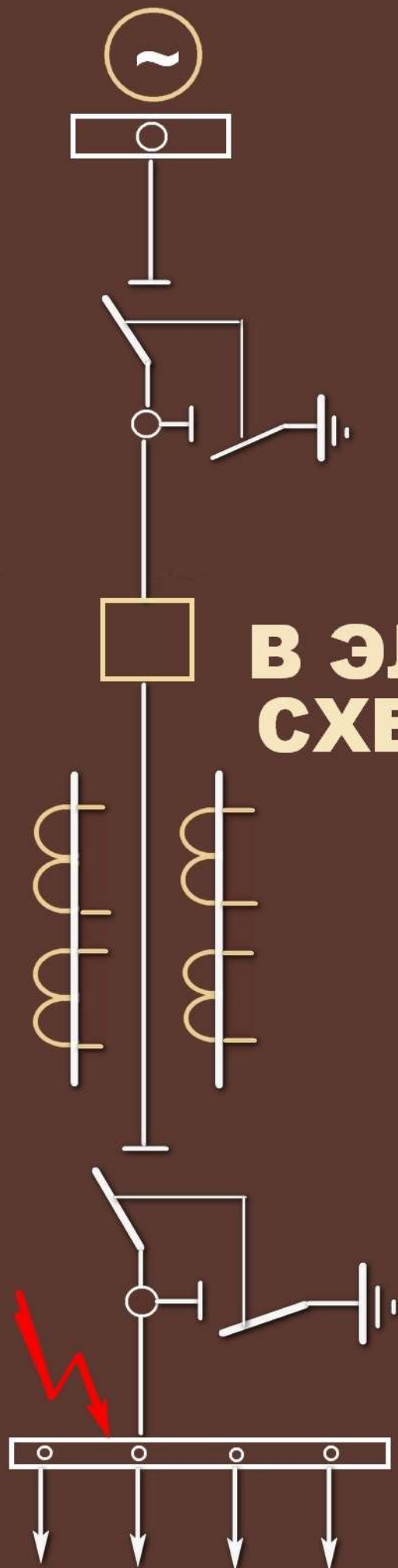


И.Г.Боровская



РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ ЭЛЕКТРО- СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

И.Г. Боровская

**РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО
ЗАМЫКАНИЯ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И
ПОДСТАНЦИЙ**



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Ижевск
2012

УДК 621.311(07)
ББК 31.277-420.7p30
М545

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Составитель: старший преподаватель И.Г. Боровская

М545 Расчет токов короткого замыкания в электрических схемах электростанций и подстанций: методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электрооборудование электростанций». / сост. И.Г. Боровская. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. – 59 с.

Методические указания, разработаны в соответствии с ФГОС ВПО по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» и рабочей программой по дисциплине «Электрооборудование электростанций». В них рассматриваются основные методики расчета токов короткого замыкания и выбора коммутационных аппаратов в электрических схемах электростанций и подстанций, а также методика выбора номинальной мощности и типа трансформаторов для подстанций.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по профилю «Тепловые электрические станции» направления 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника».

УДК 621.311(07)
ББК 31.277-420.7p30

© И.Г. Боровская, 2012
© Издательство «Удмуртский
университет», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	6
ЗАДАНИЕ ПЕРВОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	7
ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПЕРВОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	12
ЗАДАНИЕ ВТОРОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	19
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ПРИМЕР РАСЧЕТА ВТОРОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	23
ЗАДАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	26
ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТРЕТЬЕЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	28
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа курсовой работы	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Кривые изменения во времени действующего значения периодической со- ставляющей тока К.З. от синхронного генератора.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Электрические аппараты и электрооборудование напряжением выше 1000 В	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Трансформаторы силовые масляные общего назначения на напряжение 110 кВ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Нагрузочная способность трансформаторов с различными системами охлаждения	55

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания предназначены для выполнения курсовой работы по дисциплине «Электрооборудование электростанций», а также дипломного проектирования студентами специальности 100500 «Тепловые электрические станции».

Методическое пособие имеет следующие цели:

- показать общую типовую методику расчета токов трехфазного короткого замыкания, используемую в нормативно-технической документации на предприятиях электроэнергетики, и выбора коммутационных аппаратов;
- рассмотреть конкретные примеры расчета токов короткого замыкания и выбора коммутационных аппаратов в разных точках К.З.;
- на конкретных примерах показать методику выбора номинальной мощности и типа трансформаторов для однотрансформаторной и двухтрансформаторной понижающих подстанций;
- оказать помощь студентам-дипломникам при выполнении раздела: «Электрическая часть электростанций» выпускной квалификационной работы;
- привести справочные данные современных коммутационных аппаратов (выключателей и разъединителей), а также трансформаторов.

Курсовая работа является одним из важнейших видов самостоятельной работы студентов и в соответствии с учебным планом специальности 100500 «Тепловые электрические станции» выполняется на 4 курсе.

Курсовая работа состоит из трех частей.

Задание первой части курсовой работы включает расчет трехфазного симметричного короткого замыкания (К.З.). Трехфазное К.З. вызывает в поврежденной цепи прохождение наибольшего тока, поэтому при выборе коммутационных аппаратов (этому посвящено задание второй части) обычно расчетным является ток трехфазного К.З.

Заданная расчетная схема представляет собой модель, приближенную к реальной схеме электростанции, в которой указываются все источники питания: синхронные генераторы и система, трансформаторы связи, линии электропередачи, токоограничивающие реакторы. При расчете токов К.З. на электрических станциях в установках выше 1000 В учитываются только индуктивные сопротивления, так как активные сопротивления в этом случае незначительны.

По расчетной схеме составляется схема замещения, в которой все сопротивления выражаются в относительных единицах. Выражение сопротивлений в относительных единицах значительно упрощает расчеты, кроме того, в каталогах сопротивления многих элементов электроустановок (генераторов, трансформаторов и др.) даются в процентах или относительных единицах, приведенных к их номинальным параметрам. В схеме замещения все сопротивления, выраженные в относительных единицах, приводятся к единой – базисной мощности. За базисную мощность S_6 можно принимать любую величину, но для простоты расчетов удобнее брать номинальную мощность либо генераторов, либо трансформаторов, либо мощность 1000 МВ·А или 100 МВ·А. В расчетах следует задаться еще од-

ним базисным параметром, а именно базисным напряжением U_6 , которое выбирается для высшей и низшей ступеней напряжения. Обычно за базисные напряжения принимаются заданные напряжения обмоток трансформатора: высшей (ВН) и низшей (НН). По принятым базисным значениям мощности (S_6) и напряжений (U_{61} и U_{62}) рассчитываются базисные токи I_{61} и I_{62} . После составления схемы замещения и определения сопротивлений отдельных элементов производят поэтапное упрощение схемы – приведение к точке К.З., пользуясь правилами подсчета эквивалентных сопротивлений при последовательном и параллельном соединениях, а также правилами преобразования сопротивлений схемы «треугольник» в эквивалентную «звезду». Конечным этапом выполнения первого задания является расчет самого тока К.З., а именно его периодической и апериодической составляющих в начальный и заданный моменты времени, а также его ударного значения в месте К.З.

Задание второй части курсовой работы включает выбор коммутационных аппаратов (выключателя и разъединителя) по условиям их выбора, с учетом расчета токов короткого замыкания в местах установки этих аппаратов. Выбранные по каталогам коммутационные аппараты затем проверяют: по включающей способности, по отключающей способности, на электродинамическую стойкость при К.З. и на термическую стойкость при К.З.

Задание третьей части курсовой работы включает выбор номинальной мощности и типа трансформаторов для однотрансформаторной и двухтрансформаторных понижающих подстанций, предназначенных для электроснабжения потребителей первой, второй и третьей категорий. Выбор трансформаторов производится на основе заданного суточного графика нагрузок понижающей подстанции, а также эквивалентных температур воздуха зимой и летом в разных регионах. Тип трансформатора выбирается в зависимости от значения полной мощности, передаваемой через трансформаторную подстанцию и системы охлаждения этого трансформатора. В задании рассчитывается перегрузочная способность выбранных трансформаторов в течение допустимого времени перегрузок.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа выполняется на одной стороне белой бумаги стандартного формата А4 (210 × 297) на компьютере.

Размер компьютерного шрифта – 14, межстрочный интервал – одинарный.

На листах оставляются поля: слева и сверху – не менее 20 мм., справа и снизу – не менее 10 мм.

Все страницы текста, кроме титульного листа, должны иметь сквозную нумерацию.

Курсовая работа должна иметь: титульный лист, вариант задания с изображением расчетной схемы, необходимые расчеты и пояснения, схему замещения и все ее преобразования, список используемой литературы и соответствующие ссылки на нее.

Форма титульного листа курсовой работы приведена в приложении 1.

При выборе коэффициентов и использовании справочных данных ссылки на приложения, данного методического пособия обязательны.

Исправлений и помарок при оформлении курсовой работы не допускается.

Схемы должны быть выполнены согласно требованиям ЕСКД.

ЗАДАНИЕ ПЕРВОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

При трехфазном К.З. определить начальное значение периодической составляющей тока К.З ($I_{п0}$), значение периодической и аperiodической составляющей тока К.З. в момент времени t , а также ударный ток К.З.

Расчетная схема для вариантов 1 – 12 и 25, 26

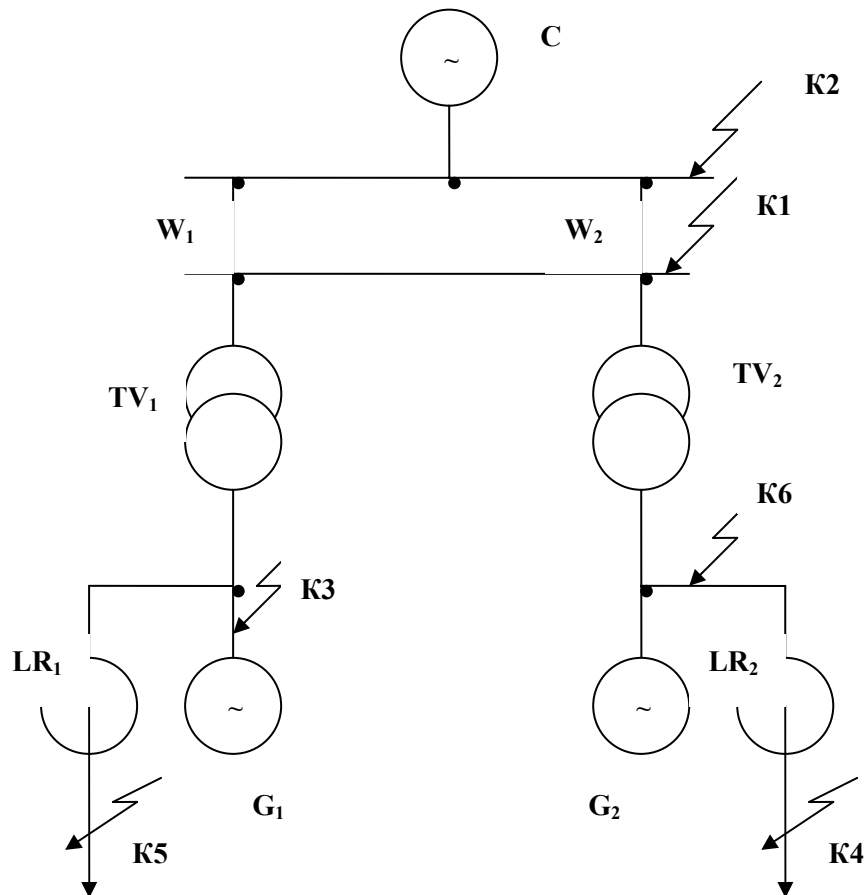


Рис. 1. Расчетная схема первой части курсовой работы

Расчетная схема для вариантов 13 – 24

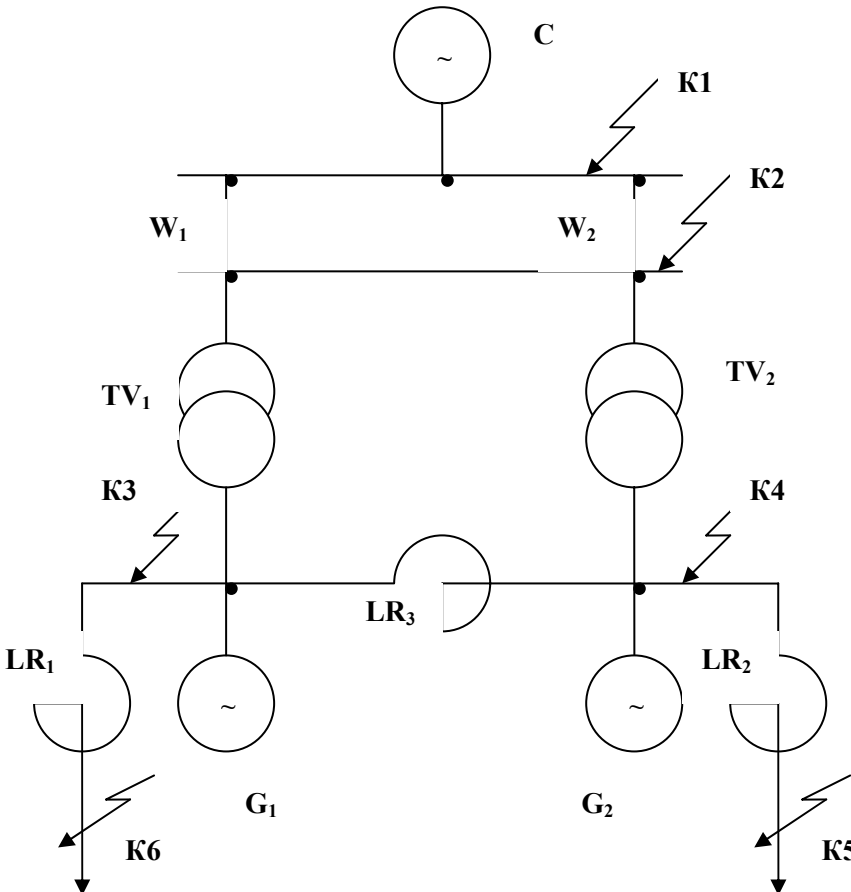


Рис. 2. Расчетная схема первой части курсовой работы

Таблица 1.1

Данные для расчета первой части курсовой работы

№ вари- анта	G ₁	G ₂	TV ₁	TV ₂	LR ₁	LR ₂	LR ₃	W ₁ = W ₂ = = l, км X _{уд} =0,4 Ом/км	T _д	t _{сек}	Точка К.З.	Система
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,146	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,139	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=121/13,8кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом			60	0,18	0,07	К5	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8
2.	S _н =176,5MBA U _н = 18кВ X _д ^н = 0,213	S _н = 235MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,181	S _н = 200MBA n = 121/18кВ U _к = 10,5%	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 10,5%				80	0,17	0,08	К2	S _н =3000MBA X _{с(н)} = 0,9
3.	S _н = 235MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,19	S _н = 235MBA U _н = 15кВ X _д ^н = 0,181	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 10,5%	S _н = 240MBA n=121/15кВ U _к = 11%				100	0,16	0,09	К3	S _н =7000MBA X _{с(н)} = 0,9
4.	S _н = 353MBA U _н = 20кВ X _д ^н = 0,173	S _н = 353MBA U _н = 20кВ X _д ^н = 0,19	S _н = 400MBA n = 121/20кВ U _к = 10,5%	S _н = 400MBA n = 121/20кВ U _к = 11%				120	0,15	0,1	К1	S _н =8000MBA X _{с(н)} = 1,0
5.	S _н = 125MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,214	S _н = 120MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,2	S _н = 125MBA n = 121/13,8кВ U _к = 11%	S _н = 125MBA n = 121/13,8кВ U _к = 10,5%		U _н = 10кВ I _н = 1200А X = 0,38Ом		140	0,14	0,11	К4	S _н =9000MBA X _{с(н)} = 1,1
6.	S _н = 170MBA U _н = 18кВ X _д ^н = 0,21	S _н = 230MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,18	S _н = 200MBA n = 121/18кВ U _к = 11%	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 11%				180	0,185	0,12	К6	S _н =10000MBA X _{с(н)} = 1,2
7.		S _н = 78MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14		S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%		U _н = 10кВ I _н = 1100А X = 0,35Ом		40	0,135	0,13	К4	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,9
8.	S _н = 120MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,2		S _н = 125MBA n = 121/13,8кВ U _к = 10,5%		U _н = 10,5кВ I _н = 1200А X = 0,37Ом			60	0,19	0,16	К5	S _н =5000MBA X _{с(н)} = 0,8
9.		S _н = 125MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,22		S _н = 125MBA n=121/13,8кВ U _к = 11%				90	0,175	0,07	К1	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,9
10.	S _н = 235MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,19		S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 11%					160	0,2	0,08	К1	S _н =9000MBA X _{с(н)} = 1,4
11.	S _н = 353MBA U _н = 20кВ X _д ^н = 0,18		S _н = 400MBA n=121/20кВ U _к = 11%					50	0,195	0,14	К3	S _н =10000MBA X _{с(н)} = 1,4
12.		S _н = 170MBA U _н = 18кВ X _д ^н = 0,215		S _н = 200MBA n=121/18кВ U _к = 10,5%				110	0,21	0,15	К6	S _н =8000MBA X _{с(н)} = 1,5
13.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,145	S _н =78,5MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	S _н = 80MBA n=121/13,8кВ U _к = 10%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом		U _н = 10кВ I _н = 400А X = 0,185Ом	60	0,18	0,07	К6	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8

Таблица 1.2

Данные для расчета первой части курсовой работы

№ вари- анта	G ₁	G ₂	TV ₁	TV ₂	LR ₁	LR ₂	LR ₃	W ₁ = W ₂ = = l, км X _{уд} =0,4 Ом/км	T _д	t _{сек}	Точка К.З.	Система
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14.	S _н =176,5MBA U _н = 18кВ X _д ^н = 0,21	S _н = 235MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,18	S _н = 200MBA n = 121/18кВ U _к = 10,5%	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 10,5%			U _н = 18кВ I _н = 4000А X = 0,18Ом	80	0,17	0,08	К1	S _н =3000MBA X _{с(н)} = 0,9
15.	S _н = 235MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,195	S _н = 235MBA U _н = 15кВ X _д ^н = 0,18	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 11%	S _н = 240MBA n=121/15кВ U _к = 10,5%			U _н = 15кВ I _н = 6000А X = 0,20Ом	100	0,16	0,09	К3	S _н =7000MBA X _{с(н)} = 0,9
16.	S _н = 353MBA U _н = 20кВ X _д ^н = 0,17	S _н = 353MBA U _н = 20кВ X _д ^н = 0,195	S _н = 400MBA n = 121/20кВ U _к = 11%	S _н = 400MBA n = 121/20кВ U _к = 10,5%			U _н = 20кВ I _н = 6000А X = 0,30Ом	120	0,15	0,1	К2	S _н =8000MBA X _{с(н)} = 1,0
17.	S _н = 125MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,21	S _н = 120MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,212	S _н = 125MBA n = 121/13,8кВ U _к = 11%	S _н = 125MBA n = 121/13,8кВ U _к = 10,5%		U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,40Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	140	0,14	0,11	К5	S _н =9000MBA X _{с(н)} = 1,1
18.	S _н = 170MBA U _н = 18кВ X _д ^н = 0,214	S _н = 230MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,18	S _н = 200MBA n = 121/18кВ U _к = 11%	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 11%			U _н = 18кВ I _н = 4000А X = 0,20Ом	180	0,185	0,12	К4	S _н =10000MBA X _{с(н)} = 1,2
19.		S _н = 78MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,145	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 11%		U _н = 10кВ I _н = 1100А X = 0,35Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 5000А X = 0,190Ом	40	0,135	0,13	К5	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,9
20.	S _н = 120MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,2		S _н = 125MBA n = 121/13,8кВ U _к = 10,5%	S _н = 125MBA n = 121/13,8кВ U _к = 11%	U _н = 10,5кВ I _н = 1200А X = 0,38Ом		U _н = 10,5кВ I _н = 5000А X = 0,185Ом	60	0,19	0,16	К6	S _н =5000MBA X _{с(н)} = 0,8
21.	S _н = 120MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,212	S _н = 125MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,22		S _н = 125MBA n=121/13,8кВ U _к = 11%			U _н = 10,5кВ I _н = 6000А X = 0,18Ом	90	0,175	0,07	К2	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,9
22.	S _н = 235MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,19	S _н = 230MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,185	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 10,5%				U _н = 15,75кВ I _н = 8000А X = 0,26Ом	160	0,2	0,08	К2	S _н =9000MBA X _{с(н)} = 1,0
23.	S _н = 353MBA U _н = 20кВ X _д ^н = 0,18		S _н = 400MBA n=121/20кВ U _к = 11%	S _н = 400MBA n=121/20кВ U _к = 10,5%			U _н = 20кВ I _н = 1000А X = 0,40Ом	50	0,195	0,14	К3	S _н =10000MBA X _{с(н)} = 1,4
24.		S _н = 170MBA U _н = 18кВ X _д ^н = 0,125	S _н = 200MBA n=121/18кВ U _к = 10,5%	S _н = 200MBA n=121/18кВ U _к = 11%			U _н = 18кВ I _н = 6000А X = 0,36Ом	110	0,21	0,15	К4	S _н =8000MBA X _{с(н)} = 1,5
25.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,146	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,139	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=121/13,8кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом			60	0,18	0,07	К3	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8
26.	S _н = 170MBA U _н = 18кВ X _д ^н = 0,21	S _н = 230MBA U _н = 15,75кВ X _д ^н = 0,18	S _н = 200MBA n = 121/18кВ U _к = 11%	S _н = 250MBA n=121/15,75кВ U _к = 11%				180	0,185	0,12	К3	S _н =10000MBA X _{с(н)} = 1,2

Обозначения, принятые в заданиях

G – синхронный генератор;

TV – трансформатор связи;

LR₁ и LR₂ – реактор линейный;

LR₃ – реактор секционный;

W – линия электропередачи;

С – система. За систему принимается самая удаленная от точки К.З. часть электроэнергетической системы на исходной расчетной схеме;

S_н – номинальная мощность, МВ·А;

U_н – номинальное напряжение, кВ;

U_к – напряжение короткого замыкания трансформатора, %

I_н – номинальный ток, А;

n – коэффициент трансформации трансформатора связи, задан отношением напряжений высшего (ВН) к низшему (НН), кВ/кВ;

X_d^{//} – сверхпереходное индуктивное сопротивление синхронного генератора по продольной оси, о.е.;

X_{с(н)} – номинальное индуктивное сопротивление системы, о.е.;

X – индуктивное сопротивление реактора, Ом;

X_{уд} – удельное индуктивное сопротивление линии электропередачи, Ом/км;

l – длина линии электропередачи, км;

T_а – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока К.З., с;

t_{сек} – время, отсчитываемое от начала К.З., с;

К – точка короткого замыкания (К.З.).

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПЕРВОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

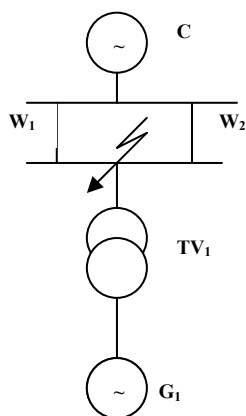
Расчеты всех вариантов первого задания сводятся к трем типовым методикам, рассмотренным: на примере 1 [1 стр. 229], в котором рассчитываются токи К.З. на шинах высшего напряжения ТЭЦ; примере 2 [1 стр. 234], в котором рассчитываются токи К.З. на шинах генераторного напряжения ТЭЦ; примере 3 [1 стр. 239], в котором рассчитываются токи К.З. за линейным реактором ТЭЦ.

Наиболее сложным является расчет, показанный во 2-ом примере [1], поэтому он рассматривается более подробно в этом методическом пособии (см. пример 1.2).

Пример 1.1 показывает общую методику расчета первого задания

При трехфазном К.З. определить начальное значение периодической составляющей тока К.З. ($I_{по}$), значение периодической и апериодической составляющей тока К.З. в момент времени t , а также ударный ток К.З.

Расчетная схема:



Данные для расчета:

G₁: $S_H = 235 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $U_H = 15,75 \text{ кВ}$
 $X_d'' = 0,18$
TV₁: $S_H = 250 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $n = 121/15,75 \text{ кВ}$
 $U_K = 11\%$
W₁ = W₂: $X_{уд} = 0,4 \text{ Ом/км}$
 $l = 160 \text{ км}$
T_a = 0,2
t = 0,08 сек
Система: $S_H = 9000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $X_{с(н)} = 1,4 \text{ [Л1 с.221]}$

Решение:

1. В качестве базисных единиц выбираем:

$$S_6 = 235 \text{ МВ} \cdot \text{А}, \quad U_{61} = 15,75 \text{ кВ}, \quad U_{62} = 121 \text{ кВ}$$

находим базисные токи:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{61}} = \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 15,75} = 8,61 \text{ кА}, \quad I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{62}} = \frac{235}{\sqrt{3} \cdot 121} = 1,12 \text{ кА}$$

где цифрами 1 и 2 обозначены соответственно ступени высшего и генераторного напряжения

2. Выражаем сопротивления схемы замещения в относительных единицах при принятых базисных единицах

2.1 Сопротивление генератора G₁:

$$x_1 = x_d'' \frac{S_6}{S_H} = 0,18 \cdot \frac{235}{235} = 0,18$$

2.2 Сопротивление трансформатора T₁:

$$x_2 = \frac{S_6}{S_H} \cdot \frac{U_{K\%}}{100} = \frac{11}{100} \cdot \frac{235}{250} = 0,103$$

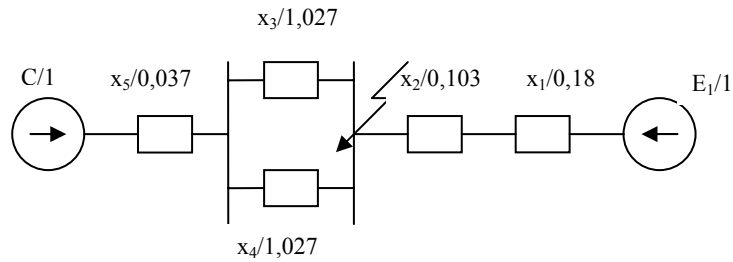
2.3 Сопротивление воздушной линии W_1, W_2 :

$$x_3 = x_4 = x_{y0} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 2}^2} \ell = 0,4 \cdot \frac{235}{121^2} \cdot 160 = 1,027$$

2.4 Сопротивление системы С:

$$x_5 = x_{c(n)} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_n} = 1,4 \cdot \frac{235}{9000} = 0,037$$

3. Построим эквивалентную схему замещения, преобразуем ее и вычислим параметры



3.1 Найдем ЭДС G_1 :

$$E_1 = U_H / U_{\delta 1} = 15,75 / 15,75 = 1$$

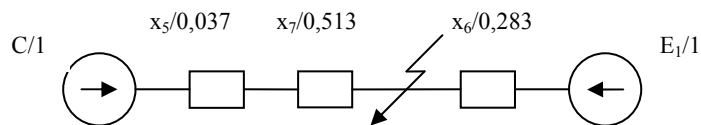
3.2 Найдем ЭДС системы:

$$C = E_2 = U_c / U_{\delta 2} = 121 / 121 = 1$$

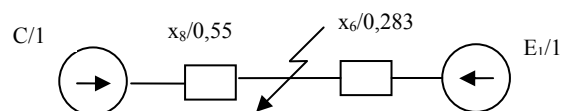
3.3 Преобразуем сопротивления схемы

$$x_6 = x_1 + x_2 = 0,18 + 0,103 = 0,283$$

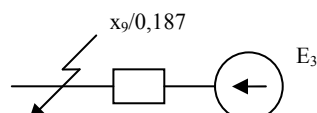
$$x_7 = \frac{x_3 \cdot x_4}{x_3 + x_4} = \frac{1,027 \cdot 1,027}{1,027 + 1,027} = 0,513$$



$$x_8 = x_5 + x_7 = 0,037 + 0,513 = 0,55$$



$$x_9 = \frac{x_8 \cdot x_6}{x_8 + x_6} = \frac{0,55 \cdot 0,283}{0,55 + 0,283} = 0,187$$



3.4 Найдем результирующую ЭДС

(При параллельном соединении ветвей с одинаковой ЭДС результирующая ЭДС остается без изменений при любых сопротивлениях ветвей [Л 8 с.113]).

$$E_3 = \frac{E_1 \cdot x_8 + E_2 \cdot x_6}{x_6 + x_8} = 1$$

4. Найдем начальное значение периодической составляющей тока К.З.

$$I_{по} = \frac{E_3}{x_9} \cdot I_{б2} = \frac{1}{0,187} \cdot 1,12 = 5,99 \text{ кА}$$

4.1 Найдем номинальное (относительное) значение периодической составляющей тока К.З.

$$I_{по(ном)} = \frac{E_3}{x_6} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_n} = \frac{1}{0,283} \cdot \frac{235}{235} = 3,53$$

5. Найдем ударный ток в месте К.З.

$$i_{y0} = \sqrt{2} I_{по} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right) = \sqrt{2} \cdot 5,99 \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,2}} \right) = \sqrt{2} \cdot 5,99 (1 + 0,95) = 16,53 \text{ кА}$$

6. Найдем значение периодической составляющей тока К.З. через 0,08 с после момента К.З.

$$I_{пт} = I_{пГ1} + I_{пС} = 3,44 + 2,03 = 5,47 \text{ кА}$$

6.1 От генератора G₁:

$$I_{пГ1} = \gamma_t I_{по(ном)} I_{б2} = 0,87 \cdot 3,53 \cdot 1,12 = 3,44 \text{ кА}$$

где $\gamma_t = 0,87$ – коэффициент, определяемый по кривым приложения 2 [Л 1, с.224]

6.2 От системы:

$$I_{пС} = \frac{E_2}{x_8} I_{б2} = \frac{1}{0,55} \cdot 1,12 = 2,03 \text{ кА}$$

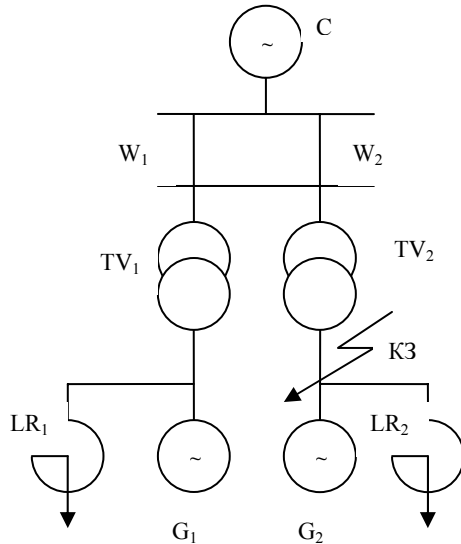
7. Найдем значение аperiodической составляющей тока К.З. через 0,08 с после момента К.З.

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_{по} \cdot e^{-t/T_a} = \sqrt{2} \cdot 5,99 \cdot e^{-0,08/0,2} = 5,68 \text{ кА}$$

Пример 1.2 показывает методику расчета токов К.З. на шинах генераторного напряжения ТЭЦ [1 с. 234]¹

При трехфазном К.З. определить начальное значение периодической составляющей тока К.З. ($I_{по}$), значение периодической и аperiodической составляющей тока К.З. в момент времени t , а также ударный ток К.З.

Расчетная схема:



Данные для расчета:

G₁: $S_H = 170 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $U_H = 18 \text{ кВ}$
 $X_d'' = 0,21$
G₂: $S_H = 230 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $U_H = 15,75 \text{ кВ}$
 $X_d'' = 0,18$
TV₁: $S_H = 200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $n = 121/18 \text{ кВ}$
 $U_K = 11\%$
TV₂: $S_H = 250 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $n = 121/15,75 \text{ кВ}$
 $U_K = 11\%$
W₁ = W₂: $X_{уд} = 0,4 \text{ Ом/км}$
 $l = 180 \text{ км}$
 $T_a = 0,185$
 $t = 0,12 \text{ сек}$
Система: $S_H = 10000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
 $X_{c(n)} = 1,2$
Точка К.З. – К6

Решение:

1. В качестве базисных единиц выбираем:

$$S_6 = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А} \quad U_{61} = 121 \text{ кВ} \quad U_{62} = 15,75 \text{ кВ}$$

находим базисные токи:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{61}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 4,77 \text{ кА} \quad I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_{62}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 15,75} = 36,65 \text{ кА}$$

где цифрами 1 и 2 обозначены соответственно ступени высшего и генераторного напряжения

2. Выражаем сопротивления схемы замещения в относительных единицах при принятых базисных единицах

Сопротивления генераторов:

$$G_1: \quad x_1 = x_d'' \frac{S_6}{S_H} = 0,21 \cdot \frac{1000}{170} = 1,23 \quad G_2: \quad x_2 = x_d'' \frac{S_6}{S_H} = 0,18 \cdot \frac{1000}{230} = 0,78$$

¹ В квадратных скобках указывается литература, в которой рассматривается аналогичный расчет.

Ветви сопротивлений LR_1 и LR_2 отбрасываем, так как они не имеют источника тока

Сопротивления трансформаторов:

$$T_1: \quad x_3 = \frac{S_{\delta}}{S_H} \cdot \frac{U_{\kappa\%}}{100} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1000}{200} = 0,55 \quad T_2: \quad x_4 = \frac{S_{\delta}}{S_H} \cdot \frac{U_{\kappa\%}}{100} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1000}{250} = 0,44$$

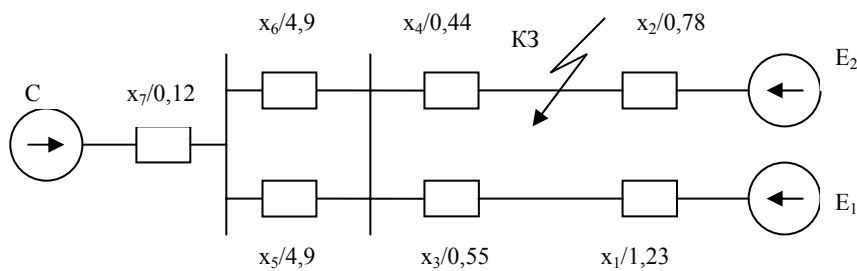
Сопротивление линии электропередач W_1, W_2 :

$$x_5 = x_6 = x_{y0} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta 1}^2} \ell = 0,4 \cdot \frac{1000}{121^2} \cdot 180 = 4,9$$

Сопротивление системы С:

$$x_7 = x_{c(n)} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_H} = 1,2 \cdot \frac{1000}{10000} = 0,12$$

3. Построим эквивалентную схему замещения, преобразуем ее и вычислим параметры



3.3 Найдем ЭДС генераторов:

$$G_1: \quad E_1 = U_H / U_{62} = 18 / 15,75 = 1,14$$

$$G_2: \quad E_2 = U_H / U_{62} = 15,75 / 15,75 = 1$$

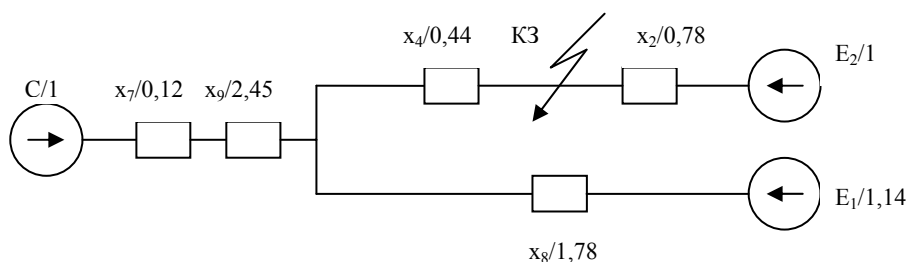
3.2 Найдем ЭДС системы:

$$E_c = U_c / U_{61} = 121 / 121 = 1$$

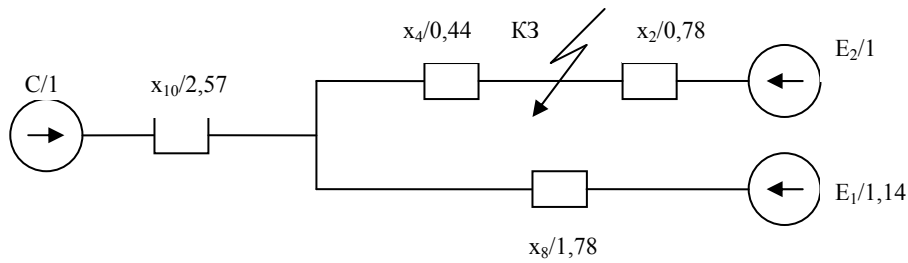
3.3 Преобразуем сопротивления схемы:

$$x_8 = x_1 + x_3 = 1,23 + 0,55 = 1,78$$

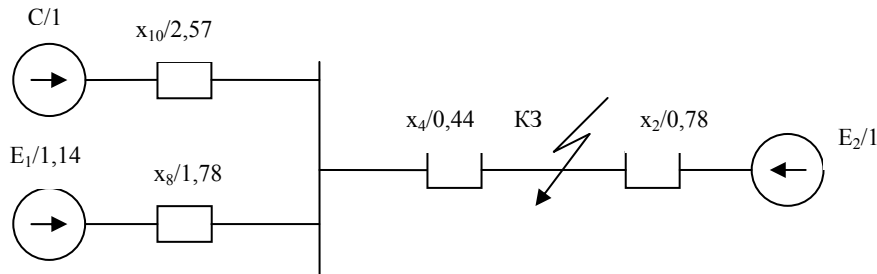
$$x_9 = \frac{x_5 \cdot x_6}{x_5 + x_5} = \frac{4,9 \cdot 4,9}{4,9 + 4,9} = 2,45$$



$$x_{10} = x_7 + x_9 = 0,12 + 2,45 = 2,57$$



ИЛИ*



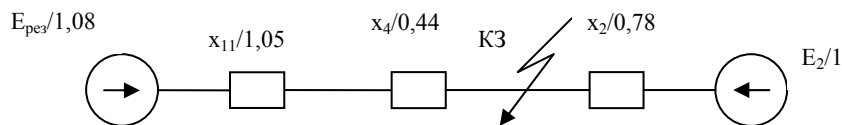
*

3.4 Найдем результирующую ЭДС (системы и G1)

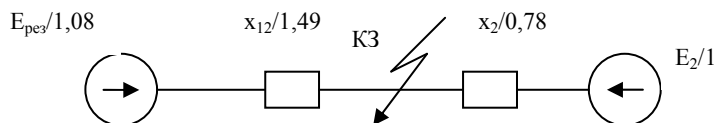
$$E_{рез} = \frac{E_c \cdot x_8 + E_1 \cdot x_{10}}{x_8 + x_{10}} = \frac{1 \cdot 1,78 + 1,14 \cdot 2,57}{1,78 + 2,57} = 1,08$$

3.5 Преобразуем соединения схемы

$$x_{11} = \frac{x_8 \cdot x_{10}}{x_8 + x_{10}} = \frac{1,78 \cdot 2,57}{1,78 + 2,57} = 1,05$$



$$x_{12} = x_{11} + x_4 = 1,05 + 0,44 = 1,49$$



4. Найдем начальные значения периодической составляющей тока К.З. От генератора G2:

$$I_{поG2} = \frac{E_2}{x_2} \cdot I_{\delta 2} = \frac{1}{0,78} \cdot 36,65 = 46,99 \text{ кА}$$

От генератора G1 и системы C:

$$I_{поG1C} = \frac{E_{рез}}{x_{12}} \cdot I_{\delta 2} = \frac{1,08}{1,49} \cdot 36,65 = 26,63 \text{ кА}$$

В месте К.З.:

$$I_{по} = I_{ко} = I_{поG2} + I_{поG1C} = 46,99 + 26,63 = 73,63 \text{ кА}$$

5. Найдем значение периодической составляющей тока К.З. через 0,12 сек после момента К.З.

От генератора G₂:

$$I_{птG2} = \gamma_t I_{поG2} = 0,75 \cdot 46,99 = 35,24 \text{ кА}$$

где $\gamma_t = 0,75$ – коэффициент, определяемый по кривым приложения 2 [Л 1, с.224]

$$I_{поG2(ном)} = \frac{E_2}{x_2} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{ном}} = \frac{1}{0,78} \cdot \frac{1000}{230} = 5,57$$

От генератора и системы в следующем порядке:

Из схемы * определим значение периодической составляющей тока генератора G₁ в начальный момент К.З. (в относительных единицах при базисных условиях)

$$I_{поG1(\delta)} = \frac{E_1 - I_{поG1C} \cdot x_4}{x_8} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_H} = \frac{1,14 - (\frac{1,08}{1,49}) \cdot 0,44}{1,78} \cdot \frac{1000}{230} = 0,46$$

$$I_{поG1(ном)} = I_{поG1(\delta)} \frac{S_{\delta}}{S_{ном}} = 0,46 \frac{1000}{170} = 2,70$$

$$\frac{I_{поG1}}{I_{поG1C}} = \frac{I_{поG1(\delta)} \cdot I_{\delta 2}}{I_{поG1C}} = \frac{0,46 \cdot 36,65}{26,63} = 0,63$$

Хотя $I_{поG1(ном)} > 2$, но $I_{поG1}/I_{поG1C} = 0,63$, поэтому изменением амплитуды периодической составляющей тока генератора G₁ и системы можно пренебречь и считать $I_{птG1C} = I_{поG1C} = 26,63 \text{ кА}$

Суммарный ток в месте К.З через 0,12 сек

$$i_{кт} = I_{птG2} + I_{птG1C} = 35,24 + 26,63 = 61,87 \text{ кА}$$

6. Найдем значение аperiodической составляющей тока К.З. через 0,12 сек после момента К.З.

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_{по} \cdot e^{-t/T_a} = \sqrt{2} \cdot 73,63 \cdot e^{-0,12/0,185} = 54,43 \text{ кА}$$

7. Найдем ударный ток в месте К.З.

От генератора G₂:

$$i_{удG2} = \sqrt{2} I_{поG2} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right) = \sqrt{2} \cdot 46,99 \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,185}} \right) = \sqrt{2} \cdot 46,99 (1 + 0,95) = 129,59 \text{ кА}$$

От генератора G₁ и системы:

$$i_{удG1C} = \sqrt{2} I_{поG1C} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right) = \sqrt{2} \cdot 26,63 \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,185}} \right) = \sqrt{2} \cdot 26,63 (1 + 0,95) = 73,34 \text{ кА}$$

Суммарный ударный ток в месте К.З.:

$$i_{уд} = i_{удG2} + i_{удG1C} = 129,59 + 73,34 = 202,93 \text{ кА}$$

ЗАДАНИЕ ВТОРОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Для приведенной электрической схемы ТЭС выбрать выключатель и разъединитель

Расчетная схема для вариантов 1 – 12 и 25, 26

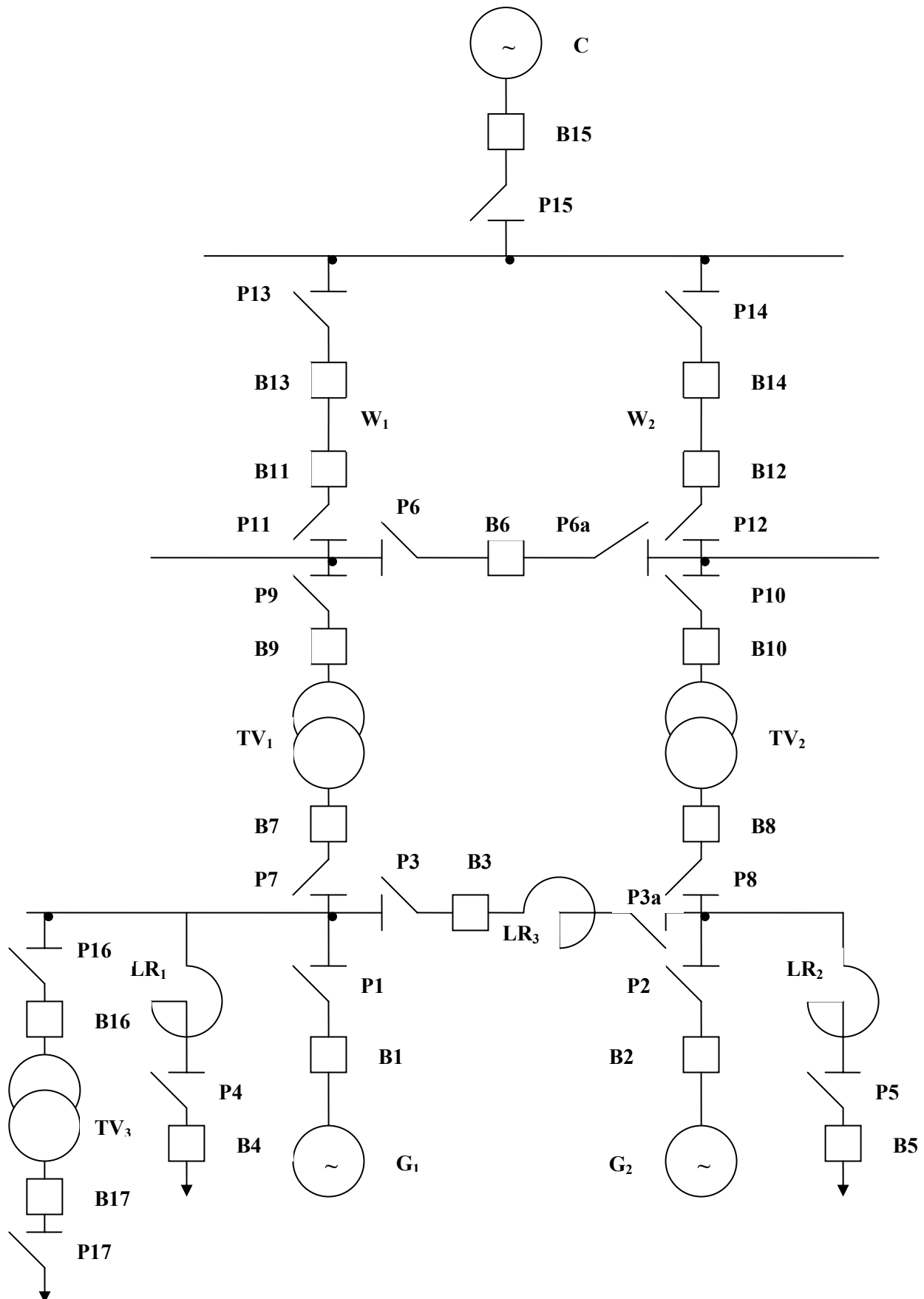


Рис. 3. Расчетная схема второй части курсовой работы

Расчетная схема для вариантов 13 – 24

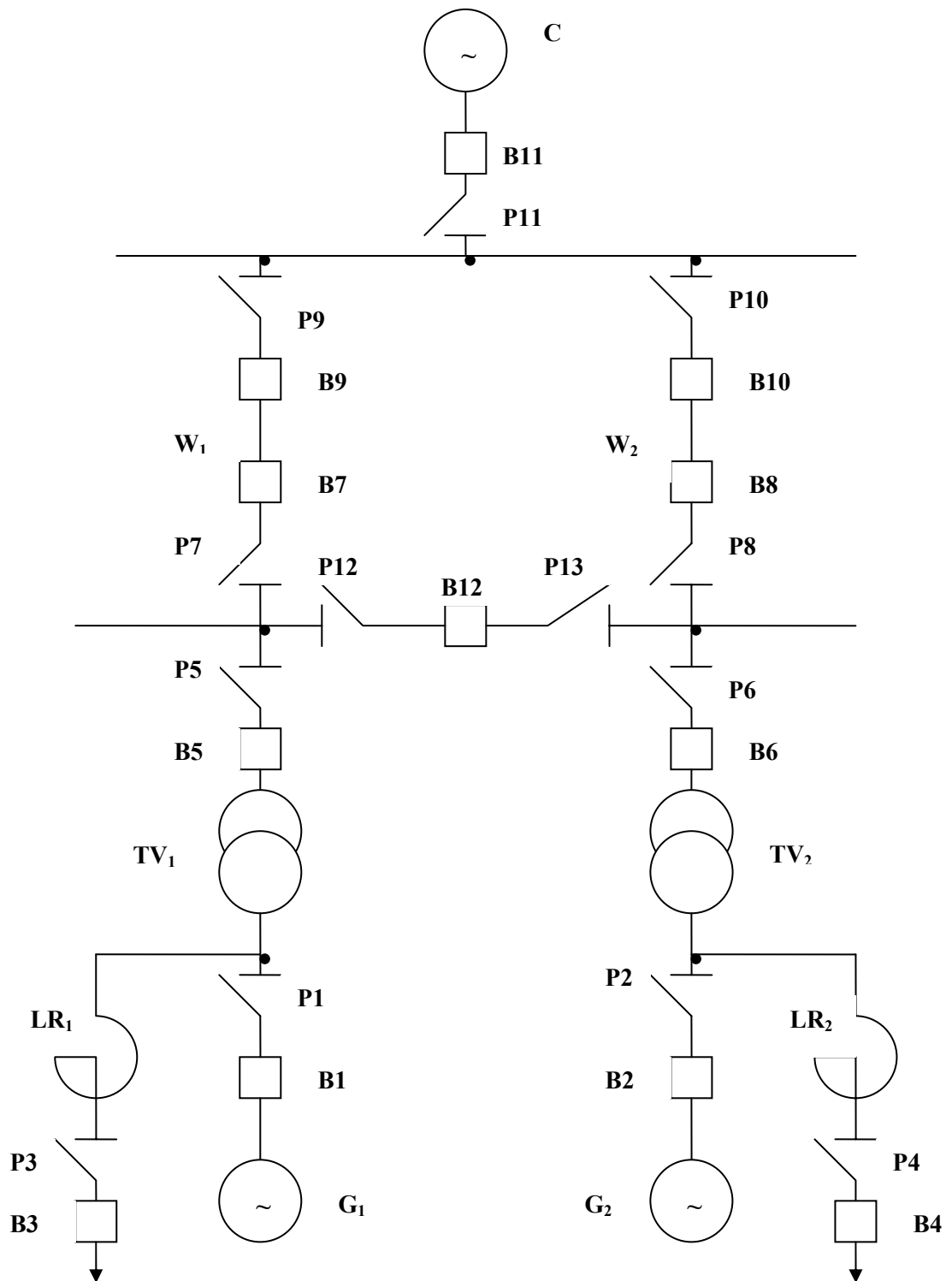


Рис. 4. Расчетная схема второй части курсовой работы

Таблица 2.1

Данные для расчета второй части курсовой работы

№ вари анта	G ₁	G ₂	TV ₁	TV ₂	LR ₁	LR ₂	LR ₃	W ₁ = W ₂ = = l, км X _{вд} =0,4 Ом/км	T _a	Система	Выбираемый элемент
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B1, P1
2.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B2, P2
3.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B3, P3
4.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B4, P4
5.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B5, P5
6.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B6, P6
7.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B7, P7
8.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B8, P8
9.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B9, P9
10.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B10, P10
11.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B11, P11
12.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	60	0,18	S _н =2000MBA X _{с(н)} = 0,8	B12, P12
13.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B1, P1

Таблица 2.2

Данные для расчета второй части курсовой работы

№ вари анта	G ₁	G ₂	TV ₁	TV ₂	LR ₁	LR ₂	LR ₃	W ₁ = W ₂ = = l, км X _{вд} =0,4 Ом/км	T _a	Система	Выбираемый элемент
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B2, P2
15.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B3, P3
16.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B4, P4
17.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B5, P5
18.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B6, P6
19.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B7, P7
20.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B8, P8
21.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B9, P9
22.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B10, P10
23.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B11, P11
24.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом		80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B12, P12
25.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B13, P13
26.	S _н = 75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н =78,75MBA U _н = 10,5кВ X _д ^н = 0,14	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10%	S _н = 80MBA n=115/10,5кВ U _к = 10,5%	U _н = 10,5кВ I _н = 1100А X = 0,36Ом	U _н = 10,5кВ I _н = 1400А X = 0,4Ом	U _н = 10кВ I _н = 4000А X = 0,185Ом	80	0,2	S _н =4000MBA X _{с(н)} = 0,8	B14, P14

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ПРИМЕР РАСЧЕТА ВТОРОЙ ЧАСТИ

1. Для выбора **секционных выключателя и разъединителей** нужно рассмотреть токи К.З в точках K_1 и K_2 . Точки K_1 и K_2 выбираются по обе стороны от указанных в задании выключателя В и разъединителей Р и Ра.

Максимальный ток при К.З в точке K_1 будет при отключенных разъединителях: $P_k, P_n \dots$ (указываем все разъединители подходящие к точке K_1).

Ветви, не содержащие источников ЭДС, в расчетах опускаем.

Преобразуем заданную схему в эквивалентную, обозначив выбранную точку K_1 .

Не обозначаем в эквивалентной схеме коммутирующие аппараты.

Рассчитываем для эквивалентной схемы токи К.З. (аналогично расчету задания 1):

$$I_{по}, i_{уд}, i_{ао}$$

Максимальный ток при К.З в точке K_2 будет при отключенных разъединителях: $P_m, P_p \dots$ (указываем все разъединители подходящие к точке K_2).

Расчет токов К.З в точке K_2 ведем аналогично расчету токов К.З в точке K_1 .

Сравниваем токи К.З в точках K_1 и K_2 . Выбирать выключатель и разъединитель следует по значениям токов той точки К.З, где эти токи больше.

2. Для выбора **линейных выключателя и разъединителя** расчет проводим для одной точки К.З., которая устанавливается в месте выбираемых элементов (указана по заданию варианта расчета).

3. Выбираем выключатель (В).

В зависимости от места установки выбираемых коммутационных аппаратов (выключателя и разъединителя), методики их выбора сводятся к четырем основным типовым, которые показаны на: примере 1 [1 с.146], в котором аппараты в присоединении трансформатора собственных нужд; примере 2 [1 с.152], в котором аппараты в присоединении генератора; примере 3 [1 с.156], в котором аппараты в цепи кабельной линии с реактором и примере 4 [1 с.158], в котором аппараты в РУ высшего напряжения.

Условия выбора выключателя [1 с.142]:

$$\begin{aligned} U_{ном} &\geq U_{с.ном} \\ I_{ном} &\geq I_{норм.расч} \\ K_p I_{ном} &\geq I_{утж} \end{aligned}$$

4. Выбранный выключатель (например: ВМТ-110Б-20/1000УХЛ1) проверяем [1 с.143]:

- а) по включающей способности;
- б) по отключающей способности;
- в) на электродинамическую стойкость;
- г) на термическую стойкость

5. Выбираем разъединитель Р. Условия выбора разъединителя [1 с.145]:

$$\begin{aligned} U_{ном} &\geq U_{с.ном} \\ I_{ном} &\geq I_{норм.расч} \\ K_p I_{ном} &\geq I_{утж} \\ i_{пр.скв}^2 &\geq i_{уд}^2 \\ I_{тер} t_{откл} &\geq B_k \end{aligned}$$

Пример 1.2 показывает методику выбора выключателя и разъединителя за линейным реактором

Допустим, что по предварительным расчетам схемы получили следующие параметры:

$U_n = 10,5$ кВ – номинальное напряжение реактора
 $I_n = 1400$ А – номинальный ток реактора
 $I_{по} = 12,07$ кА – периодическая составляющая тока К.З в начальный момент времени
 $i_{уд} = 33,31$ кА – ударный ток
 $T_a = 0,2$ – постоянная времени

Выключатель выбирается по следующим условиям:

$$U_{ном} \geq U_{с.ном} = 10,5 \text{ кВ}$$
$$I_{ном} \geq I_{ном.расч} = 1400 \text{ А}$$

Условие: $K_p I_{ном} \geq I_{прод расч} = I_{раб нб}$ можем не рассматривать, приняв нормальную работу схемы без перегрузок.

Наметим к выбору [см. приложение 3] выключатель: **ВВЭ-10-31,5/1600УЗ** – выключатель воздушный, электромагнитный, на напряжение 10 кВ, на номинальный ток 1600 А, на номинальный ток отключения 31,5кВ, предназначенный для умеренного климата, в помещениях с естественной вентиляцией. (Предполагается установка в КРУ).

Параметры выключателя **ВВЭ-10-31,5/1600УЗ**:

$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$	$i_{пр скв} = 80 \text{ кА}$	$I_{тер} = 31,5 \text{ кА}$
$I_{ном} = 1600 \text{ А}$	$I_{пр скв} = 31,5 \text{ кА}$	$t_{с в откл} = 0,075 \text{ с}$
$I_{откл ном} = 31,5 \text{ кА}$	$i_{вкл} = 80 \text{ кА}$	$\beta_{ном} = 0$
	$I_{вкл} = 31,5 \text{ кА}$	

Выбранный выключатель проверим:

1. По включающей способности, характеризующейся номинальным током включения выключателя

$$I_{вкл} \geq I_{по} \quad I_{вкл} = 31,5 \text{ кА} \geq I_{по} = 12,07 \text{ кА}$$
$$i_{вкл} \geq i_{уд} \quad i_{вкл} = 80 \text{ кА} \geq i_{уд} = 33,31 \text{ кА}$$

2. По отключающей способности, характеризующейся номинальным током отключения выключателя. Номинальный ток отключения $I_{откл ном}$ – это наибольший симметричный ток К.З. в момент расхождения контактов.

Расчетное время отключения

$$\tau = 0,01 + t_{с в откл} = 0,01 + 0,075 = 0,085 \text{ с.}$$

Периодическая составляющая тока К.З

При К.З за линейным реактором, ввиду большой электрической удаленности от источников питания, можно принять:

$$I_{пт} = I_{по} = 12,07 \text{ кА}$$

тогда

$$I_{откл ном} = 31,5 \text{ кА} \geq I_{пт} = I_{по} = 12,07 \text{ кА}$$

Апериодическая составляющая тока К.З. в момент τ :

$$i_{ат} = \sqrt{2} I_{по} e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 12,07 \cdot e^{-0,085/0,2} = 11,05 \text{ кА}$$

тогда

$$i_{a \text{ ном}} = \sqrt{2} I_{\text{откл ном}} \beta_{\text{норм}}/100 = \sqrt{2} \cdot 31,5 \cdot 0 < i_{a \text{ ат}} = 11,05 \text{ кА}$$

Так как $I_{\text{откл ном}} > I_{\text{пт}}$, а $i_{a \text{ ном}} < i_{a \text{ ат}}$, то проверку по отключающей способности проводим по условному полному току К.З. (Если $i_{a \text{ ном}} > i_{a \text{ ат}}$, проверку по полному току не проводим).

Полный ток отключения

$$\begin{aligned} \sqrt{2} I_{\text{откл ном}} (1 + \beta_{\text{норм}}/100) &= \sqrt{2} \cdot 31,5 \cdot (1+0) = 44,55 \text{ кА} \\ \sqrt{2} I_{\text{пт}} + i_{a \text{ ат}} &= \sqrt{2} \cdot 12,07 + 11,05 = 28,1 \text{ кА} \\ \sqrt{2} I_{\text{откл ном}} (1 + \beta_{\text{норм}}/100) &= 44,55 \text{ кА} > \sqrt{2} I_{\text{пт}} + i_{a \text{ ат}} = 28,1 \text{ кА} \end{aligned}$$

3. На электродинамическую стойкость при К.З., характеризующую способность выключателя выдерживать без повреждений механические воздействия, создаваемые токами К.З.

$$\begin{aligned} I_{\text{пр скв}} &= 31,5 \text{ кА} \geq I_{\text{по}} = 12,07 \text{ кА} \\ i_{\text{пр скв}} &= 80 \text{ кА} \geq i_{\text{уд}} = 33,31 \text{ кА} \end{aligned}$$

4. На термическую стойкость при К.З., характеризующую способность выключателя выдерживать без повреждений термические воздействия токов К.З.

Так как $t_{\text{откл}} = 0,085 \text{ с} < t_{\text{тер}} = 3 \text{ с}$, то проверку на термическую стойкость проводим по условию:

$$\begin{aligned} I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{откл}} &= 31,5^2 \cdot 0,085 = 84,34 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_{\text{к}} = 41,52 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \\ B_{\text{к}} &= I_{\text{по}}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) = 12,07^2 (0,085 + 0,2) = 41,52 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \end{aligned}$$

где $B_{\text{к}}$ – интеграл Джоуля: $B_{\text{к}} = \int_0^{t_{\text{откл}}} i_{\text{кл}}^2 dt$

Таким образом, выбранный выключатель **ВВЭ-10-31,5/1600УЗ** удовлетворяет всем условиям проверки, следовательно, его можно установить в цепь кабельной линии.

Разъединитель выбирается по следующим условиям:

$$\begin{aligned} U_{\text{ном}} &\geq U_{\text{с.ном}} \\ I_{\text{ном}} &\geq I_{\text{норм.расч}} \\ i_{\text{пр.скв}} &\geq i_{\text{уд}} \\ I_{\text{тер}}^2 t_{\text{откл}} &\geq B_{\text{к}} \end{aligned}$$

Выбираем разъединитель [см. приложение 3] типа **РВРЗ-III-1-10/2000 УЗ** – разъединитель внутренней установки рубящего типа, с одним заземляющим ножом, на номинальное напряжение 10 кВ, номинальный ток 2000 А.

Параметры разъединителя **РВРЗ-III-1-10/2000 УЗ:**

$$\begin{aligned} U_{\text{ном}} &\geq U_{\text{с.ном}} = 10,5 \text{ кВ} \\ I_{\text{ном}} &= 2000 \text{ А} \geq I_{\text{норм.расч}} = 1400 \text{ А} \\ i_{\text{пр.скв}} &= 85 \text{ кА} \geq i_{\text{уд}} = 33,31 \text{ кА} \\ I_{\text{тер}}^2 t_{\text{откл}} &= 31,5^2 \cdot 0,085 = 84,34 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B_{\text{к}} = 41,52 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \end{aligned}$$

ЗАДАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выбрать номинальную мощность и тип трансформаторов для однострансформаторной понижающей ПС 110/10 кВ, предназначенной для электроснабжения потребителей 3 категории.

Таблица 3.1

Данные для расчета третьей части

№ варианта	P_{\max} , МВт	$\cos \varphi_n$	Эквивалентная температура воздуха		Суточный график нагрузок	
			$\Theta_{\text{охл}}$ зимой	$\Theta_{\text{охл}}$ летом	зима	лето
1.	64	0,8	– 20 °C	+ 10 °C	30% P_{\max} – 7 час. 70% P_{\max} – 12 час. 100% P_{\max} – 5 час.	20% P_{\max} – 8 час. 50% P_{\max} – 12 час. 70% P_{\max} – 4 час.
2.	42	0,85	– 10 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 6 час. 60% P_{\max} – 6 час. 80% P_{\max} – 6 час. 100% P_{\max} – 6 час.	20% P_{\max} – 8 час. 40% P_{\max} – 8 час. 60% P_{\max} – 8 час.
3.	86	0,8	– 8 °C	+ 24 °C	50% P_{\max} – 9 час. 70% P_{\max} – 5 час. 100% P_{\max} – 10 час.	20% P_{\max} – 8 час. 50% P_{\max} – 10 час. 60% P_{\max} – 6 час.
4.	108	0,85	– 14 °C	+ 16 °C	40% P_{\max} – 7 час. 70% P_{\max} – 6 час. 90% P_{\max} – 11 час.	30% P_{\max} – 6 час. 50% P_{\max} – 8 час. 80% P_{\max} – 10 час.
5.	36	0,8	– 20 °C	+ 10 °C	40% P_{\max} – 6 час. 60% P_{\max} – 6 час. 80% P_{\max} – 8 час. 100% P_{\max} – 4 час.	30% P_{\max} – 8 час. 40% P_{\max} – 8 час. 60% P_{\max} – 8 час.
6.	24	0,85	– 8 °C	+ 24 °C	30% P_{\max} – 8 час. 70% P_{\max} – 12 час. 100% P_{\max} – 4 час.	20% P_{\max} – 8 час. 50% P_{\max} – 10 час. 70% P_{\max} – 6 час.
7.	64	0,8	– 10 °C	+ 20 °C	30% P_{\max} – 6 час. 70% P_{\max} – 9 час. 100% P_{\max} – 9 час.	20% P_{\max} – 6 час. 50% P_{\max} – 12 час. 70% P_{\max} – 6 час.
8.	42	0,85	– 20 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 4 час. 60% P_{\max} – 6 час. 80% P_{\max} – 8 час. 100% P_{\max} – 6 час.	20% P_{\max} – 7 час. 40% P_{\max} – 9 час. 60% P_{\max} – 8 час.
9.	108	0,85	– 10 °C	+ 16 °C	40% P_{\max} – 6 час. 70% P_{\max} – 7 час. 90% P_{\max} – 11 час.	30% P_{\max} – 5 час. 50% P_{\max} – 10 час. 80% P_{\max} – 9 час.
10.	36	0,8	– 16 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 4 час. 60% P_{\max} – 7 час. 80% P_{\max} – 8 час. 100% P_{\max} – 5 час.	30% P_{\max} – 6 час. 40% P_{\max} – 10 час. 60% P_{\max} – 8 час.
11.	24	0,85	– 24 °C	+ 24 °C	30% P_{\max} – 8 час. 70% P_{\max} – 10 час. 100% P_{\max} – 6 час.	20% P_{\max} – 6 час. 50% P_{\max} – 8 час. 70% P_{\max} – 10 час.
12.	86	0,8	– 10 °C	+ 16 °C	50% P_{\max} – 7 час. 70% P_{\max} – 9 час. 100% P_{\max} – 8 час.	20% P_{\max} – 4 час. 50% P_{\max} – 11 час. 60% P_{\max} – 9 час.
13.	42	0,8	– 18 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 4 час. 70% P_{\max} – 8 час. 100% P_{\max} – 12 час.	30% P_{\max} – 7 час. 60% P_{\max} – 9 час. 80% P_{\max} – 8 час.

ЗАДАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выбрать номинальную мощность и тип трансформаторов для двухтрансформаторной понижающей ПС 110/10 кВ, предназначенной для электроснабжения потребителей 1 и 2 категорий.

Таблица 3.2

Данные для расчета третьей части

№ варианта	P_{\max} , МВт	$\cos \varphi_n$	Эквивалентная температура воздуха		Суточный график нагрузок	
			$\Theta_{\text{охл}}$ зимой	$\Theta_{\text{охл}}$ летом	зима	лето
14.	64	0,8	– 10 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 6 час. 60% P_{\max} – 6 час. 80% P_{\max} – 6 час. 100% P_{\max} – 6 час.	20% P_{\max} – 8 час. 40% P_{\max} – 8 час. 60% P_{\max} – 8 час.
15.	42	0,85	– 20 °C	+ 10 °C	30% P_{\max} – 7 час. 70% P_{\max} – 12 час. 100% P_{\max} – 5 час.	20% P_{\max} – 8 час. 50% P_{\max} – 12 час. 70% P_{\max} – 4 час.
16.	86	0,8	– 14 °C	+ 16 °C	40% P_{\max} – 7 час. 70% P_{\max} – 6 час. 90% P_{\max} – 11 час.	30% P_{\max} – 6 час. 50% P_{\max} – 8 час. 80% P_{\max} – 10 час.
17.	108	0,85	– 8 °C	+ 24 °C	50% P_{\max} – 9 час. 70% P_{\max} – 5 час. 100% P_{\max} – 10 час.	20% P_{\max} – 8 час. 50% P_{\max} – 10 час. 60% P_{\max} – 6 час.
18.	36	0,8	– 8 °C	+ 24 °C	30% P_{\max} – 8 час. 70% P_{\max} – 12 час. 100% P_{\max} – 4 час.	20% P_{\max} – 8 час. 50% P_{\max} – 10 час. 70% P_{\max} – 6 час.
19.	24	0,85	– 20 °C	+ 10 °C	40% P_{\max} – 6 час. 60% P_{\max} – 6 час. 80% P_{\max} – 8 час. 100% P_{\max} – 4 час.	30% P_{\max} – 8 час. 40% P_{\max} – 8 час. 60% P_{\max} – 8 час.
20.	64	0,8	– 10 °C	+ 20 °C	30% P_{\max} – 7 час. 70% P_{\max} – 9 час. 100% P_{\max} – 8 час.	20% P_{\max} – 6 час. 50% P_{\max} – 12 час. 70% P_{\max} – 6 час.
21.	42	0,85	– 20 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 5 час. 60% P_{\max} – 6 час. 80% P_{\max} – 7 час. 100% P_{\max} – 6 час.	20% P_{\max} – 7 час. 40% P_{\max} – 8 час. 60% P_{\max} – 9 час.
22.	108	0,85	– 10 °C	+ 16 °C	40% P_{\max} – 6 час. 70% P_{\max} – 8 час. 90% P_{\max} – 10 час.	30% P_{\max} – 4 час. 50% P_{\max} – 10 час. 80% P_{\max} – 10 час.
23.	36	0,8	– 16 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 5 час. 60% P_{\max} – 7 час. 80% P_{\max} – 7 час. 100% P_{\max} – 5 час.	30% P_{\max} – 6 час. 40% P_{\max} – 11 час. 60% P_{\max} – 7 час.
24.	24	0,85	– 24 °C	+ 24 °C	30% P_{\max} – 8 час. 70% P_{\max} – 9 час. 100% P_{\max} – 7 час.	20% P_{\max} – 6 час. 50% P_{\max} – 8 час. 70% P_{\max} – 10 час.
25.	86	0,8	– 10 °C	+ 16 °C	50% P_{\max} – 7 час. 70% P_{\max} – 10 час. 100% P_{\max} – 7 час.	20% P_{\max} – 4 час. 50% P_{\max} – 10 час. 60% P_{\max} – 10 час.
26.	42	0,8	– 18 °C	+ 20 °C	40% P_{\max} – 4 час. 70% P_{\max} – 8 час. 100% P_{\max} – 12 час.	30% P_{\max} – 7 час. 60% P_{\max} – 9 час. 80% P_{\max} – 8 час.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТРЕТЬЕЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Пример 3.1 [1 с.80]

Выбрать номинальную мощность и тип трансформаторов для однотрансформаторной понижающей ПС 110/10 кВ, предназначенной для электроснабжения потребителей 3 категории.

Данные для расчета:

$$P_{\max} = 108 \text{ МВт}$$

$$\cos \varphi = 0,8$$

Эквивалентная температура воздуха:

$$\theta_{\text{охл.}} = -20^{\circ}\text{C (зимой)}$$

$$\theta_{\text{охл.}} = 20^{\circ}\text{C (летом)}$$

Суточный график нагрузок

Зима	Лето
50% P_{\max} – 8 час.	30% P_{\max} – 6 час.
70% P_{\max} – 7 час.	40% P_{\max} – 8 час.
100% P_{\max} – 9 час.	60% P_{\max} – 10 час.

Решение:

1. На основе заданных значений нагрузок строим суточный график нагрузок однотрансформаторной подстанции для зимнего и летнего времени.

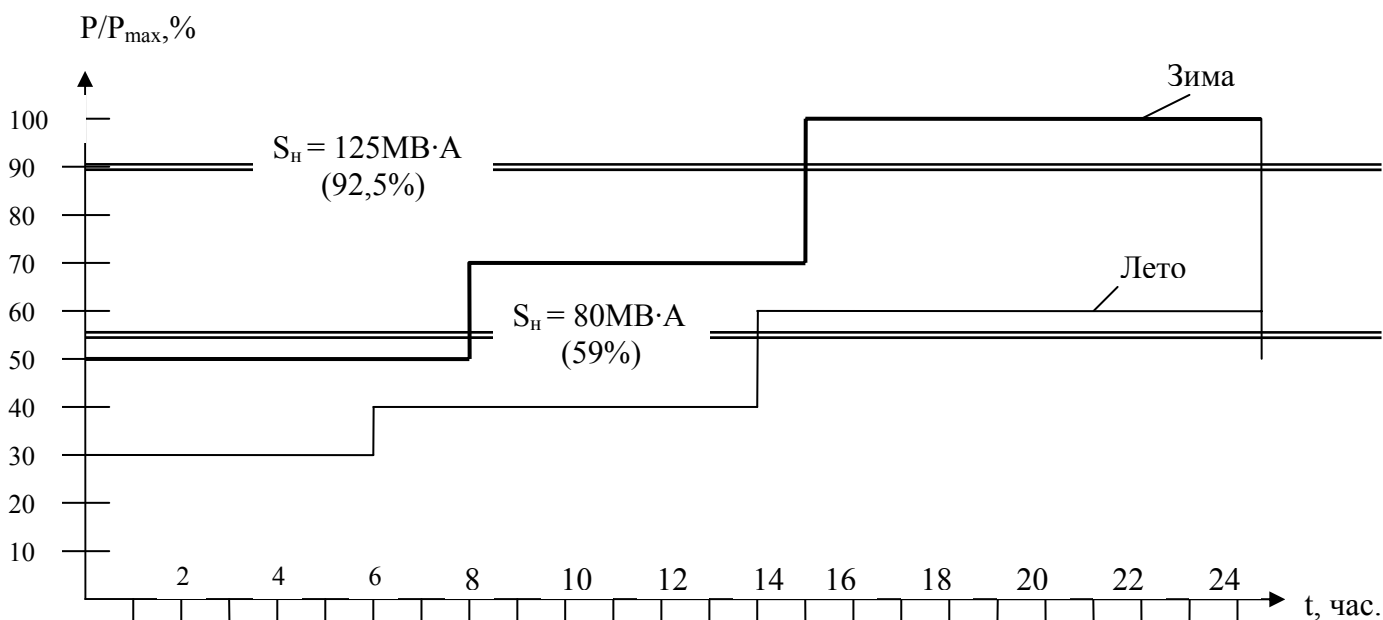


Рис.5 Суточный график нагрузок ПС 110/10 кВ

2. Максимальное значение полной мощности, передаваемой через трансформаторную подстанцию зимой:

$$S_{\max} = P_{\max} / \cos \varphi = 108 / 0,8 = 135 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

3. Рассмотрим к выбору [см. приложение 4] трансформатор ТДЦ-125000/110 (трехфазный с масляной системой охлаждения и принудительной циркуляцией воздуха и масла), номинальной мощностью $S_{\text{ном}} = 125 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

К выбору рассматривать целесообразно трансформатор стандартной мощности ближайшей меньшей к максимальному значению полной мощности, передаваемой через трансформаторную подстанцию и, соответствующей этой мощности системы охлаждения.

Преобразуем исходный зимний график (рис. 5) в эквивалентный с параметрами K_1, K_2, h .

где K_1 — коэффициент начальной нагрузки трансформатора;

K_2 — коэффициент перегрузки трансформатора;

h — время, при коэффициентах нагрузки K .

Обозначим на суточном графике нагрузок (рис.5) линию $K = 1$, соответствующую номинальной нагрузке S_n .

$$S_{n\%} = \frac{S_n}{S_{\max}} 100\% = \frac{125}{135} 100\% = 92,5\%$$

Перегрузка K_2 в период зимнего максимума продолжительностью $h = 9$ часов (h – время при $K > 1$) составит:

$$K_2 = \frac{S_{\max}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1^{1/2} \Delta h_1 + S_2^{1/2} \Delta h_2 + \dots + S_p^{1/2} \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_p$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K > 1$;
 $h_1, h_2 \dots h_p$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_p$

$$K_2 = \frac{135}{125} \cdot 1 = 1,08$$

Начальная нагрузка K_1 эквивалентного зимнего графика составит:

$$K_1 = \frac{S_{\max}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_m$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K < 1$;
 $t_1, t_2 \dots t_m$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_m$

$$K_1 = \frac{135}{125} \sqrt{\frac{0,5^2 \cdot 8 + 0,7^2 \cdot 7}{8 + 7}} = 0,812$$

На однотрансформаторной ПС при выборе номинальной мощности трансформатора учитываются допустимые систематические перегрузки.

Для допустимых систематических перегрузок при системе охлаждения ДЦ; $\theta_{\text{охл}} = -20^\circ\text{C}$;
 $K_1 = 0,812$; $h = 9$ по табл. приложения 5 находим $K_{2\text{доп}} = 1,36$, что выше расчетного $K_2 = 1,08$.

$$\begin{aligned} K_2 &< K_{2\text{доп}} \\ 1,08 &< 1,36, \text{ что удовлетворяет условию} \end{aligned}$$

Преобразуем исходный летний график (рис. 5) в эквивалентный с параметрами K_1, K_2, h .

Начальная нагрузка K_1 эквивалентного летнего графика составит:

$$K_1 = \frac{135}{125} \sqrt{\frac{0,3^2 \cdot 6 + 0,4^2 \cdot 8}{6 + 8}} = 0,38$$

(Подставляются все значения, кроме максимальной нагрузки, если график идет ниже линии S_n или все значения ниже линии S_n , если для летнего графика есть перегрузки).

Кратность максимальной нагрузки составит:

$$K_2 = \frac{135}{125} \cdot 0,6 = 0,648$$

(Кратность максимальной нагрузки рассчитывается, если весь график летних нагрузок идет ниже линии S_n . Если для летнего графика есть перегрузки, то рассчитывается **перегрузка в период летнего максимума K_2 продолжительностью h**).

Для допустимых систематических перегрузок при системе охлаждения ДЦ; $\theta_{\text{охл}} = 20^\circ\text{C}$; $K_1 = 0,38$; $h = 10$ по табл. приложения 5 находим $K_{2\text{доп}} = 1,09$, что выше расчетного $K_2 = 0,648$.

$$K_2 < K_{2\text{доп}} \\ 0,648 < 1,09, \text{ что удовлетворяет условию}$$

4. Таким образом, трансформатор ТДЦ-125000/110 удовлетворяет расчетным условиям при всех возможных режимах работы однотрансформаторной ПС 110/10 кВ.

5. Рассмотрим к выбору [см. приложение 4] трансформатор меньшей мощности ТДЦ-80000/110 (трехфазный с масляной системой охлаждения и принудительной циркуляцией воздуха и масла), номинальной мощностью $S_n = 80 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Расчет повторяем заново.

5.1 Преобразуем исходный зимний график (рис. 5) в эквивалентный с параметрами K_1 , K_2 , h , где K_1 – коэффициент начальной нагрузки трансформатора;

K_2 – коэффициент перегрузки трансформатора;

h – время, при коэффициентах нагрузки K .

5.2 Обозначим на суточном графике нагрузок (рис.5) линию $K = 1$, соответствующую номинальной нагрузке S_n .

$$S_{n\%} = \frac{S_n}{S_{\text{max}}} 100\% = \frac{80}{135} 100\% = 59\%$$

5.1 Перегрузка K_2 в период зимнего максимума продолжительностью $h = 9$ часов (h – время при $K > 1$) составит:

$$K_2 = \frac{S_{\text{max}}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1'^2 \Delta h_1 + S_2'^2 \Delta h_2 + \dots + S_p'^2 \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_p$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K > 1$;
 $h_1, h_2 \dots h_p$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_p$

$$K_2 = \frac{135}{80} \sqrt{\frac{0,7^2 \cdot 7 + 1^2 \cdot 9}{7 + 9}} = 1,48$$

5.2 Начальная нагрузка K_1 эквивалентного зимнего графика составит:

$$K_1 = \frac{S_{\text{max}}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_m$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K < 1$;
 $t_1, t_2 \dots t_m$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_m$

$$K_1 = \frac{135}{80} \cdot 0,5 = 0,84$$

5.3 Для допустимых систематических перегрузок при системе охлаждения ДЦ; $\theta_{\text{охл}} = -20^\circ\text{C}$; $K_1 = 0,84$; $h = 16$ по табл. приложения 5 находим $K_{2\text{доп}} = 1,30$, что ниже расчетного $K_2 = 1,48$.

$$K_2 < K_{2\text{доп}} \\ 1,48 > 1,30, \text{ что не удовлетворяет условию}$$

6. Таким образом, трансформатор ТДЦ-80000/110 не удовлетворяет расчетным условиям, поэтому для однотрансформаторной понижающей ПС 110/10 кВ, предназначенной для электро-снабжения потребителей 3 категории, выбираем трансформатор ТДЦ-125000/110.

Пример 3.2 [1 с.82]

Выбрать номинальную мощность и тип трансформаторов для двухтрансформаторной понижающей ПС 110/10 кВ, предназначенной для электроснабжения потребителей 1 и 2 категорий.

Данные для расчета:

$$P_{\max} = 24 \text{ МВт}$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

Эквивалентная температура воздуха:

$$\theta_{\text{охл.}} = -20^{\circ}\text{C (зимой)}$$

$$\theta_{\text{охл.}} = 20^{\circ}\text{C (летом)}$$

Суточный график нагрузок

Зима	Лето
40% P_{\max} – 4 час.	30% P_{\max} – 6 час.
60% P_{\max} – 8 час.	40% P_{\max} – 10 час.
80% P_{\max} – 6 час.	60% P_{\max} – 8 час.
100% P_{\max} – 6 час.	

Решение:

1. На основе заданных значений нагрузок строим суточный график нагрузок двухтрансформаторной подстанции для зимнего и летнего времени.

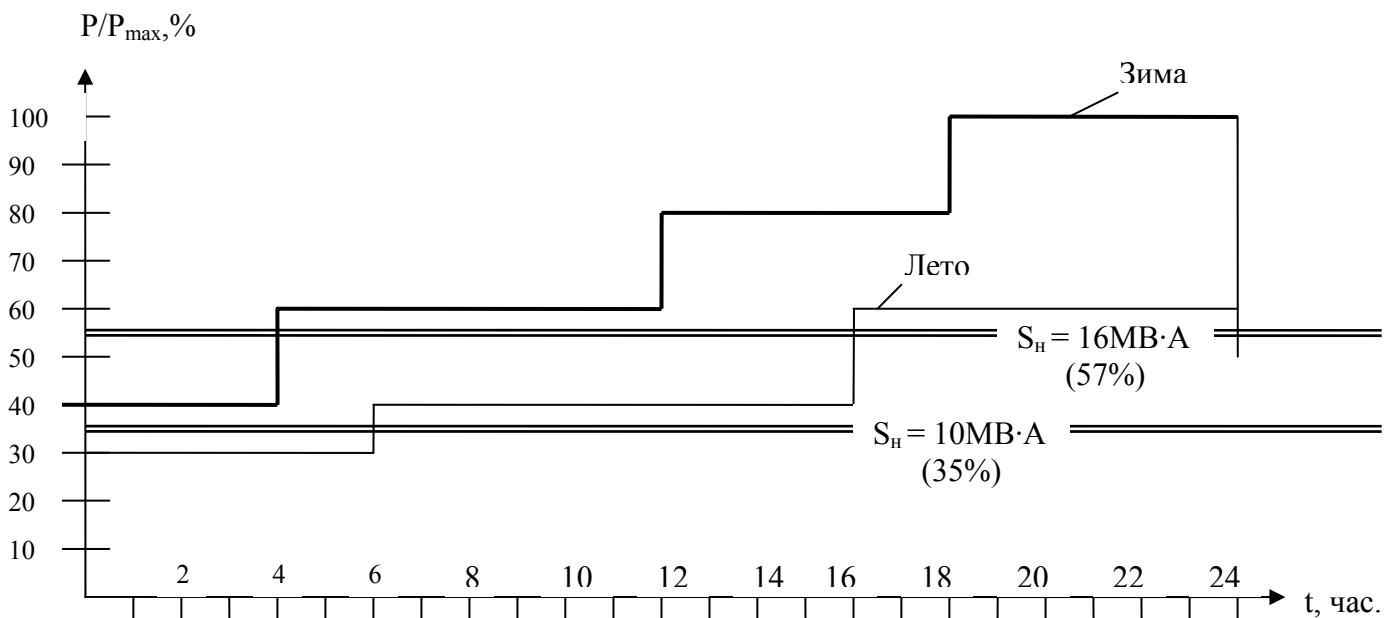


Рис. 6 Суточный график нагрузок ПС 110/10 кВ

2. Максимальное значение полной мощности, передаваемой через трансформаторную подстанцию зимой:

$$S_{\max} = P_{\max} / \cos \varphi = 24 / 0,85 = 28,2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

3. Рассмотрим к выбору [см. приложение 4] два трансформатора ТДН-16000/110 (трехфазные с масляной системой охлаждения, принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла, с устройством РПН), номинальной мощностью $S_n = 16 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

К выбору рассматривать целесообразно трансформаторы стандартной мощности ближайшей большей к половинному максимальному значению полной мощности, передаваемой через трансформаторную подстанцию и, соответствующей этой мощности системы охлаждения.

Дальнейший расчет проводится для одного трансформатора, так как оценивается перегрузочная способность каждого из двух.

3.1 Преобразуем исходный зимний график (рис.6) в эквивалентный с параметрами K_1 , K_2 , h , где K_1 – коэффициент начальной нагрузки трансформатора;
 K_2 – коэффициент перегрузки трансформатора;
 h – время, при коэффициентах нагрузки K .

3.2 Обозначим на суточном графике нагрузок (рис.6) линию $K = 1$, соответствующую номинальной нагрузке S_n .

$$S_{n\%} = \frac{S_n}{S_{\max}} 100\% = \frac{16}{28,2} 100\% = 57\%$$

3.3 Перегрузка K_2 в период максимума аварийной нагрузки (одного трансформатора) продолжительностью $h = 20$ часов (h – время при $K > 1$) составит:

$$K_2 = \frac{S_{\max}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1'^2 \Delta h_1 + S_2'^2 \Delta h_2 + \dots + S_p'^2 \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_p$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K > 1$;
 $h_1, h_2 \dots h_p$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_p$

$$K_2 = \frac{28,2}{16} \sqrt{\frac{0,6^2 \cdot 8 + 0,8^2 \cdot 6 + 1^2 \cdot 6}{8 + 6 + 6}} = 1,4$$

3.4 Начальная нагрузка K_1 эквивалентного зимнего графика составит:

$$K_1 = \frac{S_{\max}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_m$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K < 1$;
 $t_1, t_2 \dots t_m$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_m$

$$K_1 = \frac{28,2}{16} \cdot 0,4 = 0,705$$

3.5 На двухтрансформаторной ПС при выборе номинальной мощности трансформаторов учитываются допустимые **аварийные** перегрузки.

Для допустимых аварийных перегрузок при системе охлаждения Д; $\theta_{\text{охл}} = -20^\circ\text{C}$; $K_1 = 0,705$; $h = 20$ по табл. приложения 5 находим $K_{2\text{доп}} = 1,6$, что больше фактической перегрузки.

$$K_2 < K_{2\text{доп}} \\ 1,4 < 1,6, \text{ что удовлетворяет условию}$$

3.6 Определим параметры летнего эквивалентного графика, необходимые для оценки возможности систематической перегрузки одного трансформатора при плановом ремонте другого.

3.7 Начальная нагрузка K_1 эквивалентного летнего графика составит:

$$K_1 = \frac{28,2}{16} \sqrt{\frac{0,3^2 \cdot 6 + 0,4^2 \cdot 10}{6 + 10}} = 0,64$$

(Подставляются все значения ниже линии S_n , то есть при $K < 1$)

3.8 Перегрузка в период максимума аварийной нагрузки каждого трансформатора (или кратность максимальной нагрузки, если летом все $S < S_n$) составит:

$$K_2 = \frac{28,2}{16} \cdot 0,6 = 1,06$$

3.9 Для допустимых систематических перегрузок при системе охлаждения Д; $\theta_{\text{охл}} = 20^\circ\text{C}$; $K_1 = 0,64$; $h = 8$ по табл. приложения 5 находим $K_{2\text{доп}} = 1,16$, что больше фактической перегрузки.

$$K_2 < K_{2\text{доп}} \\ 1,06 < 1,16, \text{ что удовлетворяет условию}$$

4. Таким образом, трансформаторы ТДН-16000/110 удовлетворяют расчетным условиям при всех возможных режимах работы двухтрансформаторной ПС 110/10 кВ.

5. Рассмотрим к выбору [см. приложение 4] трансформаторы меньшей мощности ТДН-10000/110 (трехфазные с масляной системой охлаждения, принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла, с устройством РПН), номинальной мощностью $S_n = 10$ МВ·А.

Расчет повторяем заново.

5.1 Преобразуем исходный зимний график (рис.6) в эквивалентный с параметрами K_1 , K_2 , h .
где K_1 – коэффициент начальной нагрузки трансформатора;
 K_2 – коэффициент перегрузки трансформатора;
 h – время, при коэффициентах нагрузки K .

5.2 Обозначим на суточном графике нагрузок (рис.6) линию $K = 1$, соответствующую номинальной нагрузке S_n .

$$S_{n\%} = \frac{S_n}{S_{\text{max}}} 100\% = \frac{10}{28,2} 100\% = 35\%$$

5.3 Перегрузка K_2 в период максимума аварийной нагрузки (одного трансформатора) продолжительностью $h = 24$ часа (h – время при $K > 1$) составит:

$$K_2 = \frac{S_{\text{max}}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1'^2 \Delta h_1 + S_2'^2 \Delta h_2 + \dots + S_p'^2 \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_p$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K > 1$;
 $h_1, h_2 \dots h_p$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_p$

$$K_2 = \frac{28,2}{10} \sqrt{\frac{0,4^2 \cdot 4 + 0,6^2 \cdot 8 + 0,8^2 \cdot 6 + 1^2 \cdot 6}{4 + 8 + 6 + 6}} = 2,1$$

5.4 Начальная нагрузка K_1 эквивалентного зимнего графика составит:

$$K_1 = \frac{S_{\text{max}}}{S_n} \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}$$

где $S_1, S_2 \dots S_m$ – заданные значения мощностей, в относительных единицах, при $K < 1$;
 $t_1, t_2 \dots t_m$ – отрезки времени, соответствующие мощностям $S_1, S_2 \dots S_m$

$$K_1 = \frac{28,2}{10} \cdot 0 = 0$$

5.5 На двухтрансформаторной ПС при выборе номинальной мощности трансформаторов учитываются допустимые **аварийные** перегрузки.

Для допустимых аварийных перегрузок при системе охлаждения Д; $\theta_{\text{охл}} = -20^\circ\text{C}$; $K_1 = 0$; $h = 24$ по табл. приложения 5 находим $K_{2\text{доп}} = 1,6$, что меньше фактической перегрузки.

$$K_2 < K_{2\text{доп}}$$

$2,1 > 1,6$, что не удовлетворяет условию

6. Таким образом, трансформаторы ТДН-10000/110 не удовлетворяют расчетным условиям (фактическая перегрузка в период максимума аварийной нагрузки больше допустимой), поэтому для двухтрансформаторной понижающей ПС 110/10 кВ, предназначенной для электроснабжения потребителей 1 и 2 категорий, выбираем два трансформатора типа ТДН-16000/110.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапов В.Г. и др. Сборник задач и упражнений по электрической части электростанций и подстанций / Под ред. Б.Н. Неклепаева и В.А. Старшинова. – М.: Изд-во МЭИ, 1996. – 256 с.
2. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во ЭНАС, 2007. – 352 с.
3. Балаков Ю.Н., Мисриханов М. Ш., Шунтов А.В. Проектирование схем электроустановок. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 288 с.
4. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
5. Васильев А.А. и др. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А.А. Васильева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
6. Электротехнический справочник: В 4 т. / Под общ. ред. В.Г. Герасимова. – Т.2: Электротехнические изделия и устройства. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 518 с.
7. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования: РД 153-34.0-20.527-98 / Науч. ред. Б.Н. Неклепаев. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 150 с.
8. Церазов А.Л., Старшинов В.А., Васильева А.П. Электрическая часть тепловых электростанций. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 368 с.
9. <http://forca.ru/>

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФБГОУ ВПО «УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Электрооборудование электростанций»

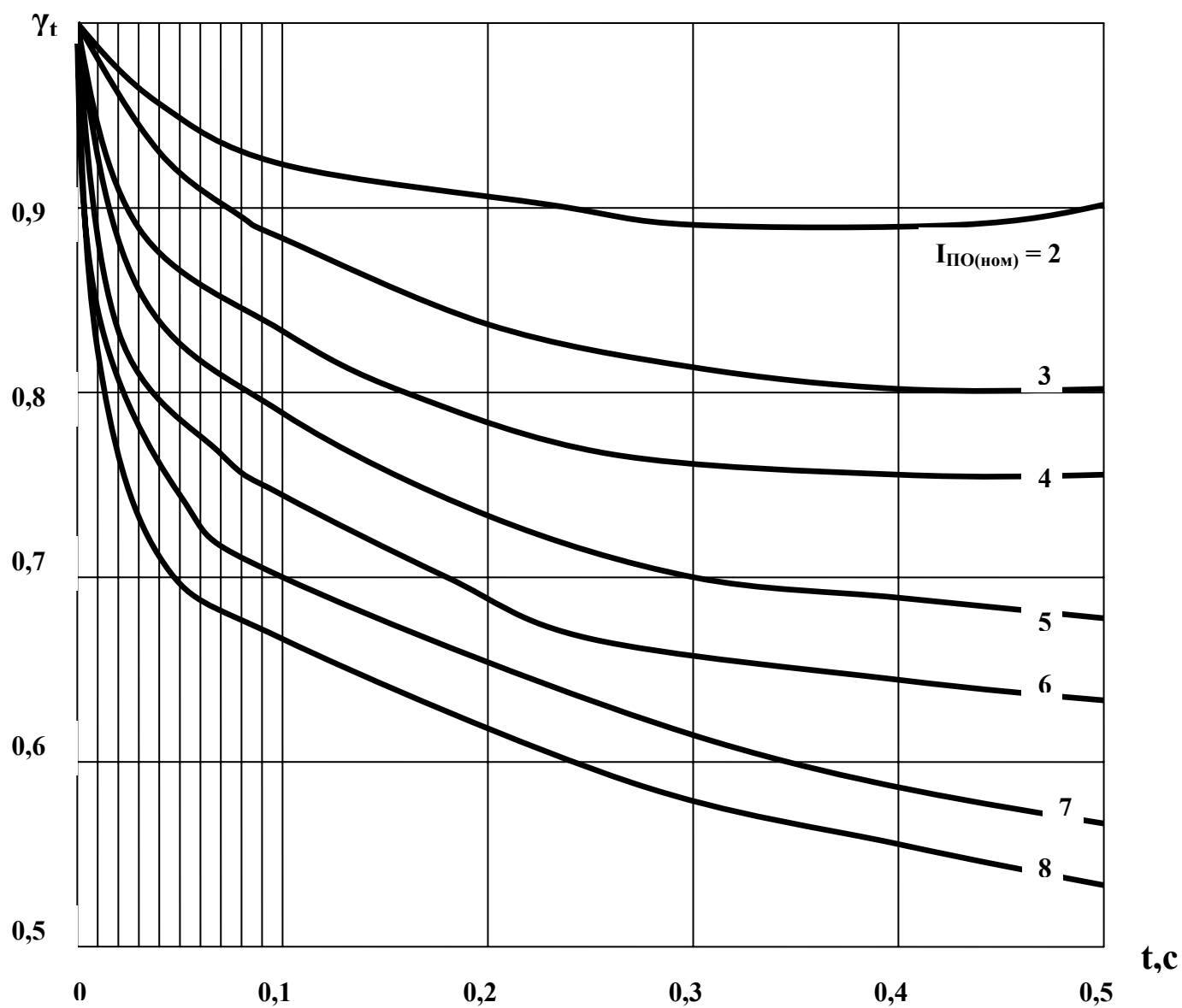
**Тема: Расчет токов короткого замыкания в электрических схемах
электростанций и подстанций**

Вариант 1

Выполнил: студент гр. 100500- 41 Князев Ю.Н.

Проверил: ст. преподаватель Боровская И.Г.

Кривые изменения во времени действующего значения
периодической составляющей тока К.З. от синхронного генератора



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Электрические аппараты и электрооборудование напряжением выше 1000 В

Таблица ПЗ.1 Выключатели внутренней установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА	Нормируемое содержание аперийодической составляющей, %	Предельный сквозной ток, кА		Номинальный ток включения, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
						Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	I _{откл.ном.}	β _{норм.}	i _{пр.скв.}	I _{пр.скв.}	i _{вкл.}	I _{вкл.}	I _{тер./t_{тер.}}	t _{откл.св.}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Маломасляные											
ВММ-10А-400-10У2	10	12	400	10	...	25,5	10	25,5	10	10/3	0,105
ВММ-10-630-10У2	10	12	630	10	...	25,5	10	25,5	10	10/3	0,105
ВММ-10-320-10Т3	11	12	320	10	...	25,5	10	25,5	10	10/3	0,105
ВПИМ-10-20/630У3	10	12	630	20	...	52	20	52	20	20/4	0,11
											0,14
ВПИМ-10-20/630У2	10	12	630	20	...	52	20	52	20	20/4	0,11
											0,14
ВПИП-10-20/630У3	10	12	630	20	...	52	20	52	20	20/4	0,14
ВПИМ-10-20/1000У3	10	12	1000	20	...	52	20	52	20	20/4	0,11
											0,14
ВПИМ-10-20/1000У2	10	12	1000	20	...	52	20	52	20	20/4	0,11
											0,14
ВПИП-10-20/1000У3	10	12	1000	20	...	52	20	52	20	20/4	0,14
ВМПЭ-10-630-20У3	10	...	630	20	...	52	20	52	20	20/8	0,005
ВМПЭ-10-1000-20У3	10	...	1000	20	...	52	20	52	20	20/8	0,095
ВМПЭ-10-1600-20У3	10	...	1600	20	...	52	20	52	20	20/8	0,095
ВМПЭ-11-630-20Т3	11	...	630	20	...	52	20	52	20	20/8	0,095
ВМПЭ-11-1250-20Т3	11	...	1250	20	...	52	20	52	20	20/8	0,095
ВМПЭ-10-630-31,5У3	10	12	630	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-10-1000-31,5У3	10	12	1000	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-10-1600-31,5У3	10	12	1600	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-10-3150-31,5У3	10	12	3150	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,12
ВМПЭ-11-630-31,5Т3	11	...	630	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-11-1250-31,5Т3	11	...	1250	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,095
ВМПЭ-11-2500-31,5Т3	11	...	1250	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/4	0,12
ВК-10-630-20У2	10	12	630	20	...	52	20	...	...	20/4	0,07
ВК-10-630-20Т3	11	12	630	20	...	52	20	...	...	20/4	0,07
ВК-10-1000-20У2	10	12	1000	20	...	52	20	...	...	20/4	0,07
ВК-10-1250-20Т3	11	12	1250	20	...	52	20	...	...	20/4	0,07
ВК-10-1600-20У2	10	12	1600	20	...	52	20	...	...	20/4	0,07
ВК-10-630-31,5У2	10	12	630	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,07
ВК-10-630-31,5Т3	11	12	630	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,07
ВК-10-1000-31,5У2	10	12	1000	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,07
ВК-10-1250-31,5Т3	11	12	1250	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,07
ВК-10-1600-31,5У2	10	12	1600	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,07
ВКЭ-10-20/630У3	10	...	630	20	...	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-20/630Т3	11	...	630	20	...	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-20/1000У3	10	...	1000	20	...	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-20/1250Т3	11	...	1250	20	...	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-20/1600У3	10	...	1600	20	...	52	20	52	20	20/3	0,095
ВКЭ-10-31,5/630У3	10	...	630	20	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,095
ВКЭ-10-31,5/630Т3	11	...	630	20	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,095
ВКЭ-10-31,5/1000У3	10	...	1000	20	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,095
ВКЭ-10-31,5/1250Т3	11	...	1250	20	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,095
ВКЭ-10-31,5/1600У3	10	...	1600	20	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,095
МГГ-10-3150-45У3	10	12	3150	45/45	...	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГГ-10-4000-45У3	10	12	4000	45/45	...	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА	Нормируемое содержание аперийодической составляющей, %	Предельный сквозной ток, кА		Номинальный ток включения, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
	$U_{ном.}$	$U_{м.р.}$	$I_{ном.}$	$I_{откл.ном.}$	$\beta_{ном.}$	$i_{пр.скв.}$	$I_{пр.скв.}$	$i_{вкл.}$	$I_{вкл.}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МГТ-10-5000-45У3	10	12	5600	45/45	...	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГТ-10-5000-63КУ3	10	12	5000	63/58	...	170	64	170/100	64/38	64/4	0,13
МГТ-10-5000-63У3	10	12	5000	63/58	...	170	64	170/100	64/38	64/4	0,13
МГТ-10-2000-45Т3	11	12	2000	45/45	...	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГТ-10-3150-45Т3	11	12	3150	45/45	...	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГТ-10-4000-45Т3	11	12	4000	45/45	...	120	45	120/51	45/20	45/4	0,15
МГТ-11-3500/1000Т3	11,5	12	3500	64/58	...	170	64	170/100	64/38	64/4	0,12
МГУ-20-90/6300У3	20	24	6300	90	20	300	105	150/75	60/30	90/4	0,2
МГУ-20-90/9500У3	20	24	9500	90	20	300	105	150/75	60/30	90/4	0,2
ВГМ-20-90/11200У3	20	24	11200	90	20	320	125	150/75	60/30	105/4	0,2
Воздушные											
ВВОА-15-140/12500У3	15	17,5	12500	140	30	355	140	355	140	140/3	0,168
ВВГ-20-160/12500У3	20	24	12500	160	20	410	160	385	150	160/4	0,14
ВВГ-20-160/20000У3	20	24	20000	160	20	410	160	385	150	160/4	0,14
ВВГ-20-160/11200ТС3	20	24	11200	160	20	410	160	385	150	160/4	0,14
ВВЭ-35-20/1600У3	35	...	1600	20	...	...	...	...	...	...	0,08
Электромагнитные											
ВЭМ-10Э-1000/20У3	10	12	1000	20	25	52	20	52	20	20/4	0,07
ВЭМ-10Э-1250/20У3	10	12	1250	20	25	52	20	52	20	20/4	0,07
ВЭ-6-40/1600У3	6	7,2	1600	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/1600Т3	6,6	7,2	1600	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/2000У3	6	7,2	2000	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/2000Т3	6,6	7,2	2000	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/3200У3	6	7,2	3200	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭ-6-40/3200Т3	6,6	7,2	3200	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭС-6-40/1600У3	6	7,2	1600	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭС-6-40/1600Т3	6,6	7,2	1600	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭС-6-40/2000У3	6	7,2	2000	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭС-6-40/2000Т3	6,6	7,2	2000	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭС-6-40/3200У3	6	7,2	3200	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭС-6-40/3200Т3	6,6	7,2	3200	40	20	128	40	128	40	40/4	0,075
ВЭЭ-6-40/1600У3	6	...	1600	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭ-6-40/1600Т3	6,6	...	1600	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭС-6-40/1600У3	6	...	1600	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭС-6-40/1600Т3	6,6	...	1600	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭ-6-40/2000Т3	6,6	...	2000	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭ-6-40/2500У3	6	...	2500	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭ-6-40/2500Т3	6,6	...	2500	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭС-6-40/2500У3	6	...	2500	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭС-6-40/2500Т3	6,6	...	2500	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭ-6-40/3150У3	6	...	3150	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭЭС-6-40/3150У3	6	...	3150	40	...	128	40	128	40	40/3	0,08
ВЭ-10-1250-20У3	10	12	1250	20	...	51	20	...	...	20/4	0,075
ВЭ-10-1250-20Т3	10	12	1250	20	...	51	20	...	...	20/4	0,075
ВЭ-10-1600-20У3	10	12	1600	20	...	51	20	...	...	20/4	0,075
ВЭ-10-1600-20Т3	10	12	1600	20	...	51	20	...	...	20/4	0,075
ВЭ-10-2500-20У3	10	12	2500	20	...	51	20	...	...	20/4	0,075

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА	Нормируемое содержание аперийонической составляющей, %	Предельный сквозной ток, кА		Номинальный ток включения, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Полное время отключения, с
						Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	I _{откл.ном.}	β _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{пр.скв.}	i _{вкл.}	I _{вкл.}	I _{тер./t_{тер.}}	t _{откл.св.}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ВЭ-10-3600-20У3	10	12	3600	20	...	51	20	...	...	20/4	0,075
ВЭ-10-3600-20Т3	10	12	3600	20	...	51	20	...	...	20/4	0,075
ВЭ-10-1250-31,5У3	10	12	1250	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-1250-31,5Т3	10	12	1250	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-1600-31,5У3	10	12	1600	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-1600-31,5Т3	10	12	1600	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-2500-31,5У3	10	12	2500	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-2500-31,5Т3	10	12	2500	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-3600-31,5У3	10	12	3600	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-3600-31,5Т3	10	12	3600	31,5	...	80	31,5	...	...	31,5/4	0,075
ВЭ-10-40/1600У3	10	...	1600	40	...	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/1600Т3	11	...	1600	40	...	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/2500У3	10	...	2500	40	...	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/2500Т3	11	...	2500	40	...	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/3150У3	10	...	3150	40	...	100	40	100	40	40/3	0,08
ВЭ-10-40/3150Т3	11	...	3150	40	...	100	40	100	40	40/3	0,08
Вакуумные											
ВВТЭ-10-10/630У2	10	12	630	10	60	25	10	25	10	10/3	0,05
ВВТП-10-10/630У2	10	12	630	10	60	25	10	25	10	10/3	0,05
ВВТЭ-10-20/630УХЛ2	10	12	630	20	50	52	20	52	20	20/3	0,05
ВВТП-10-20/630УХЛ2	10	12	630	20	50	52	20	52	20	20/3	0,05
ВВТЭ-10-20/1000УХЛ2	10	12	1000	20	50	52	20	52	20	20/3	0,05
ВВТП-10-20/1000УХЛ2	10	12	1000	20	50	52	20	52	20	20/3	0,05
ВВЭ-10-20/630У3	10	12	630	20	40	52	20	52	20	20/3	0,05
ВВЭ-10-20/1000У3	10	12	1000	20	40	52	20	52	20	20/3	0,05
ВВЭ-10-20/1600У3	10	12	1600	20	40	52	20	52	20	20/3	0,05
ВВЭ-10-31,5/630У3	10	12	630	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/1000У3	10	12	1000	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/1600У3	10	12	1600	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/2000У3	10	12	2000	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/3150У3	10	12	3150	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-20/630Т3	11	12	630	20	...	52	20	52	20	20/3	0,075
ВВЭ-10-20/1250Т3	11	12	1250	20	...	52	20	52	20	20/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/630Т3	11	12	630	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/1250Т3	11	12	1250	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/1600Т3	11	12	1600	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075
ВВЭ-10-31,5/2500Т3	11	12	1600	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,075

ОБОЗНАЧЕНИЕ ТИПОВ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

В – выключатель;

В (вторая) – воздушный или вакуумный;

ОА – для ГАЭС;

М – масляный или маломасляный;

М (вторая) – маломасляный (ВММ);

Г – генераторный или с горшковым исполнением полюсов (МГГ);

П – с подвесными полюсами или с пружинным приводом (ВПМП, ВМПП, ВВТП);

Э – электромагнитный или вариант исполнения (ВВТЭ);

Э (второе) – с электромагнитным приводом;

С – сейсмостойкий;

К – колонковый (ВК, ВКЭ) или для КРУ;

Т – трехполюсный (ВВТЭ, ВВТП).

Первое число – номинальное напряжение, кВ;

Второе и третье числа – соответственно номинальный ток, А, и номинальный ток отключения, кА (у воздушных выключателей наоборот).

Буквы после чисел:

У – для работы в районах с умеренным климатом;

Т – для работы в тропическом климате;

ХЛ – для работы в холодном климате.

Последняя цифра:

1 – для работы на открытом воздухе;

2 – для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха;

3 – для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

Для выключателей типа МГГ-10 через дробь соответственно показаны: номинальные токи при эффективных температурах воздуха 35° и 45°С (а для выключателя типа МГГ-10-3500/1000ТЗ – соответственно при 45° и 60°С), номинальные токи отключения при работе без АПВ и в цикле АПВ, номинальные токи включения при использовании мгновенной отсечки по включаемому току и с выдержкой времени не более 0,03 с.

Для выключателя типа ВГМ-20 и МГУ-20 показаны: номинальный ток включения с автоматическим отключением без выдержки времени (в числителе) и с удержанием выключателя во включенном положении (в знаменателе).

Таблица ПЗ.2 Выключатели наружной установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА	Нормируемое содержание аperiodической составляющей, %	Предельный сквозной ток, кА		Номинальный ток включения, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Собственное время отключения (приводом), с
	$U_{ном.}$	$U_{м.р.}$	$I_{ном.}$	$I_{откл.ном.}$	$\beta_{норм.}$	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей	Наибольший пик	Начальное действующее значение периодической составляющей		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Воздушные											
ВВУ-35А-40/2000У1	35	40,5	2000	40	30	102	40	102	40	40/3	0,07
ВВУ-35А-40/2000ХЛ1	35	40,5	2000	40	30	102	40	102	40	40/3	0,07
ВВУ-35А-40/3150У1	35	40,5	3150	40	30	102	40	102	40	40/3	0,07
ВВУ-35Б-40/3150У1	35	40,5	3150	40	30	102	40	102	40	40/3	0,07
ВВУ-110Б-40/2000У1	110	126	2000	40	23	102	40	102	40	40/3	0,08
ВВБМ-110Б-31,5/2000У1	110	126	2000	31,5	32	102	40	90	35	40/3	0,07
ВВБМ-110Б-31,5/2000ХЛ1	110	126	2000	31,5	32	102	40	90	35	40/3	0,07
ВВБ-220Б-31,5/2000У1	220	252	2000	31,5	23	102	40	80	35	40/3	0,08
ВВД-220Б-40/2000ХЛ1	220	252	2000	40	23	102	40	102	40	40/3	0,08
ВВД-330Б-40/3150У1	330	363	3150	40	20	102	40	102	40	40/2	0,08
ВВБ-500А-35,5/2000У1	500	525	2000	35,5	40	102	40	90	35,5	40/2	0,08
ВВБ-500А-35,5/2000ХЛ1	500	525	2000	35,5	40	102	40	90	35,5	40/2	0,08
ВВБ-750-40/3150У1	750	787	3150	40	32	128	50	102	40	40/2	0,06
ВВДМ-330Б-50/3150У1	330	363	3150	50	23	128	50	128	50	50/2	0,08
ВВ-330Б-31,5/2000У1	330	363	2000	31,5	...	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,08
ВВ-500Б-31,5/2000У1	500	525	2000	31,5	20	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,08
ВВМ-500Б-31,5/2000ХЛ1	500	525	2000	31,5	20	80	31,5	80	31,5	31,5/3	0,08
ВВБК-110Б-50/3150У1	110	126	3150	50	35	128	50	128	50	56/3	0,06
ВВБК-220Б-56/3150У1	220	252	3150	56	47	...	...	143	56	56/3	0,04
ВВБК-500-50/3200У1	500	525	3200	50	45	128	50	128	50	50/2	0,04
ВНВ-220А-63/3150У1	220	252	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-220Б-63/3150У1	220	252	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-220А-63/3150ХЛ1	220	252	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-220Б-63/3150ХЛ1	220	252	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-330А-40/3150У1	330	363	3150	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-330Б-40/3150У1	330	363	3150	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-330А-63/3150У1	330	363	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-330Б-63/3150У1	330	363	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-330А-40/4000У1	330	363	4000	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-330Б-40/4000У1	330	363	4000	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-330А-63/4000У1	330	363	4000	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-330Б-63/4000У1	330	363	4000	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-500А-40/3150У1(ХЛ1)	500	525	3150	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-500Б-40/3150У1(ХЛ1)	500	525	3150	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-500А-63/3150У1(ХЛ1)	500	525	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-500Б-65/3150У1(ХЛ1)	500	525	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-500А-40/4000У1(ХЛ1)	500	525	4000	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-500Б-40/4000У1(ХЛ1)	500	525	4000	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-500А-63/4000У1(ХЛ1)	500	525	4000	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-500Б-63/4000У1(ХЛ1)	500	525	4000	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-750А-40/3150У1	750	787	3150	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-750Б-40/3150У1	750	787	3150	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-750А-63/3150У1	750	787	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-750Б-63/3150У1	750	787	3150	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-750А-40/4000У1	750	787	4000	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-750Б-40/4000У1	750	787	4000	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04
ВНВ-750А-63/4000У1	750	787	4000	63	...	162	63	...	...	63/3	0,04
ВНВ-1150-40/4000У1	1150	...	4000	40	...	102	40	...	...	40/3	0,04

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА	Нормируемое содержание аperiodической составляющей, %	Предельный сквозной ток, кА		Номинальный ток включения, кА		Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Собственное время отключения (приводом), с
	$U_{ном.}$	$U_{м.р.}$	$I_{ном.}$	$I_{откл.ном.}$	$\beta_{норм.}$	$i_{пр.скв.}$	$I_{пр.скв.}$	$i_{вкл.}$	$I_{вкл.}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Масляные баковые											
МКП-35-1000-25АУ1	35	40,5	1000	25	...	64	25	...	...	25/4	0,08
МКП-35-1000-25БУ1	35	40,5	1000	25	...	64	25	...	...	25/4	0,08
МКП-110Б-630-20У1	110	126	630	20	...	52	20	52	20	20/3	0,05
МКП-110-1000-20ХЛ1	110	126	1000	20	...	52	20	52	20	20/3	0,04
МКП-110Б-1000-20У1	110	126	1000	20	...	52	20	52	20	20/3	0,05
С-35М-630-10У1	35	40,5	630	10	25	26	10	26	10	10/3	0,05
С-35М-630-10БТ1	35	40,5	630	10	25	26	10	26	10	10/3	0,05
С-35М-630-10БХЛ1	35	40,5	630	10	25	26	10	26	10	10/3	0,05
С-35-2000-50БУ1	35	40,5	2000	50	...	127	50	127	50	50/4	0,08
С-35-3200-50БУ1	35	40,5	3200	50	...	127	50	127	50	50/4	0,08
У-110А-2000-40У1	110	126	2000	40	20	102	40	102	40	40/3	0,08
У-110Б-2000-40У1	110	126	2000	40	20	102	40	102	40	40/3	0,08
У-110А-2000-50У1	110	126	2000	50	30	135	50	135	50	50/3	0,08
У-110Б-2000-50У1	110	126	2000	50	30	135	50	135	50	50/3	0,08
ВТ-35-800-12,5У1	35	40,5	800	12,5	...	31	12,5	...	...	12,5/4	0,09
ВТД-35-800-12,5У1	35	40,5	800	12,5	...	31	12,5	...	...	12,5/4	0,09
ВТД-35-630-12,5Т1	35	40,5	630	12,5	...	31	12,5	...	...	12,5/4	0,09
У-220Б-1000-25У1	220	252	1000	25	25	64	25	64	25	25/3	0,08
У-220Б-1000-25У1	220	252	1000	25	25	64	25	64	25	25/3	0,08
У-220А-2000-25У1	220	252	2000	25	25	64	25	64	25	25/3	0,08
У-220Б-2000-25У1	220	252	2000	25	25	64	25	64	25	25/3	0,08
У-220-2000-25ХЛ1	220	252	2000	25	25	64	25	64	25	25/3	0,08
У-220А-2000-40У1	220	252	2000	40	30	102	40	102	40	40/3	0,08
У-220Б-2000-40У1	220	252	2000	40	30	102	40	80	31,5	40/3	0,08
Маломасляные											
ВМКЭ-35А-16/1000У1	35	40,5	1000	16	...	45	26	...	...	16,5/4	0,11
ВМКЭ-35Б-16/1000У1	35	40,5	1000	16	...	45	26	...	...	16,5/4	0,08
ВМУЭ-35Б-25/1250УХЛ1	35	40,5	1250	25	...	64	25	64	25	25/4	0,075
ВМУЭ-35Б-25/1000Т1	35	40,5	1000	25	...	64	25	64	25	25/4	0,075
ВМТ-110Б-20/1000УХЛ1	110	126	1000	20	25	52	20	52	20	20/3	0,08
ВМТ-110Б-25/1250УХЛ1	110	126	1250	25	36	65	25	65	25	25/3	0,06
ВМТ-220Б-20/1000УХЛ1	220	252	1000	20	25	52	20	52	20	20/3	0,08
ВМТ-220Б-25/1250УХЛ1	220	252	1250	25	36	65	25	65	25	25/3	0,06
Элегазовые											
ЯЭ-110Л-23(13)У1	110	126	1250	40	...	125	50	100	40	50/3	0,065
ЯЭ-220Л-11(21)У1	220	252	1250	40	...	125	50	100	40	50/3	0,065
100SFMT63SF	110	126	1200	63	40	143	63	100	40	63/3	0,05
НРЛ145А1	110	126	4000	63	...	151	63	100	63	63/3	0,08
ВЭК-110-40/2000У1	110	126	2000	40	...	102	40	...	...	...	...
ВЭБ-110 II-40/2500УХЛ1	110	126	2500	40	40	102	40	102	40	40/3	0,055
ВЭК-220-40/2000У1	220	252	2000	40	...	102	40	...	...	...	...
ВГУ-330Б-40/3150У1	330	363	3150	40	...	102	40	102	40	40/2	0,05
ВГУ-500Б-40/3150У1(ХЛ1)	500	525	3150	40	...	102	40	102	40	40/2	0,05
ВГУ-750-40/3150У1	750	787	3150	40	...	102	40	102	40	40/2	0,05
Выключатели-отделители											
ВО-750У1	750	787	500	40	...	102	40	102	40	40/2	0,02
ВО-1150У1	1150	...	600	40	...	102	...	...	...	...	0,03

ОБОЗНАЧЕНИЕ ТИПОВ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

В – выключатель;

В (вторая или третья буква) – воздушный;

Б – баковый;

У – усиленный по скорости восстановления напряжения (ВВУ) или уральский (ВМУЭ, У, ВГУ);

Н – наружной установки;

М – малогабаритный (ВМУЭ), масляный (МКП), модернизированный (ВВДМ) или маломасляный (ВМКЭ, ВМТ);

К – камерный (МКП), колонковый (ВМК) или с металлической гасительной камерой-баком (ВВБК);

С – обозначение серии;

П – подстанционный;

Т – трехполюсный;

Д – дистанционный (ВТД) или с повышенным давлением (ВВД).

Первое число – номинальное напряжение, кВ;

Буквы А или Б после этого числа – категория изоляции, **Э** – с электромагнитным приводом, **В** – с пневматическим приводом;

Второе и третье числа – соответственно номинальный ток, А, и номинальный ток отключения, кА (у некоторых выключателей наоборот).

Буквы после этих чисел:

У – для работы в районах с умеренным климатом;

ХЛ – для работы в холодном климате;

Т – для работы в тропическом климате.

Последняя цифра:

1 – для работы на открытом воздухе;

2 – для работы в помещениях со свободным доступом наружного воздуха;

3 – для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией;

4 – для работы в закрытых помещениях с искусственной вентиляцией;

Обозначение ячейки элегазовой:

Я – ячейка;

Э – элегазовая;

Первое число – номинальное напряжение, кВ;

Буква после этого числа:

Л – линейная;

Ш – шиносоединительная;

С – секционная;

Тн – трансформаторов напряжения.

Цифры после второго дефиса: первая – число систем сборных шин, вторая – с однополюсными или трехполюсными сборными шинами.

Таблица ПЗ.3 Разъединители внутренней установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ				Масса, кг	Тип привода
				главных ножей		заземляющих ножей			
				Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{тер.} /t _{тер.}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РВ-6/400У3	6	7,2	400	41	16/4	—	—	23	ПР-10; ПР-11
РВ-6/400Т2	6	7,2	400	41	16/4	—	—	39	
РВФ-6/400 ПУ3	6	7,2	400	41	16/4	—	—	35	
РВФ-6/400 ПУ3	6	7,2	400	41	16/4	—	—	35	
РВФ-6/400 IVУ3	6	7,2	400	41	16/4	—	—	43	
РВФ-6/400 ПУ2, ХЛ2	6	7,2	400	41	16/4	—	—	51	
РВФ-6/400 ПУ2, ХЛ2	6	7,2	400	41	16/4	—	—	51	
РВФ-6/400 IVУ2, ХЛ2	6	7,2	400	41	16/4	—	—	66	
РВФ-6/400 ПТ2	6	7,2	400	41	16/4	—	—	64	
РВФ-6/400 ПТ2	6	7,2	400	41	16/4	—	—	64	
РВФ-6/400 IVТ2	6	7,2	400	41	16/4	—	—	79	
РВФ-6/630 ПУ3	6	7,2	630	41	16/4	—	—	38	
РВФ-6/630 ПУ3	6	7,2	630	41	16/4	—	—	38	
РВФ-6/630 IVУ3	6	7,2	630	41	16/4	—	—	46	
РВФ-6/630 ПУ2 (ХЛ2)	6	7,2	630	41	16/4	—	—	52	
РВФ-6/630 ПУ2 (ХЛ2)	6	7,2	630	41	16/4	—	—	52	
РВФ-6/630 IVУ2 (ХЛ2)	6	7,2	630	41	16/4	—	—	67	
РВФ-6/630 ПТ2	6	7,2	630	41	16/4	—	—	64	
РВФ-6/630 ПТ2	6	7,2	630	41	16/4	—	—	64	
РВФ-6/630 IVТ2	6	7,2	630	41	16/4	—	—	79	
РВФ3-6/630 II – ПУ3	6	7,2	630	52	20/4	...	20/1	44	
РВФ3-6/630 II – ПУ2 (ХЛ2)	6	7,2	630	52	20/4	...	20/1	56	
РВФ3-6/630 II – ПТ2	6	7,2	630	52	20/4	...	20/1	69	
РВФ-6/1000 ПУ3	6	7,2	1000	100	40/4	—	—	65	
РВФ-6/1000 ПУ3	6	7,2	1000	100	40/4	—	—	65	
РВФ-6/1000 IVУ3	6	7,2	1000	100	40/4	—	—	83	
РВФ-6/1000 ПУ2 (ХЛ2)	6	7,2	1000	100	40/4	—	—	66	
РВФ-6/1000 ПУ2 (ХЛ2)	6	7,2	1000	100	40/4	—	—	66	
РВФ-6/1000 IVУ2 (ХЛ2)	6	7,2	1000	100	40/4	—	—	82	
РВФ-6/1000 ПТ2	6	7,2	1000	100	40/4	—	—	70	
РВФ-6/1000 IVТ2	6	7,2	1000	100	40/4	...	—	87	
РВФ3-6/1000 II – ПУ3	6	7,2	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	70	
РВФ3-6/1000 II – ПУ2 (ХЛ2)	6	7,2	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	75	
РВФ3-6/1000 II – ПТ2	6	7,2	1000	81	31,5/4	—	31,5/1	75	
РВ-10/400 У3	10	12	400	41	16/4	...	—	26	
РВ-10/400 У2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	400	41	16/4	—	—	34	
РВ3-10/400 IУ3	10	12	400	41	16/4	41	16/1	31	
РВ3-10/400 ПУ3	10	12	400	41	16/4	41	16/1	31	
РВ3-10/400 ПУ3	10	12	400	41	16/4	41	16/1	37	
РВ3-10/400 IУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	400	41	16/4	41	16/1	40	
РВ3-10/400 ПУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	400	41	16/4	41	16/1	40	
РВ3-10/400 ПУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	400	41	16/4	41	16/1	45	
РВФ-10/400 ПУ3	10	12	400	41	16/4	—	—	37	
РВФ-10/400 IVУ3	10	12	400	41	16/4	—	—	45	
РВФ-10/400 ПМУ3	10	12	400	41	16/4	—	—	37	
РВФ-10/400 IVМУ3	10	12	400	41	16/4	—	—	45	
РВФ-10/400 ПМУ2 (МХЛ2)	10	12	400	41	16/4	—	—	53	
РВФ-10/400 IVМУ2 (МХЛ2)	10	12	400	41	16/4	—	—	68	

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напря- жение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ				Масса, кг	Тип привода
				главных ножей		заземляющих ножей			
				Предельный сквоз- ной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Предельный сквоз- ной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{тер./t_{тер.}}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РВ-10/630 УЗ	10	12	630	52	20/4	–	–	28	ПР-10; ПР-11
РВ-10/630 У2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	630	52	20/4	–	–	36	
РВЗ-10/630 ІУЗ	10	12	630	52	20/4	...	20/1	33	
РВЗ-10/630 ІІУЗ	10	12	630	52	20/4	...	20/1	33	
РВЗ-10/630 ІІІУЗ	10	12	630	52	20/4	...	20/1	38	
РВЗ-10/630 ІУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	630	52	20/4	...	20/1	42	
РВЗ-10/630 ІІУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	630	52	20/4	...	20/1	42	
РВЗ-10/630 ІІІУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	630	52	20/4	...	20/1	47	
РВФ-10/630 ІІУЗ	10	12	630	52	20/4	–	–	39	
РВФ-10/630 ІІІУЗ	10	12	630	52	20/4	–	–	39	
РВФ-10/630 ІVУЗ	10	12	630	52	20/4	–	–	47	
РВФ-10/630 ІІМУЗ	10	12	630	52	20/4	–	–	40	
РВФ-10/630 ІІІМУЗ	10	12	630	52	20/4	–	–	40	
РВФ-10/630 ІVМУЗ	10	12	630	52	20/4	–	–	48	
РВФ-10/630 ІІМУ2 (МХЛ2)	10	12	630	52	20/4	–	–	55	
РВФ-10/630 ІІІМУ2 (МХЛ2)	10	12	630	52	20/4	–	–	55	
РВФ-10/630 ІVМУ2 (МХЛ2)	10	12	630	52	20/4	–	–	69	
РВФЗ-10/630 ІІ – ІІУЗ	10	12	630	52	20/4	...	20/1	45	
РВФЗ-10/630 ІІ – ІІМУЗ	10	12	630	52	20/4	...	20/1	46	
РВФЗ-10/630 ІІ – ІІМУ2 (МХЛ2)	10	12	630	52	20/4	...	20/1	77	
РВ-10/1000 УЗ	10	12	1000	100	40/4	–	–	42	
РВ-10/1000 У2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	1000	100	40/4	–	–	48	
РВЗ-10/1000 ІУЗ	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	49	
РВЗ-10/1000 ІІУЗ	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	49	
РВЗ-10/1000 ІІІУЗ	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	56	
РВЗ-10/1000 ІУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	53	
РВЗ-10/1000 ІІУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	53	
РВЗ-10/1000 ІІІУ2 (ХЛ2, ХЛ3)	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	60	
РВФ-10/1000 ІІУЗ	10	12	1000	100	40/4	...	–	64	
РВФ-10/1000 ІVУЗ	10	12	1000	100	40/4	–	–	83	
РВФ-10/1000 ІІМУЗ	10	12	1000	100	40/4	–	–	65	
РВФ-10/1000 ІІІМУЗ	10	12	1000	100	40/4	–	–	65	
РВФ-10/1000 ІVМУЗ	10	12	1000	100	40/4	–	–	83	
РВФ-10/1000 ІІМУ2 (МХЛ2)	10	12	1000	100	40/4	–	–	68	
РВФ-10/1000 ІVМУ2 (МХЛ2)	10	12	1000	100	40/4	–	–	84	
РВФЗ-10/1000 ІІ – ІІУЗ	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	71	
РВФЗ-10/1000 ІІ – ІІМУЗ	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	72	
РВФЗ-10/1000 ІІ – ІІМУ2	10	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	58	
РВ-11/400 Т2	11	12	400	41	16/4	–	–	39	
РВФ-11/400 ІІМТ2	11	12	400	41	16/4	–	–	64	
РВФ-11/400 ІVМТ2	11	12	400	41	16/4	–	–	79	
РВ-11/630 Т2	11	12	630	52	20/4	–	–	45	
РВЗ-11/630 ІТ2	11	12	630	52	20/4	...	20/1	53	
РВЗ-11/630 ІІТ2	11	12	630	52	20/4	...	20/1	53	
РВЗ-11/630 ІІІТ2	11	12	630	52	20/4	...	20/1	60	
РВФ-11/630 ІІТ2	11	12	630	52	20/4	–	–	65	
РВФ-11/630 ІVТ2	11	12	630	52	20/4	–	–	80	
РВФ-11/630 ІІМТ2	11	12	630	52	20/4	–	–	64	

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ				Масса, кг	Тип привода
				главных ножей		заземляющих ножей			
				Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{тер./t_{тер.}}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РВФ-11/630 IV МТ2	11	12	630	52	20/4	—	—	79	ПР-10; ПР-11
РВФ3-11/630 II – II МТ2	11	12	630	52	20/4	...	20/1	69	
РВ-11/1000 Т2	11	12	1000	100	40/4	—	20/1	53	
РВ3-11/1000 IT2	11	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	61	
РВ3-11/1000 IT2	11	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	61	
РВ3-11/1000 IT2	11	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	68	
РВФ-11/1000 IT2	11	12	1000	100	40/4	—	—	76	
РВФ-11/1000 IT2	11	12	1000	100	40/4	—	—	76	
РВФ-11/1000 IT2	11	12	1000	100	40/4	—	—	70	
РВФ-11/1000 IT2	11	12	1000	100	40/4	—	—	70	
РВФ-11/1000 IVMT2	11	12	1000	100	40/4	—	—	87	
РВФ3-11/1000 II – IT2	11	12	1000	81	31,5/4	...	31,5/1	75	
РВР-III-10/2000 У3	10	12	2000	85	31,5/4	—	—	82	ПВД-1У3; ПР-3У3; ПЧ-50У3
РВР3-III-1-10/2000 У3	10	12	2000	85	31,5/4	85	31,5/1	97	
РВР3-III-2-10/2000 У3	10	12	2000	85	31,5/4	85	31,5/1	112	
РВР- 10/2500 У2	10	12	2500	125	45/4	—	—	...	ПВД-1У3
РВР- 10/2500 У3	10	12	2500	125	45/4	—	—	...	ПЧ-50У3
РВР3- 1-10/2500 У2	10	12	2500	125	45/4	125	45/1	...	ПВД-3У3; з.н. ПВД-3У3
РВР3- 1-10/2500 У3	10	12	2500	125	45/4	125	45/1	...	
РВР3- 2-10/2500 У2	10	12	2500	125	45/4	125	45/1	...	
РВР3- 2-10/2500 У3	10	12	2500	125	45/4	125	45/1	...	
РВР-10/4000 У3	10	12	4000	180	71/4	—	—	...	ПВД-1У3;
РВР3-1-10/4000 У3	10	12	4000	180	71/4	...	71/1	...	ПЧ-50У3; з.н. ПЧ-50У3
РВР3-2-10/4000 У3	10	12	4000	180	71/4	...	71/1	...	
РВК-10/2000 У1	10	12	2000	85	31,5/4	—	—	26	ПР-3У3
РВ-20/630 У3	20	24	630	50	20/4	—	—	85	ПР-3
РВ3-1-20/630 У3	20	24	630	50	20/4	50	20/1	95	
РВ3-2-20/630 У3	20	24	630	50	20/4	50	20/1	113	
РВ-20/1000 У3	20	24	1000	55	20/4	—	—	87	
РВ3-1-20/1000 У3	20	24	1000	55	20/4	55	20/1	96	
РВ3-2-20/1000 У3	20	24	1000	55	20/4	50	20/1	114	
РВР-20/6300 У3	20	24	6300	260	100/4	—	—	187	
РВР3-1-20/6300 У3	20	24	6300	260	100/4	260	100/1	220	
РВР3-2-20/6300 У3	20	24	6300	260	100/4	260	100/1	248	ПЧ-50; з.н. ПЧ-50
РВР-20/8000 У3	20	24	8000	320	125/4	—	—	205	
РВР3-1-20/8000 У3	20	24	8000	320	125/4	320	125/1	237	
РВР3-2-20/8000 У3	20	24	8000	320	125/4	320	125/1	264	
РВП-20/12500 У3	20	24	12500	490	180/4	—	—	625	ПД-12У3
РВП3-1-20/12500 У3	20	24	12500	490	180/4	250	100/1	625	
РВП3-2-20/12500 У3	20	24	12500	490	180/4	250	100/1	625	
РВР-24/6300 Т3	24	24	6300	220	80/4	—	—	259	ПЧ-50Т
РВ-35/630 У3	35	40,5	630	51	20/4	—	—	86	ПР-3
РВ3-1-35/630 У3	35	40,5	630	51	20/4	51	20/1	97	
РВ3-2-35/630 У3	35	40,5	630	51	20/4	51	20/1	115	
РВ-35/1000 У3	35	40,5	1000	80	31,5/4	—	—	147	
РВ3-1-35/1000 У3	35	40,5	1000	80	31,5/4	80	31,5/1	171	
РВ3-2-35/1000 У3	35	40,5	1000	80	31,5/4	80	31,5/1	195	
РВК-35/2000 У3	35	40,5	2000	115	45/4	—	—	74	ПР-3У3

Таблица ПЗ.4 Разъединители наружной установки

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ				Масса, кг	Тип привода
				главных ножей		заземляющих ножей			
				Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{тер./t_{тер.}}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вертикальные									
РЛНДА-1-10/200У1	10	...	200	...	17/4	...	17/1	19,7	ПРНЗ-10
РЛНДУ-1-10/400У1	10	...	400	...	17/4	...	17/1	23	ПРНЗ-10
РОН-10К /5000У2	10	12	5000	180	71/4	—	—	105	ПНЧ
Горизонтальные									
РЛНД-10/400У1	10	...	400	25	10/4	25	10/1	59,7	ПРН-10МУ1
РЛНД.1-10/400У1	10	...	400	25	10/4	25	10/1	68,5	ПРНЗ-10У1
РЛНД.2-10/400У1	10	...	400	25	10/4	25	10/1	78,1	ПРНЗ-2-10У1
РЛНД.1-10У/400У1	10	...	400	25	10/4	25	10/1	82	ПРНЗ-10У1
РЛНД.2-10У/400У1	10	...	400	25	10/4	25	10/1	89	ПРНЗ-2-10У1
РЛНД.1-10/400ХЛ1	10	...	400	25	10/4	25	10/1	65	ПРНЗ-10ХЛ1
РЛНД.2-10/400ХЛ1	10	...	400	25	10/4	25	10/1	72	ПРНЗ-2-10ХЛ2
РЛНД-10/630У1	10	...	630	35,5	12,5/4	35,5	12,5/1	59	ПРН-10МУ1
РЛНД.1-10/630У1	10	...	630	35,5	12,5/4	35,5	12,5/1	66	ПРНЗ-10У1
РЛНД.2-10/630У1	10	...	630	35,5	12,5/4	35,5	12,5/1	73	ПРНЗ-2-10У1
РЛНД.1-10У/630У1	10	...	630	35,5	12,5/4	35,5	12,5/1	93,5	ПРНЗ-10У1
РЛНД.2-10У/630У1	10	...	630	35,5	12,5/4	35,5	12,5/1	104	ПРНЗ-2-10У1
РЛНДС-10/400У1	10	...	400	...	10/4	—	—	16	ПРН-10М
РЛНДС-1-10/400У1	10	...	400	...	10/4	...	10/1	20	ПРНЗ-10У1
РЛНДС-10/630У1	10	...	630	...	15,6/4	...	15,6/1	16	ПРН-10М
РЛНД-11/320Т1	11	...	320	25	10/4	—	—	86	ПР-2Т1
РЛНД.1-11/320Т1	11	...	320	25	10/4	25	10/1	93	
РЛНД-11/630Т1	11	...	630	35,5	12,5/4	—	—	87	
РЛНД.1-11/630Т1	11	...	630	35,5	12,5/4	35,5	12,5/1	94	
РНД-33У/630Т1	33	...	630	63	25/4	—	—	149	ПР-Т1
РНД-33У/1250Т1	33	...	1250	80	31,5/4	—	—	197	
РНДЗ-2-33У/1250Т1	33	...	1250	80	31,5/4	80	31,5/1	221	
РНД-35/1000У1	35	...	1000	63	25/4	—	—	69	ПВ-20У2 или ПРН-110У1
РНДЗ.1-35/1000У1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	87	
РНДЗ.2-35/1000У1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	104	ПВ-20У2 или ПРН-110ХЛ1
РНД-35/1000ХЛ1	35	...	1000	63	25/4	—	—	66	
РНДЗ.1-35/1000ХЛ1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	88	
РНДЗ.2-35/1000ХЛ1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	106	ПВ-20У2 или ПРН-110У1
РНД-35У/1000У1	35	...	1000	63	25/4	—	—	139	
РНДЗ.1-35У/1000У1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	160	
РНДЗ.2-35У/1000У1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	182	
РНД-35Б/1000У1	35	...	1000	63	25/4	—	—	71	
РНДЗ.1-35Б/1000У1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	86,5	
РНДЗ.2-35Б/1000У1	35	...	1000	63	25/4	63	25/1	105	
РНД-35/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	—	—	184	ПВ-20У2 или ПРН-110У1
РНДЗ.1-35/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	208	
РНДЗ.2-35/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	232	ПВ-20У2 или ПРН-110ХЛ1
РНД-35/2000ХЛ1	35	...	2000	80	31,5/4	—	—	174	
РНДЗ.1-35/2000ХЛ1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	198	
РНДЗ.2-35/2000ХЛ1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	219	ПВ-20У2 или ПРН-110У1
РНД-35У/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	—	—	191	
РНДЗ.1-35У/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	215	
РНДЗ.2-35У/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	158	

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее на- пряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ				Масса, кг	Тип привода
				главных ножей		заземляющих ножей			
				Предельный сквоз- ной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Предельный сквоз- ной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{тер./t_{тер.}}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РНД-35Б/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	—	—	186	ПВ-20У2 или ПРН-110У1
РНДЗ.1-35Б/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	208	
РНДЗ.2-35Б/2000У1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	230	
РНД-35/3200У1	35	...	3200	125	50/4	—	—	214	ПВ-20У2 или ПРН-110У1
РНДЗ.1-35/3200У1	35	...	3200	125	50/4	125	50/1	238	
РНДЗ.2-35/3200У1	35	...	3200	125	50/4	125	50/1	262	
РНДЗ.2-35/5000У1	35	...	5000	80	31,5/4	80	31,5/1	285	ПР-У1
РДЗ-1-35/2000УХЛ1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	64,7	ПР-2УХЛ1
РДЗ-2-35/2000УХЛ1	35	...	2000	80	31,5/4	80	31,5/1	69,2	
РДЗ-1-35/3200УХЛ1	35	...	3200	125	50/4	125	50/1	65,2	
РДЗ-2-35/3200УХЛ1	35	...	3200	125	50/4	125	50/1	70,7	
РНД-66/630Т1	66	72,5	630	80	31,5/4	—	—	186	ПР-Т1; ПДН-220Т
РНДЗ.1-66/630Т1	66	72,5	630	80	31,5/4	80	31,5/1	211	
РНДЗ.2-66/630Т1	66	72,5	630	80	31,5/4	80	31,5/1	252	
РНД-110/630Т1	110	...	630	80	31,5/4	—	—	403	ПР-Т1; ПДН-220Т
РНДЗ.1-110/630Т1	110	...	630	80	31,5/4	80	31,5/1	529	
РНДЗ.2-110/630Т1	110	...	630	80	31,5/4	80	31,5/1	567	
РНД-110/1000У1	110	...	1000	80	31,5/4	—	—	210	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.1-110/1000У1	110	...	1000	80	31,5/4	80	31,5/1	234	
РНДЗ.2-110/1000У1	110	...	1000	80	31,5/4	80	31,5/1	254	
РНД-110/1000ХЛ1	110	...	1000	80	31,5/4	—	—	210	ПДН-1ХЛ1 или ПРН-110ХЛ1; з.н. ПРН- 110ХЛ1
РНДЗ.1-110/1000ХЛ1	110	...	1000	80	31,5/4	80	31,5/1	234	
РНДЗ.2-110/1000ХЛ1	110	...	1000	80	31,5/4	80	31,5/1	254	
РНД-110Б/1000У1	110	...	1000	80	31,5/3	—	—	210	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.1-110Б/1000У1	110	...	1000	80	31,5/3	80	31,5/1	234	
РНДЗ.2-110Б/1000У1	110	...	1000	80	31,5/3	80	31,5/1	254	
РНД-110У/1000У1	110	...	1000	80	31,5/3	—	—	403	
РНДЗ.1-110У/1000У1	110	...	1000	80	31,5/3	80	31,5/1	462	
РНДЗ.2-110У/1000У1	110	...	1000	80	31,5/3	80	31,5/1	501	
РНД-110/1250Т1	110	...	1250	100	40/3	—	—	493	ПР-Т1; ПДН-220Т
РНДЗ.1-110/1250Т1	110	...	1250	100	40/3	100	40/1	548	
РНДЗ.2-110/1250Т1	110	...	1250	100	40/3	100	40/1	581	
РНД-110/2000У1	110	...	2000	100	40/3	—	—	320	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.1-110/2000У1	110	...	2000	100	40/3	100	40/1	380	
РНДЗ.2-110/2000У1	110	...	2000	100	40/3	100	40/1	433	
РНД-110/2000ХЛ1	110	...	2000	100	40/3	—	—	320	ПДН-1ХЛ1 или ПРН-110ХЛ1; з.н. ПРН- 110ХЛ1
РНДЗ.1-110/2000ХЛ1	110	...	2000	100	40/3	100	40/1	380	
РНДЗ.2-110/2000ХЛ1	110	...	2000	100	40/3	100	40/1	433	
РНД-110У/2000У1	110	...	2000	100	40/3	—	—	422	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.1-110У/2000У1	110	...	2000	100	40/3	100	40/1	530	
РНДЗ.2-110У/2000У1	110	...	2000	100	40/3	100	40/1	530	
РНД-110/3200У1	110	...	3200	125	50/3	—	—	368	ПДН-1У1 или ПРН-110У1

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ				Масса, кг	Тип привода
				главных ножей		заземляющих ножей			
				Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его дейст- вия, с	Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его дейст- вия, с		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{тер.} /t _{тер.}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РНДЗ.1-110/3200У1	110	...	3200	125	50/3	125	50/1	416	ПДН-220Т; ПР-Т1
РНДЗ.2-110/3200У1	110	...	3200	125	50/3	125	50/1	460	
РНД-132/630Т1	132	...	630	100	40/3	—	—	630	
РНДЗ.1-132/630Т1	132	...	630	100	40/3	100	40/1	684	
РНДЗ.2-132/630Т1	132	...	630	100	40/3	100	40/1	731	
РНД-132/1250Т1	132	...	1250	100	40/3	—	—	654	ПДН-220Т; ПР-Т1
РНДЗ.1-132/1250Т1	132	...	1250	100	40/3	100	40/1	707	
РНДЗ.2-132/1250У1	132	...	1250	100	40/3	100	40/1	752	
РНД-150/1000У1	150	...	1000	100	40/3	—	—	423	ПДН-1У1 или ПРН-110У1
РНДЗ.1-150/1000У1	150	...	1000	100	40/3	100	40/1	480	
РНДЗ.2-150/1000У1	150	...	1000	100	40/3	100	40/1	510	
РНД-150/2000У1	150	...	2000	100	40/3	—	—	450	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.1-150/2000У1	150	...	2000	100	40/3	100	40/1	500	
РНДЗ.2-150/2000У1	150	...	2000	100	40/3	100	40/1	525	
РНД-150/3200У1	150	...	3200	112	45/3	—	—	433	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.1-150/3200У1	150	...	3200	112	45/3	112	45/1	480	
РНДЗ.2-150/3200У1	150	...	3200	112	45/3	112	45/1	505	
РНД-220/630Т1	220	...	630	100	40/3	—	—	689	ПДН-220Т ; ПР-Т1
РНДЗ.1-220/630Т1	220	...	630	100	40/3	100	40/1	786	
РНД-220/1000У1	220	...	1000	100	40/3	—	—	593	
РНДЗ.1-220/1000У1	220	...	1000	100	40/3	100	40/1	638	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.2-220/1000У1	220	...	1000	100	40/3	100	40/1	682	
РНД-220/1000ХЛ1	220	...	1000	100	40/3	—	—	744	
РНДЗ.1-220/1000ХЛ1	220	...	1000	100	40/3	100	40/1	1106	ПРН-110ХЛ1; з.н. ПРН- 110ХЛ1
РНДЗ.2-220/1000ХЛ1	220	...	1000	100	40/3	100	40/1	1190	
РДЗ-1-220/1000УХЛ1	220	...	1000	100	40/3	100	40/1	483	
РДЗ-2-220/1000УХЛ1	220	...	1000	100	40/3	100	40/1	524	ПД-5У1; ПР- У1 ПД-5ХЛ1; ПР- ХЛ1
РНД-220/1250Т1	220	...	1250	100	40/3	—	—	707	
РНДЗ.1-220/1250Т1	220	...	1250	100	40/3	100	40/1	804	
РНДЗ.2-220/1250У1	220	...	1250	100	40/3	100	40/1	1796	ПДН-220Т; ПР-Т1
РНДЗ.2-220У/1250У1	220	...	1250	100	40/3	100	40/1	1796	
РНД-220/2000У1	220	...	2000	100	40/3	—	—	652	
РНДЗ.1-220/2000У1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	710	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1
РНДЗ.2-220/2000У1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	775	
РНД-220/2000ХЛ1	220	...	2000	100	40/3	—	—	775	
РНДЗ.1-220/2000ХЛ1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	1109	ПРН-110ХЛ1; з.н. ПРН- 110ХЛ1
РНДЗ.2-220/2000ХЛ1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	1193	
РНД-220У/2000У1	220	...	2000	100	40/3	—	—	1046	
РНДЗ.1-220У/2000У1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	1441	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН- 110У1

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Стойкость при сквозных токах КЗ				Масса, кг	Тип привода
				главных ножей		заземляющих ножей			
				Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с	Предельный сквозной ток, кА	Ток термической стойкости, кА/допустимое время его действия, с		
	U _{ном.}	U _{м.р.}	I _{ном.}	i _{пр.скв.}	I _{тер.} /t _{тер.}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РНДЗ.2-220У/2000У1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	1525	ПД-5У1; ПД-5ХЛ1; ПР-У1; ПР-ХЛ1
РДЗ-1-220/2000ХЛ1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	489	
РДЗ-2-220/2000ХЛ1	220	...	2000	100	40/3	100	40/1	542	
РНДЗ-1-220/3200ХЛ1	220	...	3200	125	50/3	125	50/1	506	
РНДЗ-2-220/3200ХЛ1	220	...	3200	125	50/3	125	50/1	564	
РНД-220/3200У1	220	...	3200	125	50/3	—	—	740	ПДН-1У1 или ПРН-110У1; з.н. ПРН-110У1
РНДЗ.1-220/3200У1	220	...	3200	125	50/3	125	50/1	850	
РНДЗ.2-220/3200У1	220	...	3200	125	50/3	125	50/1	950	
РНД-330/3200У1	330	363	3200	160	63/2	—	—	3036	ПДН-1У1; з.н. ПРН-1У1
РНДЗ.1-330/3200У1	330	363	3200	160	63/2	160	63/1	3300	
РНДЗ.2-330/3200У1	330	363	3200	160	63/2	160	63/1	3520	
РНД-330У/3200У1	330	363	3200	160	63/2	—	—	3555	ПДН-1У1; з.н. ПРН-1У1
РНДЗ.1-330У/3200У1	330	363	3200	160	63/2	160	63/1	3700	
РНДЗ.2-330У/3200У1	330	363	2000	160	63/2	160	63/1	4050	
РНВ-500/2000Т1	500	525	2000	45	16/2	—	—	4722	ПДН-220Т1; з.н. ПРН-1Т1
РНВЗ.1-500/2000Т1	500	525	2000	45	16/2	45	16/2	4986	
РНВЗ.2-500/2000Т1	500	525	2000	45	16/2	45	16/2	5230	
РНД-500/3200У1	500	525	3200	160	63/2	—	—	3665	ПДН-1У1; з.н. ПРН-1У1
РНДЗ.1-500/3200У1	500	525	3200	160	63/2	160	63/1	3910	
РНДЗ.2-500/3200У1	500	525	2000	160	63/2	160	63/1	4160	
РНД-500/3200ХЛ1	500	525	3200	160	63/2	—	—	3665	ПДН-1ХЛ1; з.н. ПРН-1ХЛ1
РНДЗ.1-500/3200ХЛ1	500	525	3200	160	63/2	160	63/1	3910	
РНДЗ.2-500/3200ХЛ1	500	525	3200	160	63/2	160	63/1	4160	
РНВ-750П/4000У1	750	...	4000	160	63/2	—	—	4722	ПД-5У; з.н. ПРН-1У1
РНВЗ.1-750П/4000У1	750	...	4000	160	63/2	160	63/2	4986	
РНДЗ.2-750П/4000У1	750	...	4000	160	63/2	160	63/2	5230	
РТЗ-1-1150/4000У1	1150	...	4000	—	40/...	—	40/...	13370	ПД-1У1
РТЗ-2-1150/4000У1	1150	...	4000	—	40/...	—	40/...	13900	ПД-3У1
Подвесные									
РП-330-1/3200УХЛ1	330	...	3200	160	63/2	—	—	3410	ПД-2У1
РП-330-2/3200УХЛ1	330	...	3200	160	63/2	—	—	3480	ПД-2У1
РП-330Б-1/3200УХЛ1	330	...	3200	160	63/2	—	—	3890	ПД-2У1
РП-330Б-2/3200УХЛ1	330	...	3200	160	63/2	—	—	3960	ПД-2У1
РПД-500-1/3200У1	500	525	3200	160	63/2	—	—	6060	ПД-20У1
РПД-500-2/3200У1	500	525	3200	160	63/2	—	—	6100	ПД-20У1
РПД-500Б-1/3200УХЛ1	500	525	3200	160	63/2	—	—	3421	ПД-2У1
РПД-500Б-2/3200УХЛ1	500	525	3200	160	63/2	—	—	3461	ПД-2У1
РПД-750-1/3200У1	750	787	3200	160	63/3	—	—	9330	ПД-2У1
РПД-750-2/3200У1	750	787	3200	160	63/3	—	—	9370	ПД-2У1

ОБОЗНАЧЕНИЕ ТИПОВ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ

Р– разъединитель, или рубящего типа (если **Р** стоит не в начале);

В – или внутренней установки, или вертикально-поворотный (разъединители серии **РНВ**);

Н – наружной установки;

Л – линейный; **О** – однополюсный; **Д** – двухколонковый или двухлучевая изоляционная гирлянда (разъединители серии **РПД**); **К** – коробчатого профиля; **Ф** – фигурное исполнение; **З** – с заземляющими ножами;

У – или усиленный, или для работы в районах с умеренным климатом (если **У** стоит перед последней цифрой);

П – с поступательным движением главных ножей (разъединители серии **РВП**) или подвесной (разъединители серий **РП** и **РПД**);

Т – телескопический (серии **РТЗ**) или для районов с тропическим климатом;

ХЛ – для районов с холодным климатом.

Цифры 1 и 2, стоящие после точки или после первого дефиса, обозначают число заземляющих ножей;

Числа перед дробной чертой (а у разъединителей серий **РП** и **РПД** после первого дефиса) **и за дробной чертой** – соответственно номинальное напряжение, кВ и номинальный ток, А;

Цифры 1 и 2 перед дробной чертой у разъединителей серий **РП** и **РПД** – соответственно с прямой тросовой системой управления и с Г-образной тросовой системой управления;

Цифры 1 и 3 на конце – категория размещения:

1 – на открытом воздухе; **3** – в закрытых помещениях с естественной вентиляцией;

Цифры II, III, IV в обозначении разъединителей серий **РРВФ** и **РВФЗ** показывают, что проходные изоляторы установлены соответственно со стороны шарнирных контактов, разъемных контактов и с двух сторон.

Буквы «з.н.» в графе «Тип привода» означают, что привод предназначен для заземляющих ножей.

**Трансформаторы силовые масляные общего назначения
на напряжение 110 кВ, соответствующие ГОСТ 12965-85**

а) Двухобмоточные трансформаторы с ПБВ и без ответвлений на напряжение 110 кВ

Тип трансформатора	Номинальная мощность, МВ·А	Номинальное напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток
		ВН	НН	
ТМ-2500/110	2,5	121	6,3; 10,5	Y ₀ /Δ – 11
ТМ-4000/110	4			
ТМ-6300/110	6,3			
ТД-10000/110	10			
ТД-16000/110	16			
ТД-25000/110	25			
ТД-32000/110	32			
ТД-40000/110	40			
ТДЦ-80000/110	80		3,15; 6,3; 10,5; 13,8	
ТДЦ-125000/110	125		10,5; 13,8	
ТДЦ-200000/110	200		13,8; 15,75; 18	
ТДЦ-250000/110	250		15,75	
ТДЦ-400000/110	400		20	

б) Двухобмоточные трансформаторы с РПН на напряжение 110 кВ

Тип трансформатора	Номинальная мощность, МВ·А	Номинальное напряжение, кВ		Схема и группа соединения обмоток
		ВН	НН	
ТМН-2500/110	2,5	110	6,6; 11	Y ₀ /Δ – 11
ТМН-6300/110	6,3		6,6; 11; 16,5	
ТДН-10000/110	10		6,6; 11; 16,5; 22; 34,5	
ТДН-16000/110	16			
ТДН-25000/110	25		38,5	
ТДН-40000/110	40			
ТРДН-25000/110	25		6,6 – 6,6; 11 – 11; 11 – 6,6	Y ₀ /Δ – Δ – 11 – 11
ТРДН-40000/110	40			
ТРДН-63000/110	63			
ТРДН-80000/110	80		6,3 – 10,5; 6,3 – 6,3; 10,5 – 10,5	
ТДН-63000/110	63		38,5	Y ₀ /Δ – 11
ТДН-80000/110	80			
ТРДЦН-125000/110	125				10,5 – 10,5	Y_{0}/Δ – Δ – 11 – 11

б) Трехобмоточные трансформаторы с РПН на напряжение 110 кВ

Тип трансформатора	Номинальная мощность, МВ·А	Номинальное напряжение, кВ			Схема и группа соединения обмоток
		ВН	СН	НН	
ТМТН-6300/110	6,3	115	16,5; 22; 38,5	6,6; 11	Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
ТДТН-10000/110	10		16,5; 22; 34,5; 38,5		Y ₀ / Y ₀ / Δ – 0 – 11
ТДТН-16000/110	16		22	6,6; 11	Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
			34,5; 38,5		Y ₀ / Y ₀ / Δ – 0 – 11
ТДТН-25000/110	25		11	6,6	Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
			22	6,6; 11	Y ₀ / Y ₀ / Δ – 0 – 11
			34,5; 38,5		Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
ТДТН-40000/110	40		11	6,6	Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
			22	6,6; 11	Y ₀ / Y ₀ / Δ – 0 – 11
			34,5; 38,5		Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
ТДТН-63000/110	63		11	6,6	Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
			38,5	6,6; 11	Y ₀ / Y ₀ / Δ – 0 – 11
ТДТН-80000/110	80		11	6,6	Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
			38,5	6,6; 11	Y ₀ / Y ₀ / Δ – 0 – 11
ТДЦТН-80000/110	80		11	6,6	Y ₀ / Δ / Δ – 11 – 11
			38,5	6,6; 11	Y ₀ / Y ₀ / Δ – 0 – 11

ОБОЗНАЧЕНИЕ ТИПОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Буквы в обозначении типа трансформатора:

А – автотрансформатор (трансформатор обозначения не имеет);

О и **Т** – однофазный или трехфазный;

Система охлаждения трансформатора:

М – естественная циркуляция воздуха и масла;

Д – принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла;

МЦ – естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла с ненаправленным потоком масла;

НМЦ – естественная циркуляция воздуха и принудительная циркуляция масла с направленным потоком масла;

ДЦ – принудительная циркуляция воздуха и масла с ненаправленным потоком масла;

НДЦ – принудительная циркуляция воздуха и масла с направленным потоком масла;

Ц – принудительная циркуляция воды и масла с ненаправленным потоком масла;

НЦ – принудительная циркуляция воды и масла с направленным потоком масла;

Р – наличие расщепленной обмотки НН;

Т – трансформатор трехобмоточный (двухобмоточный обозначения не имеет);

Н – трансформатор с устройством переключения регулировочных ответвлений под нагрузкой РПН (устройство ПБВ не обозначается).

Цифры через дефис после букв в обозначении типа трансформатора:

В числителе дроби – номинальная мощность в киловольт-амперах (кВ·А);

В знаменателе дроби – класс напряжения обмотки ВН в киловольтах (кВ).

**Нагрузочная способность трансформаторов с различными системами охлаждения.
Нормы максимально допустимых систематических нагрузок трансформаторов**

$$\theta_{\text{охл}} = -20^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,85	1,82	1,78	1,74
1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	1,79	1,77	1,76	1,74	1,72	1,69	1,66	1,63
2,0	+	+	1,99	1,96	1,93	1,89	1,85	1,79	1,61	1,61	1,60	1,59	1,57	1,56	1,54	1,52
4,0	1,70	1,69	1,67	1,66	1,64	1,62	1,60	1,57	1,47	1,46	1,46	1,45	1,45	1,44	1,43	1,42
6,0	1,56	1,55	1,54	1,54	1,53	1,51	1,50	1,48	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,39	1,38	1,37
8,0	1,48	1,48	1,47	1,47	1,46	1,45	1,45	1,43	1,37	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,35	1,35
12,0	1,41	1,40	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,38	1,33	1,33	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
24,0	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26

$$\theta_{\text{охл}} = -10^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,80	1,77	1,74	1,70	1,65
1,0	+	+	+	+	+	+	+	1,95	1,72	1,70	1,69	1,67	1,65	1,62	1,59	1,55
2,0	1,95	1,92	1,90	1,87	1,83	1,79	1,75	1,69	1,55	1,54	1,53	1,52	1,51	1,49	1,47	1,44
4,0	1,62	1,61	1,60	1,58	1,56	1,54	1,52	1,48	1,41	1,40	1,40	1,39	1,38	1,38	1,37	1,35
6,0	1,49	1,48	1,47	1,46	1,45	1,44	1,42	1,40	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31
8,0	1,41	1,41	1,40	1,40	1,39	1,38	1,37	1,36	1,31	1,30	1,30	1,30	1,30	1,29	1,29	1,28
12,0	1,34	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,31	1,31	1,27	1,27	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,25
24,0	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

$$\theta_{\text{охл}} = 0^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	1,79	1,77	1,75	1,72	1,69	1,66	1,61	1,56
1,0	+	+	+	+	+	1,99	1,91	1,80	1,65	1,63	1,61	1,59	1,57	1,54	1,51	1,46
2,0	1,86	1,83	1,80	1,77	1,74	1,69	1,64	1,56	1,48	1,47	1,46	1,45	1,44	1,42	1,40	1,36
4,0	1,54	1,53	1,51	1,50	1,48	1,46	1,43	1,38	1,34	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,30	1,28
6,0	1,41	1,40	1,39	1,38	1,37	1,36	1,34	1,31	1,28	1,28	1,27	1,27	1,27	1,26	1,25	1,24
8,0	1,34	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,29	1,27	1,24	1,24	1,24	1,24	1,23	1,23	1,23	1,21
12,0	1,27	1,26	1,26	1,26	1,25	1,25	1,24	1,22	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,19	1,19
24,0	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14

$$\theta_{\text{охл}} = +10^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	+	+	+	1,84	1,71	1,69	1,67	1,64	1,61	1,57	1,52	1,44
1,0	+	+	+	2,00	1,94	1,86	1,76	1,60	1,57	1,55	1,54	1,52	1,49	1,46	1,42	1,35
2,0	1,76	1,73	1,70	1,67	1,63	1,58	1,51	1,40	1,41	1,40	1,39	1,38	1,36	1,34	1,31	1,26
4,0	1,46	1,44	1,43	1,14	1,39	1,36	1,32	1,25	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,24	1,22	1,19
6,0	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29	1,27	1,24	1,20	1,21	1,21	1,21	1,20	1,20	1,19	1,18	1,15
8,0	1,26	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,17	1,18	1,18	1,17	1,17	1,17	1,16	1,15	1,13
12,0	1,19	1,19	1,18	1,18	1,17	1,16	1,15	1,13	1,14	1,14	1,14	1,13	1,13	1,13	1,12	1,11
24,0	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07

**Нагрузочная способность трансформаторов с различными системами охлаждения.
Нормы максимально допустимых систематических нагрузок трансформаторов**

$$\theta_{\text{охл}} = + 20^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	+	1,98	1,81	1,00	1,63	1,60	1,58	1,55	1,52	1,47	1,41	1,00
1,0	+	1,97	1,92	1,87	1,80	1,71	1,57	1,00	1,49	1,47	1,45	1,43	1,40	1,37	1,31	1,00
2,0	1,66	1,63	1,60	1,56	1,51	1,45	1,35	1,00	1,34	1,33	1,32	1,30	1,28	1,26	1,22	1,00
4,0	1,37	1,35	1,34	1,32	1,29	1,25	1,19	1,00	1,21	1,20	1,19	1,19	1,18	1,16	1,13	1,00
6,0	1,25	1,24	1,23	1,21	1,20	1,17	1,13	1,00	1,15	1,14	1,14	1,13	1,13	1,12	1,10	1,00
8,0	1,18	1,17	1,17	1,16	1,15	1,13	1,09	1,00	1,11	1,11	1,10	1,10	1,10	1,09	1,07	1,00
12,0	1,11	1,10	1,10	1,09	1,09	1,08	1,06	1,00	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,00
24,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

$$\theta_{\text{охл}} = + 30^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	1,92	1,76	1,27	-	1,54	1,51	1,49	1,46	1,42	1,36	1,21	-
1,0	1,89	1,84	1,79	1,73	1,64	1,51	1,12	-	1,41	1,39	1,37	1,34	1,31	1,26	1,12	-
2,0	1,55	1,52	1,48	1,44	1,38	1,29	1,02	-	1,26	1,25	1,24	1,22	1,20	1,16	1,05	-
4,0	1,28	1,26	1,24	1,21	1,18	1,12	0,97	-	1,13	1,13	1,12	1,11	1,10	1,07	0,99	-
6,0	1,16	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	0,95	-	1,07	1,07	1,06	1,06	1,05	1,03	0,97	-
8,0	1,09	1,08	1,08	1,06	1,05	1,02	0,94	-	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,00	0,96	-
12,0	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,97	0,92	-	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	-
24,0	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	-	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	-

$$\theta_{\text{охл}} = + 40^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	1,94	1,84	1,69	1,26	-	-	1,45	1,42	1,39	1,36	1,31	1,19	-	-
1,0	1,75	1,70	1,64	1,56	1,44	1,08	-	-	1,32	1,30	1,28	1,25	1,20	1,10	-	-
2,0	1,43	1,39	1,35	1,30	1,21	0,96	-	-	1,18	1,17	1,15	1,13	1,10	1,01	-	-
4,0	1,17	1,15	1,13	1,09	1,04	0,89	-	-	1,05	1,04	1,04	1,02	1,00	0,94	-	-
6,0	1,06	1,05	1,03	1,01	0,97	0,86	-	-	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,91	-	-
8,0	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,85	-	-	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,89	-	-
12,0	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,84	-	-	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89	0,87	-	-
24,0	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	-	-	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	-	-

**Нагрузочная способность трансформаторов с различными системами охлаждения.
Нормы допустимых аварийных перегрузок трансформаторов**

$$\theta_{\text{охл}} = -20^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9
1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
4,0	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
6,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
8,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
12,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
24,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

$$\theta_{\text{охл}} = -10^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8
1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
4,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6,0	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
8,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
12,0	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
24,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

$$\theta_{\text{охл}} = 0^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7
1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6
2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5
4,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6,0	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
8,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
12,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
24,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

$$\theta_{\text{охл}} = 10^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6
1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
4,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
6,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
8,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
12,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
24,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

**Нагрузочная способность трансформаторов с различными системами охлаждения.
Нормы допустимых аварийных перегрузок трансформаторов**

$$\theta_{\text{охл}} = 20^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5
1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5
2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
4,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
6,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
8,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
12,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
24,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

$$\theta_{\text{охл}} = 30^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5
1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
2,0	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
4,0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
6,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
8,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
12,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
24,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

$$\theta_{\text{охл}} = 40^{\circ}\text{C}$$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0								K ₂ при значениях K ₁ = 0,25 ÷ 1,0							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
1,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3
2,0	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
4,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
6,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
8,0	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
12,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
24,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Учебное издание

Составитель: Ирина Георгиевна Боровская

Расчет токов короткого замыкания в электрических схемах электростанций и подстанций

Методические указания
к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Электрооборудование электростанций».

Авторская редакция

Компьютерный набор и верстка И.Г. Боровской

Подписано в печать 11.05.12. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,43.

Тираж 50 экз. Заказ №

Издательство «Удмуртский университет»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4