



*Общество с ограниченной
ответственностью
"СМАРТ"*

«Замена трансформатора Т-1 на П/С "ПОМЗ"
г. Павлово, ул. Вокзальная»

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ
№ 48/23-00-ЭС

г. Кстово
2023г.

Общество с ограниченной
ответственностью
"СМАРТ"

Заказчик: ООО "Павловоэнерго"

«Замена трансформатора Т-1 на П/С "ПОМЗ"
г. Павлово, ул. Вокзальная»

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ

№ 48/23-00-ЭС

Директор

Главный инженер
проекта

Разработал



Абрамова Ю.А.

Абрамова Ю.А.

Баранов С.А.

г. Кстово
2023г.

26.05.2023 № МРЭ-МНЭ/РЭЧ-06/48

На № _____ от _____

Публичное акционерное общество
«Россети Центр и Приволжье»

Кстовский высоковольтный район электрических сетей
филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» - «Нижновэнерго»

Магистральная ул., д.2 «А», г. Кстово,
Нижегородская область, 607650
Тел. +7 (83145) 7-59-16, +7 (831) 431-85-76,
факс +7 (83145) 5-99-11
Единый контакт-центр ГК «Россети»: 8-800-220-0-220
e-mail: info@NKS.mrsk-cp.ru, <http://www.mrsk-cp.ru>
ОКПО 00102048, ОГРН 1075260020043
ИНН/КПП 5260200603/526002001

Директору
ООО «СМАРТ»
Ю.А. Абрамовой

О предоставлении информации по
режимам питания ПС 35 кВ ПОМЗ

В ответ на Ваше письмо от 24.05.2023 № 38 сообщая следующую информацию:

1. Токи трехфазного короткого замыкания на шинах 35 кВ ПС 110 кВ Павлово (для расчета режима питания ПС 35 кВ ПОМЗ со стороны ПС 110 кВ Павлово по ВЛ 35 кВ Павлово-ПОМЗ (ВЛ-3542)):

- максимальный режим: $I_k^{*35} = 3841$ А;
- минимальный режим: $I_k^{*35} = 2506$ А.

2. Токи трехфазного короткого замыкания на шинах 35 кВ ПС 35 кВ Горбатовская (для расчета режима питания ПС 35 кВ ПОМЗ со стороны ПС 35 кВ Горбатовская по ВЛ 35 кВ ПОМЗ-Горбатовская):

- максимальный режим: $I_k^{*35} = 945$ А;
- минимальный режим: $I_k^{*35} = 745$ А.

3. Параметры ЛЭП, питающих ПС 35 кВ ПОМЗ:

- ВЛ 35 кВ Павлово-ПОМЗ (ВЛ-3542): провод АС-120/19, протяженность 4,1 км;
- ВЛ 35 кВ ПОМЗ-Горбатовская: провод АС-70/11, протяженность 19,9 км

4. ПС 35 кВ ПОМЗ является абонентской. Информация о токах короткого замыкания на шинах 6 кВ ПС 35 кВ ПОМЗ в Кстовском высоковольтном районе электрических сетей отсутствует.

Также сообщая Вам о необходимости согласования с Кстовским высоковольтным районом электрических сетей уставок устройств РЗА на ПС 35 кВ ПОМЗ для обеспечения селективности действия защит по транзиту ВЛ 35 кВ ПС 110 кВ Павлово - ПС 35 кВ ПОМЗ - ПС 35 кВ Горбатовская - ПС 35 кВ Ушаково - ПС 110 кВ Кожевенная.

Главный инженер Кстовского высоковольтного
района электрических сетей



В.В. Рыбин

ВЕДОМОСТЬ ПОЛНОГО КОМПЛЕКТА
ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ № 48/23-00-ЭС

Обозначение	Наименование	Примечание
48/23-01-ЭС	Замена трансформатора Т-1 на П/С "ПОМЗ"	
48/23-02-ЭС	Расчет релейной защиты	

Технические решения, принятые в проекте, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных норм, действующих на территории Российской Федерации и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий. Рабочая документация соответствует действующим государственным нормам, правилам и стандартам.

Разрешение на проектирование подтверждается СРО.

Главный инженер проекта  Ю.А. Абрамова

Согласовано:			

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

48/23-00-ЭС					
«Замена трансформатора Т-1 на П/С "ПОМЗ" г. Павлово, ул. Вокзальная»					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата
Разработал		Абрамова Ю.А.			06.23
Проверил					
ГИП		Абрамова Ю.А.			06.23
Н Контроль					
Утвердил					
				Электроснабжение	Стажия
				Общие данные	Лист
				ООО "СМАРТ"	Листов
				РД	1
				1	1

*Общество с ограниченной
ответственностью
"СМАРТ"*

РАЗДЕЛ 1

№ 48/23-01-ЭС

Обозначение	Наименование	Кол. лист	Примечание
48/23-00-ЭС	<u>Основной комплект рабочей документации</u>	7	
Лист 1	Общие данные	1	
Лист 2	Общие указания	2	
Лист 3	Однолинейная схема электроснабжения 35/6кВ п/с "ПОМЗ"	1	
Лист 4	Трансформатор силовой типа ТМ-4000/35-6,3кВ У1. Габаритные, установочные и присоединительные размеры	2	
Лист 5	Фрагмент план-схемы размещения монтируемого (заменяемого) силового трансформатора Т-1 на ОРУ-35кВ подстанции	1	
	<u>Прилагаемые документы</u>		
48/23-00-ЭС.С	Спецификация оборудования, изделий и материалов	1	
48/23-00-ЭС.ВПП	Ведомость пусконаладочных работ	2	
48/23-00-ЭС.ОР	Ведомость объемов работ	0	
	<u>Ссылочные документы</u>		
СНиП 12-03-2001	Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования (актуализированная редакция 2010 год)		
СНиП 12-04-2002	Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство		
ПУЭ	Правила устройства электроустановок Действующие разделы 6 и 7 изданий		
-	Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 15 ноября 2018 года)		
-	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (с изменениями на 13 сентября 2018 года)		

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

48/23-01-ЭС

Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г.Павлова, ул. Вокзальная

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разраб.		Баранов С.А			06.23
Пров.					
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.		Абрамова Ю.А			06.23

Электроснабжение

Общие данные

Стадия	Лист	Листов
Р	2	3

ООО "СМАРТ"

1. Выполнена рабочая документация "Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г.Павлово, ул. Вокзальная"

2. Заказчиком рабочей документации является ООО "Павловоэнерго" (эксплуатирующая организация).

Основанием для разработки рабочей документации являются:

- техническое задание;
- договор подряда на разработку рабочей документации.

3. Производится замена силового двухобмоточного масляного трансформатора Т-1 (35/6кВ) номинальной мощностью 2,5МВА на трансформатор номинальной мощностью 4МВА на п/с "ПОМЗ". Однолинейная схема электроснабжения подстанции представлена на листе 3. Установка нового трансформатора выполняется на место демонтируемого. Подключение трансформатора со стороны ВН и НН осуществляется при помощи существующих (ранее используемых) проводов.

Категория электроснабжения потребителей 6кВ подстанции – I. Подключение потребителей осуществляется на номинальном напряжении 6кВ, 50Гц, при осуществлении подключения потребителей используется трехпроводная сеть с изолированной нейтралью.

4. Районирование территории строительства.

Местность – ненаселенная.

Рельеф местности – спокойный (ровный).

Ветровой район –I (Wo=400Па).

Нормативная толщина стенки гололеда 15мм (II район).

5. В рабочей документации отображаются следующие мероприятия:

а) демонтаж силового трансформатора Т-1 (35/6кВ) номинальной мощностью 2,5МВА;

б) монтаж силового трансформатора Т-1 (35/6кВ) номинальной мощностью 4МВА;

в) пусконаладочные работы в необходимом объеме согласно действующих норм

6. Технические решения, принятые в рабочих чертежах, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивающих безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий.

Рабочая документация соответствует выданному заданию, требованиям действующих технических регламентов, стандартов, сводов правил, других документов, содержащих установленные требования, в том числе:

- Правил устройства электроустановок
- ГОСТ 21.614–88 "Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах".

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

48/23-01-ЭС

Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г.Павлово, ул. Вокзальная

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разраб.		Баранов С.А			06.23
Пров.					
Т.контр.					
Н.контр.		----			06.23
Утв.		Абрамова Ю.А.			06.23

Электроснабжение			Стадия	Лист	Листов
			Р	2.1	2
Общие указания			ООО "СМАРТ"		

7. Монтажные работы вести в соответствии с требованиями следующих правил:

- Инструкций завода-изготовителя по монтажу электрооборудования;
- Правила устройства электроустановок 7-е издание;
- Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;

8. Безопасность труда в строительстве и эксплуатации обеспечивается выполнением всех проектных решений в строгом соответствии со СНиП 12-03-2001 и 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве», требования которых учитывают условия безопасности труда, предупреждение производственного травматизма, профессиональных заболеваний, пожаров и взрывов.

Согласовано			

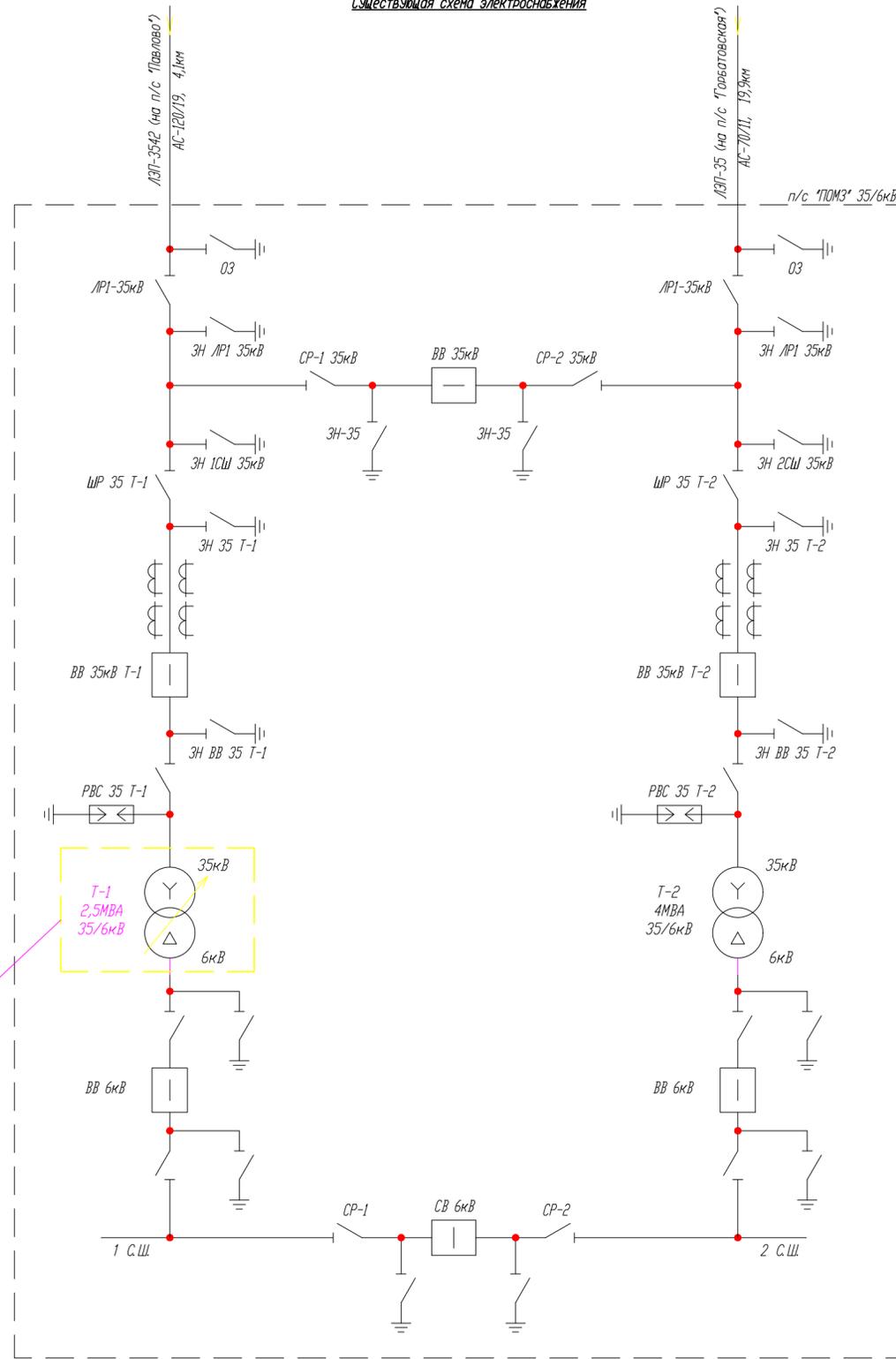
Инв. N° подл	Подп. и дата	Взам. инв. N°	

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

48/23-01-ЭС

Лист
2.2

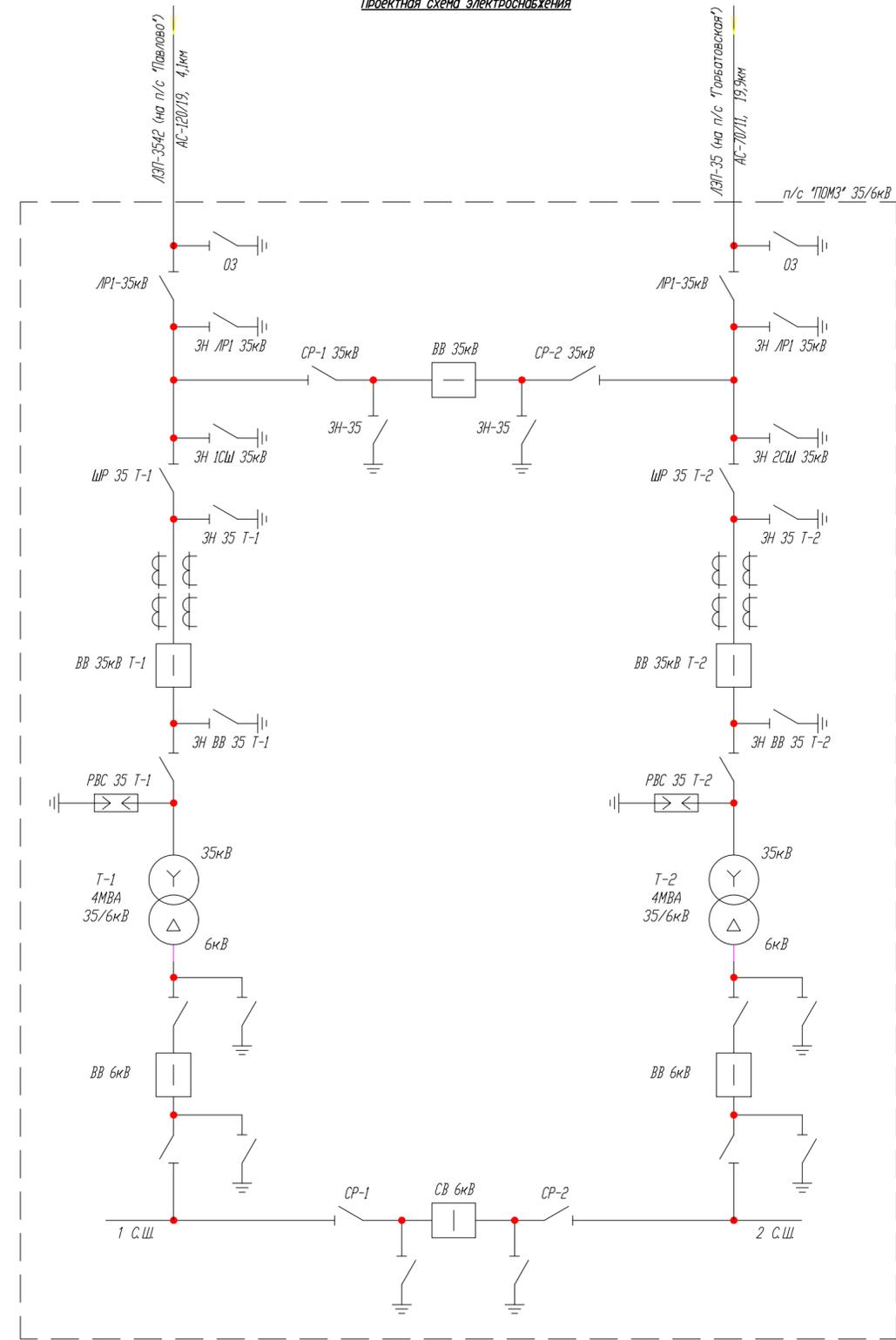
Существующая схема электроснабжения



Заменяемый элемент

Поз. обозначен.	Наименование	Код.	Примечание
Т-1	Трансформатор масляный трехфазный ТМН-2500/35-6,3кВ У1, группа соединения обмоток Y/Δ-11, с РПН (демонтируемый)	1	полная масса -12,38т, масса активной части -5,46т

Проектная схема электроснабжения



Поз. обозначен.	Наименование	Код.	Примечание
Т-1	Трансформатор масляный трехфазный ТМ-4000/35-6,3кВ У1, группа соединения обмоток Y/Δ-11 с ПБВ (5 ступеней) (монтируемый)	1	полная масса -12т, масса активной части -5,89т

Примечание

- Выполнить замену существующего силового трансформатора 35/6кВ поз.Т-1 типа ТМН номинальной мощностью 2,5МВА на трансформатор мощностью 4МВА
- Установка нового трансформатора осуществляется на ранее используемое фундаментное основание. Подключение со стороны ВН и НН трансформатора выполнить при помощи существующих проводов (ранее используемых).

48/23-01-ЭС

Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г.Павлово, ул. Вокзальная

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Баранов С.А.			06.23
Пров.					
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.		Абрамова Ю.А.			06.23

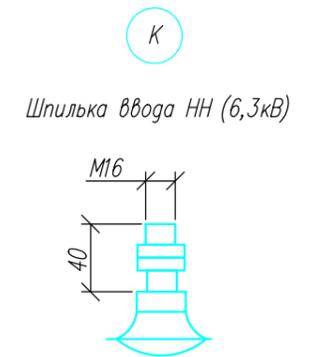
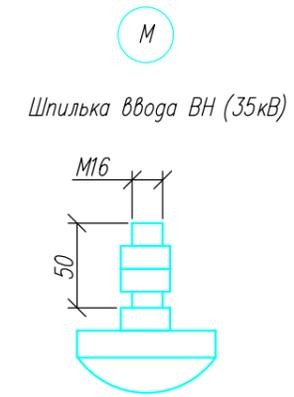
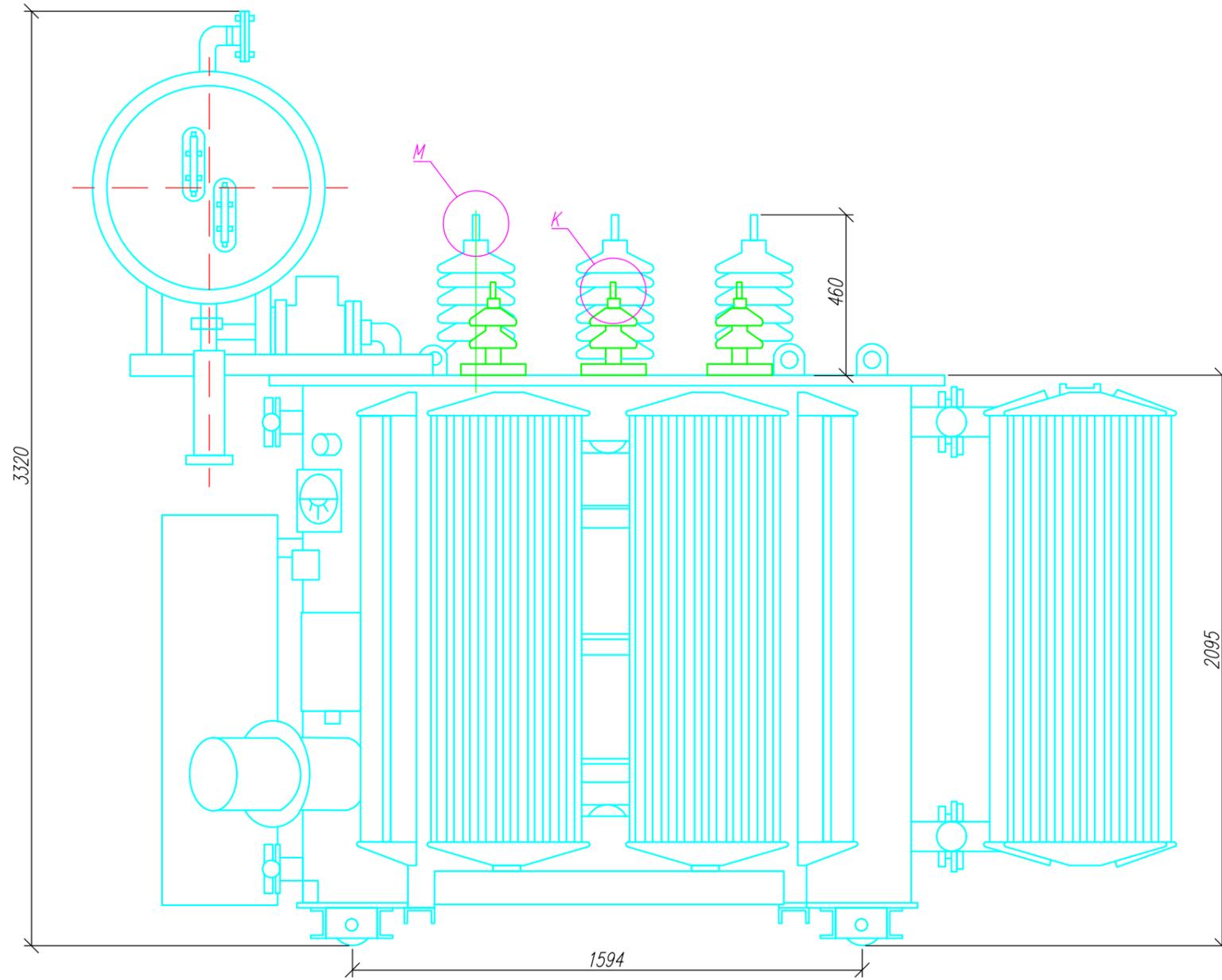
Электроснабжение

Стадия	Лист	Листов
Р	3	1

ООО "СМАРТ"

Поз. обозначен.	Наименование	Кол.	Примечание
T-1	Трансформатор масляный трехфазный ТМ-4000/35-6,3кВ У1, группа соединения обмоток Y/Δ-11 с ПБВ (5 ступеней)	1	полная масса -12т, масса активной части -5,89т

Вид справа
M1:20

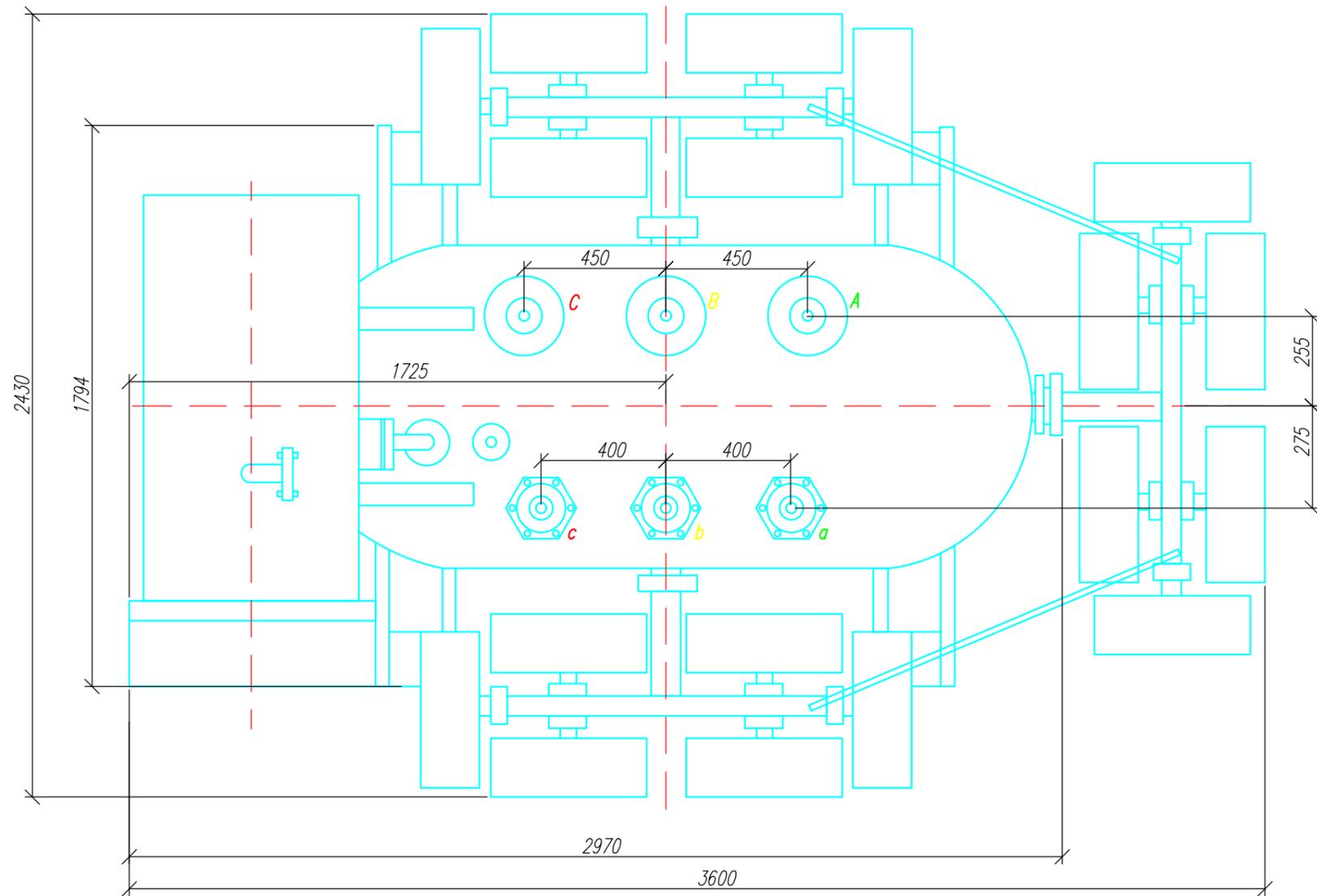


Согласовано

Взам. инв. N°
Подп. и дата
Инв. N° посл.

48/23-01-ЭС						
Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г. Павлово, ул. Вокзальная						
Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата	
Разраб.		Баранов С.А.			06.23	
Пров.						
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.		Абрамова Ю.А.			06.23	
Электроснабжение				Стадия	Лист	Листов
				Р	4.1	2
Трансформатор силовой типа ТМ-4000/35-6,3кВ У1. Габаритные, установочные и присоединительные размеры						

Вид сверху
М1:20



Согласовано

Взам. инв. №

Погр. и дата

Инв. № подл

48/23-01-ЭС

Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г. Павлово, ул. Вокзальная

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разраб.		Баранов С.А.		<i>С.А. Баранов</i>	06.23
Пров.					
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.		Абрамова Ю.А.			06.23

Электроснабжение

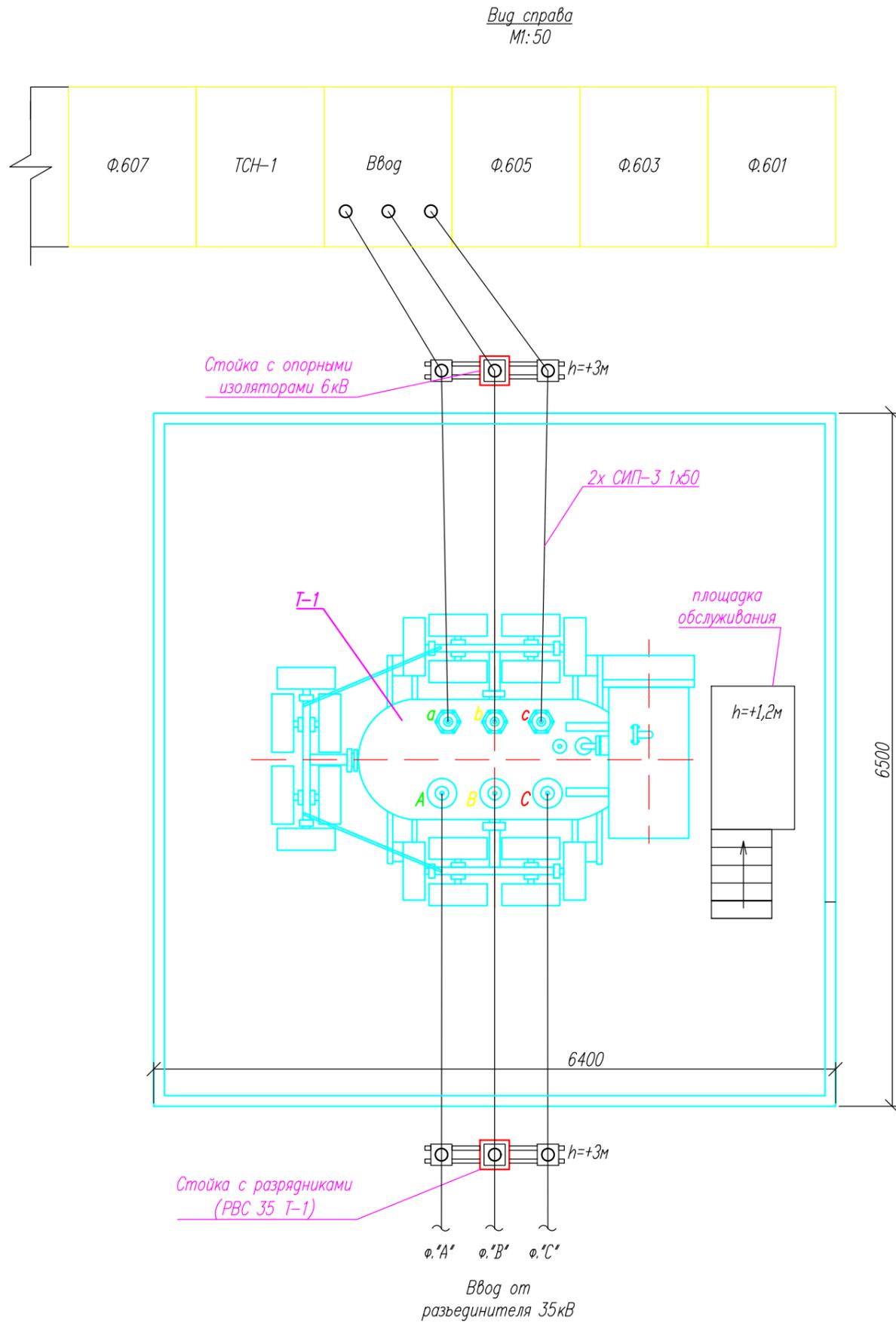
Трансформатор силовой типа
ТМ-4000/35-6,3кВ У1. Габаритные,
установочные и присоединительные размеры

Стадия	Лист	Листов
Р	4.2	2

ООО "СМАРТ"

Формат А3

Поз. обозначен.	Наименование	Кол.	Примечание
T-1	Трансформатор масляный трехфазный ТМ-4000/35-6,3кВ У1, группа соединения обмоток Y/Δ-11 с ПБВ (5 ступеней)	1	полная масса -12т, масса активной части -5,89т



Примечание

- Выполнить замену существующего силового трансформатора 35/6кВ поз.Т-1 типа ТМН номинальной мощностью 2,5МВА на трансформатор мощностью 4МВА
- Установка нового трансформатора осуществляется на ранее используемое фундаментное основание. Подключение со стороны ВН и НН трансформатора выполнить при помощи существующих проводов (ранее используемых):
 - ввод стороны ВН трансформатора подключается при помощи проводов марки АС;
 - вводы стороны НН трансформатора подключается при помощи проводов 2x СИП-3 1x50.
- Установку трансформатора выполнить согласно разрабатываемого проекта производства работ (ППР), согласовываемого с представителями эксплуатирующей организации (ООО "Павловоэнерго"). Последовательность операций по монтажу трансформатора и перемещение по территории ОРУ-35кВ силового оборудования отобразить в программах
- Подъем трансформатора осуществляется за крюки, расположенные под рамой бака. При подъеме должны применяться подъемные механизмы с грузоподъемностью, соответствующей массе трансформатора
- Трансформатор оснащен поворотными катками, обеспечивающими возможность перемещения трансформатора в двух, взаимно перпендикулярных, направлениях. Расстояния между элементами катков трансформаторов мощностью 2,5МВА (демонтируемый) и 4МВА (монтируемый) равны.
- Выполнить подключение корпуса силового трансформатора к существующее устройство системы заземления подстанции используя существующие элементы. Подключение выполнить на заземляющие выводы трансформатора специально предназначенные для этой цели.
- Выполнить подключение существующих контрольных кабелей цепей сигнализации уровня масла, газовой защиты и температуры силового трансформатора к соответствующим зажимам соединительной коробки, расположенной на стенке бака.
- Выполнить пусконаладочные работы в необходимом объеме согласно действующих норм.
- Первичное включение силового трансформатора в работу - завершающий этап пуско-наладочных работ, он выполняется в строгом соответствии с правилами эксплуатации трансформаторных установок и только компаниями, которые имеют лицензию на производство таких работ.

Согласовано			
Взам. инв. N°			
Погр. и дата			
Инв. N° подл.			

48/23-01-ЭС						
Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г.Павлово, ул. Вокзальная						
Изм.	Кол.уч.	Лист	N°док	Погр.	Дата	
Разраб.		Баранов С.А.		<i>[Signature]</i>	06.23	
Пров.						
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.		Абрамова Ю.А.			06.23	
Электроснабжение				Стадия	Лист	Листов
				Р	5	1
Фрагмент план-схемы размещения монтируемого (заменяемого) силового трансформатора Т-1 на ОРУ-35кВ подстанции				ООО "СМАРТ"		

п/п	Наименование выполняемых пусконаладочных работ	Пояснение	Нормы испытания	Указания	Единица измерения	Кол-во	Ссылка на чертеж	Примечание																
1. Силовые трансформаторы согласно ПУЭ 7-е издание п.1.8.16 в следующем объеме:																								
1.1	Определение условий включения трансформатора	Следует производить в соответствии с указаниями завода-изготовителя																						
1.2	Измерение характеристик изоляции	<p>Сопротивление изоляции обмоток должно быть не ниже следующих значений</p> <table border="1"> <tr> <td>T обм °C</td> <td>R60 МОм</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>40</td> </tr> </table> <p>Значение угла тангенса диэлектрических потерь (tgφ) приведенные к температуре измерений на заводе-изготовителе, не должны отличаться от исходных значений в сторону ухудшения более чем на 50%</p>	T обм °C	R60 МОм	10	450	20	300	30	200	40	130	50	90	60	60	70	40	Наименьшее допустимое сопротивление изоляции R60 обмоток трансформатора указано в пояснении	<p>Измеряется мегаомметром на напряжение 2500В. Измерение производится по схемам табл.3 (приложение 3.1 ПТЭЭП)</p> <p>– последовательность измерения N1 обмотки НН – 3шт; заземляемые части трансформатора бак, ВН – 4шт;</p> <p>– последовательность измерения N2 обмотки ВН – 3шт; заземляемые части трансформатора бак, НН – 4шт;</p> <p>– последовательность измерения N3 заземляемые части трансформатора бак</p> <p>Измерение сопротивления изоляции и tgφ должны производиться при температуре обмоток не ниже 10°C</p>	измерение	15		
T обм °C	R60 МОм																							
10	450																							
20	300																							
30	200																							
40	130																							
50	90																							
60	60																							
70	40																							
1.3	Измерение сопротивления обмоток постоянному току	У трансформатора имеется 5 ступеней ПБВ	Должно отличаться не более чем на 2% от сопротивления, полученного на соответствующих ответвлениях других фаз или от данных завода-изготовителя	Производится на всех ответвлениях	измерение	15																		
1.4	Проверка коэффициента трансформации	–	Должен отличаться не более чем на 2% от значений, полученных на соответствующих ответвлениях других фаз или от данных завода-изготовителя	Производится на всех ступенях переключателя	измерение	5																		
1.5	Измерение тока и потерь холостого хода	Измерение производится у трансформаторов мощностью 1000кВа и более при напряжении подвожимом к обмотке НН, равном указанном в протоколе заводских испытаний (паспорте) но не более 380В	Потери холостого хода измеряются при однофазном возбуждении по схемам применяемым на заводе-изготовителе	При вводе в эксплуатацию соотношение потерь на разных фазах не должно отличаться от соотношений, приведенных в протоколе заводских испытаний (паспорте) более чем на 5%	измерение	1																		
1.6	Проверка работы переключающего устройства	Производится с указаниями завода-изготовителя			проверка	1																		
1.7	Испытание бака на плотность	Производится гидравлическим давлением столба масла		Не должно быть течи масла	испытание	1																		
1.8	Проверка средств защиты масла от воздействия окружающего воздуха	–	–	Согласно инструкций завода-изготовителя	испытание	1																		

Согласовано

Взам. инв. №

Погр. и дата

Инв. № подл

После выполнения полного комплекса монтажных работ, рассматриваемых в рабочей документации выполнить пусконаладочные работы в объеме указанном в таблице, по программам, разработанным подрядчиком и согласованным с представителем Заказчика.

48/23-01-ЭС.ВГР					
Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г.Павлово, ул. Вокзальная					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Погр.	Дата
Разраб.		Баранов С.А			06.23
Пров.					
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.		Абрамова Ю.А			06.23
Электроснабжение				Стадия	Лист
Ведомость пусконаладочных работ				Р	1
ООО "СМАРТ"				Листов	2

п/п	Наименование выполняемых пусконаладочных работ	Пояснение	Нормы испытания	Указания	Единица измерения	Кол-во	Ссылка на чертеж	Примечание
<i>2. Заземляющие устройства испытываются согласно ПУЭ 7-е издание п.1.8.39 в следующем объеме:</i>								
2.1	Проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами	Следует проверить сечения, целостность и прочность проводников, их соединений и присоединений. Не должно быть обрывов и видимых дефектов в заземляющих проводниках, соединяющих аппараты с заземлителем. Надежность сварки проверяется ударом молотка	Проверка производится для выявления обрывов и других дефектов путем осмотра, простукивания молотком и измерения переходных сопротивлений	В случае измерения переходных сопротивлений следует учитывать что сопротивление исправного соединения не превышает 0,050м	измерение	2		

Согласовано

Инв. № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №

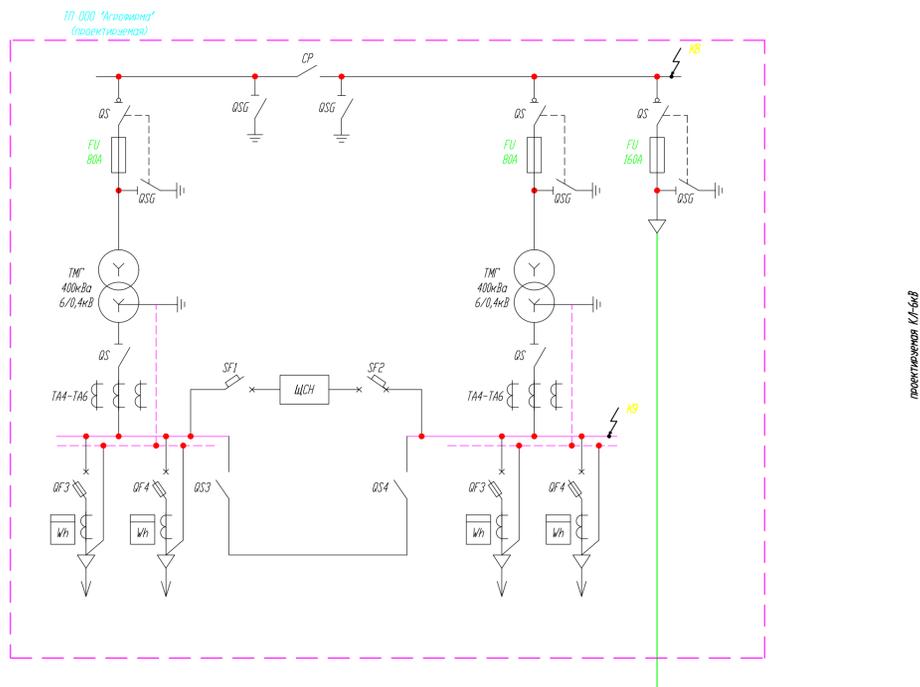
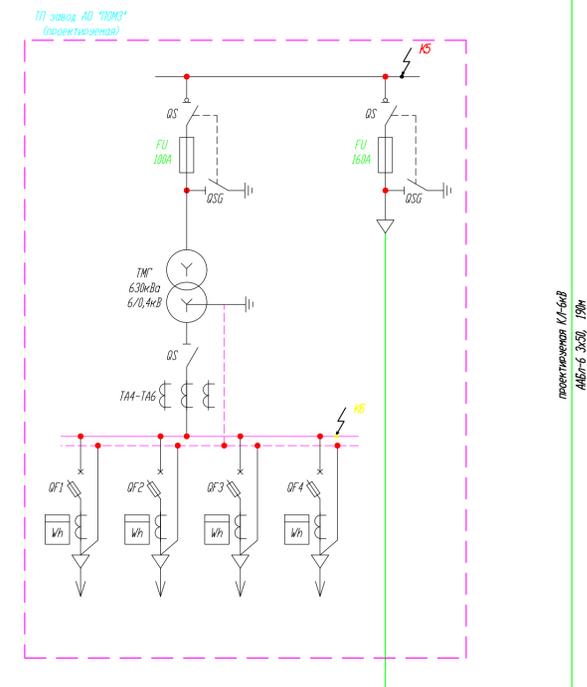
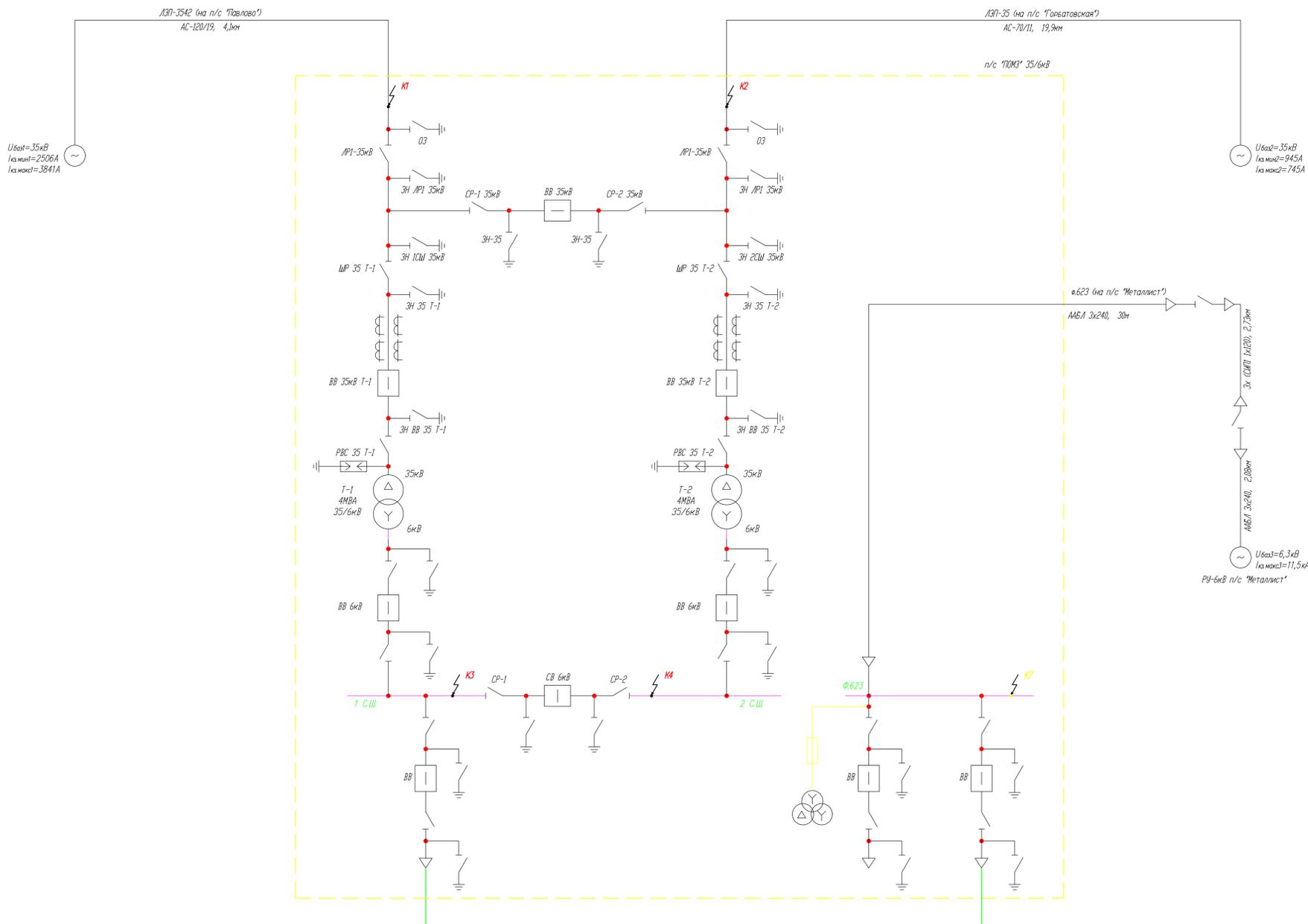
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата

48/23-01-ЭС.ВПР

*Общество с ограниченной
ответственностью
"СМАРТ"*

РАЗДЕЛ 2

№ 48/23-02-ЭС



Существующие установки РЗА присоединения РУ-6кВ п/с "ПОМЗ"

Наименование присоединения	Вид защиты	Ток / Напряжение срабатывания		Время срабатывания защиты, с	Действие защиты	Используемый тип РЗА
		Первичное значение, А/В	Вторичное значение, А/В			
Ввод от трансформатора Т-1	Максимальная токовая защита (МТЗ-2)	1800А	15А	2	отключение	Сирис-2В (МПУЗ)
	Максимальная токовая защита (МТЗ-3)	384А	3,2А	-	сигнал	
	Защита минимального напряжения (ЗМН)	3600В	60В	13	отключение	
Ввод от трансформатора Т-2	Максимальная токовая защита (МТЗ-2)	1800А	15А	2	отключение	Сирис-2В (МПУЗ)
	Максимальная токовая защита (МТЗ-3)	384А	3,2А	-	сигнал	
	Защита минимального напряжения (ЗМН)	3600В	60В	13	отключение	
Секционный выключатель	Максимальная токовая защита (МТЗ-2)	800А	10А	2	отключение	Сирис-2С (МПУЗ)

Существующие установки РЗА присоединения РУ-6кВ п/с "Металлист"

Наименование присоединения	Вид защиты	Ток / Напряжение срабатывания		Время срабатывания защиты, с	Действие защиты	Используемый тип РЗА
		Первичное значение, А/В	Вторичное значение, А/В			
φ623	Максимальная токовая защита (МТЗ-2)	240А	6А	0,5	отключение	-

- установка МТЗ требует корректировки (см. лист 4.6)

Расчетные режимы урней токов короткого замыкания расчетной схем.

- рабочий режим работы N1. Минимальный режим работы питающей сети 35кВ п/с "Павлово" и п/с "Горбоватская". Высоковольтный выключатель 35кВ в схеме мостика п/с "ПОМЗ" отключен, трансформаторы Т-1 и Т-2 (4МВА), находятся в работе, секционный выключатель 6кВ отключен.
- аварийный режим работы N2. Минимальный режим работы питающей сети 35кВ п/с "Горбоватская", ЛЭП-3542 от "Павлово" выведена из работы (отключена). Высоковольтный выключатель 35кВ в схеме мостика п/с "ПОМЗ" включен, трансформаторы Т-1 и Т-2 (4МВА), находятся в работе, секционный выключатель 6кВ отключен.
- аварийный режим работы N3. Минимальный режим работы питающей сети 35кВ п/с "Горбоватская", ЛЭП-3542 от "Павлово" выведена из работы (отключена). Высоковольтный выключатель 35кВ в схеме мостика п/с "ПОМЗ" отключен, трансформатор Т-2 (4МВА), находится в работе, ввод 35кВ на трансформатор Т-1 отключен, секционный выключатель 6кВ включен (работа АБР).
- рабочий режим работы N4. Максимальный режим работы питающей сети 35кВ п/с "Павлово" и п/с "Горбоватская". Высоковольтный выключатель 35кВ в схеме мостика п/с "ПОМЗ" отключен, трансформаторы Т-1 и Т-2 (4МВА), находятся в работе, секционный выключатель 6кВ отключен.
- аварийный режим работы N5. Максимальный режим работы питающей сети 35кВ п/с "Горбоватская", ЛЭП-3542 от "Павлово" выведена из работы (отключена). Высоковольтный выключатель 35кВ в схеме мостика п/с "ПОМЗ" включен, трансформаторы Т-1 и Т-2 (4МВА), находятся в работе, секционный выключатель 6кВ отключен.
- аварийный режим работы N6. Максимальный режим работы питающей сети 35кВ п/с "Горбоватская", ЛЭП-3542 от "Павлово" выведена из работы (отключена). Высоковольтный выключатель 35кВ в схеме мостика п/с "ПОМЗ" отключен, трансформатор Т-2 (4МВА), находится в работе, ввод 35кВ на трансформатор Т-1 отключен, секционный выключатель 6кВ включен (работа АБР).

Урени токов короткого замыкания и параметры ЛЭП-35кВ заданы согласно письма МР7-ННФ/ВР4-06/48 от 26.05.2023г. Кстовский район электрических сетей филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» - «Нижневолга»

Установки РЗА проектируемых присоединений принять согласно таблиц 3 и 4 (см. листы 4.5 и 4.6).

48/23-02-30

Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ" г.Павлово, ул. Вокзальная

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Баранов С.А.	06	06.23		
Пров.					
Т.контр.					

Электроснабжение

Страница	Лист	Листов
Р	2	1

ООО "SMART"

РЗ-6кВ п/с "ПОМЗ", проектные варианты присоединения поручения двух трансформаторных подстанций (ТП завода АО "ПОМЗ", ТП "Агрофирма"). Оригинальная расчетная схема

Имя: Абрамова Ю.А. Дата: 06.23

Имя, №, дата, Подп., у, дата, Вых. инв. №

Произведем расчет токов короткого замыкания в расчетных точках сети при осуществлении подключения двух трансформаторных подстанций от РУ-6кВ п/с «ПОМЗ».

- ТП завод АО «ПОМЗ» (проектируемая), подключение осуществляется силовым кабелем типа ААБл-6 3х50, протяженность кабельной линии составляет 190м, точка подключения – проектируемая (новая) ячейка 6кВ присоединение которой осуществляется к 1С.Ш. РУ-6кВ;

- ТП ООО «Агрофирма» (проектируемая), подключение осуществляется силовым кабелем типа ААБл-6 3х95, протяженность кабельной линии составляет 310м, точка подключения – проектируемая (новая) ячейка 6кВ присоединение которой осуществляется к транзиту фидера 623 РУ-6кВ.

Согласно исходных данных (письмо № МР7-НН9/ВР4-06/48 от 26.05.2023г Кстовский район электрических сетей филиала ПАО «Россети Центр и Приволжье» - «Нижновэнерго») уровни токов короткого замыкания составляют:

- п/с «Павлово»

максимальный режим $I_{К.С1.МАКС}^{(3)} = 3,841 \text{ кА}$

минимальный режим $I_{К.С1.МИН}^{(3)} = 2,506 \text{ кА}$

от п/с «Павлово» осуществляется подключение п/с «ПОМЗ» воздушной линией (ЛЭП-3542) типа АС-120/19 протяженность 4,1км.

- п/с «Горбатовская»

максимальный режим $I_{К.С2.МАКС}^{(3)} = 0,945 \text{ кА}$

минимальный режим $I_{К.С2.МИН}^{(3)} = 0,745 \text{ кА}$

от п/с «Горбатовская» осуществляется подключение п/с «ПОМЗ» воздушной линией (ЛЭП-35) типа АС-70/11 протяженность 19,9км.

Значение уровня тока короткого замыкания на шинах 6кВ п/с «Металлист» составляет $I_{К.С3.МАКС}^{(3)} = 11,5 \text{ кА}$.

Определим значения сопротивлений питающих систем.

- система №1 (п/с «Павлово»)

$$X_{С1МИН} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot I_{К.С1МИН}^{(3)}} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 2506} = 8,07 \text{ Ом} - \text{минимальный режим}$$

$$X_{С1МАКС} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot I_{К.С1МАКС}^{(3)}} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 3841} = 5,26 \text{ Ом} - \text{максимальный режим}$$

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

48/23-02-ЭС

Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ"
г. Павлово, ул. Вокзальная

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата				
Разраб.		Баранов С.А			06.23	Электроснабжение	Стадия	Лист	Листов
Пров.							Р	3.1	22
Т.контр.									
И.контр.						Расчет уровней токов короткого замыкания в сети 6кВ и 0,4кВ	ООО "СМАРТ"		
Утв.		Абрамова Ю.А			06.23				

- система №2 (п/с «Горбатовская»)

$$X_{C2\text{МИН}} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot I_{К.С2.МИН}^{(3)}} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 745} = 27,15 \text{ Ом} - \text{минимальный режим}$$

$$X_{C2\text{МАКС}} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot I_{К.С2.МАКС}^{(3)}} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 945} = 21,4 \text{ Ом} - \text{максимальный режим}$$

- система №3 (п/с «Металлист» РУ-6кВ)

$$X_{C3\text{МАКС}} = \frac{U_{БАЗ3}}{\sqrt{3} \cdot I_{К.С3.МАКС}^{(3)}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 11500} = 0,317 \text{ Ом}$$

Определим расчетные параметры воздушных линий электропередачи 35кВ подключения ввода №1 и №2 п/с «ПОМЗ».

- воздушная линия от п/с «Павлово» (ЛЭП-3542)

$$X_{0.ВЛ1} = 0,38 \text{ Ом / км}$$

$$r_{0.ВЛ1} = 0,27 \text{ Ом / км}$$

$$X_{ВЛ1} = 0,38 \cdot 4,1 = 1,56 \text{ Ом}$$

$$R_{ВЛ1} = 0,27 \cdot 4,1 = 1,107 \text{ Ом}$$

$$Z_{ВЛ1} = \sqrt{R_{ВЛ1}^2 + X_{ВЛ1}^2} = \sqrt{1,107^2 + 1,56^2} = 1,91 \text{ Ом}$$

- воздушная линия от п/с «Горбатовская» (ЛЭП-35)

$$X_{0.ВЛ2} = 0,38 \text{ Ом / км}$$

$$r_{0.ВЛ2} = 0,46 \text{ Ом / км}$$

$$X_{ВЛ2} = 0,38 \cdot 19,9 = 7,56 \text{ Ом}$$

$$R_{ВЛ2} = 0,46 \cdot 19,9 = 9,15 \text{ Ом}$$

$$Z_{ВЛ2} = \sqrt{R_{ВЛ2}^2 + X_{ВЛ2}^2} = \sqrt{9,15^2 + 7,56^2} = 11,8 \text{ Ом}$$

Сопротивление силовых трансформаторов Т-1 и Т-2 на п/с «ПОМЗ» приведенное к базисному 1,2 (расчетном) напряжению 35кВ составляет:

$$X_{T1(2)} = \frac{10 \cdot U_K \cdot U^2}{S} = \frac{10 \cdot 7,96 \cdot 35^2}{4000} = 24,37 \text{ Ом}$$

Существующая кабельная/воздушная (составная) линия фидера 623 от п/с «Металлист» до п/с «ПОМЗ»

$$X_{0.КЛЗ} = 0,077 \text{ Ом / км}$$

$$r_{0.КЛЗ} = 0,13 \text{ Ом / км}$$

$$L_{КЛЗ} = 2,11 \text{ км}$$

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

Лист

48/23-02-3С

3.2

Изм. Кол.уч. Лист №гок Подп. Дата

$$X_{0,ВЛ3} = 0,082 \text{ Ом / км}$$

$$r_{0,ВЛ3} = 0,261 \text{ Ом / км}$$

$$L_{ВЛ3} = 2,73 \text{ км}$$

$$X_{КЛ3} = 0,077 \cdot 2,11 = 0,162 \text{ Ом}$$

$$R_{КЛ3} = 0,13 \cdot 2,11 = 0,274 \text{ Ом}$$

$$X_{ВЛ3} = 0,082 \cdot 2,73 = 0,223 \text{ Ом}$$

$$R_{ВЛ3} = 0,261 \cdot 2,73 = 0,712 \text{ Ом}$$

$$X_{ЛЭП3} = X_{КЛ3} + X_{ВЛ3} = 0,162 + 0,223 = 0,385 \text{ Ом}$$

$$R_{ЛЭП3} = R_{КЛ3} + R_{ВЛ3} = 0,274 + 0,712 = 0,986 \text{ Ом}$$

$$Z_{ЛЭП3} = \sqrt{R_{ЛЭП3}^2 + X_{ЛЭП3}^2} = \sqrt{0,986^2 + 0,385^2} = 1,06 \text{ Ом}$$

Определим параметры проектируемых кабельных линий от РУ-6кВ п/с «ПОМЗ» до проектируемых трансформаторных подстанций

- кабельная линия №1 от п/с «ПОМЗ» до ТП завода АО «ПОМЗ»

$$X_{0,КЛ1} = 0,085 \text{ Ом / км}$$

$$r_{0,КЛ1} = 0,625 \text{ Ом / км}$$

$$L_{КЛ1} = 0,19 \text{ км}$$

$$X_{КЛ1} = 0,085 \cdot 0,19 = 0,016 \text{ Ом}$$

$$R_{КЛ1} = 0,625 \cdot 0,19 = 0,118 \text{ Ом}$$

$$Z_{КЛ1} = \sqrt{R_{КЛ1}^2 + X_{КЛ1}^2} = \sqrt{0,118^2 + 0,016^2} = 0,119 \text{ Ом}$$

- кабельная линия №2 от п/с «ПОМЗ» до ТП ООО «Агрофирма»

$$X_{0,КЛ2} = 0,081 \text{ Ом / км}$$

$$r_{0,КЛ2} = 0,329 \text{ Ом / км}$$

$$L_{КЛ2} = 0,31 \text{ км}$$

$$X_{КЛ2} = 0,081 \cdot 0,31 = 0,025 \text{ Ом}$$

$$R_{КЛ2} = 0,329 \cdot 0,31 = 0,102 \text{ Ом}$$

$$Z_{КЛ2} = \sqrt{R_{КЛ2}^2 + X_{КЛ2}^2} = \sqrt{0,102^2 + 0,025^2} = 0,105 \text{ Ом}$$

Сопротивление силового трансформатора 6/0,4кВ мощностью 630кВа на проектируемой ТП завода АО «ПОМЗ» приведенное к базисному (расчетному) напряжению 35кВ составляет:

$$X_{Т.ТП1} = \frac{10 \cdot U_K \cdot U^2}{S} = \frac{10 \cdot 5,5 \cdot 35^2}{630} = 106,9 \text{ Ом}$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата
------	---------	------	-------	-------	------

48/23-02-ЭС

Лист

3.3

Сопротивление силовых трансформаторов 6/0,4кВ мощностью 400кВа на проектируемой ТП ООО «Агрофирма» приведенное к базисному (расчетному) напряжению 6,3кВ составляет:

$$X_{T.ТП2} = \frac{10 \cdot U_K \cdot U^2}{S} = \frac{10 \cdot 4,5 \cdot 6,3^2}{400} = 4,46 \text{ Ом}$$

Расчетные схемы замещения сети в различных режимах работы (рабочий и аварийный) представлены на рисунках №1-6.

Определим уровни токов короткого замыкания в расчетных точках сети в различных режимах работы питающей сети:

- точка К1, первая секция шин РУ-35кВ п/с «ПОМЗ»;
- точка К2, вторая секция шин РУ-35кВ п/с «ПОМЗ»;
- точка К3, первая секция шин РУ-6кВ п/с «ПОМЗ»;
- точка К4, вторая секция шин РУ-6кВ п/с «ПОМЗ»;
- точка К5, шины ВН-6кВ проектируемой подстанции №1 завода АО «ПОМЗ»;
- точка К6, шины НН-0,4кВ проектируемой подстанции №1 завода АО «ПОМЗ»;
- точка К7, РУ-6кВ п/с «ПОМЗ» ввод фидера 623;
- точка К8, шины ВН-6кВ проектируемой подстанции №2 ООО «Агрофирма»;
- точка К9, шины НН-0,4кВ проектируемой подстанции №2 ООО «Агрофирма».

Согласовано			

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист
3.4

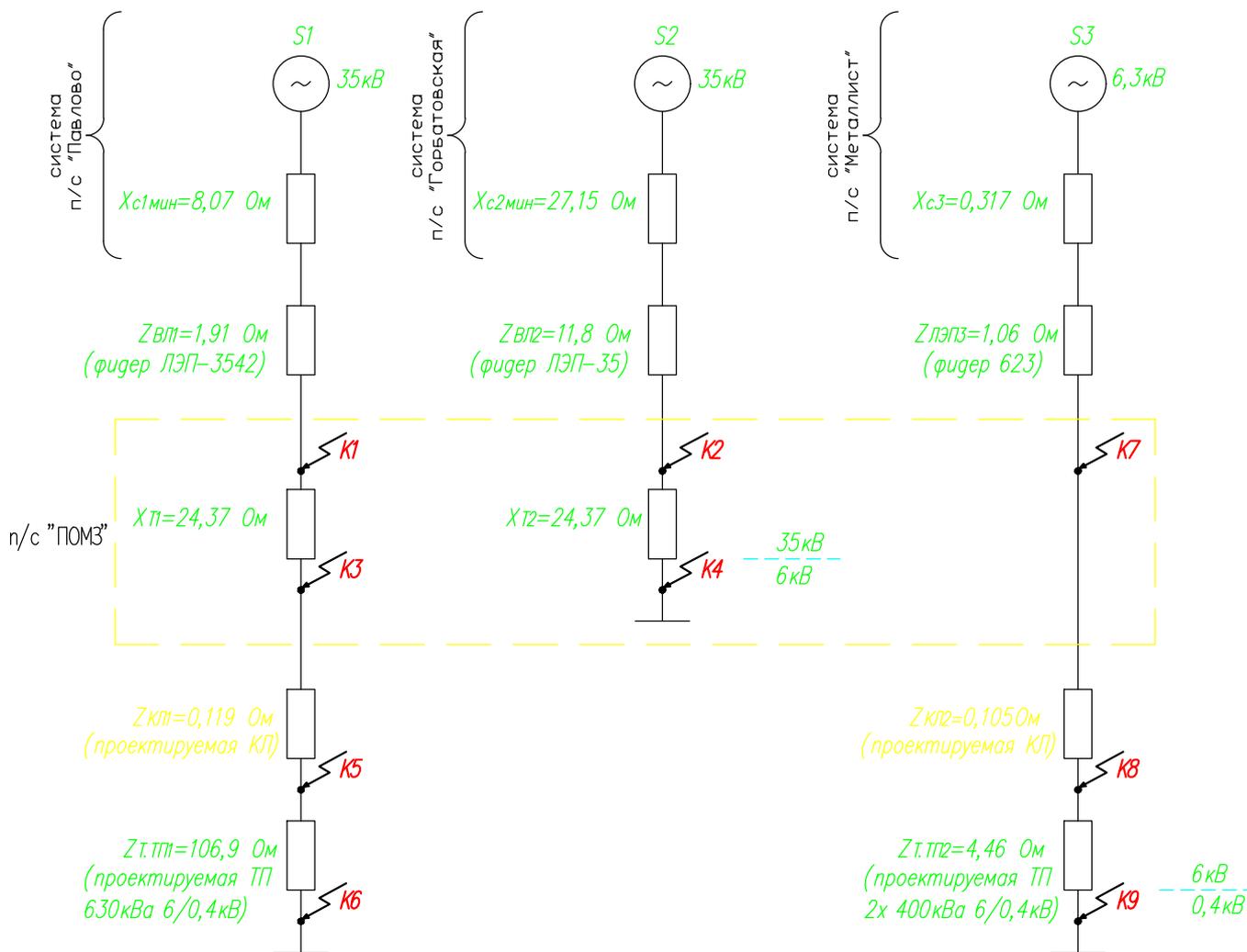


Рисунок 1 – Расчетная схема замещения сети токов короткого замыкания в минимальном режиме работы сети (рабочий режим N1)

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

48/23-02-ЭС

Лист

3.5

Формат А4

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

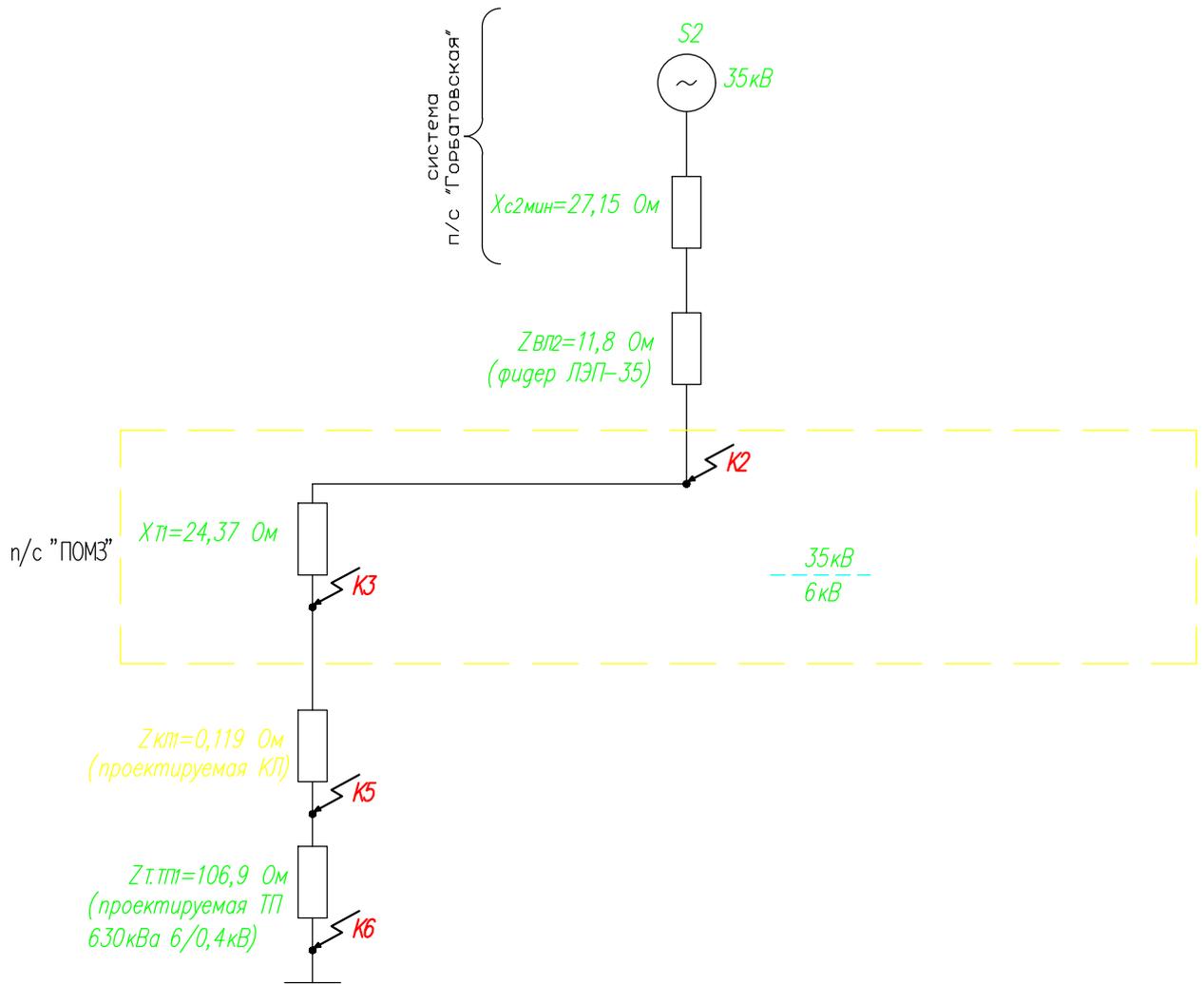


Рисунок 2 – Расчетная схема замещения сети токов короткого замыкания в минимальном режиме работы сети (аварийный режим N2)

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

48/23-02-ЭС

Лист

3.6

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

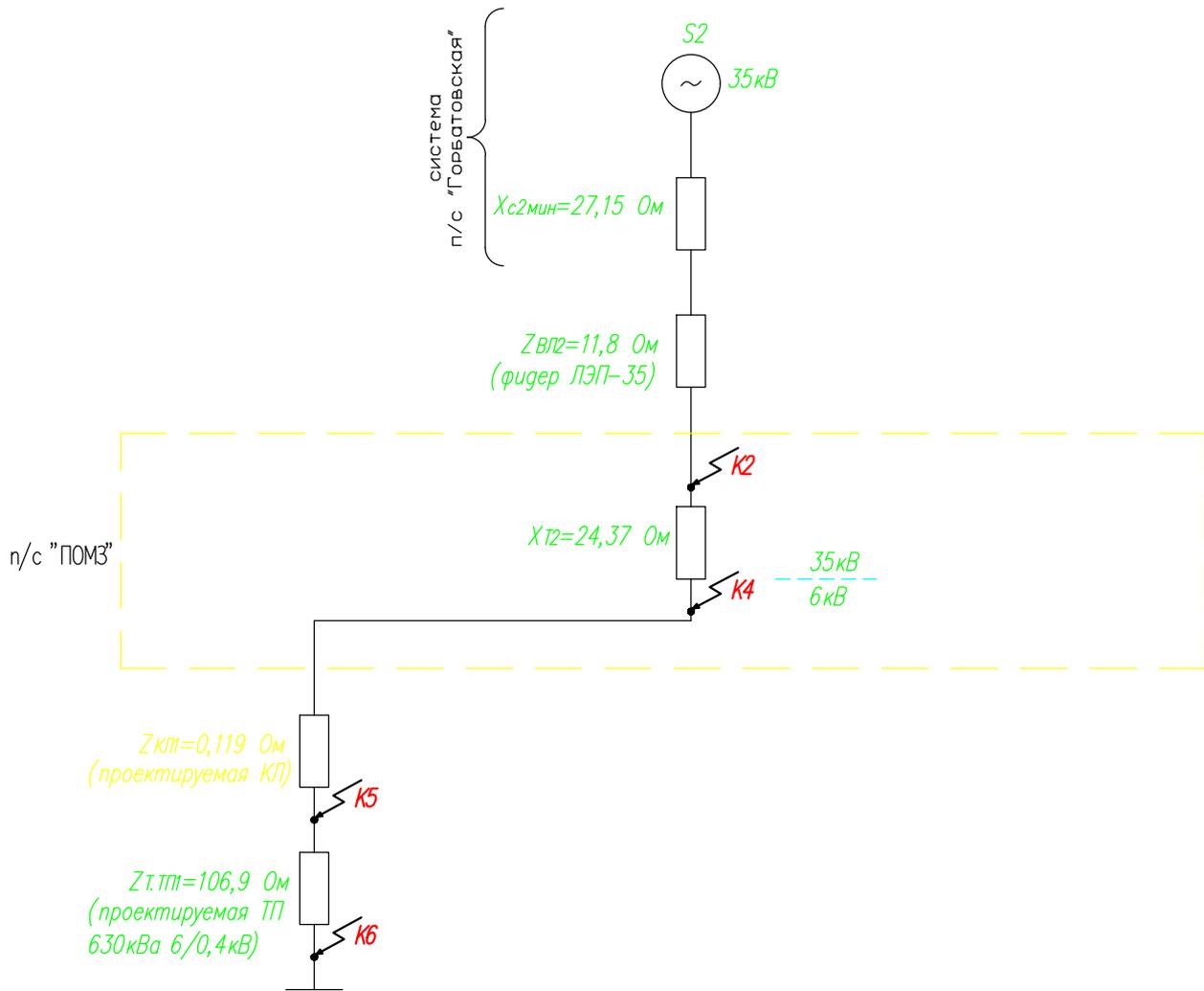


Рисунок 3 – Расчетная схема замещения сети токов короткого замыкания в минимальном режиме работы сети (аварийный режим N3)

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

48/23-02-ЭС

Лист

3.7

Изм. Кол.уч. Лист N°док Подп. Дата

Формат А4

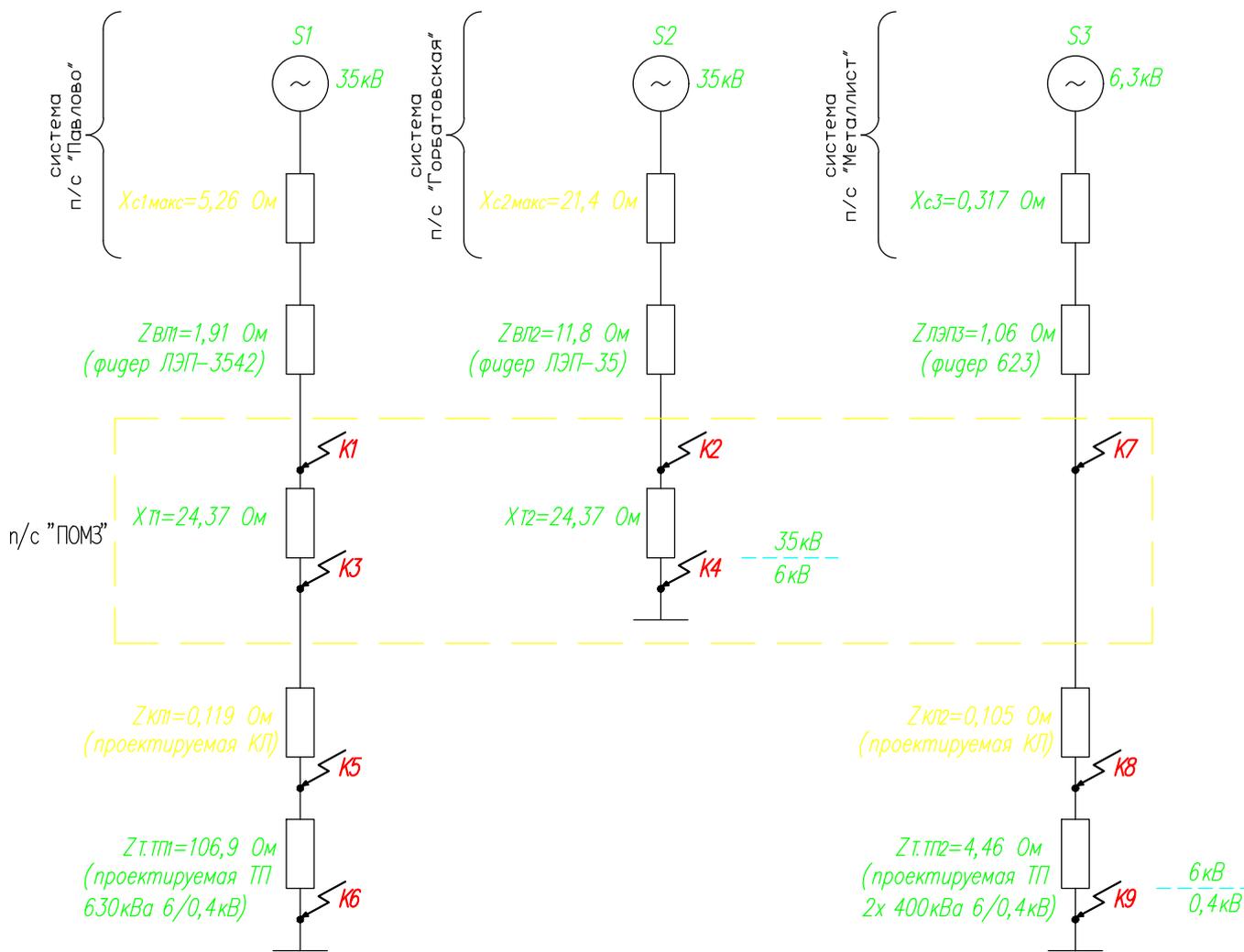


Рисунок 4 – Расчетная схема замещения сети токов короткого замыкания в максимальном режиме работы сети (рабочий режим N4)

Согласовано

Инв. N° подл
Погр. и дата
Взам. инв. N°

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Погр.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист
3.8

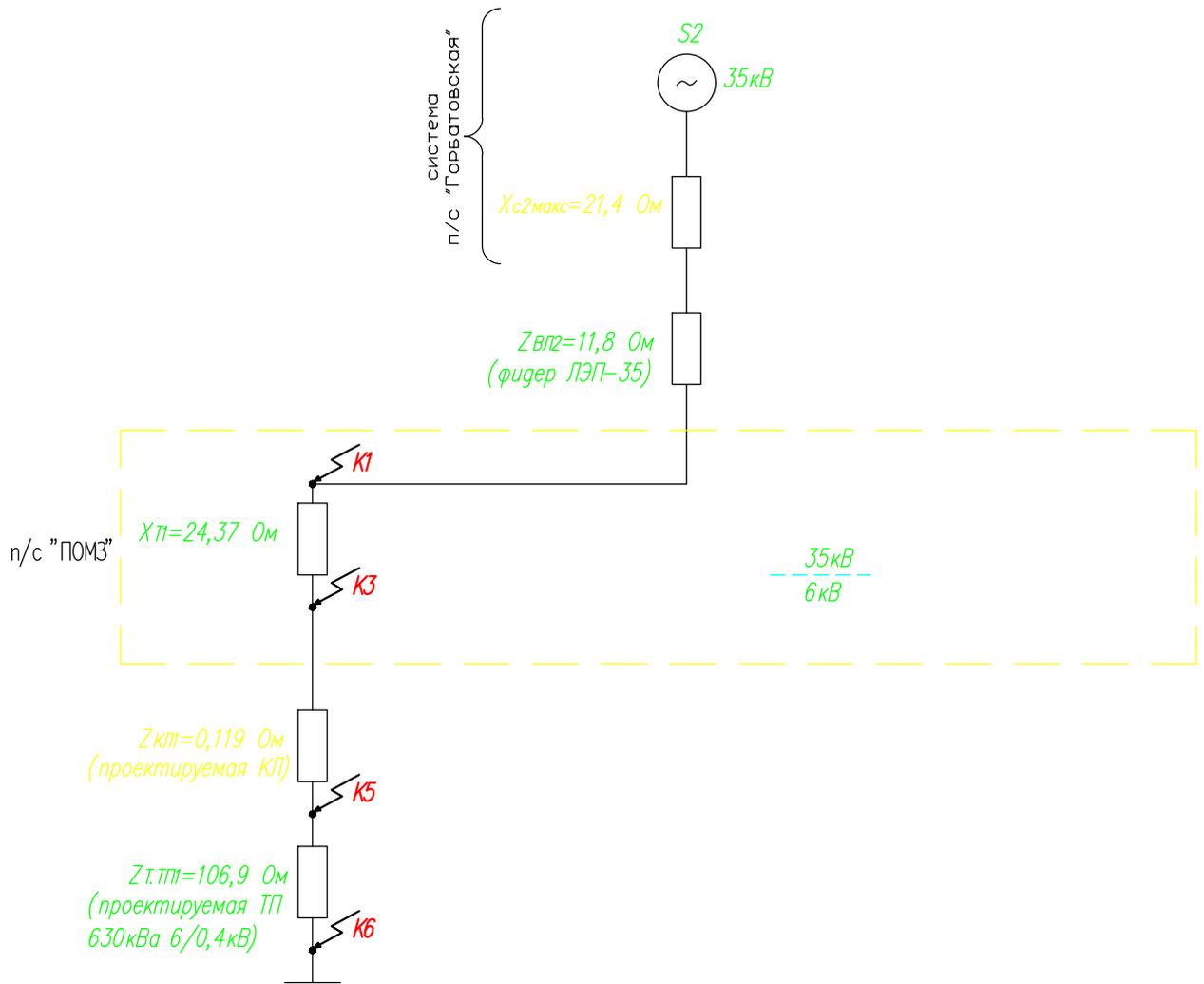


Рисунок 5 – Расчетная схема замещения сети токов короткого замыкания в максимальном режиме работы сети (аварийный режим N5)

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

48/23-02-ЭС

Лист

3.9

Изм. Кол.уч. Лист N°док Подп. Дата

Формат А4

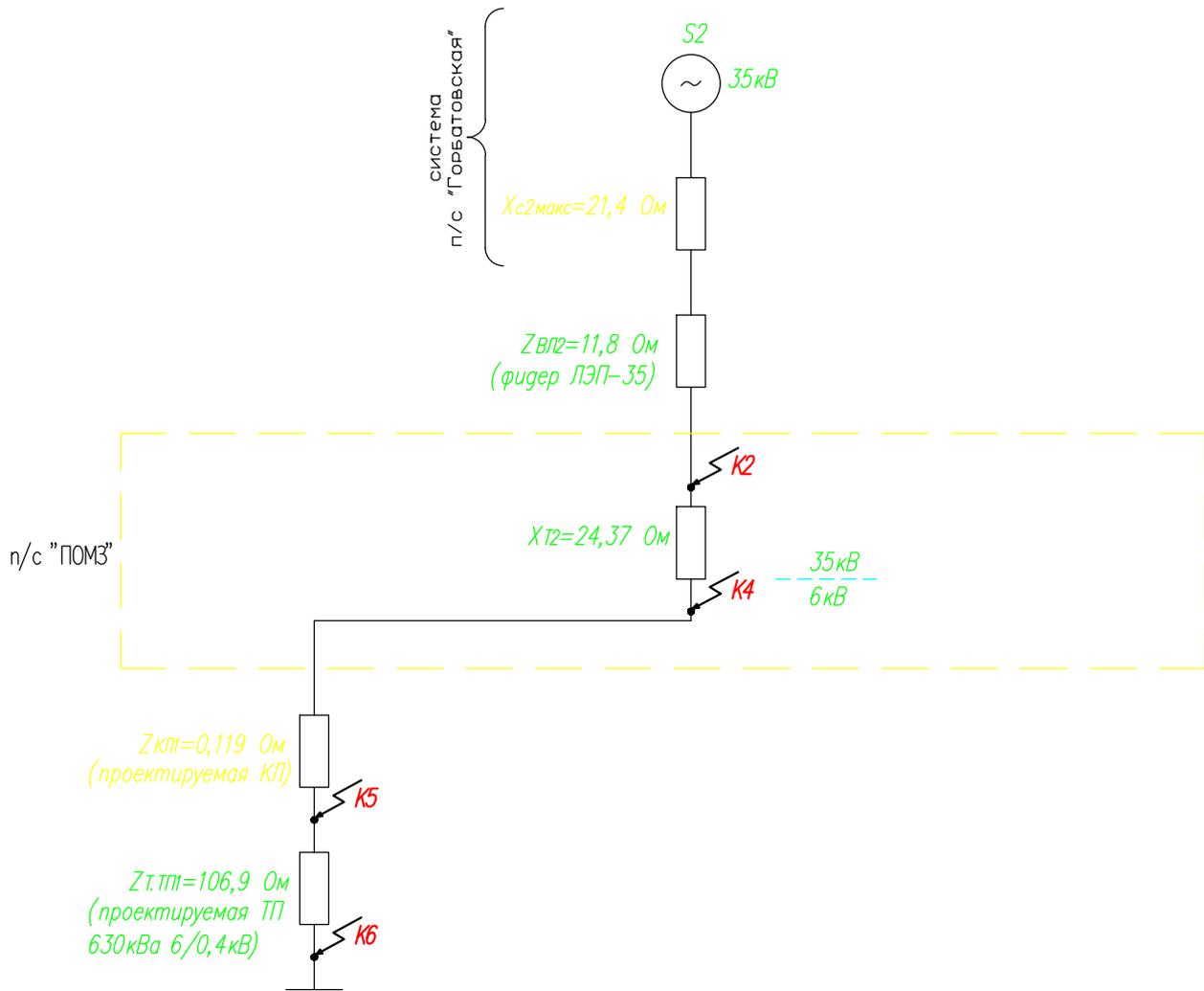


Рисунок 6 – Расчетная схема замещения сети токов короткого замыкания в максимальном режиме работы сети (аварийный режим N6)

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист

3.10

Формат А4

Определим значения уровней токов короткого замыкания в указанных точках при двух режимах работы РУ-35кВ:

1) рабочий режим – секционный разъединитель 35кВ в схеме мостика отключен, рабочие вводы №1 и №2 35кВ от п/с «Павлово» и п/с «Горбатовская» находятся в работе (под рабочим напряжением). Оба силовых трансформатора Т-1 и Т-2 п/с «ПОМЗ» находятся в работе, секционный выключатель РУ-6кВ отключен.

Фидер 623 РУ-6кВ находится в работе;

2) аварийный режим - секционный разъединитель 35кВ в схеме мостика включен, один из рабочих вводов №1 или №2 35кВ от п/с «Павлово» и п/с «Горбатовская» выведен из работы. Один из силовых трансформатора Т-1 и Т-2 п/с «ПОМЗ» выведен из работы, секционный выключатель РУ-6кВ включен (работа АВР 6кВ);

Суммарное значение сопротивления элементов до расчетной точки К1 составляет

минимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K1 \text{МИН} (РАБ)} = X_{C1 \text{МИН}} + X_{ВЛ1} = 8,07 + 1,56 = 9,63 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K1 \text{МИН} (РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K1 \text{МИН} (РАБ)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{9,63^2 + 1,107^2} = 9,69 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K1 \text{МИН} (АВАР)} = X_{C2 \text{МИН}} + X_{ВЛ2} = 27,15 + 7,56 = 34,71 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K1 \text{МИН} (АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma K1 \text{МИН} (АВАР)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{34,71^2 + 9,15^2} = 35,89 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

максимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K1 \text{МАКС} (РАБ)} = X_{C1 \text{МАКС}} + X_{ВЛ1} = 5,26 + 1,56 = 6,82 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K1 \text{МАКС} (РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K1 \text{МАКС} (РАБ)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{6,82^2 + 1,107^2} = 6,91 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K1 \text{МАКС} (АВАР)} = X_{C2 \text{МАКС}} + X_{ВЛ2} = 21,4 + 7,56 = 28,96 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K1 \text{МАКС} (АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma K1 \text{МАКС} (АВАР)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{28,96^2 + 9,15^2} = 30,37 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К1 в минимальном режиме работы сети

$$I_{K1 \text{МИН} (РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1 \text{МИН} (РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 9,69} = 2,08 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

$$I_{K1 \text{МИН} (АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1 \text{МИН} (АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 35,89} = 0,563 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К1 в максимальном режиме работы сети

$$I_{K1 \text{МАКС} (РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1 \text{МАКС} (РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 6,91} = 2,927 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

$$I_{K1 \text{МАКС} (АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K1 \text{МАКС} (АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 30,37} = 0,666 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	48/23-02-ЭС	Лист
							3.11

Суммарное значение сопротивления элементов до расчетной точки К2 составляет

минимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K2 \text{МИН} (РАБ.)} = X_{C2 \text{МИН}} + X_{ВЛ2} = 27,15 + 7,56 = 34,71 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K2 \text{МИН} (РАБ.)} = \sqrt{X_{\Sigma K2 \text{МИН} (РАБ.)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{34,71^2 + 9,15^2} = 35,89 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K2 \text{МИН} (АВАР)} = X_{C1 \text{МИН}} + X_{ВЛ1} = 8,07 + 1,56 = 9,63 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K2 \text{МИН} (АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma K2 \text{МИН} (АВАР)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{9,63^2 + 1,107^2} = 9,69 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

максимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K2 \text{МАКС} (РАБ.)} = X_{C2 \text{МАКС}} + X_{ВЛ2} = 21,4 + 7,56 = 28,96 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K2 \text{МАКС} (РАБ.)} = \sqrt{X_{\Sigma K2 \text{МАКС} (РАБ.)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{28,96^2 + 9,15^2} = 30,37 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K2 \text{МАКС} (АВАР)} = X_{C1 \text{МАКС}} + X_{ВЛ1} = 5,26 + 1,56 = 6,82 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K2 \text{МАКС} (АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma K2 \text{МАКС} (АВАР)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{6,82^2 + 1,107^2} = 6,91 \text{ Ом}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К2 в минимальном режиме работы сети

$$I_{K2 \text{МИН} (РАБ.)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2 \text{МИН} (РАБ.)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 35,89} = 0,563 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

$$I_{K2 \text{МИН} (АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2 \text{МИН} (АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 9,69} = 2,08 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К2 в максимальном режиме работы сети

$$I_{K2 \text{МАКС} (РАБ.)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2 \text{МАКС} (РАБ.)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 30,37} = 0,666 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

$$I_{K2 \text{МАКС} (АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K2 \text{МАКС} (АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 6,91} = 2,927 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист

3.12

Суммарное значение сопротивления элементов до расчетной точки КЗ составляет

минимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma КЗМИН(РАБ)} = X_{\Sigma К1МИН(РАБ)} + X_{Т1} = 9,63 + 24,37 = 34 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma КЗМИН(РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma КЗМИН(РАБ)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{34^2 + 1,107^2} = 34,01 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma КЗМИН(АВАР)} = X_{\Sigma К1МИН(АВАР)} + X_{Т1} = 34,71 + 24,37 = 59,08 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma КЗМИН(АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma КЗМИН(АВАР)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{59,08^2 + 9,15^2} = 59,78 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

максимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma КЗМАКС(РАБ)} = X_{\Sigma К1МАКС(РАБ)} + X_{Т1} = 6,82 + 24,37 = 31,19 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma КЗМАКС(РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma КЗМАКС(РАБ)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{31,19^2 + 1,107^2} = 31,21 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma КЗМАКС(АВАР)} = X_{\Sigma К1МАКС(АВАР)} + X_{Т1(2)} = 28,96 + 24,37 = 53,33 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma КЗМАКС(АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma КЗМАКС(АВАР)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{53,33^2 + 9,15^2} = 54,1 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке КЗ в минимальном режиме работы сети

$$I_{КЗМИН(РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma КЗМИН(РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 34,01} = 0,595 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

- значение уровня тока КЗ приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{КЗМИН(РАБ)}^{(3)}_{6кВ} = I_{КЗМИН(РАБ)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,595 \cdot \frac{35}{6,3} = 3,305 \text{ кА}$$

$$I_{КЗМИН(АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma КЗМИН(АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 59,78} = 0,338 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

- значение уровня тока КЗ приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{КЗМИН(АВАР)}^{(3)}_{6кВ} = I_{КЗМИН(АВАР)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,338 \cdot \frac{35}{6,3} = 1,877 \text{ кА}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке КЗ в максимальном режиме работы сети

$$I_{КЗМАКС(РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma КЗМАКС(РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 31,21} = 0,648 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	48/23-02-ЭС	Лист
							3.13

- значение уровня тока КЗ приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{КЗМАКС(РАБ)}^{(3)}_{6кВ} = I_{КЗМАКС(РАБ)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,648 \cdot \frac{35}{6,3} = 3,6 кА$$

$$I_{КЗМАКС(АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma КЗМАКС(АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 54,1} = 0,374 кА - \text{аварийный режим}$$

$$I_{КЗМАКС(АВАР)}^{(3)}_{6кВ} = I_{КЗМАКС(АВАР)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,374 \cdot \frac{35}{6,3} = 2,07 кА$$

Согласовано			

Инв. N° подл	Подп. и дата	Взам. инв. N°	

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист
3.14

Суммарное значение сопротивления элементов до расчетной точки К4 составляет

минимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K4 \text{МИН} (РАБ)} = X_{\Sigma K2 \text{МИН} (РАБ)} + X_{T2} = 34,71 + 24,37 = 59,08 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K4 \text{МИН} (РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K4 \text{МИН} (РАБ)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{59,08^2 + 9,15^2} = 59,78 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K4 \text{МИН} (АВАР.)} = X_{\Sigma K2 \text{МИН} (АВАР.)} + X_{T2(1)} = 9,63 + 24,37 = 34 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{K4 \text{МИН} (АВАР.)} = \sqrt{X_{K4 \text{МИН} (АВАР.)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{34^2 + 1,107^2} = 34,01 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

максимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K4 \text{МАКС} (РАБ)} = X_{\Sigma K2 \text{МАКС} (РАБ)} + X_{T2} = 28,96 + 24,37 = 53,33 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K4 \text{МАКС} (РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K4 \text{МАКС} (РАБ)}^2 + R_{ВЛ2}^2} = \sqrt{53,33^2 + 9,15^2} = 54,1 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K4 \text{МАКС} (АВАР.)} = X_{\Sigma K2 \text{МАКС} (АВАР.)} + X_{T2(1)} = 6,82 + 24,37 = 31,19 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K4 \text{МАКС} (АВАР.)} = \sqrt{X_{\Sigma K4 \text{МАКС} (АВАР.)}^2 + R_{ВЛ1}^2} = \sqrt{31,19^2 + 1,107^2} = 31,21 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К4 в минимальном режиме работы сети

$$I_{K4 \text{МИН} (РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K4 \text{МИН} (РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 59,78} = 0,338 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

- значение уровня тока К4 приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{K4 \text{МИН} (РАБ)_{6кВ}}^{(3)} = I_{K4 \text{МИН} (РАБ)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,338 \cdot \frac{35}{6,3} = 1,877 \text{ кА}$$

$$I_{K4 \text{МИН} (АВАР.)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K4 \text{МИН} (АВАР.)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 34,01} = 0,595 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

- значение уровня тока К4 приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{K4 \text{МИН} (АВАР.)_{6кВ}}^{(3)} = I_{K4 \text{МИН} (АВАР.)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,595 \cdot \frac{35}{6,3} = 3,305 \text{ кА}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К4 в максимальном режиме работы сети

$$I_{K4 \text{МАКС} (РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K4 \text{МАКС} (РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 54,1} = 0,374 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	48/23-02-ЭС	Лист
							3.15

- значение уровня тока К4 приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{K4МАКС(РАБ)}^{(3)}_{6кВ} = I_{K4МАКС(РАБ)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,374 \cdot \frac{35}{6,3} = 2,07 \text{ кА}$$

$$I_{K4МАКС(АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K4МАКС(АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 31,21} = 0,648 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

$$I_{K4МАКС(АВАР)}^{(3)}_{6кВ} = I_{K4МАКС(АВАР)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,648 \cdot \frac{35}{6,3} = 3,6 \text{ кА}$$

Инв. N° подл	Подп. и дата	Взам. инв. N°						

						48/23-02-ЭС	Лист
							3.16
Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док.	Подп.	Дата		

Суммарное значение сопротивления элементов до расчетной точки К5 составляет

минимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K5 \text{МИН}(РАБ)} = X_{\Sigma K3 \text{МИН}(РАБ)} + X_{КЛ1} = 34 + 0,016 = 34,016 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K5 \text{МИН}(РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K5 \text{МИН}(РАБ)}^2 + (R_{ВЛ1} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{34,016^2 + (1,107 + 0,118)^2} = 34,03 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K5 \text{МИН}(АВАР.)} = X_{\Sigma K3 \text{МИН}(АВАР.)} + X_{КЛ1} = 59,08 + 0,016 = 59,09 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K5 \text{МИН}(АВАР.)} = \sqrt{X_{\Sigma K5 \text{МИН}(АВАР.)}^2 + (R_{ВЛ2} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{59,09^2 + (9,15 + 0,118)^2} = 59,8 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

максимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K5 \text{МАКС}(РАБ)} = X_{\Sigma K3 \text{МАКС}(РАБ)} + X_{КЛ1} = 31,19 + 0,016 = 31,2 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K5 \text{МАКС}(РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K5 \text{МАКС}(РАБ)}^2 + (R_{ВЛ1} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{31,2^2 + (1,107 + 0,118)^2} = 31,22 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K5 \text{МАКС}(АВАР.)} = X_{\Sigma K3 \text{МАКС}(АВАР.)} + X_{КЛ1} = 53,33 + 0,016 = 53,34 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K5 \text{МАКС}(АВАР.)} = \sqrt{X_{\Sigma K5 \text{МАКС}(АВАР.)}^2 + (R_{ВЛ2} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{53,34^2 + (9,15 + 0,118)^2} = 54,13 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К5 в минимальном режиме работы сети

$$I_{K5 \text{МИН}(РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K5 \text{МИН}(РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 34,03} = 0,594 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

- значение уровня тока К5 приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{K5 \text{МИН}(РАБ)}^{(3)}_{6кВ} = I_{K5 \text{МИН}(РАБ)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,594 \cdot \frac{35}{6,3} = 3,3 \text{ кА}$$

$$I_{K5 \text{МИН}(АВАР.)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma K5 \text{МИН}(АВАР.)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 59,8} = 0,338 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

- значение уровня тока К5 приведенное к уровню напряжения 6кВ

$$I_{K5 \text{МИН}(АВАР.)}^{(3)}_{6кВ} = I_{K5 \text{МИН}(АВАР.)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,338 \cdot \frac{35}{6,3} = 1,877 \text{ кА}$$

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

Суммарное значение сопротивления элементов до расчетной точки К6 составляет

минимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K6 \text{МИН} (РАБ)} = X_{\Sigma K5 \text{МИН} (РАБ)} + X_{T, ТП1} = 34,015 + 106,9 = 140,91 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K6 \text{МИН} (РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K6 \text{МИН} (РАБ)}^2 + (R_{ВЛ1} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{140,91^2 + (1,107 + 0,118)^2} = 140,92 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K6 \text{МИН} (АВАР)} = X_{\Sigma K5 \text{МИН} (АВАР)} + X_{T, ТП1} = 59,09 + 106,9 = 165,99 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K6 \text{МИН} (АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma K6 \text{МИН} (АВАР)}^2 + (R_{ВЛ2} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{165,99^2 + (9,15 + 0,118)^2} = 166,24 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

максимальный режим работы питающей сети

$$X_{\Sigma K6 \text{МАКС} (РАБ)} = X_{\Sigma K5 \text{МАКС} (РАБ)} + X_{T, ТП1} = 31,2 + 106,9 = 138,1 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$Z_{\Sigma K6 \text{МАКС} (РАБ)} = \sqrt{X_{\Sigma K6 \text{МАКС} (РАБ)}^2 + (R_{ВЛ1} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{138,1^2 + (1,107 + 0,118)^2} = 138,1 \text{ Ом} - \text{рабочий режим}$$

$$X_{\Sigma K6 \text{МАКС} (АВАР)} = X_{\Sigma K5 \text{МАКС} (АВАР)} + X_{T, ТП1} = 53,34 + 106,9 = 160,24 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

$$Z_{\Sigma K6 \text{МАКС} (АВАР)} = \sqrt{X_{\Sigma K6 \text{МАКС} (АВАР)}^2 + (R_{ВЛ2} + R_{КЛ1})^2} = \sqrt{160,24^2 + (9,15 + 0,118)^2} = 160,5 \text{ Ом} - \text{аварийный режим}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К6 в минимальном режиме работы сети

$$I_{K6 \text{МИН} (РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K6 \text{МИН} (РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 140,92} = 0,143 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

- значение уровня тока К6 приведенное к уровню напряжения 0,4кВ

$$I_{K6 \text{МИН} (РАБ)}^{(3)}_{0,4кВ} = I_{K6 \text{МИН} (РАБ)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,143 \cdot \frac{35}{0,4} = 12,51 \text{ кА}$$

$$I_{K6 \text{МИН} (АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma K6 \text{МИН} (АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 166,24} = 0,121 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

- значение уровня тока К6 приведенное к уровню напряжения 0,4кВ

$$I_{K6 \text{МИН} (АВАР)}^{(3)}_{0,4кВ} = I_{K6 \text{МИН} (АВАР)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,121 \cdot \frac{35}{0,4} = 10,58 \text{ кА}$$

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

						48/23-02-ЭС	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата		3.19

Уровень токов короткого замыкания в точке К6 в максимальном режиме работы сети

$$I_{K6МАКС(РАБ)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K6МАКС(РАБ)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 138,1} = 0,146 \text{ кА} - \text{рабочий режим}$$

- значение уровня тока К6 приведенное к уровню напряжения 0,4кВ

$$I_{K6МАКС(РАБ)_{0,4кВ}}^{(3)} = I_{K6МАКС(РАБ)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,146 \cdot \frac{35}{0,4} = 12,77 \text{ кА}$$

$$I_{K6МАКС(АВАР)}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K6МАКС(АВАР)}} = \frac{35}{1,73 \cdot 160,5} = 0,126 \text{ кА} - \text{аварийный режим}$$

$$I_{K6МАКС(АВАР)_{6кВ}}^{(3)} = I_{K6МАКС(АВАР)}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,126 \cdot \frac{35}{0,4} = 11,02 \text{ кА}$$

Сопротивление силового трансформатора номинальной мощностью 630кВа при схеме соединения обмоток $Y/Y-11$ току однофазного короткого замыкания составляет $Z_T^{(1)} = 128 \text{ мОм}$.

Ток однофазного короткого замыкания в точке К6 (на шинах 0,4кВ подстанции) составляет

$$I_{K6}^{(1)} = \frac{U_{НОМ}^{(1)}}{Z_T^{(1)} / 3} = \frac{220}{128 / 3} = 5,15 \text{ кА}$$

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист

3.20

Уровень токов короткого замыкания в точке К7

$$Z_{\Sigma K7} = \sqrt{(X_{c3\text{МАКС}} + X_{ЛЭП3})^2 + R_{ЛЭП3}^2} = \sqrt{(0,317 + 0,385)^2 + (0,986)^2} = 1,2 \text{ Ом}$$

$$I_{K7}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K7}} = \frac{6,3}{1,73 \cdot 1,2} = 3,03 \text{ кА}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К8

$$Z_{\Sigma K8} = \sqrt{(X_{c3\text{МАКС}} + X_{ЛЭП3} + X_{КЛ2})^2 + (R_{ЛЭП3} + R_{КЛ2})^2} =$$

$$\sqrt{(0,317 + 0,385 + 0,025)^2 + (0,986 + 0,102)^2} = 1,382 \text{ Ом}$$

$$I_{K8}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K8}} = \frac{6,3}{1,73 \cdot 1,382} = 2,635 \text{ кА}$$

Уровень токов короткого замыкания в точке К9

$$Z_{\Sigma K9} = \sqrt{(X_{c3\text{МАКС}} + X_{ЛЭП3} + X_{КЛ2} + X_{Т ПП2})^2 + (R_{ЛЭП3} + R_{КЛ2})^2} =$$

$$\sqrt{(0,317 + 0,385 + 0,025 + 4,46)^2 + (0,986 + 0,102)^2} = 5,3 \text{ Ом}$$

$$I_{K9}^{(3)} = \frac{U_{БАЗ3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma K9}} = \frac{6,3}{1,73 \cdot 5,3} = 0,687 \text{ кА} - \text{уровень ТКЗ приведенный к стороне } 6,3 \text{ кВ}$$

- значение уровня тока К9 приведенное к уровню напряжения 0,4кВ

$$I_{K9\text{МИН}(РАБ)_{0,4\text{кВ}}}^{(3)} = I_{K9}^{(3)} \cdot \frac{U_{БАЗ}}{U_{НОМ}} = 0,687 \cdot \frac{6,3}{0,4} = 10,82 \text{ кА}$$

Сопротивление силовых трансформаторов номинальной мощностью 400кВа, при схеме соединения обмоток $Y/Y-11$ току однофазного короткого замыкания составляет $Z_T^{(1)} = 195 \text{ мОм}$.

Ток однофазного короткого замыкания в точке К9 (на шинах 0,4кВ подстанции) составляет

$$I_{K8}^{(1)} = \frac{U_{НОМ}^{(1)}}{Z_T^{(1)} / 3} = \frac{220}{195 / 3} = 3,38 \text{ кА}$$

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

Лист

3.21

48/23-02-3С

Изм. Кол.уч. Лист № док. Подп. Дата

Инв. N* подл	Подп. и дата	Взам. инв. N*				

Таблица 1 – Результаты расчета уровней токов короткого замыкания

Номер расчетной точки сети	U =35кВ				U =6кВ				U =0,4кВ				$I_K^{(1)}$, кА
	Макс. режим работы сети $I_{K\text{МАКС}}^{(3)}$, кА		Мин. режим работы сети $I_{K\text{МИН}}^{(3)}$ / $I_{K\text{МИН}}^{(2)}$, кА		Макс. режим работы сети $I_{K\text{МАКС}}^{(3)}$, кА		Мин. режим работы сети $I_{K\text{МИН}}^{(3)}$ / $I_{K\text{МИН}}^{(2)}$, кА		Макс. режим работы сети $I_{K\text{МАКС}}^{(3)}$, кА		Мин. режим работы сети $I_{K\text{МИН}}^{(3)}$ / $I_{K\text{МИН}}^{(2)}$, кА		
	Раб. режим	Авар. режим	Раб. режим	Авар. режим	Раб. режим	Авар. режим	Раб. режим	Авар. режим	Раб. режим	Авар. режим	Раб. режим	Авар. режим	
К1	2,927	0,666	2,08/ 1,8	0,563/ 0,487	-	-	-	-	-	-	-	-	-
К2	0,666	2,927	0,563/ 0,487	2,08/ 1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
К3	-	-	-	-	3,6	2,07	3,305/ 2,862	1,877/ 1,625	-	-	-	-	-
К4	-	-	-	-	2,07	3,6	1,877/ 1,625	3,305/ 2,862	-	-	-	-	-
К5	-	-	-	-	3,6	2,07	3,3/ 2,857	1,877/ 1,625	-	-	-	-	-
К6	-	-	-	-	-	-	-	-	12,77	11,02	12,51	10,58	5,15
К7	-	-	-	-	3,03		2,623		-	-	-	-	-
К8	-	-	-	-	2,635		2,281		-	-	-	-	-
К9	-	-	-	-	-	-	-	-	10,82				3,38

Изм.	Кол.уч.	Лист	N*док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист

3.22

На трансформаторных подстанциях вновь вводимых фидерных присоединений РУ-6кВ (проектируемых) используются следующие силовые трансформаторы:

- один трансформатор типа ТМГ-630кВа 6/0,4кВ (фидер 6кВ завод АО «ПОМЗ» 1 С.Ш.);
- два трансформатора типа ТМГ-400кВа 6/0,4кВ (фидер 6кВ ООО «Агрофирма» транзит фидера 623).

На рассматриваемых присоединениях используются следующие виды защит:

- 1) максимальная токовая защита (1-ая ступень), отсечка;
- 2) максимальная токовая защита с выдержкой времени (2-ая ступень);
- 3) токовая защита от замыкания на землю;
- 4) устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ) - только для присоединения 6кВ подключения ТП завод АО «ПОМЗ».

1. Расчет максимальной токовой защиты (1-ая ступень)

Максимальная токовая защита первой ступени (отсечка) предназначена для защиты силовых трансформаторов от межфазных коротких замыканий, данная защита выполняется по величинам фазных токов с дополнительной фильтрацией высших гармонических составляющих.

Первая ступень максимальной токовой защиты (МТЗ-1) обеспечивает быстродействующую защиту от межфазных коротких замыканий на силовых вводах трансформаторов. Уставка первой ступени МТЗ-1 выбирается по условию обеспечения чувствительности к металлическому двухфазному КЗ на вводе силовых трансформаторов вновь вводимых присоединений.

В расчете в качестве базисной ступени трансформации принять сторону НН трансформаторов силовых.

По условию отстройки токовой отсечки от трехфазных коротких замыканий на шинах НН, ток срабатывания определяется по выражению:

$$I_{ТО.с.з.} = k_{ОТС} \cdot I_{КЗМАКС}^{(3)} \quad (1)$$

где

$k_{ОТС}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность расчета и необходимый запас, принимается равным 1,1.

$$I_{ТО.с.з.} = 1,1 \cdot 851 = 936,1A \text{ - присоединение ТП завод АО «ПОМЗ»}$$

$$I_{ТО.с.з.} = 1,1 \cdot 687 = 755,7A \text{ - присоединения ТП ООО «Агрофирма»}$$

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

48/23-02-ЭС

Замена трансформатора Т-1 на п/с "ПОМЗ"
г. Павлово, ул. Вокзальная

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата				
Разраб.		Баранов С.А			06.23	Электроснабжение	Стадия	Лист	Листов
Пров.							Р	4.1	8
Т.контр.									
И.контр.						Расчет уставок РЗА фидерных присоединений РУ-6кВ (проектируемых) подключения двух трансформаторных подстанций (ТП завода АО "ПОМЗ", ТП "Агрофирма")	ООО "СМАРТ"		
Утв.		Абрамова Ю.А			06.23				

Принимаем значение уставок

- $I_{MT3-1} = 950 A$ для присоединения ТП завод АО «ПОМЗ»;
- $I_{MT3-1} = 800 A$ для присоединения ТП ООО «Агрофирма».

коэффициент чувствительности для присоединений составляет:

- для присоединения ТП завод АО «ПОМЗ» $K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗМИН}}^{(2)}}{I_{\text{MT3-1}}} = \frac{1625}{950} = 1,71$, условие

$K_{\text{ч}} \geq 1,5$ выполняется;

- для присоединений ТП «Агрофирма» $K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗМИН}}^{(2)}}{I_{\text{MT3-1}}} = \frac{2281}{800} = 2,85$, условие

$K_{\text{ч}} \geq 1,5$ выполняется;

Выполним проверку нечувствительности защиты к трехфазным коротким замыканиям на выводах 0,4кВ силовых трансформаторов в максимальном режиме работы питающей сети, при этом должно выполняться условие $K_{\text{ч}} < 1,5$.

- для присоединения ТП завод АО «ПОМЗ» $K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗМАХ}}^{(3)}}{I_{\text{MT3-1}}} = \frac{851}{950} = 0,89$ (условие выполняется);

- для присоединений ТП ООО «Агрофирма» $K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗМАХ}}^{(3)}}{I_{\text{MT3-1}}} = \frac{687}{800} = 0,85$ (условие выполняется).

Токовая защита МТЗ-1 принимается без выдержки времени, $T_{\text{MT3-1}} = 0 \text{ с}$.

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист

4.2

2. Расчет максимальной токовой защиты (2-ая ступень)

Ток срабатывания МТЗ рассчитывается по условию отстройки от самозапуска двигателей нагрузки по выражению:

$$I_{МТЗ.с.з.} = k_{отс} \cdot k_{сзп} \cdot \frac{I_{НОМ.ТП}^{ВН}}{k_B} \quad (2)$$

где

$k_{отс}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас, принимается равным 1,2..

$k_{сзп}$ - коэффициент самозапуска, принимается равным 2;

$I_{НОМ.ТП}^{ВН}$ - максимальный рабочий ток защищаемого трансформатора;

k_B - коэффициент возврата, принимается равным 0,96.

- для присоединения ТП завода АО «ПОМЗ» $I_{МТЗ.с.з.} = 1,2 \cdot 2 \cdot \frac{60,7}{0,96} = 151,7 A$

Принимаем значение уставки $I_{МТЗ-2} = 160 A$.

- для присоединения ТП ООО «Агрофирма» $I_{МТЗ.с.з.} = 1,2 \cdot 2 \cdot \frac{2 \cdot 38,5}{0,96} = 192,5 A$

Принимаем значение уставки $I_{МТЗ-2} = 200 A$.

Время срабатывания максимальной токовой защиты принимается равным 1с. При выдержке времени менее 0,5с возможно срабатывание МТЗ при включении трансформатора из-за броска тока намагничивания. Для предотвращения отключения МТЗ необходимо выполнить с блокировкой БНТ.

3. Токовая защита от замыкания на землю

Защита от замыкания на землю на отходящих фидерах выполнена с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности, монтируемых на кабелях. Токовая защита выполнена с выдержкой времени на «сигнал».

Ток срабатывания защиты рассчитывается по выражению:

$$I_{с.з.} \geq k_{отс} \cdot k_B \cdot I_C \quad (3)$$

где:

$k_{отс}$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность расчета и необходимый запас, принимается равным 1,2;

k_A коэффициент «броска» емкостного тока, принимается равным 1,1;

$I_{МАКС}$ - емкостной ток присоединения.

Согласовано

Взам. инв. N°

Подп. и дата

Инв. N° подл

Изм.	Кол.уч.	Лист	N° док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист

4.3

Таблица 2 - Емкостные токи проектируемых кабельных присоединений

Наименование присоединения	Сеч. кабеля	Кол. ниток	Длина, км	Ис (табл), А/км	Ис кл, А, одной нитки	Ис фид, А	Ис эд, А	Ис, А присоед
ТП завод АО «ПОМЗ» (1С.Ш)	50	1	0,19	0,68	0,129	0,129	-	0,129
ТП ООО «Агрофирма» (транзит ф.623)	95	1	0,31	0,9	0,279	0,279	-	0,279

$I_{C.3} \geq 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,129 = 0,17$ принимаем значение уставки равным $I_{C.3} = 0,5A$ для присоединения ТП завод АО «ПОМЗ»

$I_{C.3} \geq 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,279 = 0,36$ принимаем значение уставки равным $I_{C.3} = 0,5A$ для присоединения ТП ООО «Агрофирма»

Действие защиты от однофазного замыкания на землю осуществляется на сигнал, с выдержкой времени равной 5с.

4. Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

Блок микропроцессорной защиты обеспечивает работу алгоритма устройства резервирования при отказе выключателя присоединения.

Пуск УРОВ происходит:

- при срабатывании ступеней токовой защиты;
- при срабатывании ступеней МТЗ действующих на отключение;
- по назначаемому логическому сигналу «вход УРОВ» от нижестоящей защиты;
- по сигналу срабатывания дуговой защиты;
- по сигналу срабатывания ЛЗШ.

Срабатывание УРОВ выполняется с выдержкой времени.

Для формирования сигнала УРОВ необходимо одновременное выполнение следующих событий:

- срабатывание основной защиты присоединения;
- продолжение аварийного процесса после формирования команды на отключение собственного выключателя, либо отсутствие сигнала о том, что выключатель отключился.

Защита УРОВ присоединения действует на отключение вышестоящих присоединений (секционный выключатель и выключатели вводов №1,2)

Время срабатывания УРОВ на рассматриваемых присоединениях принимаем равным 0,1с, обеспечив тем самым согласование по времени срабатывания максимальной токовой защиты секционного выключателя РУ-6кВ.

Возврат УРОВ осуществляется по снижению тока ниже уставки « $I_{УРОВ}$ ».

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

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	48/23-02-3С	Лист
							4.4

Результаты расчета уставок защиты фидерных присоединений сведены в таблицу 3,4.

Вторичные значения токов и напряжений вычисляются путем учета коэффициентов трансформации трансформаторов тока.

На фидерных присоединениях используются трансформаторы тока с коэффициентом трансформации равным 100/5А.

Карта селективности защит присоединения на ТП завода АО «ПОМЗ» представлена на рисунке 7.

Карта селективности защит присоединения на ТП ООО «Агрофирма» представлена на рисунке 8.

Таблица 3 – Значения уставок присоединений защиты ТП завода АО «ПОМЗ»

п/п	Наименование	Первичное значение	Вторичное значение для ввода в МПУЗ
Токовая отсечка (МТЗ-1)			
1	I	950А	47,5А
2	T		0с
3	действие защиты		отключение
Максимальная токовая защита (МТЗ-2)			
4	I	160А	8А
5	$T_{МТЗ2}$		1с
6	действие защиты		отключение
Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ)			
7	$3I_{01Г}$	0,5А	0,02А
8	T		5с
9	действие защиты		сигнал
УРОВ			
10	I	950А	47,5А
11	T	-	0,1с
12	действие защиты		отключение СВ и выключателя ввода 1(2)

Согласовано

Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	48/23-02-3С	Лист
							4.5

Таблица 4 – Значения уставок присоединений защиты ТП ООО «Агрофирма»

п/п	Наименование	Первичное значение	Вторичное значение для ввода в МПУЗ
Токовая отсечка (МТЗ-1)			
1	I	800А	35А
2	T		0с
3	действие защиты		отключение
Максимальная токовая защита (МТЗ-2)			
4	I	200А	10А
5	$T_{МТЗ2}$		1с
6	действие защиты		отключение
Защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ)			
7	$3I_{01Г}$	0,5А	0,02А
8	T		5с
9	действие защиты		сигнал

Согласно анализа карты селективности присоединения фидера ТП ООО «Агрофирма» необходимо произвести корректировку защит РЗиА присоединения фидера 623 п/с «Металлист» принять

- 1 ступень МТЗ (отсечка с выдержкой времени) 1500А, 0,2с
- 2 ступень МТЗ 300А, 1,5с.

Указанные мероприятия согласовать с сетевой организацией.

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата
------	---------	------	-------	-------	------

48/23-02-ЭС

Лист

4.6

Инв. N° подл	Подп. и дата	Взам. инв. N°			



Рисунок 7 – Карта селективности

Изм.	Кол.уч.	Лист	N°док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист
4.7

Согласовано

Инв. N* подл	Подп. и дата	Взам. инв. N*			

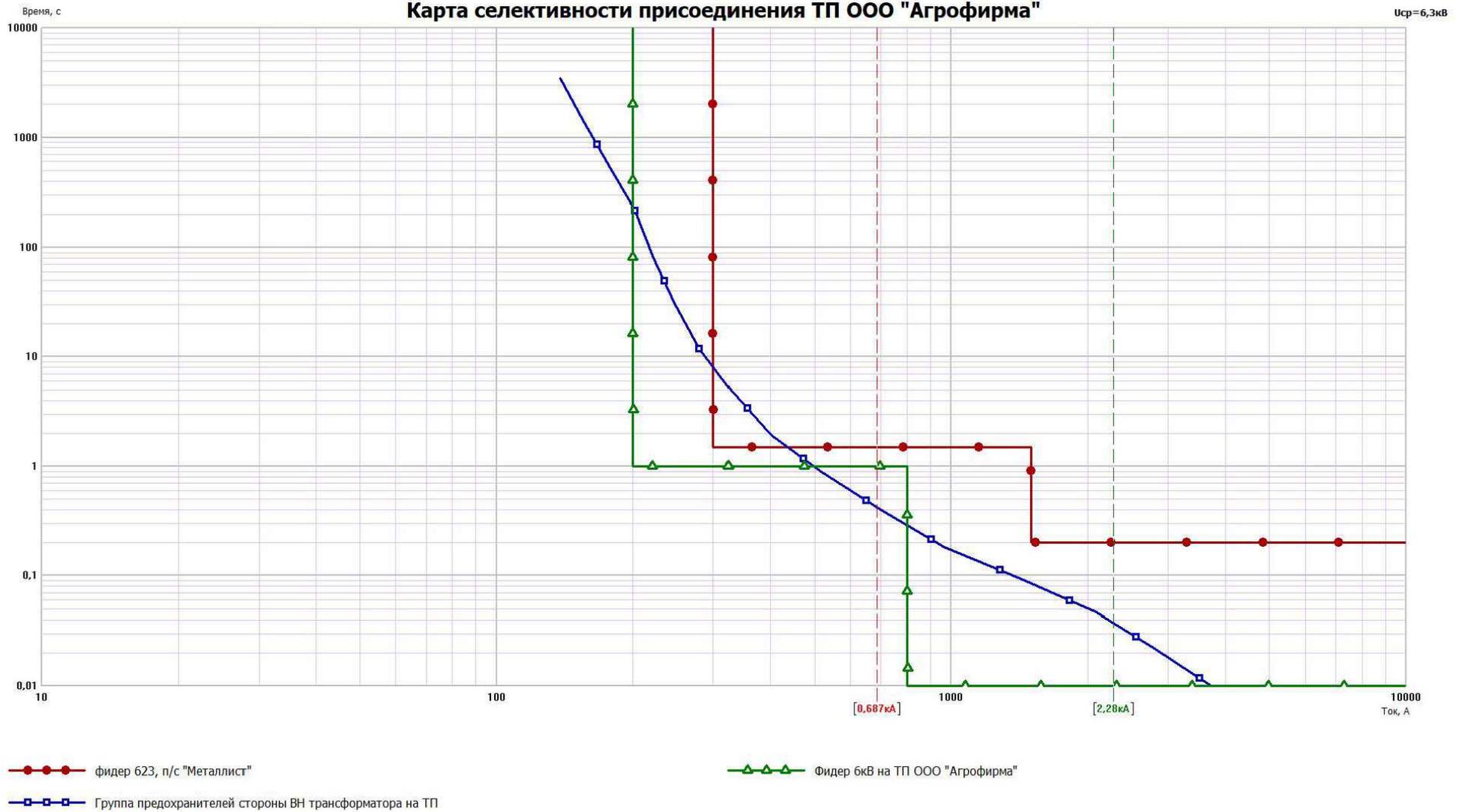


Рисунок 8 – Карта селективности

Изм.	Кол.уч.	Лист	N*док	Подп.	Дата

48/23-02-ЭС

Лист

4.8