооружения больших переходов ВЛ 110-750 кВ

Напряжение, кВ	Число цепей	Марка проводов	Длина переходного пролета, м	Формула перехода	Высота переходных опор,	Стоимость, тыс. руб.
ПО	2	АС-240/56	800	К-П-П -К	80	31617
	1	С-200	900	К-П-П-К	81	20844
	1	С-200	1350	К-А-А-К	105	24355
220	2	АС-300/204	755	К-П-П-К	94	16394
	2	АС-500/336	1286	К-П-П-К	150	103985
	2	АС-500/336	1395	К-П-П-К	158	144502
330	2	2хАС-500/336	1000	К-П-П-К	100	42859
	2	2хАС-300/204	1150	К-П-П-К	150	45435
500	1	3хАС-300/204	950	К-А-А-К	58 и 47	38877
	1	2хАС-500/336	1300	К-А-А-К	101 и 50	30914
	1	2хАС-500/336	1460	К-А-А-К	101	33958
750	1	4хАС-500/336	905	К-П-П-К	79	45435
	1	4хАС-300/204	1280	К-П-П-К	172	99535

Таблица 2.3.8

Снижение стоимости строительства первой цепи двухцепной ВЛ (стоимость подвески второй цепи при строительстве двухцепной ВЛ)

Напряжение ВЛ, кВ	35-110		220		330	
Сечение проводов, мм^2	до 150	185-240	300	400	2х300	2х400
Снижение стоимости, тыс. руб./км	207	310	353	437	658	733

Таблица 2.3.9

Стоимостные показатели КЛ 6-10 кВ

Сечения кабельных линий, мм^2	Стоимость 1 км КЛ, тыс. руб.	
	один кабель в траншее	два кабеля в траншее
Тип используемого кабеля: ААБлУ, ААБ$_3$лУ, ААШвУ, ААШпУ		
50-95	658-700	954-987
120-150	771-799	1100-1222
185-240	837-1081	1307-1391
Кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена типа АПвПг		
3 (1 х 95/35)	1222	1974
3 (1 х 150/35)	1316	2068
3 (1 х 500/50)	1504	2256

Таблица 2.3.10

Стоимость кабельных линий 110-500 кВ (три фазы)

Напря-жение, кВ	Сечение фазы КЛ, мм^2	Марка кабеля	Стоимость 1 км КЛ, тыс. руб.	
			при прокладке одного кабеля	при прокладке двух кабелей
Прокладка в земле (траншеях)				
110	630-1000	с изоляцией из сшитого полиэтилена	16920	23500
	550	МВДТ	11750	14852
220	1500-2000	с изоляцией из сшитого полиэтилена	20680	30080
	550	МВДТ	15698	19176
330	550	МВДТ	16074	20774
500	2000-2500	с изоляцией из сшитого полиэтилена	37600	47000
Подводная прокладка (глубина до 20м)				
110	625	МНСК	21526 | 25474 (4 фазы)	
	550	МВДТ	14100	16074
220	550	МВДТ	19176	21902

Таблица 2.3.11

Стоимость сооружения коллекторов и переключательных пунктов

Коллекторы, сооружаемые щитовым способом. Глубина заложения до 6 м, диаметр щита (м)	Базисная удельная стоимость 1 км коллектора, тыс. руб.
2,0-5,0	37600 - 84600
Переключательный пункт (ПП)	Стоимость ПП, тыс. руб.
110-500 кВ	9400- 11280

Таблица 2.3.12

Базовые показатели стоимости открытых подстанций 35-1150 кВ

Напряжение ПС, кВ	Кол-во Т (АТ) и мощность, МВА	Схема РУ на стороне		Кол-во ВЛ		Капвложения, тыс. руб.
		ВН	СН	ВН	СН	
35/10	2х4	35-5АН	-	2		20680
110/20	2х25	Мостик - 110-5Н и 5АН	-	2		62040
110/10	2х 40	Мостик-110-5Н и 5АН		2		64860
110/35/10	2х 25	Две рабочие системы шин 110-13	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 35-9	4	4	118440
	2х 40	Две рабочие системы шин 110-13	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 35-9	4	4	122200
	2х 63	Две рабочие системы шин 110-13	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 35-9	4	4	131600
220/10	2х 63	Мостик - 220-5 Н и 5 АН	-	2		116560
220/20	2х 63	Мостик - 220-5Н и 5АН	-	2		119380
220/110/10	2х 63	Четырехугольник - 220-7	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин 110-9	2	4	199280
	2х 125	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 220-9	Одна рабочая, секционированная выключателем , система шин 110-9	4	4	271660
	2х 200	Две рабочие системы шин 220-13	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин 110-9	4	4	297040
	2х 250	Трансформатор-шины с полуторным присоединением линий 220-16	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	6	4	336520
	2х250	Полуторная 220-17	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	6	4	390100

330/10	2х 63	Мостик - 330-5Н и 5АН	-	2		
330/110/20	2х 200	Четырехугольник. 330-7	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	2	4	
330/220/10	2х3х133	Четырехугольник. 330-7	Две рабочие системы шин 220-13	2	4	
330/220/10	2х 3х133	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 330-15	Две рабочие системы шин 220-13	4	4	
500/110/10	2х 250	Четырехугольник. 500-7	Одна рабочая, екционированная выключателем, система шин. 110-9	2	4	545200
500/220/10	2х3х167	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	Две рабочие системы шин 220-13	4	4	846940
	2х 3х267	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	Две рабочие системы шин 220-13	4	4	905220
	2х 3х267	Полуторная 500-17	Две рабочие системы шин 220-13	6	4	991700
500/330/10	2х3х167	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	Две рабочие системы шин 330-13	4	4	740720
750/330/10	2х3х333	Четырехугольник. 750-7	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 330-15	2	4	1282160
750/330/10	2х 3х333	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 750-15	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 330-15	3	4	1401540
750/500/10	2х 3х417	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 750-15	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	3	4	1697640
1150/500	2х (3х 667) + 667	Полуторная 1150-17	Полуторная 500-17	2	2	2162000

Примечания:

1. Номер схемы РУ соответствует типовым схемам РУ 6-750 кВ подстанций («Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения» (ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007- 29.240.30.010 - 2008).
2. В показателях стоимости ПС 500-1150 кВ учтена стоимость установки шунтирующих реакторов: 500 кВ - 2х(3х60 Мвар), 750/500 кВ - 2х(3х110 Мвар) и 2х(3х60 Мвар), 750/330 - 2х(3х110 Мвар), 1 150/500кВ - 4х(3х3ООМвар) и 2х(3х60Мвар).

Таблица 2.3.13

Базовые показатели стоимости закрытых подстанций 110-500 кВ (КРУЭ)

Напряжение ПС, кВ	Кол-во Т (АТ) и мощность, МВА	Схема РУ на стороне		Кол-во ВЛ на стороне		Капвложения, тыс. руб.
		ВН	СН	ВН	СН	
110/20	2х25	Мостик - 110-5Н и 5АН	-	2		70500
110/10	2х40	Мостик - 110-5Н и 5АН	-	2		73320
220/10	2х 63	Мостик - 110-5Н и 5АН	-	2		151340
220/20	2х 63	Мостик - 110-5Н и 5АН	-	2		223 000
220/110/10	2х 63	Четырехугольник - 220-7	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	2	4	209620
	2х 125	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 220-9	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	4	4	381640
	2х 200	Две рабочие системы шин 220-13	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	4	4	404200
	2х 250	Трансформатор-шины с полуторным присоединением линий 220-16	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	6	4	463420
	2х 250	Полуторная 220-17	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	6	4	561180
330/10	2х 63	Мостик - 330-5Н и 5АН	-	2		189880

330/110/20	2х 200	Четырехугольник. 330-7	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	2	4	465300
330/220/10	2х3х133	Четырехугольник. 330-7	Две рабочие системы шин 220-13	2	4	562120
330/220/10	2х 3х133	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 330-15	Две рабочие системы шин 220-13	4	4	717220
500/110/10	2х 250	Четырехугольник. 500-7	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 110-9	2	4	642960
500/22010	2х3х167	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	Две рабочие системы шин 220-13	4	4	1058440
	2х 3х267	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	Две рабочие системы шин 220-13	4	4	1111080
	2х 3х267	Полуторная 500-17	Две рабочие системы шин 220-13	6	4	1266180
500/330/10	2х 3х167	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	Две рабочие системы шин 330-13	4	4	1112960

Примечания:Номер схемы РУ соответствует типовым схемам РУ 6-750 кВ подстанций («Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения» (ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007- 29.240.30.010 - 2008).В показателях стоимости ПС 500 кВ учтена стоимость установки

Таблица 2.3.14

Примерная площадь постоянного отвода земли под подстанции (с оборудованием наружной установки)

Схема электрических соединений ПС на стороне ВН и отдельные элементы ПС	Площадь постоянного отвода земли под ПС 35-750 кВ, тыс. м^2					
	35	110	220	330	500	750
ПС в целом						
Блок линия-трансформатор с выключателем	1,5	2,5-4,5	8-20	22		
Мостик с 3-мя выключателями или 2 блока с дополнительной ВЛ	2,5	10-15	14-25,5			.
Четырехугольник	-	-	16	34,5	115	120
Сборные шины с 8-9 ячейками на ВН	5	12-15	22-32	-	-	-
Полуторная схема с 6 ВЛ на ВН	-	-	-	69	215	276
Трансформатор-шины с 6 ВЛ на ВН	-	-	-	-	-	149
Трансформатор-шины с 10 ячейками 500 кВ и 15 ячейками 220 кВ					180	
Элементы ПС						
ЗРУ 10(6) кВ с 4-мя секциями	0,5					
Ячейка ОРУ	0,3	0,5	1,6	2,0	2,5	4,0
Установка двух СТК 50 Мвар	1,8-2,3					

Таблица 2.3.15

Стоимость ячейки одного комплекта выключателя в РУ 35 - 1150 кВ

Напряжение, кВ	Стоимость ячейки одного комплекта выключателя, тыс. руб.				
	Воздушный	Масляный	Вакуумный	Элегазовый	
				ОРУ	КРУЭ
10	-	197	80-150	658	-
35	-	1081	188	1880	-
ПО	3901	3243	-	6580	10340
220	8272	9071	-	11750	22560
330	17296	-	-	18800	28200
500	32336	-	-	23500	37600
750	63920	-	-	40420	'
1150	94940	-	-	128780[4)]	-
1150 (включатель-откпючатель)	116560	-	-	183300[4)]	-

Примечания: Стоимость ячейки включает: оборудование (60%);РЗ (22%); стоимость КРУЭ включает сооружение здания. Для ячейки 10 кВ с вакуумным выключателем большее значение стоимости соответствует стоимости ячейки с выкатным элементом.

Таблица 2.3.16

Стоимость ячейки трансформаторов 35-220 кВ, тыс. руб.

Мощность, МВА	Трансформатор					Автотрансформатор
	35/НН	110/НН	110/35/НН	220/НН	220/35/НН	220/110/НН
6,3	2068	3008	3572	-	-	-
10	2632	3854	4982	-	-	-
16	3478	5546	6956	-	-	-
25	4700	6674	7708	-	10058	-
40	7144	8084	8930	10246	11280	-
63	-	10904	12032	13818	-	15322
80	-	12596	13818	17578*	-	-
100	-	-	-	17578	-	-
125	-	17860	-	21996*	-	21526
160	-	-	-	28106	-	-
200	-	-	-	-	-	29892
250	-	-	-	-	-	31208

* с ПБВ.

Таблица 2.3.17

Стоимость ячейки трансформаторов 330 кВ, тыс, руб.

Мощность, МВА	Автотрансформатор	
	330/220	330/110
125	-	24252
200	-	27354
250	37788	-
3х133	61100	-

Таблица 2.3.18

Стоимость ячейки трансформаторов 500 кВ, тыс, руб.

Мощность, МВА	Автотрансформатор		
	500/330	500/220	500/1 10
250	-	-	35720
500	-	57340	-
3х167	70500	68620	-
3х267	-	87420	-

Таблица 2.3.19

Стоимость ячейки трансформаторов 750 и 1150 кВ, тыс. руб.

Мощность, МВА	Трансформатор		Автотрансформатор		
	750/НН	1150/НН	750/500	750/330	1150/500
3х333	-	-	-	137616	-
3х417	128592	166944	150400	-	-
3х667	-	-	-	-	291400*

Таблица 2.3.20

Стоимость линейных регулировочных трансформаторов

Тип	Напряжение, кВ	Мощность, МВА	Стоимость, тыс. руб.
ЛТМН-16000/10	10	16	6110
ЛТДН-40000/10	10	40	6580
ЛТДН-63000/35	35	63	7990

Таблица 2.3.21

Стоимость синхронных и асинхронизированных компенсаторов и статических тиристорных компенсаторов

Тип СК, СТК	Мощность, Мвар	Стоимость, тыс. руб.	
		Двух СК. АСК, СТК	В т.ч. при вводе первого СК, АСК, СТК
КСВБ-50-11	50	35250	22325
КСВБО-50-11	50	44180	27260
КСВБ-100-11	100	69325	45590
КСВБО-100-11	100	78020	50290
АСК -50	50	26320	18800
АСК -100	100	52640	36660
СТК -50	±50	26320	18800
СТК-100	± 100	52640	36660

Таблица 2.3.22

Стоимость управляемых шунтирующих реакторов 110-750 кВ

Наименование показателей	Параметры УШР				
	УШР-110 кВ	УШР-220 кВ	УШР-330 кВ	УШР-500 кВ	УШР-750 кВ
Напряжение, допустимое в эксплуатации, кВ	126	262	363	525/√3	787/√3
Мощность номинальная, МВА	32,0	63,0-100,0	100,0	3х60	3х110
Стоимость УШР (один комплект), тыс.руб.	9870	18330-28200	28764	51352	95880

Примечание. В стоимости реакторов стоимость выключателя не учтена

Таблица 2.3.23

Стоимость шунтовых конденсаторных батарей 10-220 кВ (нового поколения)

Напряжение, кВ	Установленная мощность, Мвар	Стоимость, тыс. руб.	Примечание
10	12	3290	Комплект с токоограничивающим реакторами и трансформаторами тока небалансной защиты
110	50	6392	
220	100	14100	

Таблица 2.3.24

Стоимость шунтовых конденсаторных батарей 10-750кВ (комплект- три фазы)

Тип реактора	Напряжение, кВ	Мощность, МВА	Стоимость, тыс. руб.
РТМ	11	3,3	1222
РТД	38,5	20	3384
3хРОД	121	3х33,3	8930
3хРОДЦ	525	3х60	41078
3хРОДЦ	787	3х110	75388

Таблица 2.3.25

Стоимость вакуумно-реакторных групп

Наименование показателей	Параметры			
Мощность, кВар	7500	10000	20000	50000
Напряжение, кВ	10 кВ			
Стоимость вакуумно-реакторной группы', тыс. руб.	757	1010	2040	5076

Таблица 2.3.26

Стоимость токоограничивающих реакторов 6-110 кВ (комплект - три фазы)

Тип реактора	Характеристика	Стоимость, тыс. руб.		
		ПО кВ	6-10 кВ	
			Одинарные	Сдвоенные
ТОРМТ	Наружная установка	705	-	-
РБ	Наружная установка	-	611	846
РБ	Внутренняя установка (с учетом стоимости здания):			
	- естественная вентиляция	-	705	-
	- принудительная вентиляция	-	799	1175

Таблица 2.3.27

Постоянная часть затрат по ПС 35-750 кВ

Напряжение, кВ	Схема РУ на стороне	Стоимость, тыс. руб.	
	ВН	Открытая ПС	Закрытая ПС (КРУЭ)
35/10		4700	-
110/10-20	Мостик - 110-5Н и 5АН	10340	6580
110/35/10	Две рабочие системы шин 110-13	19740	-
220/10-20	Мостик -220-5Н и 5АН	24440	15980
220/110/10	Четырехугольник - 220-7	32900	24440
	Одна рабочая, секционированная выключателем, система шин. 220-9	44650	33840
	Две рабочие системы шин 220-13	48880	35720
	Трансформатор-шины с полуторным присоединением линий 220-16	55460	41360
	Полуторная 220-17	71440	49820
330/10-20	Мостик - 330-5Н и 5АН	27260	15980
330/110/10	Четырехугольник. 330-7	57340	45120
330/220/10	Четырехугольник. 330-7	62980	47940
330/220/10	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 330-15	81780	62040
500/110/10	Четырехугольник. 500-7	86950	55084
500/220/10	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 500-15	143820	93060
	Полуторная 500-17	159800	109040
750/330/10	Четырехугольник. 750-7	206800	-
750/330/10	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 750-15	225600	-
750/500/10	Трансформатор-шины с присоединением линий через два выключателя 750-15	274480	-

При осуществлении реконструкции (расширении) подстанции постоянная часть затрат может быть принята в зависимости от характера реконструкции (расширения) в следующих размерах (% от значений, приведенных в табл. 27):

- 15-20 % - при установке второго трансформатора (выключателя), или другого вида оборудования, если оно не было предусмотрено проектом;
- 40-60 % - при переустройствах ОРУ (при замене распределительного устройства).

Таблица 2.3.28

Укрупненные показатели стоимости противоаварийной автоматики при строительстве электросетевых объектов

№	Объект	Стоимость, тыс.руб.				
		Проектирование	Оборудование	Монтаж	Наладка	Итого:
ПА подстанций с высшим напряжением 220 кВ при количестве присоединений 220 кВ:						
1.	до 2	160	404	94	179	837
2.	более 2	216	545	122	244	1128
ПА подстанции без дозировки управляющих воздействий противоаварийного управления при количестве присоединений 330 кВ и выше:						
3.	до 2	282	714	160	310	1466
4.	до 5	573	1438	329	630	2970
5.	до 10	968	2415	555	1062	5000
6.	более10	1250	3130	630	1372	6382
ПА подстанции с автоматической дозировкой управляющих воздействий района противоаварийного управления при количестве присоединений 330 кВ и выше:						
7.	до 5	1400	3497	799	1927	7623
8.	до 10	1673	4183	959	2303	9118
9.	более 10	2247	5612	1288	3083	12230

Таблица 2.3.29

Стоимость демонтажа основного оборудования подстанций

№	Наименование оборудования	Затраты на демонтаж оборудования, тыс. руб.			
		подлежащего дальнейшему использованию		не подлежащего дальнейшему использованию	
		к=0,7	к=0,6	к=0,5	к=0,3
Трансформаторы и автотрансформаторы					
1.	Трансформатор трехфазный 35 кВ, мощность, кВА 10 000-40 000	12,4	10,6	8,8	5,4
2.	Трансформатор трехфазный 110 кВ, мощность, кВА 2 500 - 6 300	13,2	11,3	9,4	5,6
	25 000 - 80 000	19,6	16,7	14,0	8,4
3.	Трансформатор, или автотрансформатор трехфазный 220 кВ, мощность, кВА 25 000 - 160 000	32,3	27,6	23,0	13,8
	200 000, 250 000	36,9	31,7	26,4	15,8

4.	Автотрансформатор трехфазный 330кВ, мощность, кВА 125 000 -200 000	42,8	36,7	30,6	18,3
5.	Автотрансформатор однофазный 330кВ, мощность 133 000 кВА	30,0	25,9	21,5	12,9
6.	Автотрансформатор трехфазный 500кВ, мощность 250 000кВА	41,5	35,6	29,7	17,8
7.	Автотрансформатор однофазный 500кВ, мощность, кВА 167 000 267 000	 31,9 35,7	 27,4 30,6	 22,7 25,5	 13,6 15,3
8.	Автотрансформатор однофазный 750кВ, мощность 333 000кВА	45,0	38,5	32,1	19,3
Выключатели воздушные					
9.	Выключатель (комплект 3 фазы), напряжением, кВ 220 330 500 750	 11,0 15,6 36,4 55,5 76,6	 9,4 13,3 31,2 47,6 65,7	 7,8 11,2 25,9 39,6 54,7	 4,7 6,7 15,6 23,8 32,9
10.	Включатель-отключатель, напряжением 750 кВ	57,2	49,1	40,9	24,5
Выключатели масляные					
11.	Выключатель напряжением, кВ 35 110 220	 1,8 9,4 14,1	 1,5 8,0 12,1	 1,3 6,7 10,1	 0,7 4,0 6,0
Металлические конструкции под оборудование					
12.	Металлические конструкции, т	1,4	1,2	1,0	0,7

2.4. Учет фактора надежности электроснабжения

Таблица 2.4.1

Среднее время восстановления элементов электрических сетей $T_В$ 10^{-3}, лет/отказ

Элемент	Напряжение, кВ				
	500	330	220	110	35
Воздушные линии:					
одноцепные	1,7	1,3	1,1	1,0	1,0
двухцепные (отказ одной цепи)	-	-	0,2	0,4	0,8
двухцепные (отказ двух цепей)	-	-	4,0	3,0	2,5
Трансформаторы и автотрансформаторы:					
при отсутствии резервного трансформатора в системе	300	250	80	60	45
при наличии резервного трансформатора в системе	-	-	25	20	10
Выключатели	10	7	4,8	2,8	1,3
Отделители и короткозамыкатели	-	-	0,4	0,4	0,4
Сборные шины	0,7	0,6	0,4	0,25	0,25

Примечания.

1. Среднее время восстановления повреждений фазы (однофазного трансформатора) при установленной на подстанции резервной фазе составляет $1,1*10^{-3}$ лет/отказ без перекатки и $9*10^{-3}$ лет/отказ с перекаткой фазы.
2. Время восстановления электроснабжения при повреждении выключателей в схемах с обходной системой составляет $0,06*10^{-3}$ лет/отказ, а в схемах многоугольников, полуторных и мостиковых-$0,03*10^{-3}$ лет/отказ.
3. При обслуживании подстанции выездными бригадами время восстановления путем переключения в РУ следует увеличивать на $0,06*10^{-3}$ лет/отказ.

Таблица 2.4.2

Коэффициенты плановых простоев на одну цепь ВЛ или единицу оборудования $Kп*10^{-3}$, отн.ед.

Элемент	Напряжение, кВ				
	500	330	220	110	35
Воздушные линии	12	9	7	5	4
Трансформаторы и автотрансформаторы	10	9,5	8,5	7,5	6,0
Выключатели воздушные	40	30	20	10	5
Выключатели масляные	-	-	8,5	6,5	2
Сборные шины (на одно присоединение)	0,7	0,6	0,4	0,2	0,2
Отделители и короткозамыкатели	-	-	1	1	1

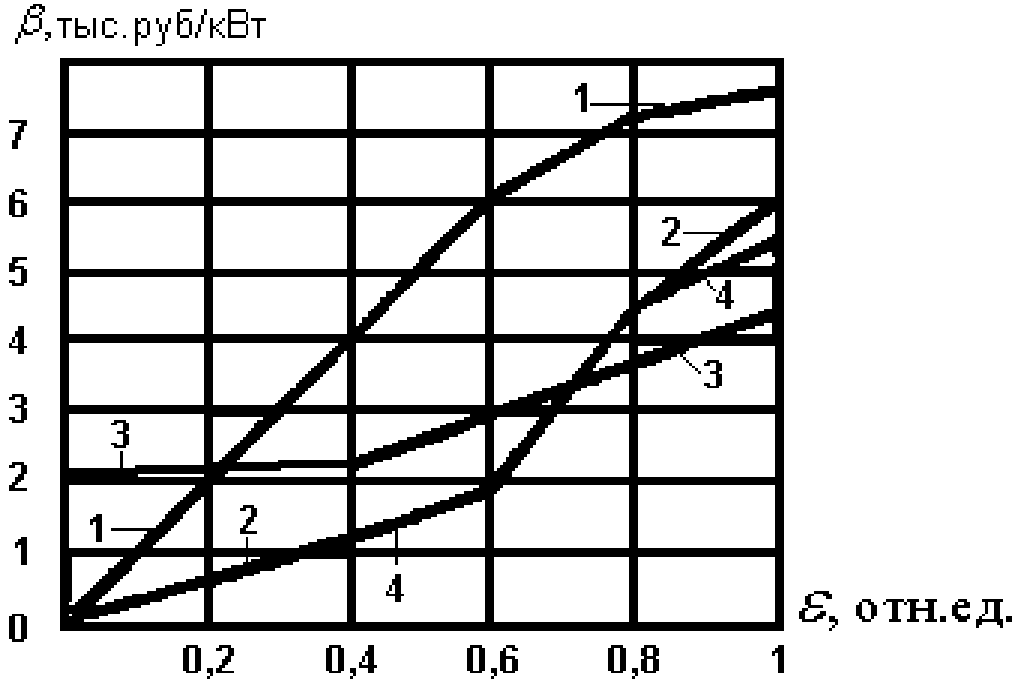


Рисунок 2 – Расчетный годовой ущерб от плановых β ограничений электроснабжения (номер кривой по табл. 2.4.4.)

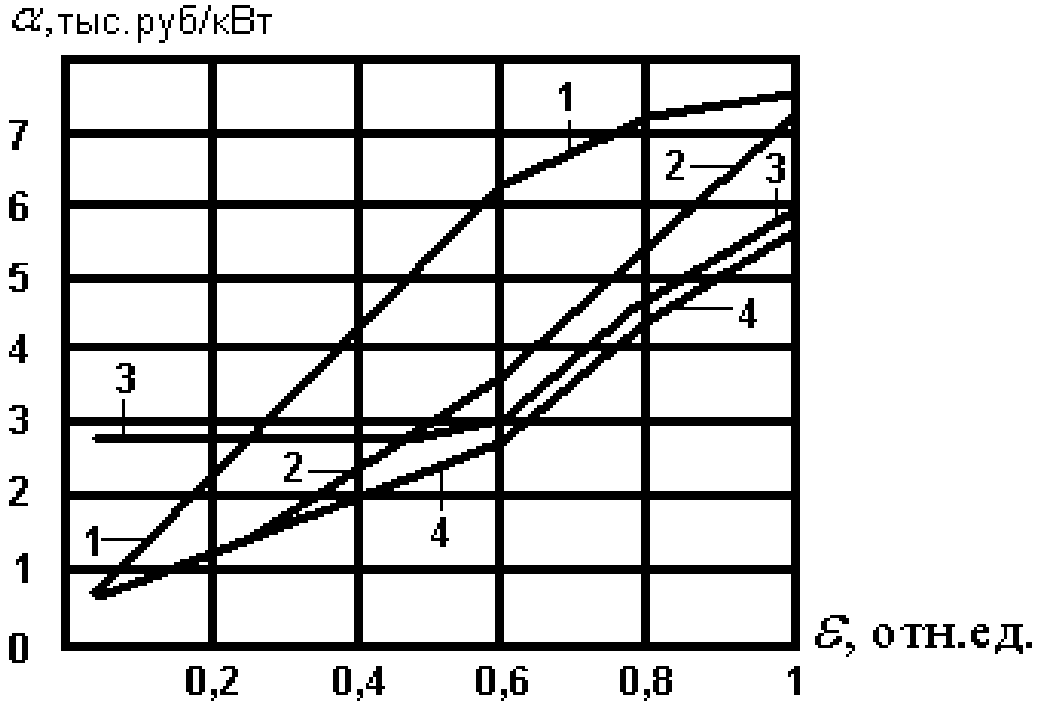


Рисунок 3 – Расчетный годовой ущерб от аварийных α ограничений электроснабжения (номер кривой по табл. 2.4.3.)

Таблица 2.4.3

Структура нагрузки по группам (для рисуноков 2 и 3)

Структура нагрузки	1	2	3	4
Промышленность, %	15	70	10	35
Быт и сфера обслуживания, %	50	25	25	25
Сельское хозяйство, %	15	-	55	30
Транспорт и строительство, %	20	5	10	10

Таблица 2.4.4

Параметры потока отказов $\omega_п$, простой/год, элементов электрических сетей

Элемент	ω					$\omega_п$				
	При напряжение, кВ									
	500	330	220	110	35	500	330	220	110	35
Воздушные линии[1]:										
одноцепные	0,4	0,5	0,6	1,1	1,4	10	12	13	15	9
двухцепные (отказ одной цепи)	-	-	0,5	0,9	1,1	-	-	-	-	-
двухцепные (отказ двух цепей)	-	-	0,1	0,02	0,03	-	-	-	-	-
Трансформаторы и автотрансформаторы[2]	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	6	6	6	6	6
Выключатели воздушные[3]										
в цепях ВЛ	0,2	0,2	0,15	0,1	0,08	2	2	2	2	2
в других целях	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	2	2	2	2	2
Выключатели масляные										
в цепях ВЛ	-	-	0,07	0,03	0,02	-	-	-	2	2
в других целях	-	-	0,01	0,01	0,01	-	-	-	2	2
Сборные шины[4]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1	1	1	1	1
Отделители и короткозамыкатели	-	-	0,04	0,02	0,01	-	-	3	3	3

[1]ω-на 100 км, $\omega_п$ – на ВЛ; [2]на единицу: для однофазных - на фазу;
[3] на единицу; [4] ω-на присоединение, $\omega_п$ - на секцию.

Примечание. Отказы выключателей, приводящие к отключению смежных цепей, составляют 60% общего количества отказов.

Библиографический список

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. Рокотяна С.С., Шапиро И.М.- М.: Энергоатомиздат, 1985.– 352с.
2. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П.. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные данные для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1989. –608с.
3. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М.Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л.Файбисовича. М.: НЦ ЭНАС, 2005.– 316с.
4. Справочник по электрическим сетям 0,4 – 35 кВ и 110 - 1150 кВ. Т. 2. / Под ред. Макарова Е.Ф. - М.: Папирус ПРО, 2003. – 622 с.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / под общей ред. профессоров МЭИ(ТУ) С.И.Гамазина, Б.И.Кудрина, С.А.Цырука. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 745 [7] с: ил.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Составители: **Ананичева Светлана Семеновна**
Шелюг Станислав Николаевич

Подписано в печать Формат 60×84 1/16
Бумага писчая Офсетная печать Усл. п.ч.
Уч.-изд. л. Тираж Заказ Цена «С»

«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
620002 г. Екатеринбург, ул. Мира, 19
ООО «Наука-Сервис». 620002 г. Екатеринбург, ул. Мира, 19