



**Общество с ограниченной ответственностью
«Томскэлектросетьпроект»**

Свидетельство №0025-10 от «04» июня 2015г.

Заказчик: АО «ИЭСК»

**Реконструкция ПС 35 кВ Военный городок (замена Т-1
мощностью 16 МВА на трансформатор мощностью 25 МВА)
(прирост мощности 9 МВА)**

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах
инженерно-технического обеспечения**

Подраздел 1. Система электроснабжения

Часть 2. Релейная защита и автоматика

Книга 2. Расчет параметров срабатывания устройств релейной защиты

Ю68-371-ИОС1.2.2

Том 5.1.2.2

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

2026

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Общество с ограниченной ответственностью
«Томскэлектросетьпроект»

Свидетельство №0025-10 от «04» июня 2015г.

Заказчик: АО «ИЭСК»

Реконструкция ПС 35 кВ Военный городок (замена Т-1
мощностью 16 МВА на трансформатор мощностью 25 МВА)
(прирост мощности 9 МВА)

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах
инженерно-технического обеспечения
Подраздел 1. Система электроснабжения
Часть 2. Релейная защита и автоматика
Книга 2. Расчет параметров срабатывания устройств релейной защиты
Ю68-371-ИОС1.2.2
Том 5.1.2.2

Директор

О.Г. Агееenko

Главный инженер проекта

Д. В. Ершов

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

2026

Взам. инв.№

Подп. и дата

Инв.№ подл.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	4
1.2 Параметры первичного оборудования	4
2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ	11
2.1 Общие положения	11
2.2 Параметры элементов схемы замещения	11
3 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ	13
3.1 Общие положения	13
3.2. Методика расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты напряжением 35-6 кВ ...	16
3.2.1 Методика расчета параметров срабатывания релейной защиты ЛЭП 35 кВ	16
3.2.1.1 Токовая отсечка линии	16
3.2.1.2 Максимальная токовая защита линии	17
3.2.2 Защита трансформатора	19
3.2.2.1 Дифференциальная защита трансформатора	19
3.2.2.2 Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению трансформатора ..	24
3.2.2.3 Защита от перегрузки трансформатора	27
3.2.2.4 Автоматика охлаждения трансформатора	27
3.2.2.5 Блокировка РПН	28
3.2.3 Методика расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты присоединений 6 кВ	28
3.2.3.1 Токовая отсечка линии	28
3.2.3.2 Максимальная токовая защита линии	29
3.2.3.5 Защита от однофазных замыканий на землю	30
3.2.3.6 УРОВ	31
3.2.3.7 Максимальная токовая защита вводного / секционного выключателя	31
3.2.3.8 Дуговая защита	32
3.2.3.9 Логическая защита шин	32
3.2.3.10 Контроль изоляции напряжения	33
ВЫВОДЫ	51
ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ РАСЧЕТАХ	53
ПРИЛОЖЕНИЕ А ПС 35 КВ ВОЕННЫЙ ГОРОДОК НОРМАЛЬНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СЕТИ 35 КВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Б СХЕМА РАССМАТРИВАЕМОГО УЧАСТКА СЕТИ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ В ПРОТОКОЛЫ ТОКОВ ПОВРЕЖДЕНИЙ	57
Таблица регистрации изменений	63

Согласовано					
Н.контр.					
Взам. инв. №					
Подп. и дата					
Инв. № подл.					

	-				
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал	Осипенко				05.26
Проверил	Фролова				05.26
Н.контр.	Артемова				05.26
ГИП	Ершов				05.26

Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ

Текстовая часть

Стадия	Лист	Листов
П	1	63
 ООО «Томскэлектросетьпроект»		

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№

Целью настоящей работы является:

- Определяющим при выборе принципов и типов устройств РЗА являлось выполнение основных требований, предъявляемых к их функционированию (селективность, быстродействие, чувствительность и надёжность), а также выполнение действующих нормативных и директивных документов.

Расчеты токов КЗ и параметров срабатывания УРЗ выполнены в специализированном расчетном комплексе - Автоматизированное рабочее место служб расчетов уставок релейной защиты ОДУ и энергосистем - АРМ СРЗА ПК БРИЗ.

В расчетном комплексе АРМ для определения токов КЗ и выбора параметров срабатывания УРЗ расчетами определяется периодическая составляющая полного тока короткого замыкания (КЗ) (сверхпереходный ток). Для расчета несимметричных токов КЗ используется метод симметричных составляющих.

1.2 Параметры первичного оборудования

Эквивалентные реактансы на шинах 35 кВ ПС 220 кВ Левобережная и ПС 35 кВ Военный городок в максимальном и минимальном режимах приведены в таблице 1.1.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	Лист
							4

Таблица 1.1 - Эквивалентны реактансы на шинах 35 кВ ПС 220 кВ
Левобережная и ПС Военный городок

Название объекта	$Z_{\text{экв}}, \text{Ом}$		$U_{\text{сети}}, \text{кВ}$
	Максимальный режим	Минимальный режим	
ПС 220 кВ Левобережная	2.83	4.42	38.5
ПС 35 кВ Военный городок	питание от Левобережной	питание от Кировской	37
	5.63	7.5	

Примечание: Эквивалентные реактансы на шинах 35 кВ ПС 220 кВ Левобережная и ПС 35 кВ Военный городок приняты на основании таблицы установившегося значения периодической составляющей тока КЗ в максимальном и минимальном режимах ПС Левобережного РЭС, предоставленной заказчиком.

Параметры первичного оборудования в пределах первого пояса ПС 35 кВ Военный городок представлены в таблицах 1.2 - 1.8.

Таблица 1.2 - Параметры силовых трансформаторов ТРДН(SFFZ) - 25000/35 (Т-1), ТРДНС - 25000/36.75/6.3/6.3 (Т-3)

Обозначение	Мощность ($S_{\text{ном}}$), кВА	Напряжение ($U_{\text{ном}}$), кВ	$U_k, \%$			$P_{\text{кз}}, \text{кВт}$		
			-РПН	0	+РПН	-РПН	0	+РПН
Т-1	25000	36.75 $\mp$ 8х1.5%/6.3 – 6.3	9.19	10.5	11.81	-	115	-
Т-3	25000	36.75 $\mp$ 9х1.33%/6.3 – 6.3	9.19	10.5	11.81	-	115	-

Технические параметры силовых трансформаторов приняты на основании паспорта ПС 35/10 кВ Военный городок, предоставленный заказчиком, и ГОСТ-11920-85 «Трансформаторы силовые масляные общего назначения напряжением до 35 кВ включительно».

Таблица 1.3 - Параметры силового трансформатора ТДНС - 16000/35

Обозначение	Мощность ($S_{\text{ном}}$), кВА	Напряжение ($U_{\text{ном}}$), кВ	$U_k, \%$			$P_{\text{кз}}, \text{кВт}$		
			-12	0	+12	-12	0	+12
Т-2	16000	36.75 $\mp$ 8х1.5%/6.3	8.8	10	11.2	-	85	-

Технические параметры силовых трансформаторов приняты на основании паспорта ПС 35/6.3 кВ ПС Военный городок, предоставленный заказчиком, и ГОСТ-11920-85 «Трансформаторы силовые масляные общего назначения напряжением до 35 кВ включительно».

Взам. инв.№	
Подп. и дата	
Инв.№ подл.	

						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата				5

Таблица 1.4 - Технические данные трансформаторов 6/0.4 кВ

Присоединение	$S_{\text{НОМ}}$, кВА	$U_{\text{НОМ ВН}}$, кВ	$U_{\text{НОМ НН}}$, кВ	U_K , %	P_{K3} , Вт
1000/6/0.4 кВ	1000	6	0.4	5.5	11400
630/6/0.4 кВ	630	6	0.4	5.5	7940
400/6/0.4 кВ	400	6	0.4	4.5	5600
250/6/0.4 кВ	250	6	0.4	4.5	4200
160/6/0.4 кВ	160	6	0.4	4.5	2900
100/6/0.4 кВ	100	6	0.4	4.5	1970

Технические параметры трансформаторов приняты в соответствии с каталогом «Силовые масляные трансформаторы» МЭТЗ им. В. И. Козлова.

Таблица 1.5 - Удельные параметры проводов / кабелей линий 35 кВ

Марка провода / кабеля	Удельное сопротивление прямой последовательности, Ом/км
АС-185	0.17 + j0.386
АС-150	0.204 + j0.406
АС-120	0.244 + j0.414
АС-95	0.301 + j0.421
АПВВнг-LS-1x300	0.1 + j0.145

Удельные сопротивления сталеалюминевых проводов приняты в соответствии с РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования».

Удельные сопротивления кабеля - согласно справочной информации по кабельной продукции холдинга «Кабельный Альянс».

Таблица 1.6 - Параметры воздушных линий 35 кВ

Диспетчерское наименование	Участок	Марка, сечение	Длина, км	R, Ом	X,Ом
КВЛ 35 кВ Левобережная - Военный городок I цепь	ПС Левобережная - отп. на ПС Ленино (оп.7)	АС-185	0.735	0.12	0.28
	Отп. на ПС Ленино (оп.7) - Т-2 ПС Военный Городок (оп.19)	АС-150	1.843	0.37	0.74
	Т-2 ПС Военный Городок (оп.19) - отпайка на ПС Фирма Байкал (оп.21)	АС-150	2.025	0.41	0.82
	Отпайка на ПС Фирма Байкал (оп.21- оп.28)	АС-150	1.42	0.29	0.58
	Отпайка на ПС Фирма Байкал (оп.28-Т)	АС-95	0.992	0.30	0.42
КВЛ 35 кВ Левобережная - Военный городок II	ПС Левобережная - отп. на ПС Ленино (оп.7)	АС-185	0.787	0.13	0.30
	отп. на ПС Ленино (оп.7) - ПС Ленино	АС-150	0.35	0.04	0.05

[illegible]

Диспетчерское наименование	Участок	Марка, сечение	Длина, км	R, Ом	X, Ом
цепь	отп. на ПС 35 кВ Ленино - отп. на ПС 35 кВ ИМТО (оп. 7 - оп.9)	АС-150	0.42	0.09	0.17
	отп. на ПС ИМТО - отп. на Т-3 ПС 35 кВ Военный городок (от оп.9.)	АС-150	1.412	0.29	0.57
	отп. на Т-3 ПС 35 кВ Военный городок - В-35 Т-3 (развилка из ЛР Б)	АС-150	0.03	0.01	0.01
	В-35 Т-3 - выключатель ЛЭП от Т-2 (развилка из ЛР А)	АПВВнг-LS-1х300	0.045	0.00	0.01
ВЛ 35 кВ Левобережная - Жилкино I цепь	1СШ 35 кВ ПС 220кВ Левобережная - 2СШ 6 кВ ПС 35 кВ Жилкино	АС-185	0.93	0.16	0.36
		АС-120	1.7	0.41	0.70
ВЛ 35 кВ Левобережная - Жилкино II цепь	2СШ 35 кВ ПС 220кВ Левобережная - 1СШ 6 кВ ПС 35 кВ Жилкино	АС-185	0.93	0.16	0.36
		АС-120	1.7	0.41	0.70

Таблица 1.7 - Удельные параметры проводов /кабелей линий 6 кВ

Марка провода	Удельное сопротивление прямой последовательности, Ом/км
АС-185	0.17 + j0.386
АС-150	0.204 + j0.406
АС-120	0.244 + j0.414
АС-95	0.301 + j0.421
А-95	0.3114 + j0.34
А-50	0.5784 + j0.355
АС-70	0.422 + j0.432
ААБ-3х95	0.32 + j0.077
ААБ-3х70	0.433 + j0.08
СИП-95	0.363 + j0.284
СИПЗ-1х120	0.1 + j0.145
ААБл-3х240	0.125 + j0.071

Удельные сопротивления сталеалюминиевого провода приняты в соответствии с РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования».

Удельные сопротивления СИП приняты согласно пособию по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0.38-20 кВ с самонесущими изолированными и защищенными проводами, книга 4.1, филиала ОАО «НТЦ электроэнергетики» «РОСЭП», 2013 г.

Удельные сопротивления кабеля - на основании справочной информации по кабельной продукции холдинга «Кабельный Альянс».

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№	Удельные сопротивления сталеалюминевового провода приняты в соответствии с РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования».						
			Удельные сопротивления СИП приняты согласно пособию по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0.38-20 кВ с самонесущими изолированными и защищенными проводами, книга 4.1, филиала ОАО «НТЦ электроэнергетики» «РОСЭП», 2013 г.						
Удельные сопротивления кабеля - на основании справочной информации по кабельной продукции холдинга «Кабельный Альянс».									
						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			Лист
									7
Изм	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата				

Таблица 1.8 - Параметры воздушных линий 6 кВ

Система шин	Ячейка/Фидер	Марка, сечение	Длина, км	R, Ом	X,Ом
1 СШ 6 кВ	24/ТП-4208	ААБлу-3х120	0.06	0.015	0.005
		АС-70	0.132	0.056	0.057
		ААБл-3х240	0,16	0.020	0.011
	24/ТП-3832	ААБл-3х240	0.157	0.020	0.011
	1/парус А	ААБл-3х240	1.2	0.150	0.085
	2/ТП-1182н А яч. 2 - оп. 3	ААБл-3х185	0.03	0.005	0.002
	оп. 3 - 36750п	АС-120	0.008	0.002	0.003
	оп. 3 - оп. 12	АС-95	0.66	0.199	0.278
	оп. 12 - ИПЧ	СИП-70	0.05	0.025	0.015
	оп. 14 - оп. 1-оп. 2: оп. 1 - 6852п	ААБ-3х95	0.015	0.005	0.001
	оп. 14 - оп. 1- оп. 2: оп. 2 - 1190пд	2хААБл-3х70	0.616	0.136	0.025
	оп. 17 - 6386п	СИП-95	0.005	0.002	0.001
	оп. 20 - 1814п	АС-50	0.05	0.032	0.021
	оп. 22 - 2679п	АС-50	0.015	0.009	0.006
	оп. 27 - 618п	АС-50	0.22	0.139	0.094
	оп. 28 - оп. 28/1	СИП-70	0.03	0.015	0.009
	оп. 29 - оп. 29/1	СИПЗ-1х95	0.02	0.007	0.006
	оп. 30 - 3785	СИПЗ-1х95	0.042	0.015	0.012
	оп. 30 - оп. 38	АС-95	1.83	0.551	0.770
	оп. 38 - 7018п	ААБл 3х120	0.72	0.182	0.054
	оп. 39 - 2097п	ААШ6 3х70	0.3	0.133	0.024
	оп. 41 - оп. 56	АС-95	0.47	0.141	0.198
	оп .56 - 1439п	ААБ-3х95	0.015	0.005	0.001
	3/ТП - 1162н	ААБл-3х120	0.4	0.101	0.030
	4/ТП-1003	АСБ-240	3.328	0.416	0.236
	4/ТП-1003	ААБЛ-3х240	0.96	0.120	0.068
	5/Мелькомбин. яч. 5 - оп. 1	2хААБл-3х120	0.2	0.025	0.008
	оп. 1 - оп. 9	АС-120	1.2	0.293	0.497

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№

						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	Лист
							8
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		

		Система шин		Ячейка/Фидер		Марка, сечение		Длина, км		R, Ом		X,Ом			
2 СШ 6 кВ				оп. 16 - оп. 17		2хААБ 3х120		0.4		0.051		0.015			
				оп. 17 - оп. 19		АС-150		5.36		1.093		2.176			
						АСУ-300		0.48		0.047		0.206			
				оп. 19 - оп. 23		АС-120		0.7		0.171		0.290			
				оп. 23 - Парламент А		АС-70		0.11		0.046		0.048			
				оп. 23 - Энерготранс		А-50		0.1		0.058		0.036			
				оп. 23 - ЧП Кондрашович		А-50		0.05		0.029		0.018			
				оп. 2 (от Ввода 2 ТП-2) - Гортоп		СИП-95		0.045		0.016		0.013			
						ААБл-3х120		0.019		0.005		0.001			
				оп. 2 (от Ввода 2 ТП-2) - яч. 6 201 КНС-30		А-50		0.275		0.159		0.098			
						ААБлУ-3х95		0.025		0.008		0.002			
				9/ТП-752		АСБ-3х95		0.225		0.072		0.017			
				11/ТП-491		АСБ 3х95		0.06		0.019		0.005			
						АС-95		0.453		0.136		0.191			
				2 СШ 6 кВ				яч. 25 - оп. 3		2ААБл-3х240		0.448		0.028	
оп. 3 - оп. 4		АС-95						0.09		0.027		0.038			
оп. 4 - 1791п		А-50						0.015		0.009		0.005			
оп. 4 - 7310п		СИП-120						0.015		0.004		0.004			
оп. 13 - ТП-2087п (яч. 17 В Гор)		ААБлу 3х120						0.04		0.010		0.003			
оп. 13 - оп. 20		АС-95						0.67		0.202		0.282			
оп. 20 - 2573п		ААБ-3х185						0.06		0.010		0.004			
оп. 22 - 1661п		АС-70						0.01		0.004		0.004			
оп. 22/1-оп. 23		АС-95						0.043		0,013		0,018			
оп. 23 - 4669п		ААБл-3х240						0.15		0.019		0.011			
оп. 27 - оп. 31		АС-95						0.15		0.045		0.063			
оп. 32 - 6059п		СИП-95						0.008		0.003		0.002			
		ААБл-3х120						0.32		0.081		0.024			
оп. 34 - 1683п		СИП-70						0.08		0.039		0.023			
оп. 34- оп. 36		А-95						0.25		0.078		0,085			
Инв.№ подл.		Подп. и дата		Взам. инв.№											
												Лист			
												9			
Изм		Кол.уч		Лист		№док		Подп.		Дата					

Система шин	Ячейка/Фидер	Марка, сечение	Длина, км	R, Ом	X, Ом
	оп. 36 - оп. 39	АС-95	0.2	0.060	0.084
	оп. 39 - 1683п	СИП-70	0.08	0.039	0.023
	оп. 42 - 30п	АС-50	0.1	0.063	0.043
	оп. 45 - оп.46	СИП 95	0.434	0.158	0.123
	оп. 46 - 1699п	АС-50	0.04	0.025	0.017
	оп. 47 - 1884п	АС-50	0.04	0.025	0.017
		2ААБл 3х185	0.02	0.003	0.001

Параметры срабатывания устройств релейной защиты ВЛ 35 кВ Левобережная - В. Городок I (II), питающих ПС 35 кВ Военный городок приняты в соответствии с картой уставок РЗиА ПС 220 кВ Левобережная филиала АО «ИЭСК» ЮЭС от 10.03.2026 г. Параметры срабатывания устройств релейной защиты присоединений ПС 35 кВ Военный городок приняты согласно карте уставок РЗА ПС 35 кВ Военный городок филиала АО «ИЭСК» ЮЭС от 12.11.2025 г.

Инв.№ подл.						Подп. и дата		Взам. инв.№		
						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				Лист
										10
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата					

2 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ

2.1 Общие положения

Определение параметров элементов схемы замещения выполнялось согласно расчетным выражениям [4], [5].

Величины сопротивлений элементов схемы замещения рассчитываются в именованных единицах. Сопротивления линий, трансформаторов приведены к своей ступени напряжения.

2.2 Параметры элементов схемы замещения

Сопротивление трансформатора, Ом:

$$z_T = \frac{U_k \cdot U_{\text{ном}}^2}{100 \cdot S_T}, r_T = \Delta P_{\text{кз}} \cdot \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_T}, x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2}.$$

где U_k - напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

$U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение соответствующей обмотки трансформатора, кВ;

S_T - номинальная мощность трансформатора, МВА;

$\Delta P_{\text{кз}}$ - мощность короткого замыкания, кВт.

Сопротивление трансформатора с расщепленной обмоткой при заданном $U_{\text{к вн-нн}}$, по эмпирическим формулам. Ом:

$$z_B = 0.125 \cdot z_{T \text{ вн-нн}}, z_{H1} = z_{H2} = 1.75 \cdot z_{T \text{ вн-нн}},$$

где $z_{T \text{ вн-нн}}$ - сопротивление трансформатора при запараллеленных обмотках низшего напряжения, Ом.

Результаты расчета представлены в таблице 2.1 - 2.2.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				11

Таблица 2.1 - Сопротивления трансформатора ТРДНС-25000/36.75/6.3 и ТДНС - 16000/36.75/6.3 ПС 35 кВ Военный городок при крайних положениях РПН

Присоединение	Сопротивление, Ом		
	Z_{-8BH}/Z_{-8HH}	Z_{0BH}/Z_{0HH}	Z_{+8BH}/Z_{+8HH}
Т-1 (Т-3)	0.48 / 6.72 $K_T = 5.133$	$0.12 + j0.699 / 0.25 + j9.92$ $K_T = 5.833$	0.99 / 13.98 $K_T = 6.532$
Т-2	-	$0.45 + j8.43$ $K_T = 5.833$	-

Таблица 2.2 - Параметры трансформаторов 6/0.4 кВ

Мощность, кВА	$z_{T1} = z_{T0}$, Ом	k_{Tp}
1000	$0.41 + j1.94$	15
630	$0.72 + j3.06$	15
400	$1.26 + j3.85$	15
250	$2.42 + j6.01$	15
160	$4.078 + j9.267$	15
100	$7.092 + j14.565$	15

Схема замещения сети, используемая при расчетах с указанием сопротивлений параметров схемы замещения, приведена в данной работе, в Приложении Б.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
			Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	

Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ

12

3 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СРАБАТЫВАНИЯ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

3.1 Общие положения

В данном разделе представлена типовая методика расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты трансформатора и присоединений 6-35 кВ. В зависимости от схемы электроснабжения объекта и элементной базы УРЗ расчет параметров срабатывания корректируется.

При определении параметров срабатывания защит и оценке их чувствительности в качестве расчетных были рассмотрены следующие максимальные и минимальные режимы работы рассматриваемого участка сети:

Таблица 3.1 - Режимы работы сети

№ режима	Описание режима
1	Максимальный режим ПС 35 кВ Военный городок. Питание включено с ПС 220 кВ Левобережная в максимальном режиме..
2	Минимальный режим ПС 35 кВ Военный городок. Питание включено с ПС 220 кВ Левобережная в минимальном режиме.
3	Минимальный режим ПС 35 кВ Военный городок. Питание от ПС Кировская.

При определении параметров срабатывания защит и оценке их чувствительности в качестве расчетных принимались режимы, которые соответствовали наибольшему и наименьшему значению контролируемого параметра в месте установки рассматриваемой защиты.

В соответствии с НТД должны предусматриваться следующие виды УРЗ:

на линиях 35 кВ:

1. Максимальная токовая защита (МТЗ) для защиты от междуфазных КЗ. Для повышения чувствительности МТЗ может быть выполнена с пуском по напряжению.

Взам. инв.№							
Подп. и дата							
Инв.№ подл.							
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	Лист
							13

При двухстороннем питании, а также на ЛЭП, входящих в кольцевую сеть с одним источником питания, при необходимости защиты может быть выполнена направленной;

2. Защита от замыканий на землю (ОЗЗ), с действием на сигнал. Для осуществления защиты допускается использовать устройство контроля изоляции;

3. АПВ;

4. УРОВ.

на трансформаторах мощность более 6.3 МВА:

1. Дифференциальная токовая защита (ДЗТ);

2. Газовая защита (ГЗ);

3. Защита устройства РПН с использованием струйных реле;

4. Резервные защиты на сторонах высшего, среднего и низшего напряжения;

5. Автоматика регулирования РПН;

6. Защита от токов перегрузки.

на трансформаторах собственный нужд мощность до 6.3 МВА:

1. Токовая отсечка (ТО);

2. Максимальная токовая защита (МТЗ);

3. УРОВ

4. Защита от токов перегрузки.

на вводных / секционном выключателях секций 6 кВ:

1. Максимальная токовая защита от междуфазных коротких замыканий на секциях 6 кВ. При необходимости для повышения чувствительности защита выполняется с пуском по напряжению;

2. Логическая защита шин (ЛЗШ);

3. Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ);

4. УРОВ.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				14

на шинах 6 кВ:

1. Логическая защита шин;
2. Дуговая защита;
3. Сигнализация замыканий на землю;
4. Устройство контроля изоляции.

Схема распределения по ТТ и ТН устройств ИТС представлена на листе 1 № 3041-277-ТТ6.ГЧ «Реконструкция ПС 35 кВ Военный городок (замена Т-1 мощностью 16 МВА на трансформатор мощностью 25 МВА) (прирост мощности 9 МВА). Технические требования на поставку аппаратуры РЗА» от 06.05.26, изм.№2 от 27.05.26 г.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				15

3.2. Методика расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты напряжением 35-6 кВ

3.2.1 Методика расчета параметров срабатывания релейной защиты ЛЭП 35 кВ

3.2.1.1 Токовая отсечка линии

Назначение: защита от междуфазных коротких замыканий части линии.

Токовая отсечка - быстродействующая защита максимального действия, селективность которой обеспечивается за счет ограничения зоны действия.

Ток срабатывания токовой отсечки выбирается из условия:

а) отстройки от максимального значение тока трехфазного КЗ при повреждении в конце защищаемой линии:

$$I_{TO} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗмакс}^{(3)}$$

где $I_{КЗмакс}^{(3)}$ - периодическая слагающая тока металлического короткого замыкания при замыкании между тремя фазами в конце линии в максимальном режиме, А;

$k_{отс}$ - коэффициент отстройки;

б) отстройки от максимального значение тока трехфазного КЗ при повреждении за трансформатором на ответвлении от линии:

$$I_{TO} \geq k_{отс} \cdot I_{КЗмакс}^{(3)}$$

где $I_{КЗмакс}^{(3)}$ - периодическая слагающая тока металлического короткого замыкания при замыкании между тремя фазами за трансформатором ответвительной подстанции в максимальном режиме, А.

$k_{отс}$ - коэффициент отстройки.

в) отстройки от броска тока намагничивания при включении всех трансформаторов, подключенных как к защищаемой линии, так и к предыдущим линиям, если они одновременно включаются под напряжение:

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			16

$$I_{TO} \geq k_n \cdot \sum I_{н.тр},$$

где k_n - коэффициент надежности;

$\sum I_{н.тр}$ - сумма номинальный ток трансформаторов, которые могут одновременно включаться под напряжение по защищаемой линии, А.

Коэффициент чувствительности:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ макс}}^{(3)}}{I_{TO}} \geq 1.2$$

Эффективность токовой отсечки линии оценивается коэффициентом чувствительности (ПУЭ п.3.2.26) при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.

Защита, обычно, действует без выдержки времени $t_{TO} = 0$ с.

3.2.1.2 Максимальная токовая защита линии

Назначение: обеспечения ближнего и дальнего резервирования.

Максимальная токовая защита - это токовая защита максимального действия, селективность которой обеспечивается выбором выдержки времени срабатывания.

Ток срабатывания МТЗ выбирается по следующим условиям:

а) несрабатывания защиты при сверхтоках послеаварийных перегрузок, т.е. после отключения короткого замыкания на предыдущем элементе:

$$I_{MT3} \geq \frac{k_n \cdot k_{\text{сзп}}}{k_B} \cdot I_{\text{раб.макс}},$$

где k_n - коэффициент надежности несрабатывания защиты;

$k_{\text{сзп}}$ - коэффициент самозапуска нагрузки;

k_B - коэффициент возврата;

$I_{\text{раб.макс}}$ - максимальное значение рабочего тока защищаемого элемента, А.

б) по условию согласования чувствительности защит последующего (защищаемого) и предыдущих элементов:

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				17

$$I_{\text{МТЗ}} \geq \frac{k_{\text{согл}}}{k_{\text{токрасп}}} \cdot \left(\sum_1^n I_{\text{с.з.предмакс}(n)} + \sum_1^{N-n} I_{\text{раб.макс}(N-n)} \right),$$

где $k_{\text{согл}}$ - коэффициент надежности согласования;

$k_{\text{токрасп}}$ - коэффициент токораспределения;

$I_{\text{с.з.предмакс}(n)}$ - наибольшая из геометрических сумм токов срабатывания максимальных токовых защит параллельно работающих предыдущих элементов, А;

$I_{\text{раб.макс}(N-n)}$ - геометрическая сумма максимальных значений рабочих токов все предыдущих элементов (N), за исключением тех, с защитами которых производится согласование (n), А.

Чувствительность МТЗ проверяется при двухфазном КЗ в минимальном режиме работы системы и оценивается коэффициентом чувствительности:

- в основной зоне защиты:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кзмин}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} \geq 1.5,$$

где $I_{\text{кзмин}}^{(2)}$ - ток через защиту при двухфазном КЗ в конце линии в минимальном режиме работы сети, А.

- в зоне дальнего резервирования защиты:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кзмин}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} \geq 1.2,$$

где $I_{\text{кзмин}}^{(2)}$ - ток через защиту при повреждении на предыдущих элементах в минимальном режиме работы сети, А.

Защита действует с выдержкой времени.

Выдержка времени защиты выбирается по условию селективности с защитами отходящих присоединений:

$$t_{\text{МТЗ}} = t_{\text{прис}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{прис}}$ - выдержка времени защиты отходящего присоединения, с;

Δt - ступень селективности, с.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
			Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	

3.2.2 Защита трансформатора

3.2.2.1 Дифференциальная защита трансформатора

Назначение: продольная дифференциальная защита трансформатора является основной быстродействующей защитой трансформатора от всех видов КЗ в обмотках и на его выводах при включении на встроенные трансформаторы тока.

Дифференциальная защита содержит две ступени:

1. Дифференциальная защита с торможением - чувствительная ступень. Данная ступень имеет токозависимую характеристику срабатывания и срабатывает, если $I_{\text{диф}} \geq I_{\text{ср.ДЗТ}}$.

2. Дифференциальная отсечка - грубая ступень. Ступень обеспечивает надёжную работы защиты при больших токах повреждения в зоне действия защиты.

Дифференциальная защита трансформатора имеет три плеча:

- первое плечо подключается к ТТ стороны высшего напряжения трансформатора;

- второе плечо подключается к ТТ со стороны низшего напряжения трансформатора (НН1);

- третье плечо подключается к ТТ стороны низшего напряжения трансформатора (НН2).

Номинальные токи плеч

Первичные токи на всех сторонах защищаемого трансформатора определяются в соответствии с его номинальной мощностью. По этим токам определяются токи в плечах защиты, исходя из коэффициентов трансформации ТТ и коэффициентов схемы.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				19

Дифференциальная токовая отсечка (ДТО)

Уставка срабатывания ДТО в долях от номинального тока трансформатора выбирают такой, чтобы обеспечить отстройку от:

- БТН;
- Расчётного максимального тока небаланса.

Из двух полученных значений в качестве уставки срабатывания ДТО следует принять наибольшее значение.

Ток срабатывания отсечки отстраивается от максимального небаланса при токе КЗ или АХ и от броска тока намагничивания:

$$I_{\text{ДТО}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч}},$$

где $k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность расчета и необходимый запаса;

$I_{\text{нб расч}}$ - относительный расчётный максимальный ток небаланса, соответствующий максимальному току внешнего КЗ, проходящему через трансформатор:

$$I_{\text{нб расч}} = |I'_{\text{нб расч}}| + |I''_{\text{нб расч}}| + |I'''_{\text{нб расч}}|,$$

где $I'_{\text{нб расч}} = k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \epsilon_{\text{макс}} \cdot I_{\text{кз макс.}} / I_{\text{ном.тр.вн}}$ - составляющая, обусловленная погрешностью ТТ, А;

$I''_{\text{нб расч}} = (U_{\text{рег.1}} \cdot k_{\text{ток.1}} + U_{\text{рег.2}} \cdot k_{\text{ток.2}}) \cdot I_{\text{кз макс.}} / I_{\text{ном.тр.вн}}$ - составляющая, обусловленная регулированием напряжения защищаемого трансформатора, А;

$I'''_{\text{нб расч}} = \gamma \cdot I_{\text{кз макс.}} / I_{\text{ном.тр.вн}}$ - составляющая, обусловленная неточностью выравнивания токов плеч, А;

$k_{\text{пер}}$ - коэффициент, учитывающий увеличение погрешности ТТ в переходном режиме при наличии апериодической составляющей тока;

$k_{\text{одн}}$ - коэффициент однотипности ТТ;

$\epsilon_{\text{макс}}$ - максимальное из значений относительных полных погрешностей ТТ сторон трансформатора в режиме, соответствующем току $I_{\text{кз макс.}}$;

$I_{\text{кз макс.}}$ - периодическая составляющая максимального фазного тока внешнего КЗ (как правило, трехфазного металлического КЗ), протекающего через ТТ (в начальный момент времени КЗ), приведенная к стороне ВН, А;

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			20

$I_{\text{ном.тр.вн}}$ - номинальный первичный ток стороны ВН, А;

$U_{\text{рег.1}}, U_{\text{рег.2}}$ - относительные погрешности, обусловленные регулированием напряжения на сторонах защищаемого трансформатора;

$k_{\text{ток.1}}, k_{\text{ток.2}}$ - коэффициенты токораспределения, равные отношению тока, проходящего по стороне, где производится регулирование напряжения, в режиме рассматриваемого внешнего КЗ, к току КЗ;

γ - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч.

Дифференциальная токовая защита с торможением

Выбор уставки начального тока срабатывания ДЗТ

Минимальный ток срабатывания защиты определяется по условию отстройки от расчетного максимального тока небаланса в нагрузочном режиме:

$$I_{\text{ДЗТ нач.}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч}},$$

где $k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность расчета и необходимый запас.

Значение тока $I_{\text{нб расч}}$ для двухобмоточных трансформаторов и трансформатора с расщепленной обмоткой рассчитывается по формуле учитывая, что характеристика торможения имеет первый излом при значении тока торможения $0.5 \cdot I_{\text{ном.тр}}$

$$I'_{\text{нб расч}} = 0.5 \cdot (k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon_{0,5} + U_{\text{рег.}} + \gamma),$$

где $k_{\text{пер}}$ - коэффициент, учитывающий переходный режим (принято отсутствие апериодической составляющей тока в нагрузочном режиме);

$k_{\text{одн}}$ - коэффициент однотипности ТТ;

$\varepsilon_{0,5}$ - максимальное из значений относительных полных погрешностей ТТ сторон трансформатора в режиме, соответствующем $0.5 \cdot I_{\text{ном.тр}}$;

$U_{\text{рег}}$ - относительные погрешности, обусловленные регулированием напряжения на сторонах защищаемого трансформатора;

γ - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			21

Значение уставки $I_{ДЗТ \text{ нач.}}$ не рекомендуется выбирать менее 0.3 о.е.

Выбор уставки коэффициента торможения второго участка характеристики торможения ДЗТ

Коэффициент торможения $k_{\text{торм.2}}$ второго участка характеристики торможения ДЗТ выбирают исходя из условия отстройки тока срабатывания защиты от расчетного тока небаланса при токе торможения, соответствующем концу второго участка. Второй участок характеристики торможения соответствует токам торможения от $0.5 \div 1.5 \cdot I_{\text{ном.тр.}}$.

Коэффициент торможения $k_{\text{торм.2}}$:

$$k_{\text{торм.2}} = \frac{I_{ДЗТ2} - I_{ДЗТ \text{ нач.}}}{1.5 - 0.5},$$

где $I_{ДЗТ2}$ - ток срабатывание ДЗТ при токе торможения $1.5 \cdot I_{\text{ном.тр.}}$, А;

$I_{ДЗТ \text{ нач.}}$ - уставка начального тока срабатывания ДЗТ, А.

Ток срабатывание ДЗТ $I_{ДЗТ2}$:

$$I_{ДЗТ2} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч.2}}$$

где $k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность расчета и необходимый запас;

$I_{\text{нб расч.2}}$ - расчетное относительное значение тока небаланса, соответствующее току торможения $1.5 \cdot I_{\text{ном.тр.}}$, А.

Значение тока $I_{\text{нб расч.2}}$ для двухобмоточных трансформаторов и трансформатора с расщепленной обмоткой учитывая, что характеристика торможения имеет второй излом при значении тока торможения $1.5 \cdot I_{\text{ном.тр.}}$:

$$I_{\text{нб расч.2}} = 1.5 \cdot (k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon_{1.5} + U_{\text{рег.}} + \gamma),$$

где $k_{\text{пер}}$ - коэффициент, учитывающий увеличение погрешности ТТ в переходном режиме при наличии апериодической составляющей тока;

$k_{\text{одн}}$ - коэффициент однотипности ТТ;

$\varepsilon_{0.5}$ - максимальное из значений относительных полных погрешностей ТТ сторон трансформатора в режиме, соответствующем $1.5 \cdot I_{\text{ном.тр.}}$.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				22

$U_{\text{рег}}$ - относительные погрешности, обусловленные регулированием напряжения на сторонах защищаемого трансформатора;

γ - относительная погрешность цифрового выравнивания токов плеч.

Выбор уставки коэффициента торможения третьего участка характеристики торможения ДЗТ

Коэффициент торможения $k_{\text{торм.3}}$ третьего участка характеристики торможения ДЗТ выбирают исходя из условия отстройки тока срабатывания защиты от расчетного тока небаланса при максимальном токе внешнего КЗ.

Коэффициент торможения $k_{\text{торм.3}}$ третьего участка характеристики торможения ДЗТ:

$$k_{\text{торм.3}} = \frac{I_{\text{ДТО}} - I_{\text{ДЗТ 2}}}{I_{\text{к торм}} - I_{\text{торм.2}}},$$

где $I_{\text{ДТО}}$ - уставка срабатывания ДТО, А;

$I_{\text{ДЗТ 2}}$ - ток срабатывания ДЗТ при токе торможения $1.5 \cdot I_{\text{ном.тр}}$, А;

$I_{\text{к торм}}$ - ток торможения, соответствующий максимальному току внешнего КЗ;

$I_{\text{торм.2}}$ - ток торможения, соответствующий второму излому характеристики торможения, А.

Ток торможения $I_{\text{к торм}}$, соответствующий максимальному току внешнего КЗ:

$$I_{\text{к торм}} = \left(1 - \frac{k_{\text{пер}} \cdot \varepsilon_{\text{макс}}}{2} \right) \cdot \frac{I_{\text{кз.тр.макс.}}}{I_{\text{ном.тр.вн}}},$$

где $k_{\text{пер}}$ - коэффициент, учитывающий увеличение погрешности ТТ в переходном режиме при наличии апериодической составляющей тока;

$I_{\text{кз.тр.макс.}}$ - периодическая составляющая максимального фазного тока внешнего КЗ (как правило, трехфазного металлического КЗ), протекающего через ТТ (в начальный момент времени КЗ), приведенная к стороне ВН, А;

$\varepsilon_{\text{макс}}$ - максимальное из значений относительных полных погрешностей ТТ сторон трансформатора в режиме, соответствующем току $I_{\text{кз.тр.макс.}}$;

$I_{\text{ном.тр.вн}}$ - номинальный вторичный ток стороны ВН трансформатора, А.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				23

Проверка чувствительности ДЗТ

Коэффициент чувствительности ДЗТ при металлическом КЗ:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ мин.}} \cdot (1 - \varepsilon_{\text{мин}})}{I_{\text{ном.тр.вн}} \cdot I_{\text{ДЗТ нач.}}} \geq 2,$$

где $I_{\text{КЗ мин.}}$ - минимальное значение периодической составляющей тока КЗ в защищаемой зоне, приведённое к стороне ВН, А;

$\varepsilon_{\text{мин}}$ - максимальное из значений относительных полных погрешностей ТТ сторон трансформатора в режиме, соответствующем току $I_{\text{КЗ мин.}}$;

$I_{\text{ДЗТ нач.}}$ - уставка начального тока срабатывания ДЗТ, А.

Уставка сигнализации небаланса

Ток срабатывания сигнализации небаланса $I_{\text{нб.}}$ выбирают из условия отстройки от расчетного максимального тока небаланса в нагрузочном режиме:

$$I_{\text{нб}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч.}}$$

где $k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность расчёта и необходимый запас;

$I_{\text{нб расч.}}$ - относительный расчетный ток небаланса при токе торможения, соответствующем максимальному рабочему току трансформатора, А.

Уставка по времени $t_{\text{нб}}$ отстраивается от максимального времени действия резервных защит трансформатора:

$$t_{\text{нб}} = k_{\text{отс}} \cdot t_{\text{рез.макс.}}$$

где $k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки, учитывающий необходимый запас;

$t_{\text{рез.макс.}}$ - максимальная уставка по времени действия резервных защит трансформатора, с.

3.2.2.2 Максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению трансформатора

Назначение: резервирования основных защит трансформатора и резервирования отключения КЗ на шинах среднего и низшего напряжения трансформатора.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			24

Первичный ток срабатывания защиты определяется по условию отстройки от номинального тока трансформатора на стороне, где устанавливается защита:

$$I_{\text{МТЗ}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном тр}},$$

где $k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки;

$k_{\text{в}}$ - коэффициент возврата;

$I_{\text{ном тр}}$ - первичное значение номинального тока трансформатора в месте установки защиты, А.

Первичное напряжение срабатывание для минимального реле выбирается исходя из:

а) обеспечения возврата реле после отключения внешнего КЗ:

$$U_{\text{МТЗ}} = \frac{U_{\text{мин}}}{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{в}}},$$

где $U_{\text{мин}}$ - междуфазное напряжение в месте установки защиты в условиях самозапуска после отключения внешнего КЗ, кВ.

б) отстройки от напряжения самозапуска при включении от АВР заторможенных двигателей:

$$U_{\text{МТЗ}} = \frac{U_{\text{зап}}}{k_{\text{отс}}},$$

где $U_{\text{зап}}$ - междуфазное напряжение в месте установки защиты в условиях самозапуска заторможенных двигателей нагрузки при включении их от АПВ или АВР, кВ.

Первичное напряжение срабатывания фильтра-реле напряжений обратной последовательности комбинированного пуска напряжения выбирается по следующей формуле:

$$U_{2\text{МТЗ}} = 0.06 \cdot U_{\text{ном}}.$$

Чувствительность защиты по току определяется по выражению:

$$k_{\text{чI}} = \frac{I_{\text{кз.мин}}}{I_{\text{сз}}},$$

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				25

где $I_{\text{кз.мин}}$ - первичное значение тока в месте установки защиты при металлическом двухфазном КЗ в расчетной точке в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого тока, А.

Чувствительность реле минимального напряжения, включенного на междуфазное напряжение минимального пуска напряжения:

$$k_{\text{чU}} = \frac{U_{\text{МТЗ}}}{U_{\text{змак}}},$$

где $U_{\text{змакс}}$ - первичное значение междуфазного напряжения в месте установки защиты при трёхфазном КЗ в расчётной точке в режиме, обуславливающим наибольшее значение этого напряжения, кВ;

Чувствительность фильтра-реле напряжения обратной последовательности комбинированного пуска напряжения:

$$k_{\text{ч2U}} = \frac{U_{2\text{мин}}}{U_{2\text{МТЗ}}},$$

где $U_{2\text{мин}}$ - первичное значение междуфазного напряжения обратной последовательности в месте установки защиты при металлическом КЗ между двумя фазами в расчетной точке в режиме, обуславливающим наименьшее значение этого напряжения, кВ.

В соответствии с НТД как для реле тока, так и для реле напряжения требуется обеспечить наименьший коэффициент чувствительности:

- при выполнении защитой функций основной защиты шин - около 1.5 (КЗ на шинах);
- при выполнении защитой функций резервирования - около 1.2.

Защита действует с выдержкой времени.

Выдержка времени защиты выбирается по условию селективности с защитами отходящих присоединений:

$$t_{\text{МТЗ}} = t_{\text{прис}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{прис}}$ - максимальная выдержка времени защиты отходящего присоединения, с;
 Δt - ступень селективности, с.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				26

3.2.2.3 Защита от перегрузки трансформатора

Назначение: защита от длительных перегрузок, вызванных автоматическим подключением нагрузки от АВР, отключением параллельно работающего трансформатора.

Первичное значение тока срабатывания выбирается по условию отстройки от номинального тока стороны, где установлено реле, с учетом возможного увеличения его при регулировании напряжения.

Первичное значение тока срабатывания для соответствующей стороны трансформатора:

$$I_{3П} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} \cdot I_{ном.тр},$$

где $k_{отс}$ - коэффициент отстройки;

k_B - коэффициент возврата по току;

$I_{ном.тр}$ - первичный номинальный ток стороны трансформатора, где установлена защита, с учетом регулирования напряжения на данной стороне, А.

Время срабатывания защиты необходимо отстраивать от режимов кратковременных перегрузок и можно принимать без расчета из диапазона от 9 до 10 с (защита действует на сигнал).

3.2.2.4 Автоматика охлаждения трансформатора

Назначение: пуск обдува трансформатора.

Ток срабатывания для стороны ВН определяется по выражению:

$$I_{охл\text{ }ВН} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} \cdot I_{ном.ВН},$$

где $I_{ном.ВН}$ - номинальный ток стороны ВН трансформатора, А.

Ток срабатывания для стороны НН:

$$I_{охл\text{ }НН} \geq \frac{k_{отс}}{k_B} \cdot I_{ном.НН},$$

где $I_{ном.НН}$ - номинальный ток стороны НН трансформатора, А.

Взам. инв.№							
Подп. и дата							
Инв.№ подл.							
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	Лист
							27

Точный выбор параметров срабатывания реле тока и выдержек времени функции автоматики охлаждения необходимо производить в соответствии с требованиями завода-изготовителя трансформатора.

3.2.2.5 Блокировка РПН

Назначение: блокирование РПН при повреждениях и неисправностях в трансформаторе, при превышении допустимого тока устройства РПН, при перегрузе.

Ток срабатывания определяется по выражению:

$$I_{\text{блок}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_B} \cdot 1.4 \cdot I_{\text{ном.ВН}}.$$

3.2.3 Методика расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты присоединений 6 кВ

3.2.3.1 Токовая отсечка линии

Назначение: защита части линии от повреждений.

Ток срабатывания токовой отсечки выбирается из условия отстройки от максимального значения тока трехфазного КЗ при повреждении в конце защищаемой линии:

$$I_{\text{ТО}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{КЗмакс}}^{(3)}$$

где $I_{\text{КЗмакс}}^{(3)}$ - периодическая слагающая тока металлического короткого замыкания при замыкании между тремя фазами в конце линии в максимальном режиме, А.

$k_{\text{отс}}$ - коэффициент отстройки.

Коэффициент чувствительности:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{макс}}^{(3)}}{I_{\text{ТО}}} \geq 1.2$$

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				28

Эффективность токовой отсечки линии оценивается коэффициентом чувствительности (ПУЭ п.3.2.26) при КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме.

Защита действует без выдержки времени.

3.2.3.2 Максимальная токовая защита линии

Назначение: защита от многофазных КЗ на защищаемой линии и выполнение функции дальнего резервирования смежного участка.

Ток срабатывания МТЗ выбирается по следующим условиям:

а) несрабатывания защиты при сверхтоках послеаварийных перегрузок, т.е. после отключения короткого замыкания на предыдущем элементе:

$$I_{\text{МТЗ}} \geq \frac{k_n \cdot k_{\text{сзп}}}{k_v} \cdot I_{\text{раб.макс}},$$

где k_n - коэффициент надежности несрабатывания защиты;

$k_{\text{сзп}}$ - коэффициент самозапуска нагрузки;

k_v - коэффициент возврата;

$I_{\text{раб.макс}}$ - максимальное значение рабочего тока защищаемого элемента, А.

б) по условию согласования чувствительности защит последующего (защищаемого) и предыдущих элементов:

$$I_{\text{МТЗ}} \geq \frac{k_{\text{согл}}}{k_{\text{токрасп}}} \cdot \left(\sum_1^n I_{\text{с.з.предмакс}(n)} + \sum_1^{N-n} I_{\text{раб.макс}(N-n)} \right),$$

где $k_{\text{согл}}$ - коэффициент надежности согласования;

$k_{\text{токрасп}}$ - коэффициент токораспределения;

$I_{\text{с.з.предмакс}(n)}$ - наибольшая из геометрических сумм токов срабатывания максимальных токовых защит параллельно работающих предыдущих элементов, А;

$I_{\text{раб.макс}(N-n)}$ - геометрическая сумма максимальных значений рабочих токов все предыдущих элементов (N), за исключением тех, с защитами которых производится согласование (n), А.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			29

Чувствительность МТЗ проверяется при двухфазном КЗ и оценивается коэффициентом чувствительности:

$$k_{\text{ч1}} = \frac{I_{\text{КЗмин}}^{(2)}}{I_{\text{МТЗ}}} \geq 1.5,$$

где $I_{\text{КЗмин}}^{(2)}$ - первичное значение тока в месте установки защиты при металлическом двухфазном КЗ в конце присоединения в режиме, обуславливающем наименьшее значение этого тока, А.

Защита действует с выдержкой времени.

Выдержка времени защиты выбирается по условию селективности с защитами отходящих присоединений:

$$t_{\text{МТЗ}} = t_{\text{прис}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{прис}}$ - максимальная выдержка времени защиты отходящего присоединения, с;

Δt - ступень селективности, с.

3.2.3.5 Защита от однофазных замыканий на землю

Назначение: защита от однофазных замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью.

Ток срабатывания защиты от ОЗЗ по току основной частоты 50 Гц:

$$I_{\text{ОЗЗ}} = k_{\text{н}} \cdot k_{\text{бр}} \cdot I_{\text{сфидмах}},$$

где $k_{\text{н}}$ - коэффициент надежности;

$k_{\text{бр}}$ - коэффициент броска, учитывающий бросок емкостного тока в момент ОЗЗ;

$I_{\text{сфидмах}} = I_{\text{сл}}$ - максимальный емкостной ток защищаемого фидера, А;

$I_{\text{сл}} = I_{\text{сс}} \cdot l_{\text{кл}} \cdot m$ - собственный емкостной ток кабельной линии, А;

$I_{\text{сс}}$ - емкостной ток линии, А/км;

$l_{\text{кл}}$ - длина кабельной линии, км;

m - число кабелей в линии.

Защита выполняется с выдержкой времени $t_{\text{озз}} = 0.1$ с и действует на сигнал

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				30

3.2.3.6 УРОВ

Уставка по току:

$$I_{\text{уров}} = 0.15 \cdot I_{\text{номприс}},$$

где $I_{\text{номприс}}$ - номинальный ток присоединения (принимается равным первичному току ТТ), А.

Уставка по времени:

$$t_{\text{уров}} = 0.2 \text{ с.}$$

3.2.3.7 Максимальная токовая защита вводного / секционного выключателя

Назначение: защита шин и резервирование защит отходящих линий.

а) Ток срабатывания защиты выбирается по условию отстройки от тока нагрузки при действии АВР:

$$I_{\text{МТЗ}} \geq \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{сзп}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{раб}},$$

где $k_{\text{н}}$ - коэффициент надежности;

$k_{\text{сзп}}$ - коэффициент самозапуска нагрузки;

$k_{\text{в}}$ - коэффициент возврата;

$I_{\text{раб}}$ - максимальный рабочий, А.

б) по условию согласования чувствительности защит последующего (защищаемого) и предыдущих элементов:

$$I_{\text{МТЗ}} \geq \frac{k_{\text{согл}}}{k_{\text{токрасп}}} \cdot \left(\sum_1^n I_{\text{с.з.предмакс}(n)} + \sum_1^{N-n} I_{\text{раб.макс}(N-n)} \right),$$

где $k_{\text{согл}}$ - коэффициент надежности согласования;

$k_{\text{токрасп}}$ - коэффициент токораспределения;

$I_{\text{с.з.предмакс}(n)}$ - наибольшая из геометрических сумм токов срабатывания максимальных токовых защит параллельно работающих предыдущих элементов, А;

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			31

$I_{\text{раб.макс}}(N-n)$ - геометрическая сумма максимальных значений рабочих токов все предыдущих элементов (N), за исключением тех, с защитами которых производится согласование (n), А.

Чувствительность МТЗ проверяется при повреждении на секции в минимальном режиме работы системы:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗмин}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} > 1.5.$$

где $I_{\text{КЗмин}}^{(2)}$ - периодическая слагающая тока через защиту при металлическом коротком замыкании между двумя фазами на секции в минимальном режиме, А.

Выдержка времени защиты выбирается по условию селективности с защитами отходящих присоединений:

$$t_{\text{МТЗ}} = t_{\text{прис}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{прис}}$ - максимальная выдержка времени защиты отходящего присоединения, с;

Δt - ступень селективности, с.

3.2.3.8 Дуговая защита

Назначение: защита от внутренних КЗ, сопровождающихся электрической дугой, в КСО, КРУ, КРУН подстанций 6-10 кВ.

Защиту выполняется на базе устанавливаемых микропроцессорных устройств.

Для увеличения надежности и отстройки от ложных срабатываний вводится дополнительный контроль по току с помощью уставки, равной уставке МТЗ соответствующей ячейки.

3.2.3.9 Логическая защита шин

Назначение: быстрое отключение КЗ на шинах 6-10 кВ.

Уставки по току ЛЗШ принимаются аналогичными уставкам МТЗ соответствующего присоединения (питающего).

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				32

Уставка по времени ЛЗШ, как правило, определяется исходя из компромисса между обнаружением повреждения, надежным блокированием ступени ЛЗШ от фидерных защит, но исключения появления значительных разрушений в ячейке:

$$t_{\text{ЛЗШ}} = 0.2 \text{ с.}$$

3.2.3.10 Контроль изоляции напряжения

Назначение: фиксация факта возникновения ОЗЗ по напряжению нулевой последовательности.

Защита от замыканий на землю срабатывает по факту появления напряжения нулевой последовательности $3U_0$. Параметры срабатывания отстраиваются от напряжения небаланса $3U_{0\text{ср}} = 10 \text{ В}$.

Защита действует на сигнал с выдержкой времени $t_{\text{с.з}} = 9 \text{ с}$.

Результаты расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты присоединений 6 кВ ПС 35 кВ Военный городок и питающих ВЛ 35 кВ представлены в виде протоколов расчета в таблицах 3.1 - 3.13.

Результаты расчета параметров срабатывания устройств релейной защиты вновь проектируемого оборудования яч.№4, яч.№20, яч.№25, яч.№50, яч.№51, яч.№503, яч.№509 и трансформатора ТРДН(SFFZ)-25000/35 представлены в таблице 3.14 - 3.15.

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				33

Таблица 3.1 - Расчет параметров срабатывания яч.№1 Парус-А

Ячейка 1 – Парус А						
Существующие уставки $I_{T0} = 920 \text{ А}$; $I_{MT3} = 720 \text{ А}$ $t_{MT3} = 0.5 \text{ с}$.						
Защита 1001				Тип МФТЗ Ступень 1-2		
Ветвь 346-184				КТТ 600/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	1814	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=1512 103
				УЗЕЛ-КЗ 4000		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1814	2,74	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=4970 135
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 357	ОТКЛ 0 72-2	Ip=4970 135
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
MT3						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	720	6,9	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=4970 135
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 357	ОТКЛ 0 72-2	Ip=4970 135
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	720	1,94	ВИД-КЗ АВС	ОТКЛ 0 68-1	IB=1398 -17
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 4000	ОТКЛ 0 72-2	Ip=1398 -17
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

Таблица 3.2 - Расчет параметров срабатывания яч.№3 ТП1162п

Ячейка 3 – ТП1162						
Существующие уставки $I_{TO} = 2300 \text{ A}$; $I_{MT3} = 420 \text{ A}$ $t_{MT3} = 0.5 \text{ с.}$ при 2000 А						
Защита 2021				Тип МФЗ Ступень 1-2		
Ветвь 252-184				КТГ 300/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрезжим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	1010	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=842 108
				УЗЕЛ-КЗ 287		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2300	2,40	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=5530 -49
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 285	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5530 -49
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
MT3						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрезжим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	420	15,16	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=6367 -46
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 285	ОТКЛ 0 72-2	Ip=6367 -46
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 70-1	

Взам. инв.№	ОТСТРОЙКА		УСТ	1010	Г,2	ВИД-КЗ АВС		1А=842 108
						УЗЕЛ-КЗ 287		
	ЧУВСТВИ-НОСТЬ		УСТ	2300	2,40	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	ІВ=5530 -49
			КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 285	ОТКЛ 0 72-2	Ір=5530 -49
			РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
Подп. и дата	МТЗ							
	Расч усл		Имя	Значение	К	Повреждение	Подрезим	Эл величины
	ЧУВСТВИ-НОСТЬ		УСТ	420	15,16	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	ІВ=6367 -46
			КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 285	ОТКЛ 0 72-2	Ір=6367 -46
			РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 70-1	
Инв.№ подл.								
								Лист
								34
Изм		Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	

					ВКЛ-ШСВ 0 74-2	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	420	1,44	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=604 140
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 287	ОТКЛ 0 72-2	Ip=604 140
	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 70-1	
					ВКЛ-ШСВ 0 74-2	

Таблица 3.3 - Расчет параметров срабатывания яч.№5 Мелькомбинат

Ячейка 5 – Мелькомбинат						
Существующие уставки I _{ТО} = 5000 А; I _{МТЗ} = 640 А t _{МТЗ} = 0.5 с. при 2700 А						
Защита 2031				Тип МФТЗ Ступень 1-2		
Ветвь 288-184				КТТ 400/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	1150	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=958 115
				УЗЕЛ-КЗ 304		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1150	5,18	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5954 121
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 288	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5954 121
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	5000	1,19	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5954 121
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 288	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5954 121
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
МТЗ						
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	640	1,22	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=780 -36
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 304	ОТКЛ 0 72-2	Ip=780 -36
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	640	0,54	ВИД-КЗ АВС	ОТКЛ 0 68-1	IC=345 -127
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 307	ОТКЛ 0 72-2	Ip=345 -127
	РТ	АВС		КЗ на НН тран-ра	ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
				Энерготранс		

Взам. инв.№

Подп. и дата

Инв.№ подл.

							Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ		Лист 35
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата				

Таблица 3.4 - Расчет параметров срабатывания яч.№9 ТП752

Ячейка 9 – ТП-752п						
Существующие уставки $I_{TO} = 2300 \text{ А}$; $I_{MT3} = 560 \text{ А}$ $t_{MT3} = 0.5 \text{ с.}$ при 2700 А						
Защита 2041				Тип МФТЗ Ступень 1-2		
Ветвь 330-184				КТТ 400/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	1877	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=1564 102
				УЗЕЛ-КЗ 4002		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2300	2,48	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5707 129
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 331	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5707 129
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
МТЗ						
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	560	10,2	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5707 129
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 331	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5707 129
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	560	2,58	ВИД-КЗ АВС	ОТКЛ 0 68-1	IA=1443 101
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 4002	ОТКЛ 0 72-2	Ip=1443 101
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

Таблица 3.5 - Расчет параметров срабатывания яч.№11 ТП491

Ячейка 11 – ТП-491п						
Существующие уставки $I_{TO} = 1600 \text{ А}$; $I_{MT3} = 420 \text{ А}$ $t_{MT3} = 0.7 \text{ с.}$ при 2000 А						
Защита 2051				Тип МФТЗ Ступень 1-2		
Ветвь 333-184				КТТ 300/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрезжим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	1206	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=1005 104
				УЗЕЛ-КЗ 345		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1600	2,65	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=4245 -47
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 336	ОТКЛ 0 72-2	Ip=4245 -47
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
MT3						
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	420	10,1	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=4245 -47
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 336	ОТКЛ 0 72-2	Ip=4245 -47

Взам. инв.№	Расч усл						Имя	Значение	К	Повреждение	Подрезжим	Эл величины
	ОТСТРОЙКА						УСТ	1206	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=1005 104
										УЗЕЛ-КЗ 345		
Подп. и дата	ЧУВСТВИ-НОСТЬ						УСТ	1600	2,65	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=4245 -47
							КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 336	ОТКЛ 0 72-2	Ip=4245 -47
							РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
Инв.№ подл.	МТЗ											
	ЧУВСТВИ-НОСТЬ						УСТ	420	10,1	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=4245 -47
							КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 336	ОТКЛ 0 72-2	Ip=4245 -47
												Лист
						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ						36
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата							

	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	420	2,24	ВИД-КЗ ABC	ОТКЛ 0 68-1	IC=941 -137
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 345	ОТКЛ 0 72-2	Ip=941 -137
	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

Таблица 3.6 - Расчет параметров срабатывания яч.№24 ТП4208(ТП3832п)

Ячейка 24 – ТП-4208п	
Существующие уставки $I_{T0} = 1000 \text{ A}$; $I_{MT3} = 300 \text{ A}$ $t_{MT3} = 0.5 \text{ с.}$	
Защита 2001	Тип МФЗ Ступень 1-2
Ветвь 279-184	КТТ 200/5
Узел	КТН 60

TO

Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	433	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=361 113
				УЗЕЛ-КЗ 4003		
ОТСТРОЙКА	УСТ	1250	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=1042 103
				УЗЕЛ-КЗ 283		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1250	4,66	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5826 123
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 301	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5826 123
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	1250	4,13	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5165 130
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 280	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5165 130
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

MT3

ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	300	19,4	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5826 123
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 301	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5826 123
	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	300	1,15	ВИД-КЗ ABC	ОТКЛ 0 68-1	IB=344 -7
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 4003	ОТКЛ 0 72-2	Ip=344 -7
	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	300	17,2	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5165 130
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 280	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5165 130
	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	300	3,25	ВИД-КЗ ABC	ОТКЛ 0 68-1	IC=975 -137
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 283	ОТКЛ 0 72-2	Ip=975 -137
	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

Взам. инв.№		КСХ	1	УЗЕЛ-КЗ 4003	ОТКЛ 0 72-2	Ip=344 -7
		РТ	ABC		ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
	ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	300	17,2	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1 IA=5165 130
		КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 280	ОТКЛ 0 72-2 Ip=5165 130
Подп. и дата		РТ	ABC		ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
	ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	300	3,25	ВИД-КЗ ABC	ОТКЛ 0 68-1 IC=975 -137
		КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 283	ОТКЛ 0 72-2 Ip=975 -137
		РТ	ABC		ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
Инв.№ подл.						
	Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата
Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ						Лист 37

Таблица 3.7 - Расчет параметров срабатывания яч.№2 (яч.№505) ТП1182А

Ячейка 2 (505) – ТП-1182 “А”						
Существующие уставки I _{Т0} = 2000 А; I _{МТЗ} = 600 А t _{МТЗ} = 0.5 с.						
Защита 2061				Тип МФТЗ Ступень 1-2		
Ветвь 347-312				КТТ 600/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	2640	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=2199 -61
				УЗЕЛ-КЗ 243		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2640	3.38	ВИД-КЗ АВ		IA=8933 -87
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 312		Ip=8933 -87
	РТ	АВС				
МТЗ						
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	600	2,9	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=1743 -33
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 243	ОТКЛ 0 72-2	Ip=1743 -33
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	600	1,62	ВИД-КЗ АВС	ОТКЛ 0 68-1	IC=972 49
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 246	ОТКЛ 0 72-2	Ip=972 49
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

Таблица 3.8 - Расчет параметров срабатывания яч.№4 (яч.№506) ТП1003

Ячейка 4 (71) – ТП-1003						
Существующие уставки I _{Т0} = 4000 А; I _{МТЗ} = 640 А t _{МТЗ} = 0.5 с при 2700 А						
Защита 2071				Тип МФТЗ Ступень 1-2		
Ветвь 347-264				КТТ 600/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	5324	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=4436 -54
				УЗЕЛ-КЗ 273		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	5324	1,67	ВИД-КЗ АВС		IA=8933 -87
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 264		Ip=8933 -87
	РТ	АВС				
МТЗ						
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	640	8,67	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5547 -53
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 265	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5547 -53
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	640	1,54	ВИД-КЗ АВС	ОТКЛ 0 68-1	IC=986 42
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 272	ОТКЛ 0 72-2	Ip=986 42

Взам. инв.№		ЧУВСТВИ-НОСТЬ		УСТ	5324	1,67	ВИД-КЗ АВС		IA=8933 -87	
				КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 264		Ip=8933 -87	
				РТ	ABC					
Подп. и дата		МТЗ								
		ЧУВСТВИ-НОСТЬ		УСТ	640	8,67	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=5547 -53	
				КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 265	ОТКЛ 0 72-2	Ip=5547 -53	
				РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27		
		ЧУВСТВИ-НОСТЬ		УСТ	640	1,54	ВИД-КЗ АВС	ОТКЛ 0 68-1	IC=986 42	
Инв.№ подл.				КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 272	ОТКЛ 0 72-2	Ip=986 42	
Изм		Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			Лист
										38

	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	640	5,27	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IC=3375 -29
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 273	ОТКЛ 0 72-2	Ip=3375 -29
	РТ	ABC			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

Таблица 3.9 - Расчет параметров срабатывания яч.№25 (яч.№511) ТП567

Ячейка 25 (63) – ТП-567						
Существующие уставки I _{Т0} = 4000 А; I _{МТЗ} = 600 А t _{МТЗ} = 0.5 с при 2700 А						
Защита 2081				Тип МФТЗ Ступень 1-2		
Ветвь 347-81				КТТ 600/5		
Узел				КТН 60		
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	5135	1,2	ВИД-КЗ АВС		IA=4279 -68
				УЗЕЛ-КЗ 94		
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	5135	1,73	ВИД-КЗ АВС		IA=8933 -87
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 81		Ip=8933 -87
	РТ	АВС				
МТЗ						
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	600	3,12	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=1869 -31
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 120	ОТКЛ 0 72-2	Ip=1869 -31
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	600	1,27	ВИД-КЗ АВС	ОТКЛ 0 68-1	IA=763 -71
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 121	ОТКЛ 0 72-2	Ip=763 -71
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	600	5,36	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=3219 -41
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 94	ОТКЛ 0 72-2	Ip=3219 -41
	РТ	АВС			ВКЛ-ШСВ 0 14-27	

Взам. инв.№

Подп. и дата

Инв.№ подл.

							Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ		Лист 39
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата				

Таблица 3.10 - Расчет параметров срабатывания яч.№12 СВ-1-6

Ячейка 12 – СВ-1-6						
Существующие уставки I _{МТЗ} = 2700 А						
Защита 121				Тип МФЗ Ступень 1		
Ветвь 184-26				КТТ 2000/5		
Узел				КТН 60		
МТЗ						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2700	2,28	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=6153 -59
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 26	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=6153 -59
	РТ	ABC			ОТКЛ 0 72-2	
					ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
					ВКЛ-ШСВ 0 184-26	
					ОТКЛ 0 24-26	
					ИЗМ 16-19 R1=0	
					X1=0.99 ЕК1В1=1	
					ИЗМ 19-54 R1=0	
					X1=13.98	
					ЕК1В1=6.532	
					ИЗМ 19-53 R1=0	
					X1=13.98	
					ЕК1В1=6.532	

Таблица 3.11 - Расчет параметров срабатывания яч.№512 СВ-2-6

Ячейка 512 – СВ-2-6						
Существующие уставки I _{МТЗ} = 2700 А						
Защита 141				Тип МФЗ Степень 1		
Ветвь 347-26				КТТ 1000/5		
Узел				КТН 60		
МТЗ						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2700	2,28	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=6153 -59
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 26	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=6153 -59
	РТ	ABC			ОТКЛ 0 72-2	
					ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
					ВКЛ-ШСВ 0 184-26	
					ОТКЛ 0 24-26	
					ИЗМ 16-19 R1=0	
					X1=0.99 ЕК1В1=1	
					ИЗМ 19-54 R1=0	
					X1=13.98	
					ЕК1В1=6.532	
					ИЗМ 19-53 R1=0	
					X1=13.98	
					ЕК1В1=6.532	

Взам. инв.№	Подп. и дата	Инв.№ подл.							Лист

Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ

40

Таблица 3.12 - Расчет параметров срабатывания яч.№43 СВ-3-6

Ячейка 43 – СВ-3-6

Существующие уставки $I_{\text{МТЗ}} = 2500 \text{ А}$

Защита 151	Тип МФЗ	Степень 1
Ветвь 9-184	КТТ	1500/5
Узел	КТН	60

TO

Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрезжим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2500	2,46	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=6153 -59
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 9	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=6153 -59
	РТ	ABC			ОТКЛ 0 72-2	
					ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
					ВКЛ-ШСВ 0 184-26	
					ОТКЛ 0 24-26	
					ИЗМ 16-19 R1=0	
					X1=0.99 EK1B1=1	
					ИЗМ 19-54 R1=0	
					X1=13.98	
					EK1B1=6.532	
					ИЗМ 19-53 R1=0	
					X1=13.98	
					EK1B1=6.532	

Таблица 3.13 - Проверка возможности применения существующих защит ВЛ 35 кВ Левобережная - Военный городок цепь I (II) после замены трансформатора 16 МВА на 25 МВА на ПС 35 кВ Военный городок

ЭЛ ЛЕВОБЕРЕЖНАЯ-ВОЕННЫЙ ГОРОДОК I (II)						
ПС 220 кВ ЛЕВОБЕРЕЖНАЯ						
Защита 31(21)		Тип МФТЗ				
Ветвь 11-49 (48-52)		КТТ=600/5				
Узел		КТН=350				
ТО						
Расч усл	Имя	Значение	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	2207	1,1	ВИД-КЗ АВС	ИЗМ 16-19 R1=0	IA=2006 -87
				УЗЕЛ-КЗ 54	X1=0.48 ЕК1В1=1	
					ИЗМ 19-54 R1=0	
					X1=6.72	
					ЕК1В1=5.133	
					ИЗМ 19-53 R1=0	
					X1=6.72	
					ЕК1В1=5.133	
	УСТ	1298	1,1	ВИД-КЗ АВС	ИЗМ 16-19 R1=0	IA=1180 -88
				УЗЕЛ-КЗ 54	X1=0.99 ЕК1В1=1	
					ИЗМ 19-54 R1=0	

						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	Лист
							41
Изм	Кол.уч	Лист	№ док	Подп.	Дата		

Взам. инв. №

Подп. и дата

ИНВ. № ПОДЛ.

Инв.№ подл.	Подп. и дата		Взам. инв.№	

					X1=13.98	
					EK1B1=6.532	
					ИЗМ 19-53 R1=0	
					X1=13.98	
					EK1B1=6.532	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2300	1,53	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=3511 125
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 13	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=3511 125
	РТ	ABC			ОТКЛ 0 72-2	
					ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2600	1,35	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=3511 125
Сущ. уставка	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 13	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=3511 125
	РТ	ABC			ОТКЛ 0 72-2	
					ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
МТЗ						
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	950	3,7	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=3511 125
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 13	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=3511 125
	РТ	ABC		Ближнее	ОТКЛ 0 72-2	
				резервирование	ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
	УСТ	950	1,26	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IA=1195 -57
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 54	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=1195 -57
	РТ	ABC		Дальнее	ОТКЛ 0 72-2	
				резервирование	ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
	УСТ	950	1,6	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=1519 122
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 54	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=1519 122
	РТ	ABC		Дальнее	ОТКЛ 0 72-2	
				резервирование	ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
					ИЗМ 16-19 R1=0	
					X1=0.48 EK1B1=1	
					ИЗМ 19-54 R1=0	
					X1=6.72	
					EK1B1=5.133	
					ИЗМ 19-53 R1=0	
					X1=6.72	
					EK1B1=5.133	
	УСТ	950	0,99	ВИД-КЗ АВ	ОТКЛ 0 68-1	IB=942 121
	КСХ	1		УЗЕЛ-КЗ 54	ВКЛ-ШСВ 0 1-70	Ip=942 121
	РТ	ABC		Дальнее	ОТКЛ 0 72-2	
				резервирование	ВКЛ-ШСВ 0 2-74	
					ИЗМ 16-19 R1=0	
					X1=0.99 EK1B1=1	
					ИЗМ 19-54 R1=0	
					X1=13.98	
					EK1B1=6.532	

					ИЗМ 19-53 R1=0	
					X1=13.98	
					EK1B1=6.532	

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			43	

Таблица 3.14 - Расчет параметров срабатывания УРЗ яч.№4, яч.№20, яч.№25, яч.№50, яч.№51, яч.№503, яч.№509

Защита	Расчетное выражение	Значения величин, входящих в расчетное выражение	Первичное значение тока и время срабатывания		Принимаемое вторичное значение тока срабатывания	Проверка чувствительности (первичные значения)	
			I _{с.з} , А	t _{с.з} , с		I _{КЗмин} , А	k _ч = $\frac{I_{КЗмин}}{I_{с.з}}$
яч.№20, яч.№503 (k _{тт} = 300/5, полная звезда) ТМ-250 кВА/6/0.4 кВ (ТСН-3, ТСН-4)							
АТоковая отсечка	I _{ТО} ≥ k _{отс} · I _{КЗмакс} ⁽³⁾	(КЗ в узле 66, на НН ТСН-3) I _{КЗмакс} ⁽³⁾ = 554 А k _{отс} = 1.2	I _{с.з} ТСН-3 = 664.8 I _{с.з} ТСН-4 = 669.6	0	I _{ТО} = 16.75 А	КЗ в узле 44, на ВН ТСН-3 I _{КЗмин} ⁽²⁾ = 5954	8.8 > 2
		(КЗ в узле 57, на НН ТСН-4) I _{КЗмакс} ⁽³⁾ = 558 А k _{отс} = 1.2				КЗ в узле 59, на ВН ТСН-4 I _{КЗмин} ⁽²⁾ = 6771	10.1 > 2
	I _{ТО} ≥ k _н · I _{н.тр}	I _{н.тр} = 24.1 А k _н = 6	I _{с.з} = 144.34				
БМТЗ	I _{МТЗ} ≥ $\frac{k_n \cdot k_{сзп}}{k_B} \cdot I_{раб.макс}$	k _{сзп} · I _{раб.макс} = 98.4 А k _п = 5, x _{дв} = 28.75 Ом z _{экв} = 0.028 + j0.361 Ом k _н = 1.2, k _в = 0.95	I _{с.з} = 124.3	0.5	I _{МТЗ} = 3.125 А	КЗ в узле 66, на НН ТСН-3	
						I _{КЗмин} ⁽²⁾ = 525	4.2 > 1.5
						КЗ в узле 57, на НН ТСН-4	
						I _{КЗмин} ⁽²⁾ = 529	4.23 > 1.5
Защита от перегрузки	I _{ЗП} = $\frac{k_{отс}}{k_B} \cdot I_{ном}$	I _{н.тр} = 24.1 А k _{отс} = 1.05, k _в = 0.95	I _{ЗП} = 26.63	9	I _{ЗП} = 0.7 А	-	
УРОВ	I _{УРОВ} = 0.1 · I _{ном} прис	I _{ном} = 200 А	I _{с.з} = 20	0.2	I _{УРОВ} = 0.5 А	-	
яч.№4, яч.№25, яч.№50, яч.№51, яч.№509 (k _{тт} = 300/5, полная звезда) ТДГР 300 кВА/6.3/0.23 кВ							
Токовая отсечка	I _{ТО} ≥ k _н · I _{н.тр}	I _{н.тр} = 27.5 А k _н = 6	I _{с.з} = 164.95	0	I _{ТО} = 2.75 А	КЗ в узле 69, на ВН яч.№509 I _{КЗмин} ⁽²⁾ = 5954	36.1 > 2
МТЗ	I _{МТЗ} ≥ $\frac{k_n \cdot k_{сзп}}{k_B} \cdot I_{раб.макс}$	I _{раб.макс} = I _{н.тр} = 27.5 А	I _{с.з} = 34.74	0.5	I _{МТЗ} = 0.65 А	КЗ в узле 71, на НН яч.№509	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Кол.уч	
Лист	
№доку.	
Подпись	
Дата	

Защита	Расчетное выражение	Значения величин, входящих в расчетное выражение $k_{сзп} = 1$ $k_n = 1.2, k_b = 0.95$	Первичное значение тока и время срабатывания		Принимаемое вторичное значение тока срабатывания	Проверка чувствительности (первичные значения)	
			$I_{с.з}, A$	$t_{с.з}, c$		$I_{КЗмин}, A$	$k_{ч} = \frac{I_{КЗмин}}{I_{с.з}}$
						$I_{кзмин}^{(2)} = 469$	$12 > 1.5$
						КЗ в узле 71, на НН яч.№509	
						$I_{кзмин}^{(2)} = 419$	$10.4 > 1.5$
УРОВ	$I_{уров} = 0.1 \cdot I_{ном} прис$	$I_{ном} = 300 A$	$I_{с.з} = 30$	0.2	$I_{уров} = 0.5 A$	-	

Протоколы расчетов токов КЗ представлены в приложении В.

Таблица 3.15 - Расчет параметров срабатывания УРЗ трансформатора ПС 35 кВ Военный городок

Наименование рассчитываемого параметра срабатывания	Расчётное выражение	Значения параметров срабатывания	
		Расчётные	Принятые
Дифференциальная защита трансформатора			
Первичный ток на сторонах защищаемого трансформатора, соответствующий его номинальной мощности	$I_{\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}$	$I_{\text{НОМ}35} = 393 \text{ A}$ $I_{\text{НОМ}6.3} = 2291.2 \text{ A}$ $I_{\text{НОМ}6.3} = 2291.1 \text{ A}$	-
Вторичный ток в плечах защиты, соответствующий номинальной мощности защищаемого автотрансформатора	$I_{\text{НОМ.В}} = \frac{I_{\text{НОМ}} \cdot k_{\text{СХ}}}{k_{\text{ТТ}}}$ $k_{\text{СХ}} = 1, k_{\text{ТТ}} = 600/5$ для плеча стороны ВН $k_{\text{СХ}} = 1, k_{\text{ТТ}} = 2000/5$ для плеча стороны НН1 $k_{\text{СХ}} = 1, k_{\text{ТТ}} = 2000/5$ для плеча стороны НН2	$I_{\text{НОМ.В}35} = 3.275 \text{ A}$ $I_{\text{НОМ.В}6.3} = 5.728 \text{ A}$ $I_{\text{НОМ.В}6.3} = 5.728 \text{ A}$	$I_{\text{НОМ.В}35} = 3.28 \text{ A}$ $I_{\text{НОМ.В}6.3} = 5.73 \text{ A}$ $I_{\text{НОМ.В}6.3} = 5.73 \text{ A}$
Промежуточные ТТ не требуются, так как значения базисных токов находятся в диапазоне выравнивания терминала.			
Начальный ток срабатывания	$I_{\text{ДЗТ нач.}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч}}$ $I_{\text{нб расч}} = 0.5 \cdot (k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon_{0.5} + U_{\text{рег.}} + \gamma)$ $k_{\text{отс}} = 1.5, \varepsilon_{0.5} = 0.1, k_{\text{пер}} = 1, k_{\text{одн}} = 1,$ $U_{\text{рпн}} = 0.12, \gamma = 0.05$	$I_{\text{нб расч}} = 0.135 \text{ о.е.}$ $I_{\text{ср0}} = 0.203 \text{ о.е.}$	$I_{\text{ДЗТ нач.}} = \mathbf{0.3 \text{ о.е.}}$
Ток срабатывания ДЗТ при токе торможения $1.5I_{\text{НОМ.тр}}$	$I_{\text{ДЗТ 2}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч.2}}$ $I_{\text{нб расч.2}} = 1.5 \cdot (k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon_{1.5} + U_{\text{рег.}} + \gamma)$ $k_{\text{отс}} = 1.2, \varepsilon_{0.5} = 0.1, k_{\text{пер}} = 2, k_{\text{одн}} = 1,$ $U_{\text{рпн}} = 0.12, \gamma = 0.05$	$I_{\text{нб расч.2}} = 0.555 \text{ о.е.}$ $I_{\text{ДЗТ 2}} = 0.666 \text{ о.е.}$	$I_{\text{ДЗТ 2}} = \mathbf{0.66 \text{ о.е.}}$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Кол.уч	
Лист	
№доп.	
Подпись	
Дата	

Наименование рассчитываемого параметра срабатывания	Расчётное выражение	Значения параметров срабатывания	
		Расчётные	Принятые
Коэффициент торможения второго участка ДЗТ	$k_{\text{торм.2}} = \frac{I_{\text{ДЗТ2}} - I_{\text{ДЗТ нач.}}}{1.5 - 0.5}$	-	$k_{\text{торм.2}} = \mathbf{0.36}$ о. е.
Ток торможения при максимальном токе КЗ	$I_{\text{к торм}} = \left(1 - \frac{k_{\text{пер}} \cdot \varepsilon_{\text{макс}}}{2}\right) \cdot \frac{I_{\text{кз.тр.макс.}}}{I_{\text{ном.тр.вн}}}$ $k_{\text{пер}} = 2.5, \varepsilon_{\text{макс}} = 0.1$ $I_{\text{кз.тр.макс.}} = I_{\text{КЗмакс}}^{(3)} = 2006 \text{ A}, I_{\text{ном.тр.вн}} = 393 \text{ A}$	$I_{\text{к торм}} = 4.466$ о. е.	$I_{\text{к торм}} = \mathbf{4.47}$ о. е.
Коэффициент торможения третьего участка ДЗТ	$k_{\text{торм.3}} = \frac{I_{\text{ДТО}} - I_{\text{ДЗТ 2}}}{I_{\text{к торм}} - I_{\text{торм.2}}}$ $I_{\text{торм.2}} = 1.5 \text{ о. е.}$	$k_{\text{торм.3}} = 1.124$ о. е	$k_{\text{торм.3}} = \mathbf{1.13}$ о. е.
Ток срабатывания отсечки	$I_{\text{отс}} \geq 1.2 \cdot \frac{I_{\text{макс}}}{I_{\text{ном.тр.вн}}} \cdot (k_{\text{пер}} \cdot \varepsilon \cdot k_{\text{одн}} + \Delta U + \gamma)$ $I_{\text{макс}} = I_{\text{КЗмакс}}^{(3)} = 2006 \text{ A}, I_{\text{ном.тр.вн}} = 393 \text{ A},$ $k_{\text{пер}} = 2.5, \varepsilon = 0.1, k_{\text{одн}} = 1, \Delta U = 0.12, \gamma = 0.05$ $I_{\text{отс}} \geq 4 \cdot I_{\text{ном тр}}$	$I_{\text{отс}} = 2.53$ о. е. $I_{\text{отс}} = 4$ о. е.	$I_{\text{отс}} = \mathbf{4}$ о. е.
Коэффициент чувствительности	$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз мин.}} \cdot (1 - \varepsilon_{\text{мин}})}{I_{\text{ном.тр.вн}} \cdot I_{\text{ДЗТ нач.}}}$ $I_{\text{КЗ мин}}^{(2)} = 951 \text{ A}, \varepsilon_{\text{мин}} = 0.1, I_{\text{ном.тр.вн}} = 393 \text{ A},$ $I_{\text{ДЗТ нач.}} = 0.3$	$k_{\text{ч}} = 7.27 > 2$	
Защита действует на отключение всех выключателей трансформатора с $t_{\text{ср}} = 0$ с.			

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Кол.уч	
Лист	
№доку.	
Подпись	
Дата	

Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ

Наименование рассчитываемого параметра срабатывания	Расчётное выражение	Значения параметров срабатывания	
		Расчётные	Принятые
Резервная максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению			
Ток срабатывания по условию отстройки от номинального тока трансформатора на стороне, где устанавливается защита	$I_{\text{МТЗ}} \geq \frac{k_{\text{H}}}{k_{\text{B}}} \cdot I_{\text{НОМ тр}}$ $k_{\text{H}} = 1.2, k_{\text{B}} = 0.95,$ $I_{\text{НОМВН}} = 393 \text{ A}, I_{\text{НОМНН1 (НН2)}} = 1146 \text{ A}$	$I_{\text{МТЗВН}} = 496.42 \text{ A}$ $I_{\text{МТЗВН(сущ)}} = 500 \text{ A}$ $I_{\text{МТЗНН1 (НН2)}} = 1448 \text{ A}$ $I_{\text{МТЗНН (сущ)}} = 3000 \text{ A}$	$I_{\text{МТЗВН}} = \mathbf{4.16 \text{ A}}$ $I_{\text{МТЗНН}} = \mathbf{5 \text{ A}}$
Напряжение срабатывание для минимального реле напряжения	$U_{\text{МТЗ}} = \frac{U_{\text{мин}}}{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{B}}}$ $U_{\text{мин}} = 0.9 \cdot U_{\text{НОМ}}, U_{\text{НОМ}} = 6.3 \text{ кВ}$ $k_{\text{отс}} = 1.2, k_{\text{B}} = 1.05$	$U_{\text{МТЗ}} = 4.5 \text{ кВ}$	$U_{\text{МТЗ}} = \mathbf{61.25 \text{ В}}$
	$U_{\text{МТЗ}} = \frac{U_{\text{зап}}}{k_{\text{отс}}}$ $U_{\text{зап}} = 0.7 \cdot U_{\text{НОМ}}, U_{\text{НОМ}} = 6.3 \text{ кВ}, k_{\text{отс}} = 1.2$	$U_{\text{МТЗ}} = 3.675 \text{ кВ}$	
Напряжение срабатывания фильтра-реле напряжений обратной последовательности	$U_{2\text{МТЗ}} = 0.06 \cdot U_{\text{НОМ}}$ $U_{\text{НОМ}} = 6.3 \text{ кВ}$	$U_{2\text{МТЗ}} = 0.378 \text{ кВ}$	$U_{2\text{МТЗ}} = \mathbf{6.3 \text{ В}}$
Коэффициент чувствительности в режиме ближнего резервирования	$k_{\text{чI}} = \frac{I_{\text{КЗ мин}}^{(2)}}{I_{\text{МТЗ}}}, k_{\text{чU}} = \frac{U_{\text{МТЗ}}}{U_{\text{з\text{ма}к}}}, k_{\text{ч2U}} = \frac{U_{2\text{мин}}}{U_{2\text{МТЗ}}}$ $I_{\text{КЗВН мин}}^{(2)} = 951 \text{ A}, I_{\text{КЗНН мин}}^{(2)} = 5378 \text{ A},$ $U_{\text{з\text{ма}к}}^{(3)} = 0 \text{ кВ}, U_{2\text{мин}} = 1.64 \text{ кВ}$	$k_{\text{чIВН}} = 1.9 > 1.5$ $k_{\text{чIНН1 (НН2)}} = 2.68 > 1.5$ $k_{\text{чU}} \gg 1.5$ $k_{\text{ч2U}} = 4.33 > 1.5$	

Наименование рассчитываемого параметра срабатывания	Расчётное выражение	Значения параметров срабатывания	
		Расчётные	Принятые
Коэффициент чувствительности в режиме дальнего резервирования	$k_{чI} = \frac{I_{КЗ\ мин}^{(2)}}{I_{МТЗ}}, k_{ч2U} = \frac{U_{2\ мин}}{U_{2МТЗ}}$ яч.№511 5СШ6 кВ $I_{КЗ\ мин}^{(2)} = 2901\text{ A}, U_{2\ мин} = 0.88\text{ кВ}$	$k_{чI\ НН1\ (НН2)} = 1.45 > 1.2$ $k_{ч2U} = 2.33 > 1.2$	
МТЗ на стороне НН действует на отключение выключателя ввода 6 кВ с $t_{ср} = 1.3\text{ с}$.			
МТЗ на стороне ВН с первой выдержкой времени действует на отключение выключателя ввода 10 кВ с $t_{1ср} = 1.3\text{ с}$ и со второй выдержкой времени $t_{2ср} = 1.6\text{ с}$ на отключение трансформатора с запретом АПВ.			
Токи срабатывания существующих защит присоединений 6 кВ ПС 35 кВ Военный городок приняты на основании «Карты уставок РЗА ПС 35 кВ Военный городок» филиала ОАО «ИЭСК» ЮЭС.			
Защита от перегрузки трансформатора			
Ток срабатывания	$I_{ЗП} \geq \frac{k_{отс}}{k_{в}} \cdot I_{ном.тр}$ $k_{отс} = 1.05, k_{в} = 0.95, I_{ном\ ВН} = 393\text{ A},$ $I_{ном\ НН1(НН2)} = 1146\text{ A}$	$I_{ЗП\ ВН} = 434.4\text{ A}$ $I_{ЗП\ НН1\ (НН2)} = 1266.63\text{ A}$	$I_{ЗП\ ВН} = 3.7\text{ A}$ $I_{ЗП\ НН1\ (НН2)} = 3.2\text{ A}$
Защита действует на сигнал с выдержкой времени $t_{ср} = 10\text{ с}$.			
Автоматика охлаждения трансформатора			
Ток срабатывания определяется заводским данным на трансформатор. Уточнить при наладке.			
Токовый орган автоматики охлаждения трансформатора действует без выдержки времени на включение вентилятора обдува трансформатора.			

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	
Кол.уч	
Лист	
№ док.	
Подпись	
Дата	
Ю68-371-ИОС1.2.2.Тч	
50	Лист

Наименование рассчитываемого параметра срабатывания	Расчётное выражение	Значения параметров срабатывания	
		Расчётные	Принятые
Блокировка РПН			
Ток срабатывания	$I_{\text{блок}} \geq \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot 1.4 \cdot I_{\text{ном ВН}}$ $k_{\text{отс}} = 1.05, k_{\text{в}} = 0.95, I_{\text{ном ВН}} = 393 \text{ А}$	$I_{\text{блок}} = 608.12 \text{ А}$	$I_{\text{блок}} = \mathbf{5.1 \text{ А}}$
Защита действует с выдержкой времени $t_{\text{ср}} = 10 \text{ с}$.			
УРОВ			
Ток срабатывания на стороне ВН	$I_{\text{УРОВ ВН}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{ном ВН}}$ $k_{\text{отс}} = 0.1, I_{\text{ном ВН}} = 393 \text{ А}$	$I_{\text{УРОВ ВН}} = 39.3 \text{ А}$	$I_{\text{ср УРОВ ВН}} = \mathbf{0.35 \text{ А}}$
Ток срабатывания на стороне НН	$I_{\text{УРОВ СН}} \geq k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{ном НН}}$ $k_{\text{отс}} = 0.1, I_{\text{ном НН1 (НН2)}} = 1146 \text{ А}$	$I_{\text{УРОВ НН1 (НН2)}} = 114.6 \text{ А}$	$I_{\text{ср УРОВ НН}} = \mathbf{0.3 \text{ А}}$
Выдержка времени на срабатывание УРОВ ВН и УРОВ НН1 (НН2) на себя принимается равной $t_{\text{ср}} = 0.01 \text{ с}$. Выдержка времени на срабатывание УРОВ ВН и УРОВ НН1 (НН2) $t_{\text{ср}} = 0.25 \text{ с}$.			
УРОВ НН1 (НН2) действует на отключение выключателей со всех сторон защищаемого трансформатора. УРОВ ВН действует на отключение выключателей системы шин со стороны ВН.			

ВЫВОДЫ

Согласно полученным результатам расчета параметров срабатывания защит присоединений ПС 35 кВ Военный городок:

1. В качестве основной быстродействующей защиты с абсолютной селективностью вновь проектируемого трансформатора ТРДН(SFFZ)-25000/35 рассматривалась двухступенчатая дифференциальная защита:

- грубая ступень - дифференциальная отсечка;
- чувствительная ступень - дифференциальная защита с торможением.

2. Проектируемые устройства релейной защиты рассматриваемых присоединений обеспечивают полноценное ближнее и дальнее резервирование при всех видах КЗ. (коэффициенты чувствительности соответствуют требованиям НТД);

3. Полученные значения параметров срабатывания защит входят в диапазон регулирования уставок измерительных органов защит (вторичные значения).

4. В связи с заменой трансформатора Т-1 мощностью 16 МВА на трансформатор мощностью 25 МВА выполнен пересчет параметров срабатывания защит ВЛ 35 кВ Левобережная - Военный городок цепь I (II) и линий 6 кВ, питаемых от секций шин 1СШ 6 кВ, 5 СШ 6 кВ трансформатора Т-1.

Согласно полученным результатам расчета:

- чувствительность МТЗ ВЛ 35 кВ Левобережная - Военный городок цепь I (II) в режиме дальнего резервирования при КЗ на шинах 6 кВ проектируемого трансформатора Т-1 при крайнем положительном положении РПН не обеспечивается.

Согласно [1] п.3.2.17 допускается не резервировать отключения КЗ за трансформаторами при наличии ближнего резервирования и иметь дальнее резервирование без учета редких режимов работы сети.

- требуется изменение уставки срабатывания токовых отсечек следующих присоединений яч.№1 «Парус-А», яч.№2(505) ТП-1182п «А», яч.№4(506) ТП-1162, яч.№24 ТП-4208п - ТП-3832п, яч.№25(511) ТП-567

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№	Согласно [1] п.3.2.17 допускается не резервировать отключения КЗ за трансформаторами при наличии ближнего резервирования и иметь дальнейшее резервирование без учета редких режимов работы сети. - требуется изменение уставки срабатывания токовых отсечек следующих присоединений яч.№1 «Парус-А», яч.№2(505) ТП-1182п «А», яч.№4(506) ТП-1162, яч.№24 ТП-4208п - ТП-3832п, яч.№25(511) ТП-567						
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			Лист
									51

Существующие и вновь рассчитанные параметры срабатывания ТО вышеуказанных ячеек представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Уставки срабатывания ТО яч.№1 «Парус-А», яч.№2(505) ТП-1182П «А», яч.№4(506) ТП-1003, яч.№24 ТП-4208П - ТП-3832П, яч.№25(511) ТП-567

Номер ячейка	яч.№1	яч.№2	яч.№4	яч.№24	яч.№25
существующие	920 А	2000 А	4000 А	1000 А	4000 А
вновь рассчитанные	1814 А	2640 А	5324 А	1250 А	5135 А

Взам. инв.№	
Подп. и дата	
Инв.№ подл.	

						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	Лист
							52
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		

**ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ
ПРИ РАСЧЕТАХ**

1. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. Госэнергонадзор. Москва 2002 г.
2. Распределительные электрические сети напряжением 0.4 - 110 кВ. Требования к технологическому проектированию. Стандарт организации ПАО «Россети». СТО 34.01.-21.1-001-2017. Дата введения: 02.08.2017 г.
3. Требования к релейной защите и автоматике различных видов и её функционированию в составе энергосистемы. Приложение № 1 к приказу Минэнерго России от 10.07.2020 г. № 546.
4. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98.
5. Руководящие указания по релейной защите/ Выпуск 11. Расчет токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики 110-750 кВ. - М.: Энергия, 1979. - 152 с. ил.
6. Руководящие указания по релейной защите. Вып.13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
7. Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю 6-35 кВ - СПб.:2011-56с.
8. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей: - 4-е изд., испр. и доп. - СПб.: ПЭИПК, 2010.
9. Шабад М.А. Максимальная токовая защита. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991.
10. Беляев А. В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0.4 кВ. - СПб.: ПЭИПК, 2008 г. - 230 с.
11. Аржанников Е.А., Аржанникова А.Е. Выбор параметров срабатывания микропроцессорных защит трансформаторов и линий: учеб. Пособие / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». - Иваново, 2007.

Взам. инв. №	9. Шабад М.А. Максимальная токовая защита. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991.					
	10. Беляев А. В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0.4 кВ. - СПб.: ПЭИПК, 2008 г. - 230 с.					
Подп. и дата	11. Аржанников Е.А., Аржанникова А.Е. Выбор параметров срабатывания микропроцессорных защит трансформаторов и линий: учеб. Пособие / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». - Иваново, 2007.					
Инв. № подл.						
						Лист
	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ					
	Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата

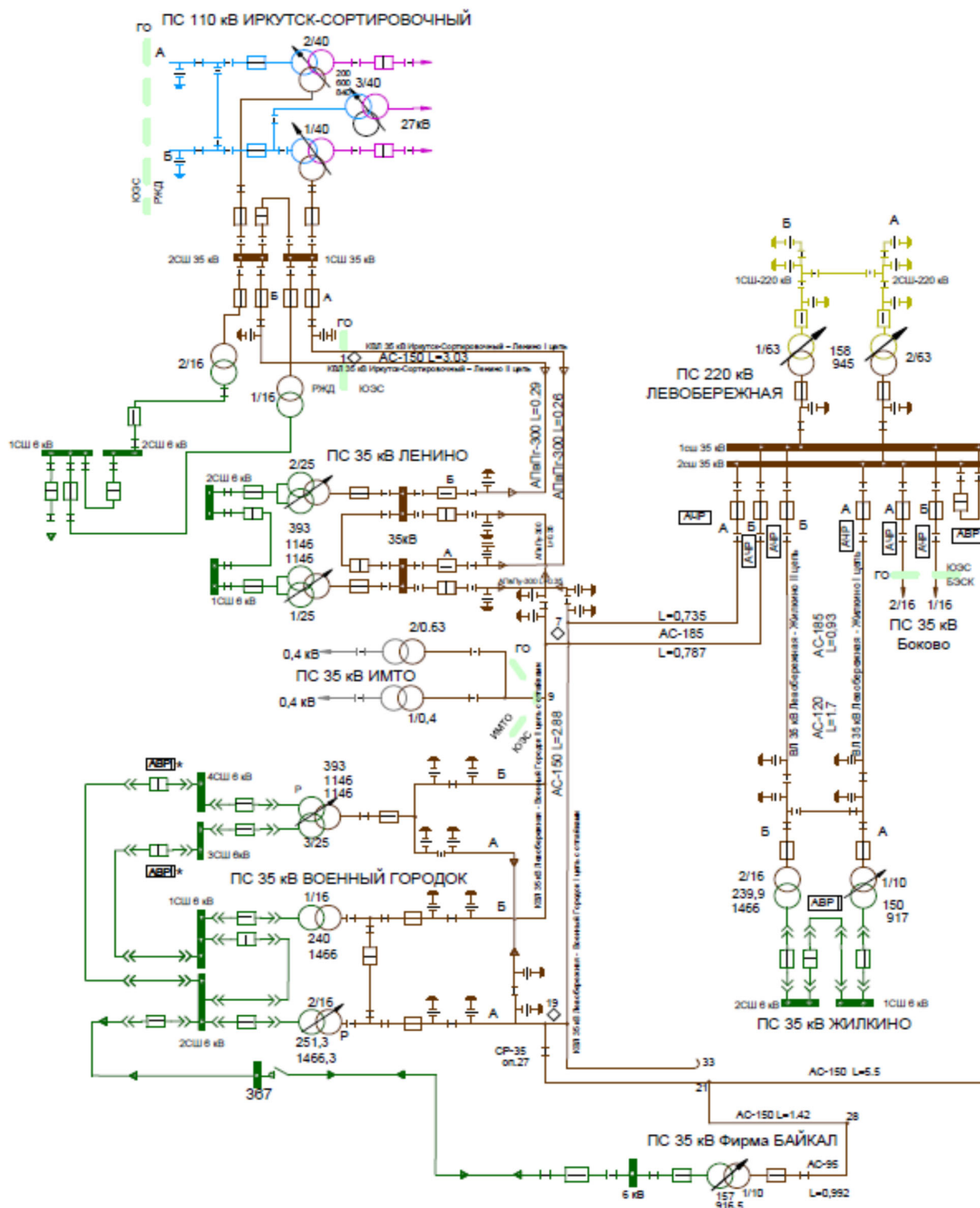
12. Методические указания по расчету уставок и заданию параметров дифференциальной защиты с торможением 6-220 кВ. ООО «НТЦ Механотроника». - Санкт-Петербург, 2024 г.

13. Стандарт организации СТО ДИВГ-056-2015. Понижающие трансформаторы 35-220 кВ. Резервные защиты. Расчет уставок. Методические указания. - Санкт-Петербург, 2015 г.

14. Рекомендации по выбору уставок защиты трансформаторов «Сириус-Т» и «Сириус-Т3». АО «Радиу-Автоматика».

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ			54

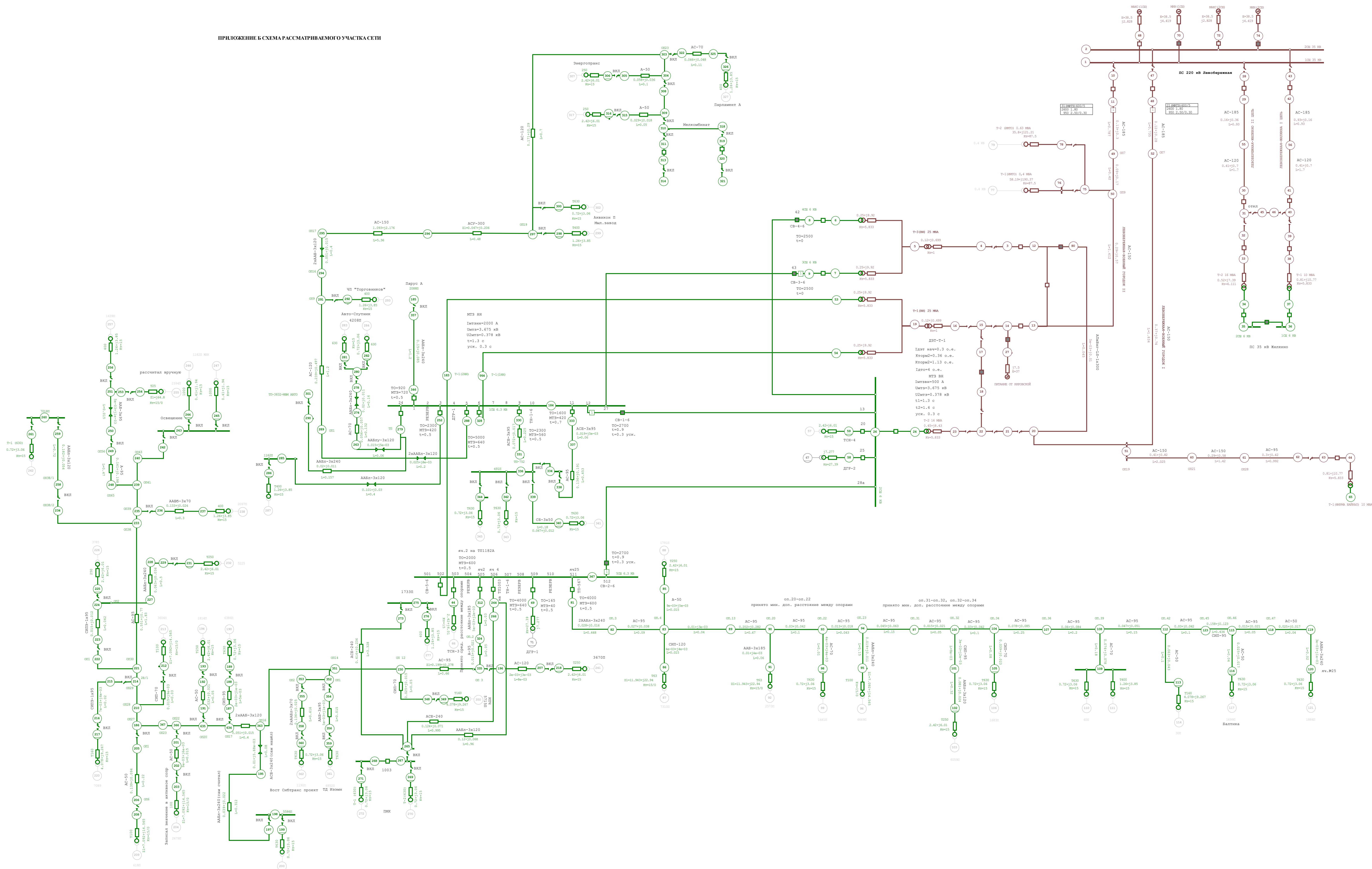
ПРИЛОЖЕНИЕ А ПС 35 кВ ВОЕННЫЙ ГОРОДОК НОРМАЛЬНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СЕТИ 35 кВ



ПС 35 кВ Военный городок
Нормальная схема электрических соединений
сети 35 кВ

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№				
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Лист
						55

ПРИЛОЖЕНИЕ Б СХЕМА РАССМАТРИВАЕМОГО УЧАСТКА СЕТИ



ПРИЛОЖЕНИЕ В ПРОТОКОЛЫ ТОКОВ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Продольная дифференциальная защита трансформатора

Максимальный ток внешнего КЗ

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC
ВЕТВЬ 16-19 19-54 54-19
1-ПОЯС 16
НСМ 1
ВИД-КЗ ABC
УЗЕЛ-КЗ 16
УЗЕЛ-КЗ 54
ПОДРЕЖИМ 1
ИЗМЕНИТЬ 16-19 R1=0 X1=0.48 EK1B1=1
ИЗМЕНИТЬ 19-54 R1=0 X1=6.72 EK1B1=5.133
ИЗМЕНИТЬ 19-53 R1=0 X1=6.72 EK1B1=5.133

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
ВИД-КЗ ABC
УЗЕЛ-КЗ 54
Упа=7.5/0 z1=0.019+j0.420 z2=0.019+j0.420 z0=0.032+j0.025
Замеры
16-19 IA **2006** -87 IB 2006 153 IC 2006 33

Минимальный ток внутреннего КЗ

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC
ВЕТВЬ 16-19
НСМ 1
ВИД-КЗ ABC
УЗЕЛ-КЗ 54
ПОДРЕЖИМ 6
ВКЛ-ШСВ 0 27-14
ОТКЛ 0 14-13
ИЗМЕНИТЬ 16-19 R1=0 X1=0.99 EK1B1=1
ИЗМЕНИТЬ 19-54 R1=0 X1=13.98 EK1B1=6.532
ИЗМЕНИТЬ 19-53 R1=0 X1=13.98 EK1B1=6.532

Подрежим 6
ВКЛ-ШСВ 0 27-14 (27 - 14)
ОТКЛ 0 14-13 (14 - 13)
ИЗМЕНИТЬ 16-19 (16 - 19)
ИЗМЕНИТЬ 19-54 (19 - 54)
ИЗМЕНИТЬ 19-53 (19 - 53)
НСМ 1
ВИД-КЗ ABC
УЗЕЛ-КЗ 54
Упа=5.7/-0 z1=0.000+j0.527 z2=0.000+j0.527 z0=0.032+j0.025
Замеры
16-19 IA **951** -90 IB 951 150 IC 951 30

Максимальная токовая защита на стороне НН трансформатора с комбинированным пуском по напряжению

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
			Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ						57
			Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC U2

ВЕТВЬ 54-19

НСМ 1

ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 54

ПОДРЕЖИМ 6

ВКЛ-ШСВ 0 27-14

ОТКЛ 0 14-13

ИЗМЕНИТЬ 16-19 R1=0 X1=0.99 EK1B1=1

ИЗМЕНИТЬ 19-54 R1=0 X1=13.98 EK1B1=6.532

ИЗМЕНИТЬ 19-53 R1=0 X1=13.98 EK1B1=6.532

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Подрежим 6

ВКЛ-ШСВ 0 27-14 (27 - 14)

ОТКЛ 0 14-13 (14 - 13)

ИЗМЕНИТЬ 16-19 (16 - 19)

ИЗМЕНИТЬ 19-54 (19 - 54)

ИЗМЕНИТЬ 19-53 (19 - 53)

НСМ 1

ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 54

Uпа=5.7/-0 z1=0.000+j0.527 z2=0.000+j0.527 z0=0.032+j0.025

Замеры

54-19 IA **5378** 120 IB 5378 -60 IC 0 0

(54-19) U2 **1.64** -120

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC U2

УЗЕЛ 347

ВЕТВЬ 53-183

НСМ 1

ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 94

ПОДРЕЖИМ 6

ВКЛ-ШСВ 0 27-14

ОТКЛ 0 14-13

ИЗМЕНИТЬ 16-19 R1=0 X1=0.99 EK1B1=1

ИЗМЕНИТЬ 19-54 R1=0 X1=13.98 EK1B1=6.532

ИЗМЕНИТЬ 19-53 R1=0 X1=13.98 EK1B1=6.532

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Подрежим 6

ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 94

Uпа=5.9/-0 z1=0.322+j0.878 z2=0.322+j0.878 z0=0.015+j0.018

Замеры

347 U2 **0.88** -101

53-183 IA **2901** -41 IB 2901 139 IC 0 0

Токовая отсечка яч.№20 (ТСН-4), яч.№503 (ТСН-3)

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC

ВЕТВЬ 347-44

НСМ 1

ВИД-КЗ АВС

УЗЕЛ-КЗ 66

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист
			Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ						
			Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
НСМ 1
ВИД-КЗ АВС

УЗЕЛ-КЗ 66
 $U_{па}=0.4/0$ $Z1=0.011+j0.029$ $Z2=0.011+j0.029$ $Z0=0.011+j0.027$

Замеры

347-44	IA	554	-69	IB	554	171	IC	553	51
--------	----	------------	-----	----	-----	-----	----	-----	----

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC
 ВЕТВЬ 26-59
 НСМ 1
 ВИД-КЗ АВС
 УЗЕЛ-КЗ 57

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА
НСМ 1
ВИД-КЗ АВС

УЗЕЛ-КЗ 57
 $U_{па}=0.4/-0$ $Z1=0.011+j0.028$ $Z2=0.011+j0.028$ $Z0=0.011+j0.027$

Замеры

26-59	IA	558	-69	IB	558	171	IC	558	51
-------	----	------------	-----	----	-----	-----	----	-----	----

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC
 ВЕТВЬ 347-44
 НСМ 1
 ВИД-КЗ АВ
 УЗЕЛ-КЗ 44
 ПОДРЕЖИМ 5
 ВКЛ-ШСВ 0 14-27
 ОТКЛ 0 14-13

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Подрезим 5

ВКЛ-ШСВ	0 14-27	(14	- 27	)
ОТКЛ	0 14-13	(14	- 13	)

НСМ 1
ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 44
 $U_{па}=6.3/-0$ $Z1=0.011+j0.533$ $Z2=0.011+j0.533$ $Z0=0.000-j-0.000$

Замеры

347-44	IA	5954	-59	IB	5954	121	IC	0	0
--------	----	-------------	-----	----	------	-----	----	---	---

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ- СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

**** П О В Р Е Ж Д Е Н И Я ****

59 2-двухфазное КЗ (ВС)

**** К О М М У Т А Ц И И ****

14-27 Включение ШСВ
 13-14 Отключение без заземления с двух сторон
 17-18 Включение ШСВ
 21-20 Отключение без заземления с двух сторон

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Суммарные величины в узле КЗ:
 $U_{па}=6.3/-0$ $Z1=0.013+j0.468$ $Z2=0.013+j0.468$ $Z0=0.000-j-0.000$

Замеры

59-26	IA	0	0	IB	6771	2	IC	6771	-178
-------	----	---	---	----	-------------	---	----	------	------

Взам. инв.№	
Подп. и дата	
Инв.№ подл.	

						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	Лист
							59
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата		

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

60

ВКЛ-ШСВ 0 14-27
ОТКЛ 0 14-13
ТР-З/Т 66-44

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Подрежим 5

ВКЛ-ШСВ 0 14-27 (14 - 27)
ОТКЛ 0 14-13 (14 - 13)
ТР-З/Т 66-44 (66 - 44)

НСМ 1
ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 69
U_{па}=6.3/-0 Z₁=0.011+j0.533 Z₂=0.011+j0.533 Z₀=0.000-j-0.000

Замеры

347-69 IA **5954** -59 IB 5954 121 IC 0 0

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК ВРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC
ВЕТВЬ 26-58
НСМ 1
ВИД-КЗ АВ
УЗЕЛ-КЗ 58
ПОДРЕЖИМ 6
ВКЛ-ШСВ 0 14-27
ОТКЛ 0 14-13
ВКЛ-ШСВ 0 18-17
ОТКЛ 0 21-20
ОТКЛ 0 15-16
ТР-З/Т 57-59

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Подрежим 6

ВКЛ-ШСВ 0 14-27 (14 - 27)
ОТКЛ 0 14-13 (14 - 13)
ВКЛ-ШСВ 0 18-17 (18 - 17)
ОТКЛ 0 21-20 (21 - 20)
ОТКЛ 0 15-16 (15 - 16)
ТР-З/Т 57-59 (57 - 59)

НСМ 1
ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 58
U_{па}=6.3/-0 Z₁=0.013+j0.468 Z₂=0.013+j0.468 Z₀=0.000-j-0.000

Замеры

26-58 IA **6771** -58 IB 6771 122 IC 0 0

Максимальная токовая защита ДГР яч.№4, яч.№25, яч.№50, яч.№51, яч.№509

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК ВРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC
ВЕТВЬ 347-69
НСМ 1
ВИД-КЗ АВ
УЗЕЛ-КЗ 71
ПОДРЕЖИМ 5
ВКЛ-ШСВ 0 14-27
ОТКЛ 0 14-13
ТР-З/Т 66-44
ТР-З/Т 69-71

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Подрежим 5

ВКЛ-ШСВ 0 14-27 (14 - 27)
ОТКЛ 0 14-13 (14 - 13)
ТР-З/Т 66-44 (66 - 44)

Взам. инв.№							Лист	
Подп. и дата							Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ	61
Инв.№ подл.								
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата			

ТР-З/Т 69-71 (69 - 71)
НСМ 1
ВИД-КЗ АВ
УЗЕЛ-КЗ 71
 $U_{па}=0.2/0$ $Z1=0.000+j0.010$ $Z2=0.000+j0.010$ $Z0=0.000-j-0.000$
Замеры
347-69 IA 210 -30 IB **419** 150 IC 210 -30

===== АРМ СРЗА г.Новосибирск ПК БРИЗ =====

ЗАДАНИЕ-задание на расчет защит СЕТЬ-ПС 35 кв Военный городок

ВЕЛИЧИНА IA IB IC
ВЕТВЬ 26-58
НСМ 1
ВИД-КЗ АВ
УЗЕЛ-КЗ 67
ПОДРЕЖИМ 6
ВКЛ-ШСВ 0 14-27
ОТКЛ 0 14-13
ВКЛ-ШСВ 0 18-17
ОТКЛ 0 21-20
ОТКЛ 0 15-16
ТР-З/Т 57-59
ТР-З/Т 58-67

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Подрежим 6

ВКЛ-ШСВ 0 14-27 (14 - 27)
ОТКЛ 0 14-13 (14 - 13)
ВКЛ-ШСВ 0 18-17 (18 - 17)
ОТКЛ 0 21-20 (21 - 20)
ОТКЛ 0 15-16 (15 - 16)
ТР-З/Т 57-59 (57 - 59)
ТР-З/Т 58-67 (58 - 67)
НСМ 1
ВИД-КЗ АВ

УЗЕЛ-КЗ 67
 $U_{па}=0.2/-0$ $Z1=0.000+j0.010$ $Z2=0.000+j0.010$ $Z0=0.000-j-0.000$
Замеры
26-58 IA 236 -30 IB **473** 150 IC 236 -30

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№							Лист	
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата	Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ				62

Таблица регистрации изменений	
-------------------------------	--

[illegible]

Инв.№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№						
						Ю68-371-ИОС1.2.2.ТЧ		Лист
								63
Изм	Кол.уч	Лист	№док	Подп.	Дата			