10 ЛЕТ ГАРАНТИЯ

Алтей-ОЗТ

Блок микропроцессорный релейной защиты трехобмоточных трансформаторов



Руководство по эксплуатации

Ревизия: 25.09.2026

Версия ПО: 2.15

Sk Сколково

БЛОК МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ
ТРЕХОБМОТОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ
С ВЫСШИМ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 220 кВ

АЛТЕЙ-О3Т

Руководство по эксплуатации

Ревизия: 25.09.2026

Техническая поддержка

Наша компания постоянно работает над улучшением качества продукции, что приводит к добавлению новых функциональных возможностей устройств. Поэтому необходимо пользоваться только последними выпусками руководств по эксплуатации, поставляемых совместно с устройствами или опубликованными на официальном сайте www.i-mt.net.

УВАЖАЕМЫЙ КЛИЕНТ! Просим Вас направлять свои пожелания, замечания, предложения и отзывы о нашей продукции на адрес электронной почты 01@i-mt.net.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 6
1 НАЗНАЧЕНИЕ....7
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 9
3 ФУНКЦИИ ЗАЩИТЫ 12
3.1 Дифференциальная токовая защита 12
3.2 Токовая отсечка и максимальная токовая защита стороны ВН 24
3.3 Максимальная токовая защита стороны СН 26
3.4 Максимальная токовая защита стороны НН 27
3.5 Защита от перегрузки 28
3.6 Газовая защита 31
3.7 Автоматика пуска охлаждения и защита от потери охлаждения 34
3.8 Внешние защиты и сигнализация 37
3.9 Устройство резервирования при отказах выключателя 38
3.10 Отключение выключателя 39
4 ПРОЧИЕ ФУНКЦИИ....41
4.1 Вычисляемые величины 41
4.2 Смена программ уставок 43
4.3 Аварийная и предупредительная сигнализация 45
4.4 Информационная безопасность 48
4.5 Осциллографирование 50
4.6 Журнал событий 51
4.7 Системный журнал....51
4.8 Журнал изменения уставок 52
4.9 Журнал GOOSE-потоков....52
4.10 Статистическая информация 52
5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ 54
5.1 Возможности настройки 54
5.2 Схема подключения 55
5.3 Входные сигналы 60
5.4 Выходные сигналы 63
5.5 Уставки 71
5.6 Алгоритмы функционирования 80
6 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ УСТАВОК ЗАЩИТ ТРЕХОБМОТОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ 81
7 ТРЕБОВАНИЯ К ТТ И НАСТРОЙКА АНАЛОГОВЫХ ВХОДОВ 83
7.1 Требования к ТТ и порядок проверки....83
7.2 Выбор диапазона измерений токов устройством....83
8 РАСЧЕТ УСТАВОК ДТЗ....86
8.1 Принцип действия....86
8.2 Дифференциальная токовая отсечка 88
8.3 Дифференциальная защита с торможением....90
8.4 Сигнализация небаланса и контроль цепей тока. 95
9 РАСЧЕТ УСТАВОК - ТО ВН....96
9.1 Общие сведения 96
9.2 Расчет уставок ТО ВН 97

9.3 Проверка чувствительности ТО ВН 98
10 РАСЧЕТ УСТАВОК – МТЗ НН 98
10.1 Общие сведения 98
10.2 Расчет уставок МТЗ НН 98
11 РАСЧЕТ УСТАВОК – МТЗ СН 101
12 РАСЧЕТ УСТАВОК – МТЗ ВН 105
12.1 Общие сведения 105
12.2 Расчет уставок МТЗ ВН 105
13 РАСЧЕТ УСТАВОК - ЗП 109
13.1 Общие сведения 109
13.2 Расчет уставок ЗП обмотки ВН 110
13.3 Расчет уставок ЗП обмотки СН 110
13.4 Расчет уставок ЗП обмотки НН 111
13.5 Расчет уставок ЗП общей обмотки автотрансформатора 112
14 РАСЧЕТ УСТАВОК - ГЗ 113
14.1 Общие сведения 113
14.2 Выбор уставок ГЗ 114
15 РАСЧЕТ УСТАВОК – ПО, ЗПО 114
15.1 Общие сведения 114
15.2 Выбор уставок для системы охлаждения «Д» 114
15.3 Выбор уставок для системы охлаждения «ДЦ» и «НДЦ» 115
16 РАСЧЕТ УСТАВОК - УРОВ 116
16.1 Общие сведения 116
16.2 Выбор уставок УРОВ 117
17 ПРИМЕР РАСЧЕТА УСТАВОК ФУНКЦИЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ТРЕХОБМОТОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА 118
17.1 Исходные данные 118
17.2 Расчет уставок 120
18 ЛИТЕРАТУРА 127

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство по эксплуатации (далее РЭ1) предназначено для ознакомления с индивидуальными особенностями блока микропроцессорного релейной защиты и автоматики Алтей-О3Т (далее – Устройство) и является второй частью руководства по эксплуатации (далее – РЭ) блока микропроцессорного релейной защиты Алтей.

РЭ1 содержит основные технические характеристики, описание алгоритмов функционирования устройства, параметры уставок, перечень входных и выходных логических сигналов.

Технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры, описание работы с устройством, порядок транспортировки, ввода в эксплуатацию и технического обслуживания, утилизации, приведены в РЭ.

Устройство разработано в соответствии с «Общими техническими требованиями к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем» РД 34.35.310-01 с соблюдением необходимых условий для применения на подстанциях с постоянным и переменным оперативным током.

К обслуживанию устройства допускаются лица, имеющие должную профессиональную подготовку, изучившие РЭ и РЭ1 в полном объеме, имеющие группу допуска по электробезопасности не ниже III для работы в электроустановках до 1000 В.

Настоящее РЭ1 распространяется на модификации устройства:

Алтей - О3Т - *** - * - 00 - 2RS2TX

Коммуникационный модуль:
2RS2TX – 2 x RS-485, 2 x Ethernet 100BASE-TX

Модульный состав:
00 – базовое исполнение (24 дискретных входа/22 реле)
01 – исполнение с дополнительным модулем ввода-вывода дискретных сигналов (суммарно 42 входа/28 реле)

Питание устройства и дискретных входов:
220 – постоянное или переменное (универсальные входы) напряжение 220В
220DC – дискретные входы - постоянное напряжение 220В;
– питание устройства - постоянное или переменное 220В
110 – постоянное или переменное (универсальные входы) напряжение 110В
24 – постоянное напряжение 24В

Тип:
О3Т – ОСНОВНАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРА

Блок микропроцессорный релейной защиты **Алтей**

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АПВ – автоматическое повторное включение

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСУ – автоматизированная система контроля и управления

БТН – бросок тока намагничивания

ВН – высшее напряжение трансформатора

ГЗ – газовая защита

ДЗТ – дифференциальная защита с торможением

ДТЗ – дифференциальная токовая защита

ДТО – дифференциальная токовая отсечка

ЗП – защита от перегрузки

ЗПО – защита от потери охлаждения

КЗ – короткое замыкание

КЦТ – контроль цепей тока

МТЗ – максимальная токовая защита

НБ - небаланс

НН – низшее напряжение трансформатора

ПО – пуск охлаждения

РПН – регулирование напряжения под нагрузкой

РЭ – руководство по эксплуатации

СН – среднее напряжение трансформатора

ТО – токовая отсечка

ТТ – трансформатор тока

ТН – трансформатор напряжения

УРОВ – устройство резервирования при отказе выключателя

ШАОТ – шкаф автоматического управления охлаждением трансформатора

1 НАЗНАЧЕНИЕ

1.1 Устройство Алтей-О3Т предназначено для выполнения функций основной релейной защиты автотрансформаторов, трехобмоточных трансформаторов, двухобмоточных трансформаторов с расщепленной обмоткой стороны низшего напряжения (далее - НН) и двухобмоточных трансформаторов, подключенных по мостиковой схеме со стороны высшего напряжения (далее – ВН) с напряжением обмотки ВН до 220 кВ включительно (далее – трансформатор, трансформатора).

1.2 Устройство обеспечивает следующие основные функциональные возможности:

- основная быстродействующая дифференциальная защита;
- газовая защита;
- резервные токовые защиты;
- резервирование при отказах выключателей сторон высшего и среднего напряжения;
- сигнализация.

1.3 Функции устройства могут быть введены в работу в различных комбинациях независимо друг от друга.

1.4 Устройство Алтей-О3Т должно применяться в соответствии со схемами вторичной коммутации, разработанными проектной организацией, имеющей права на разработку схем вторичной коммутации.

1.5 Базовый блок устройства содержит один модуль дискретных входов и дискретных выходов (24 входа и 22 выхода) с возможностью подключения дополнительного модуля дискретных входов и дискретных выходов (18 входов и 6 выходов). Подключение дополнительного модуля дискретных входов и дискретных выходов возможно только при исполнении по питанию Алтей-О3Т-220, Алтей-О3Т-110. Исполнения Алтей-О3Т-220DC, Алтей-О3Т-24 выпускаются только с одним модулем дискретных входов и дискретных выходов.

1.6 Для организации защиты в устройстве предусмотрены девять аналоговых входов для измерения токов трех сторон трансформатора.

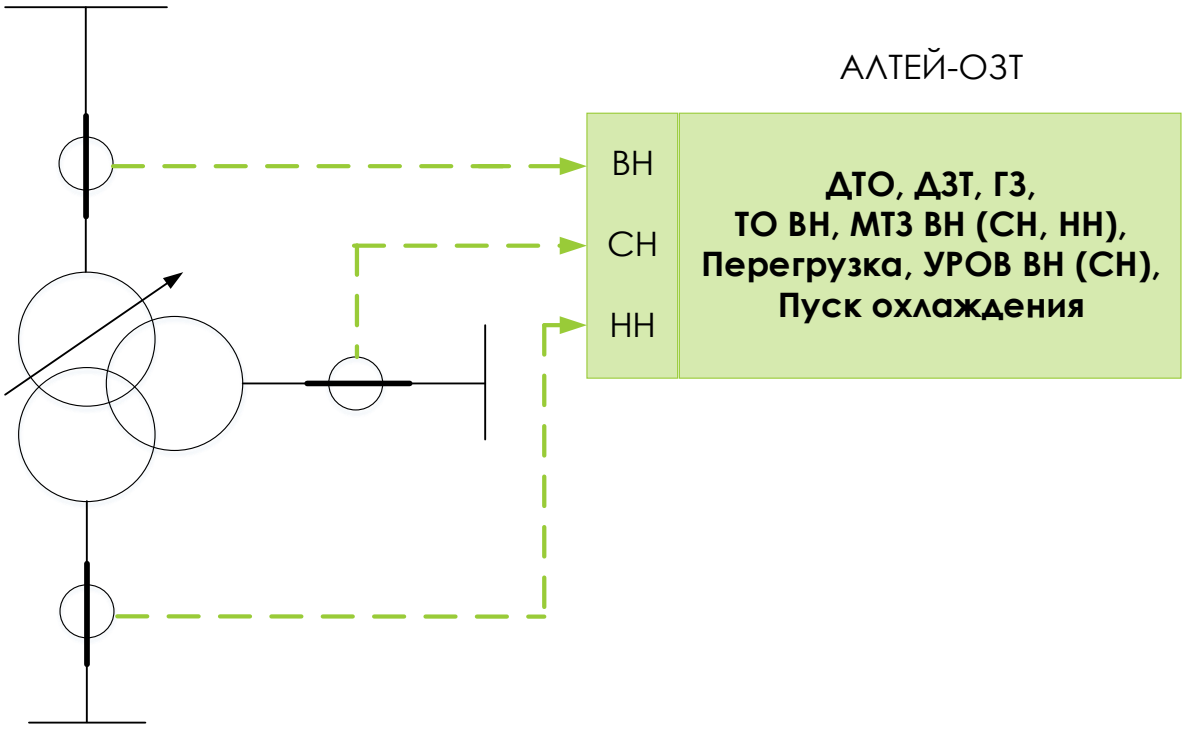


Рисунок 1.1 – Организация основной защиты трехобмоточного трансформатора с помощью устройства Алтей-О3Т

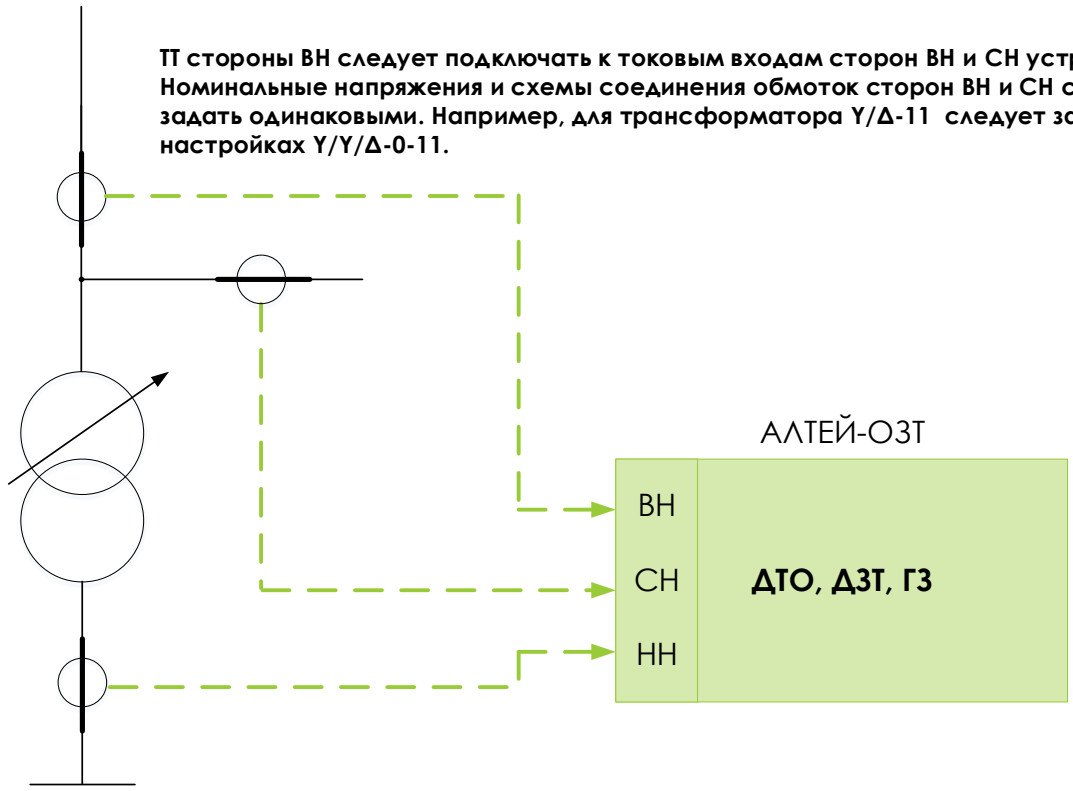


Рисунок 1.2 – Организация основной защиты двухобмоточного трансформатора, подключенного по мостиковой схеме, с помощью устройства Алтей-О3Т

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Основные технические характеристики устройства приведены в таблице **2.1**.

Таблица 2.1

Наименование параметра	Значение		
Питание			
Номинальное напряжение оперативного тока (переменного / постоянного / выпрямленного), В	220	110	24
Рабочий диапазон напряжения переменного / выпрямленного тока, В	110 - 265	85-135	16-30
Рабочий диапазон напряжения постоянного тока, В	110 - 370	85-135	17-30
Аналоговые входы			
Количество входов по току, шт	9		
В том числе:			
- измерения фазных токов стороны ВН Ia ВН, Ib ВН, Ic ВН, шт	3		
- измерения фазных токов стороны СН Ia СН, Ib СН, Ic СН, шт	3		
- измерения фазных токов стороны НН Ia НН, Ib НН, Ic НН, шт	3		
Диапазон измерения токов, А, для номинального вторичного тока:			
-1 или 5 (универсальный)	0,1 – 200		
Номинальная частота переменного тока, Гц	50		
Рабочий диапазон частоты переменного тока, Гц	30 - 55(*)		
Дискретные входы			
Количество дискретных входов, шт:			
- для исполнения Алтей-О3Т-***-00-…	24		
- для исполнения Алтей-О3Т-***-01-…	42		
Номинальное напряжение питания дискретных входов, В:			
- для исполнения Алтей-О3Т-200-…	=/~ 220		
- для исполнения Алтей-О3Т-200DC-…	= 220		
- для исполнения Алтей-О3Т-110-…	=/~ 110		
- для исполнения Алтей-О3Т-24-…	= 24		
Дискретные выходы			
Количество дискретных выходов, в том числе нормально разомкнутых / с перекидным контактом, шт:			
- для исполнения Алтей-О3Т-***-00-…	22 (18 НР / 4 ПК)		
- для исполнения Алтей-О3Т-***-01-…	28 (24 НР / 4 ПК)		
Выход «ОТКАЗ» нормально замкнутый, шт	1		
Индикация			
Количество светодиодов, шт:			
- всего	16		
- настраиваемых	14		
Количество электромагнитных индикаторов, шт	14(**)		

Примечания:

(*) – вычисление частоты выполняется по каналам фазных токов, если действующее значение хотя бы

одного из каналов превышает 1 А. Если все токи ниже указанной границы, то частота считается равной 50 Гц.

(**) – электромагнитные индикаторы предназначены для работы в блинкерном режиме и обладают энергонезависимой памятью сработанного состояния (п. 5.4.3).

2.2 Состав коммуникационных интерфейсов и протоколов связи устройства зависит от исполнения коммуникационного модуля.

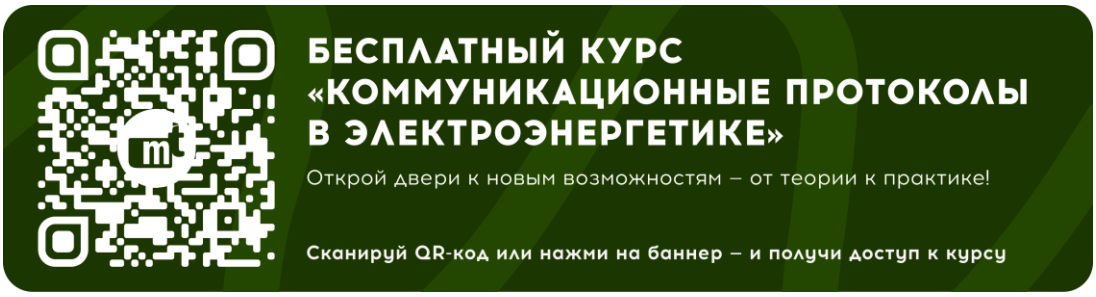
Таблица 2.2

Исполнение	Интерфейс	Количество, шт	Протоколы обмена информацией
2RS2TX	USB 2.0	1	фирменный
	RS-485	2[1)]	Modbus-RTU ГОСТ Р МЭК-60870-5-101-2006 ГОСТ Р МЭК-60870-5-103-2005
	100BASE-TX	2[2)]	Modbus-TCP ГОСТ Р МЭК-60870-5-104-2004 MMS, GOOSE (IEC 61850) SNTP PRP HSR RSTP

Примечания:

[1)] – порты RS-485 допускают параллельную работу на различных скоростях передачи данных, с разными физическими адресами, с применением различных протоколов информационного обмена.

[2)] – Настраиваемый режим работы: два независимых порта или два порта с резервированием PRP, HSR, RSTP.



2.3 Перечень функций устройства приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Функция		Код ANSI
Обозначение	Назначение	
Функции защиты		
ДТО	Дифференциальная токовая отсечка	87T
ДЗТ	Дифференциальная защита с торможением	87T
ТО ВН	Токовая отсечка стороны ВН	50
МТЗ ВН	Максимальная токовая защита стороны ВН с пуском по напряжению	51V

Таблица 2.3

Функция		Код ANSI
Обозначение	Назначение	
МТЗ СН	Максимальная токовая защита стороны СН с пуском по напряжению	51V
МТЗ НН	Максимальная токовая защита стороны НН с пуском по напряжению	51V
ЗП	Защита от перегрузки	51
ГЗ	Газовая защита трансформатора и устройства РПН	63
ЗПО	Защита от потери охлаждения трансформатора	49
УРОВ ВН (СН)	Функция устройства резервирования при отказе выключателя	50BF
Внешние защиты	Прием и исполнение команд от внешних устройств защиты	-
Прочие функции		
ПО	Пуск охлаждения трансформатора	-
Сигнализация	Формирование сигналов аварийной и предупредительной сигнализации	30
Программы уставок	Оперативный выбор одной из двух программ уставок	-
Часы	Часы реального времени	-
АСУ	Интеграция в автоматизированные системы контроля и управления	-
Самодиагностика	Самодиагностика устройства	-
Регистрация событий		
Осциллограф	Цифровой осциллограф	-
Системный журнал	Регистрация изменений состояния устройства	-
Журнал событий	Регистрация срабатываний функций защиты и автоматики	-
Журнал уставок	Регистрация изменений уставок функций защиты и автоматики	-
Накопитель	Счетчики количества пусков и срабатываний функций защиты и автоматики	-
Максиметр	Регистрация максимальных значений измеряемых величин	-

3 ФУНКЦИИ ЗАЩИТЫ

3.1 Дифференциальная токовая защита

3.1.1 Продольная дифференциальная токовая защита (далее – ДТЗ) обеспечивает защиту трехобмоточных трансформаторов со схемами соединения обмоток:

- Y/Y/Y -0 -0;
- Y/Y/Δ -0 -1;
- Y/Y/Δ -0 -11;
- Y/Δ/Δ -1 -1;
- Y/Δ/Δ -11 -11;
- Δ/Δ/Δ -0 -0.

ДТЗ обеспечивает защиту двухобмоточных трансформаторов, подключенных по мостиковой схеме со стороны ВН, со схемами соединения обмоток:

- Y/Y -0;
- Y/Δ -1;
- Y/Δ -11;
- Δ/Δ -0.

3.1.2 ДТЗ содержит две ступени: дифференциальную токовую отсечку (далее – ДТО) и дифференциальную защиту с торможением (далее – ДЗТ), а также алгоритм сигнализации небаланса (далее – НБ).
Работа ДТЗ основана на анализе значений и соотношений дифференциального тока и тока торможения (сквозного тока, протекающего через защищаемый объект).

3.1.3 Быстродействие защиты с учетом времени действия выходных реле составляет не более 25 мс, при обеспечении коэффициента чувствительности защиты не ниже 1,2.

3.1.4 Основные особенности функционирования алгоритмов защиты:

- компенсация фазового сдвига токов сторон трансформатора путем приведения их к токам в фазах обмотки стороны высшего напряжения (далее – ВН);
- удаление нулевой последовательности из токов сторон, обмотки которых соединены по схеме «звезда», для исключения влияния токов внешних однофазных коротких замыканий;
- выравнивание токов сторон по амплитуде с учетом коэффициентов трансформации защищаемого трансформатора и измерительных ТТ;
- блокирование ДТЗ в переходных режимах, сопровождающихся появлением броска тока намагничивания (далее – БТН);
- блокирование ДЗТ в режимах перевозбуждения, сопровождающихся появлением пятой гармонической составляющей в токе трансформатора;
- блокирование ДТЗ при неисправности токовых цепей.

Продольная дифференциальная токовая защита обеспечивает защиту трансформатора при повреждениях на выводах и внутренних повреждениях.

ДТО обладает максимальным быстродействием и работает при токах КЗ большой кратности. Уставка срабатывания ДТО должна быть отстроена от броска тока намагничивания, возникающего при включении трансформатора.

ДЗТ обладает высокой чувствительностью и быстродействием. Торможение обеспечивает увеличение уставки срабатывания при повышении сквозного тока, компенсируя увеличение тока небаланса в защите. Для исключения излишнего срабатывания ДЗТ при включении трансформатора и появлении БТН в алгоритме предусмотрено автоматическое блокирование ДЗТ.

3.1.5 Расчет дифференциального тока и тока торможения

3.1.5.1 Компенсация фазового сдвига и удаление токов нулевой последовательности выполняются для каждой стороны трансформатора по формулам из таблицы 3.1, в соответствии с номерами часовых групп, указанными в таблице 3.2.

Таблица 3.1

№ часовой группы	Формулы для вычисления приведенных токов		
0	$\dot{I_A}' = \frac{2\cdot\dot{I_A} - \dot{I_B} - \dot{I_C}}{3}$	$\dot{I_B}' = \frac{2\cdot\dot{I_B} - \dot{I_C} - \dot{I_A}}{3}$	$\dot{I_C}' = \frac{2\cdot\dot{I_C} - \dot{I_A} - \dot{I_B}}{3}$
1	$\dot{I_A}' = \frac{\dot{I_A} - \dot{I_B}}{\sqrt{3}}$	$\dot{I_B}' = \frac{\dot{I_B} - \dot{I_C}}{\sqrt{3}}$	$\dot{I_C}' = \frac{\dot{I_C} - \dot{I_A}}{\sqrt{3}}$
11	$\dot{I_A}' = \frac{\dot{I_A} - \dot{I_C}}{\sqrt{3}}$	$\dot{I_B}' = \frac{\dot{I_B} - \dot{I_A}}{\sqrt{3}}$	$\dot{I_C}' = \frac{\dot{I_C} - \dot{I_B}}{\sqrt{3}}$

Внешние однофазные КЗ в сети с заземленной нейтралью вызывают протекание токов нулевой последовательности от места возникновения КЗ к нейтралям заземленных трансформаторов и далее через обмотки, соединенные по схеме «звезда», подключенные к таким нейтралям.

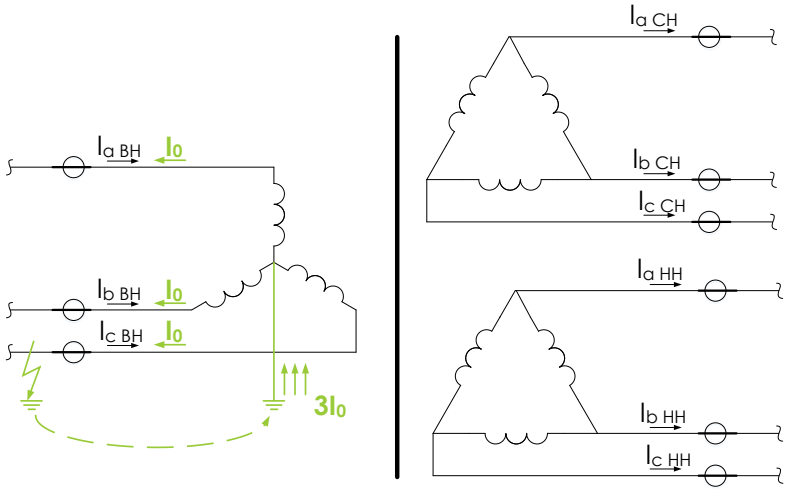


Рисунок 3.1 – Распределение токов нулевой последовательности при внешнем однофазном КЗ в сети с заземленной нейтралью

Наличие нулевой последовательности в токах только одной из сторон трансформатора может вызвать появление значительного тока небаланса и неселективное действие защиты. Для правильной работы защиты в данных режимах в устройстве предусмотрено удаление нулевой последовательности для токов сторон, обмотки которых соединены по схеме «звезда».

Таблица 3.2

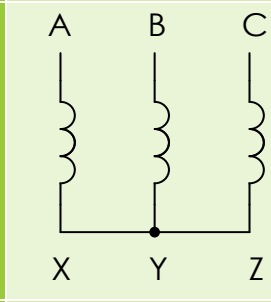
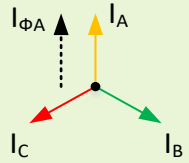
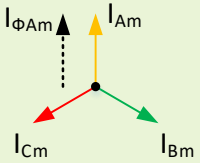
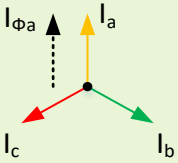
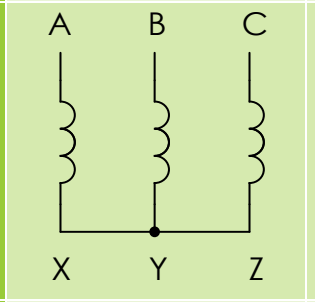
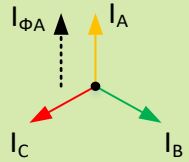
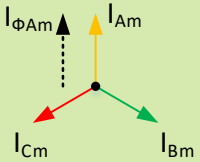
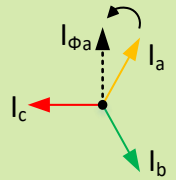
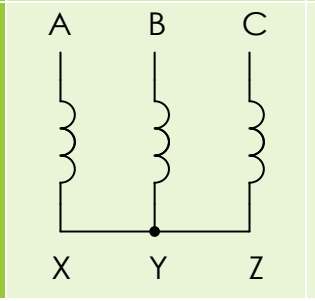
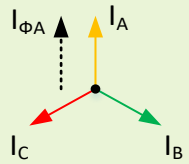
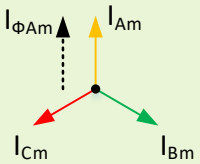
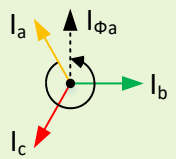
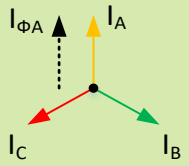
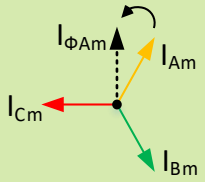
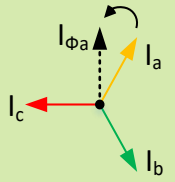
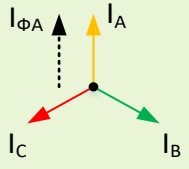
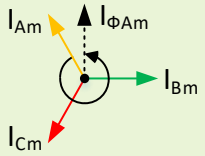
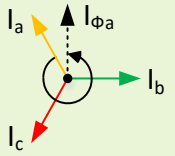
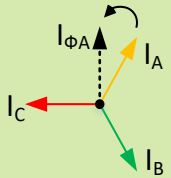
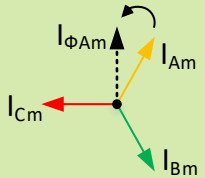
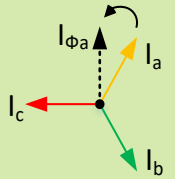
Схема и группа соединения обмоток				№ часовой группы для стороны					
	ВН	СН	НН	ВН		СН		НН	
Y/Y/Y 0-0				0		0		0	
Y/Y/Δ 0-1				0		0		1	
Y/Y/Δ 0-11				0		0		11	

Таблица 3.2

Схема и группа соединения обмоток				№ часовой группы для стороны					
Y/Δ/Δ 1-1	A B C X Y Z	C_m B_m A_m Z_m Y_m X_m	c b a z y x	**0**		**1**		**1**	
Y/Δ/Δ 11-11	A B C X Y Z	C_m B_m A_m Z_m Y_m X_m	c b a z y x	**0**		**11**		**11**	
Δ/Δ/Δ 0-0	A B C X Y Z	C_m B_m A_m Z_m Y_m X_m	c b a z y x	**1**		**1**		**1**	

3.1.5.2 Вычисление действующих значений дифференциальных токов фаз $I_{дифф\ A}$, $I_{дифф\ B}$, $I_{дифф\ C}$ и токов торможения $I_{торм\ A}$, $I_{торм\ B}$, $I_{торм\ C}$ выполняется из полученных приведенных токов с учетом коэффициентов трансформации защищаемого трансформатора и ТТ по формулам:

$$I_{дифф\ A(B,C)} = \left| \frac{\dot{I}_{a(b,c)\ ВН}{}'}{I_{ном\ ВН}} + \frac{\dot{I}_{a(b,c)\ СН}{}'}{I_{ном\ СН}} + \frac{\dot{I}_{a(b,c)\ НН}{}'}{I_{ном\ НН}} \right| \quad (3.1)$$

$$I_{торм\ A(B,C)} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{I_{a(b,c)\ ВН}{}'}{I_{ном\ ВН}} + \frac{I_{a(b,c)\ СН}{}'}{I_{ном\ СН}} + \frac{I_{a(b,c)\ НН}{}'}{I_{ном\ НН}} \right) \quad (3.2)$$

где $I_{a(b,c)\ ВН}{}'$ - действующее значение приведенного тока фазы А, В или С стороны ВН, А;

$I_{a(b,c)\ СН}{}'$ - действующее значение приведенного тока фазы А, В или С стороны СН, А;

$I_{a(b,c)\ НН}{}'$ - действующее значение приведенного тока фазы А, В или С стороны НН, А;

$I_{ном\ ВН}$ - номинальный ток стороны ВН трансформатора, А;

$I_{ном\ СН}$ - номинальный ток стороны СН трансформатора, А;

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

3.1.1 Вычисление мгновенных значений дифференциальных токов фаз $i_{дифф\ a}$, $i_{дифф\ b}$, $i_{дифф\ c}$ и токов торможения $i_{торм\ a}$, $i_{торм\ b}$, $i_{торм\ c}$ выполняется из токов сторон ВН, СН и НН по формулам:

$$i_{дифф\ a(b,c)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left| \frac{i_{a(b,c)ВН}{}'}{I_{ном\ ВН}} + \frac{i_{a(b,c)\ СН}{}'}{I_{ном\ СН}} + \frac{i_{a(b,c)\ НН}{}'}{I_{ном\ НН}} \right| \quad (3.3)$$

$$i_{торм\ a(b,c)} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{2}} \cdot \max_{15\ мс} \left(\left| \frac{i_{a(b,c)ВН}{}'}{I_{ном\ ВН}} \right| + \left| \frac{i_{a(b,c)\ СН}{}'}{I_{ном\ СН}} \right| + \left| \frac{i_{a(b,c)\ НН}{}'}{I_{ном\ НН}} \right| \right) \quad (3.4)$$

где $i_{a(b,c)\ ВН}{}'$ – мгновенное значение приведенного тока фазы А, В или С стороны ВН, А;

$i_{a(b,c)\ СН}{}'$ – мгновенное значение приведенного тока фазы А, В или С стороны СН, А;

$i_{a(b,c)\ НН}{}'$ – мгновенное значение приведенного тока фазы А, В или С стороны НН, А;

$i_{торм\ a(b,c)}$ – максимальное за последние 15 мс значение выражения в скобках.

3.1.1.1 Вычисление номинальных токов $I_{ном\ ВН}$, $I_{ном\ СН}$ и $I_{ном\ НН}$ выполняется по формуле:

$$I_{ном\ ВН\ (СН,НН)} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном\ ВН\ (СН,НН)} \cdot k_{ТТ\ ВН\ (СН,НН)}} \quad (3.5)$$

где $S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА;

$U_{ном\ ВН\ (СН,НН)}$ - номинальное напряжение стороны ВН (СН, НН), кВ;

$k_{ТТ\ ВН\ (СН,НН)}$ - коэффициент трансформации ТТ стороны ВН (СН, НН).

Приведенные токи сторон трансформатора, вычисляемые по формулам из таблицы **3.1**, также используются в алгоритмах токовой отсечки и максимальной токовой защиты стороны ВН для отстройки данных защит от токов нулевой последовательности, появляющихся при возникновении однофазных коротких замыканий в питающей сети.

Использование операции приведения токов сторон трансформатора не приводит к изменению их размерности и коэффициента схемы, используемого при расчете уставок защит.

Дифференциальные токи и токи торможения, получаемые устройством в результате расчета, являются безразмерными относительными величинами, выраженными в единицах номинального тока защищаемого трансформатора.

Уставки дифференциальной токовой отсечки и дифференциальной защиты с торможением также необходимо задавать в единицах номинального тока трансформатора. Если расчет уставок ДТО и ДЗТ выполнен в именованных единицах (А), то перед вводом в устройство необходимо выполнить их приведение путем деления на номинальный ток той стороны трансформатора, относительно которого был выполнен расчет уставок.

3.1.2 Дифференциальная токовая защита

3.1.2.1 Функциональная схема алгоритма ДТО и ДЗТ приведена на рисунке **3.2**.

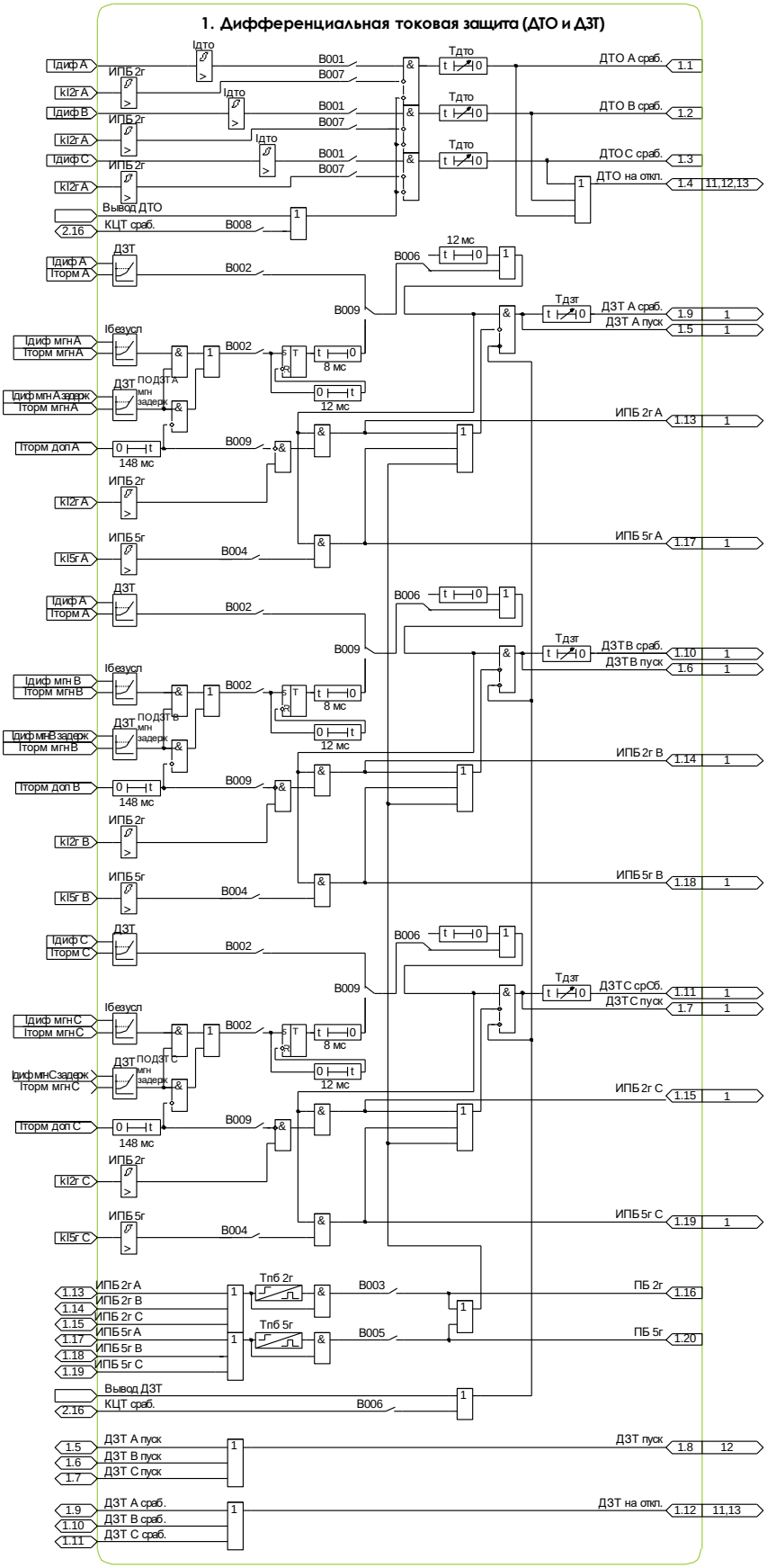


Рисунок 3.2 – Схема №1. Алгоритм ДТО и ДЗТ

3.1.2.2 Ввод в работу функции ДТО выполняется программным ключом «**В001**».

3.1.2.3 Условием пуска ДТО является превышение действующим значением дифференциального тока любой из фаз значения уставки «**Iдто**». Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тдто**», формируя пофазные сигналы срабатывания и обобщенный сигнал «**ДТО на откл.**», действующий на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.
Уставка «**Iдто**» задается в единицах номинального тока защищаемого трансформатора.
Возврат защиты выполняется при снижении значения дифференциального тока ниже значения уставки «**Iдто**» с учетом коэффициента возврата.

3.1.2.1 Для исключения излишнего срабатывания ДТО в переходных режимах, сопровождающихся появлением броска тока намагничивания, приводящего к увеличению дифференциального тока, в алгоритме предусмотрено блокирование ДТО.
Ввод в работу функции блокирования ДТО выполняется программным ключом «**В007**».
В случае срабатывания пускового органа ДТО и превышения отношением второй гармонической составляющей дифференциального тока к первой значения уставки «**ИПБ 2г**» выполняется блокирование пуска ДТО соответствующей фазы.

3.1.2.2 Для оперативного вывода защиты из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод ДТО**».

3.1.2.3 Для исключения ложного срабатывания ДТО при повреждении токовых цепей, приводящем к росту дифференциального тока и падению тока торможения, в алгоритме предусмотрено блокирование ДТО от алгоритма КЦТ (п. **3.1.3**). Ввод в работу функции блокирования ДТО от алгоритма КЦТ выполняется программным ключом «**В008**».

3.1.2.4 Ввод в работу функции ДЗТ выполняется программным ключом «**В002**».

3.1.2.5 Выбор значений, по которым будет вестись работа ДЗТ (мгновенные или действующие), выполняется программным ключом «**В009**».

3.1.2.6 Условием пуска ДЗТ является превышение действующим или мгновенным значением дифференциального тока любой из фаз значения уставки, определяемого по характеристике срабатывания ДЗТ (рисунок **3.3**), в зависимости от величины тока торможения.
Характеристика срабатывания ДЗТ состоит из трех участков. При токе торможения не более значения, задаваемого уставкой «**Iторм1**» (первый участок) уставка срабатывания ДЗТ постоянна и определяется уставкой «**Iдзт**». При значениях тока торможения в интервале от «**Iторм1**» до «**Iторм2**» уставка срабатывания ДЗТ увеличивается пропорционально росту тока торможения в коэффициент торможения «**kторм1**» раз. На третьем участке, соответствующем значениям токов торможения более «**Iторм2**», уставка срабатывания изменяется аналогично второму участку. Коэффициент торможения третьего участка задается уставкой «**kторм2**».
Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тдзт**» (без выдержки времени в случае установки нулевого значения «**Тдзт**»), формируя пофазные сигналы срабатывания и обобщенный сигнал «**ДЗТ на откл.**», действующий на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.
Уставки «**Iдзт**», «**Iторм1**» и «**Iторм2**» задаются в единицах номинального тока защищаемого трансформатора.
Возврат защиты выполняется при снижении значения дифференциального тока ниже значения уставки, определяемого по характеристике срабатывания, с учетом коэффициента возврата.

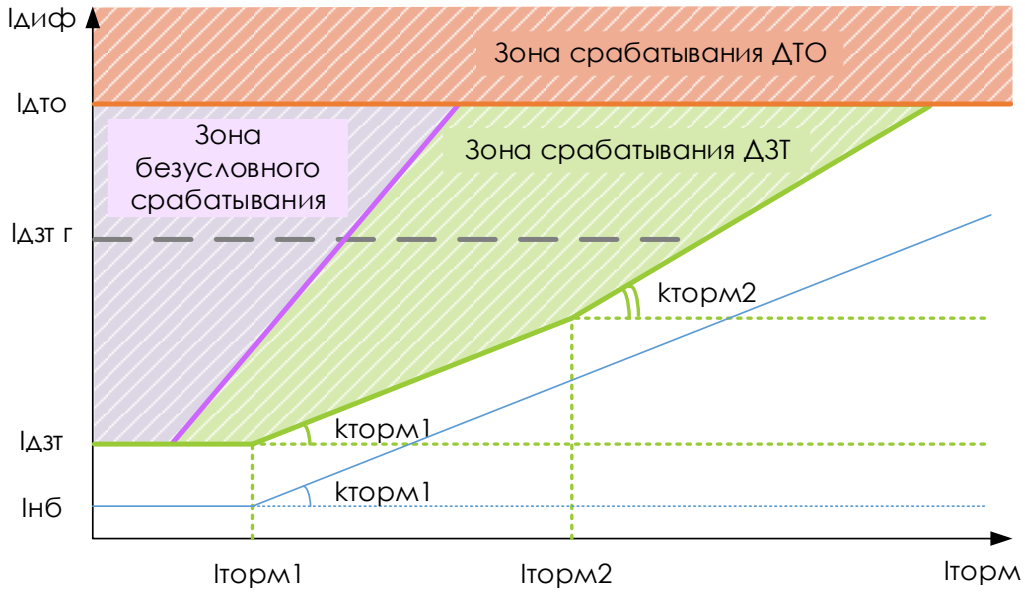


Рисунок 3.3 – Характеристика срабатывания ДЗТ и ДТО

3.1.2.7 В логике работы алгоритма по мгновенным значениям предусмотрено дополнительное торможение в случае обнаружения насыщения ТТ при внешнем КЗ (рисунок 3.4). При превышении тормозным током уставки «**Iнасыщ**» и отсутствии попадания соотношения Iдиф/Iторм в характеристику срабатывания взводится пусковой орган «**Iторм доп**», на 148 мс блокирующий срабатывание по характеристике ДЗТ. Этого времени достаточно для отключения присоединения внешними защитами. В течение этого промежутка времени срабатывание ДЗТ возможно только в случае превышения соотношением дифференциального тока тормозным Iдиф/Iторм уставки «**kбезусл**», что означает попадание мгновенными значениями в зону безусловного срабатывания. Рекомендуемыми значениями этих уставок являются значения по умолчанию. Данная ветка алгоритма предусмотрена на случай перехода внешнего замыкания во внутреннее при насыщении трансформатора тока. Для возможности прохождения отключающего сигнала при этом разблокируется отключение при наличии второй гармоники.

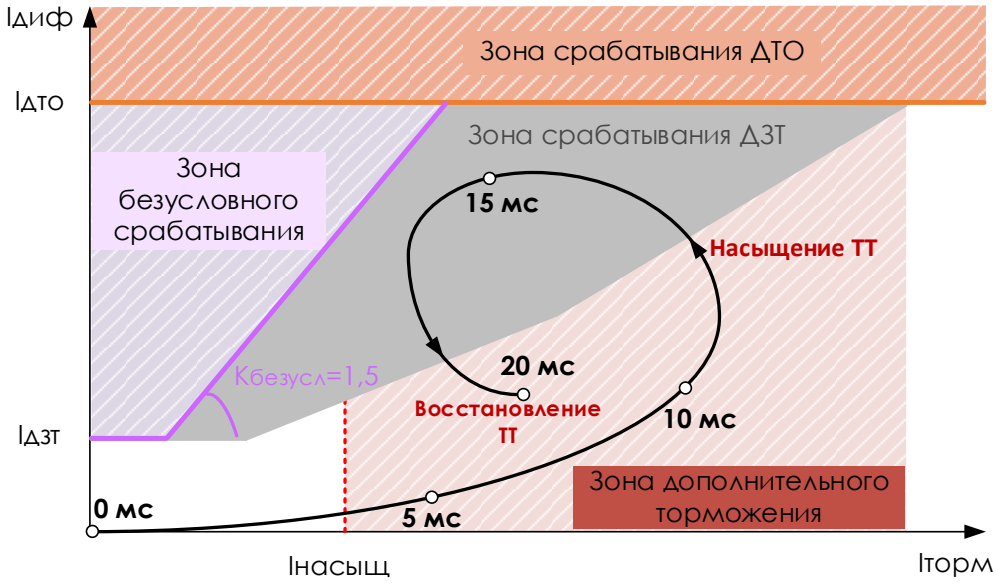


Рисунок 3.4 – Работа ДЗТ при насыщении трансформатора тока

Минимально допустимое время до насыщения ТТ, обеспечивающее правильное функционирование ДЗТ, составляет 4 мс.

3.1.2.8 Для исключения излишнего срабатывания ДЗТ в переходных режимах, сопровождающихся появлением броска тока намагничивания, приводящего к увеличению дифференциального тока, в алгоритме предусмотрено блокирование ДЗТ.

В случае срабатывания пускового органа ДЗТ и превышения отношением второй гармонической составляющей дифференциального тока к первой значения уставки «**ИПБ 2г**» выполняется блокирование пуска ДЗТ соответствующей фазы. Вывод из работы пофазного блокирования не предусмотрен.

В алгоритме предусмотрен режим перекрестного блокирования по второй гармонической составляющей дифференциального тока, ввод в работу которого осуществляется программным ключом «**В003**». В данном режиме осуществляется блокирование ДЗТ всех трех фаз при появлении блокирующего сигнала хотя бы в одной из них. Длительность перекрестного блокирования ограничена величиной уставки «**Тпб 2г**».

3.1.2.9 Вычисление отношений 2 и 5 гармоник дифференциального тока к 1 гармонике $kI_{2г\,A(B,C)}$, $kI_{5г\,A(B,C)}$ выполняется по формулам:

$$kI_{2г\,A(B,C)} = \frac{I_{дифф\,A(B,C)\,(2)}}{I_{дифф\,A(B,C)(1)}} \quad (3.4)$$

$$kI_{5г\,A(B,C)} = \frac{I_{дифф\,A(B,C)\,(5)}}{I_{дифф\,A(B,C)(1)}} \quad (3.5)$$

$I_{дифф\,A(B,C)(1)}$ – 1 гармоника дифференциального тока, о.е.;
$I_{дифф\,A(B,C)(2)}$ – 2 гармоника дифференциального тока, о.е.;
$I_{дифф\,A(B,C)(5)}$ – 5 гармоника дифференциального тока, о.е..

3.1.2.10 Если значение тока $I_{дифф}$ меньше 0,1 о.е., то $k_{2г\,A(B,C)}$ и $k_{5г\,A(B,C)}$ равны 0.

3.1.2.11 При повышении напряжения, снижении частоты сети или при сочетании этих факторов может возникать режим перевозбуждения трансформатора, сопровождающийся появлением значительной доли нечетных гармонических составляющих в токах, доминирующую роль среди которых играет пятая гармоника.

Для исключения излишнего срабатывания ДЗТ в этих режимах, в алгоритме предусмотрено блокирование ДЗТ при появлении пятой гармонической составляющей в дифференциальном токе, ввод в работу которого осуществляется программным ключом «**В004**».

В случае срабатывания пускового органа ДЗТ и превышения отношением пятой гармонической составляющей дифференциального тока к первой значения уставки «**ИПБ 5г**» выполняется блокирование пуска ДЗТ соответствующей фазы.

В алгоритме предусмотрен режим перекрестного блокирования по пятой гармонической составляющей дифференциального тока, ввод в работу которого осуществляется программным ключом «**В005**». В данном режиме осуществляется блокирование ДЗТ всех трех фаз при появлении блокирующего сигнала хотя бы в одной из них. Длительность перекрестного блокирования ограничена величиной уставки «**Тпб 5г**».

3.1.2.12 Для оперативного вывода защиты из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод ДЗТ**».

3.1.2.13 Для исключения ложного срабатывания ДЗТ при повреждении вторичных токовых цепей, приводящем к росту дифференциального тока и падению тока торможения, в алгоритме предусмотрено блокирование ДЗТ от алгоритма КЦТ (п. **3.1.3**). Ввод в работу функции блокирования ДЗТ от алгоритма КЦТ выполняется программным ключом «**B006**».

3.1.2.14 При введенном ключе «**B006**» в алгоритм ДЗТ вводится дополнительная нерегулируемая задержка на срабатывание в 12 мс.

3.1.3 Сигнализация небаланса и контроль цепей тока.

3.1.3.1 Функциональная схема алгоритма НБ приведена на рисунке **3.5**.

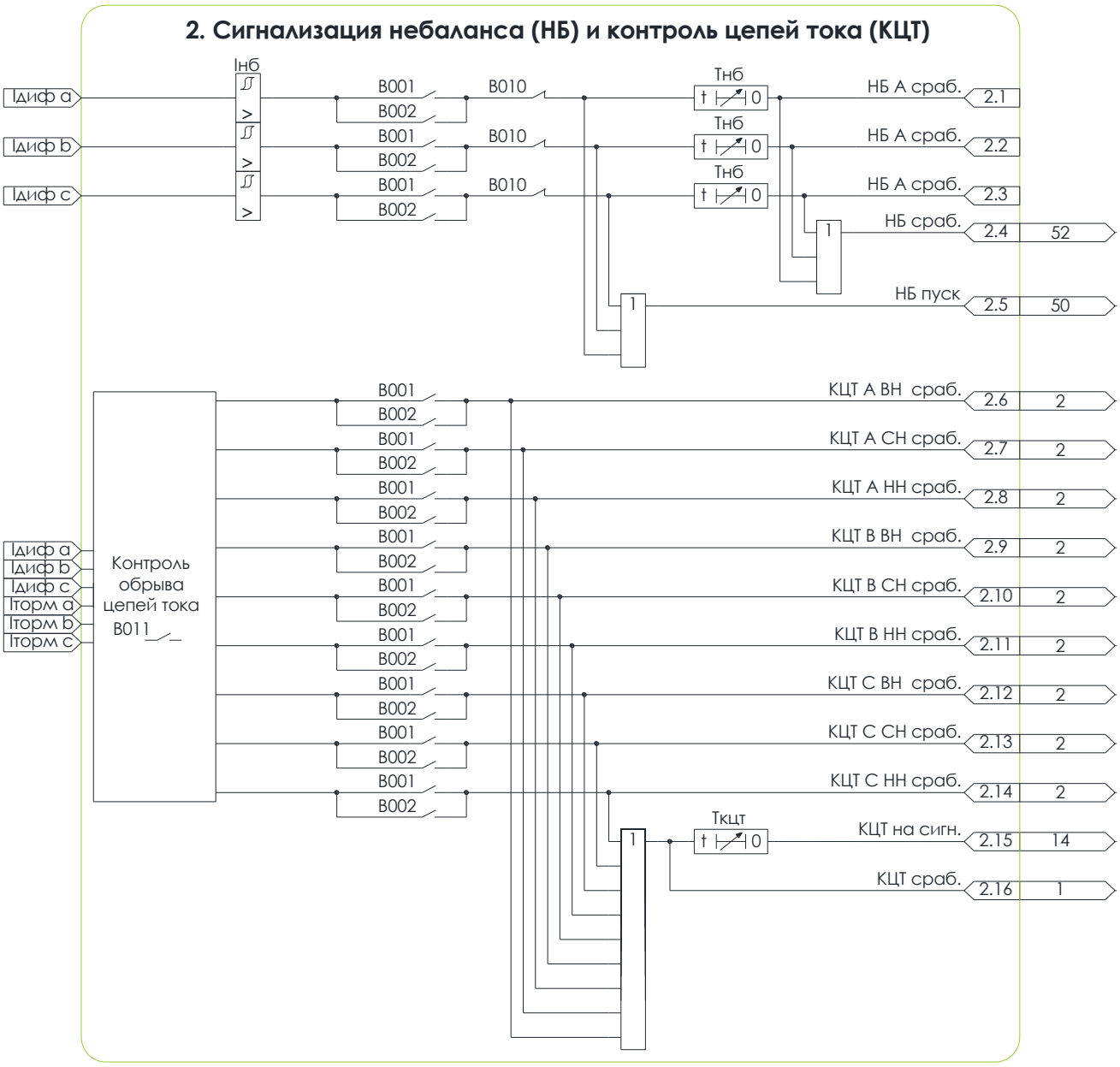


Рисунок 3.5 – Схема №2. Алгоритм НБ

3.1.3.2 Ввод в работу сигнализации небаланса осуществляется программным ключом «**B010**» (введен в работу по умолчанию) при условии ввода функции ДТО (программный ключ «**B001**») и/или ДЗТ (программный ключ «**B002**»). Условием пуска сигнализации небаланса является превышение действующим значением дифференциального тока любой из фаз значения уставки,

определяемого по характеристике срабатывания сигнализации небаланса (рисунок 3.3), в зависимости от величины тока торможения. Характеристика срабатывания сигнализации небаланса состоит из двух участков. При токе торможения не более значения, задаваемого уставкой ДЗТ «**Iторм1**», уставка срабатывания сигнализации постоянна и определяется уставкой «**Iнб**». При значениях тока торможения более значения «**Iторм1**» уставка срабатывания сигнализации увеличивается пропорционально росту тока торможения в коэффициент торможения «**kторм1**» раз. Сигнализация небаланса срабатывает с выдержкой времени «**Tнб**», формируя пофазные сигналы небаланса и обобщенный сигнал «**НБ сраб.**», действующий на предупредительную сигнализацию.

Сигнализация небаланса срабатывает при появлении дифференциального тока в нормальном режиме работы, величина которого больше максимальной расчетной, и косвенным образом указывает на неточности в расчете уставок.

При срабатывании сигнализации небаланса следует выполнить анализ причин появления дифференциального тока и, при необходимости, скорректировать уставки защиты.

3.1.3.3 Функциональная схема алгоритма КЦТ приведена на рисунке 3.5.

3.1.3.4 Ввод в работу алгоритма КЦТ осуществляется программным ключом «**B011**» при условии ввода функции ДТО (программный ключ «**B001**») и/или ДЗТ (программный ключ «**B002**»).

3.1.3.5 Срабатывание КЦТ происходит при одновременном выполнении трех условий:

- исчезновение тока фазы на какой-либо из сторон трансформатора (ВН, СН, НН). Уставка минимального токового реле - 5% от номинального значения выбранного диапазона измерений (0,25 А для 5 А, 0,05 А для 1 А);
- снижение тока торможения соответствующей фазы на величину не менее 15% относительно исчезнувшего тока фазы;
- увеличение дифференциального тока соответствующей фазы на величину не менее 40% относительно исчезнувшего тока фаз.

Для исключения излишнего срабатывания КЦТ в режимах сложных КЗ и пуска трансформаторов, алгоритм работает только при выполнении следующих условий:

- непревышение током торможения фазы значения 1,4 о.е.;
- изменения дифференциального тока и тока торможения фиксируются в первые 20 мс после исчезновения тока фазы на какой-либо из сторон трансформатора (ВН, СН, НН).

Алгоритм контроля цепей тока срабатывает без выдержки времени на вывод ДТЗ всех трех фаз и с выдержкой времени «**Tкцт**» на предупредительную сигнализацию.

3.2 Токовая отсечка и максимальная токовая защита стороны ВН

3.2.1 В алгоритмах токовой отсечки (далее – ТО) и максимальной токовой защиты (далее – МТЗ) стороны ВН используются приведенные токи стороны ВН, вычисляемые в соответствии с п. **3.1.5.1**. Таким образом выполняется исключение влияние токов нулевой последовательности, появляющихся при возникновении однофазных коротких замыканий в питающей сети (рисунок **3.1**).
Коэффициент схемы, используемый в ходе расчета уставок ТО и МТЗ стороны ВН остается при этом неизменным и равным единице.

3.2.2 Функциональная схема алгоритмов ТО и МТЗ стороны ВН приведена на рисунке **3.6**.



Рисунок 3.6 – Схема №3. Алгоритм ТО и МТЗ ВН

Токовая отсечка резервирует действие ДТЗ и обеспечивает защиту трансформатора при повреждениях на выводах и, частично, внутренних повреждениях.

Уставка срабатывания ТО должна быть отстроена от броска тока намагничивания, возникающего при включении трансформатора и максимального тока КЗ на сторонах СН и НН.

3.2.3 Ввод в работу алгоритма ТО выполняется программным ключом «**B101**».

3.2.4 Условием пуска ТО является превышение действующим значением максимального из приведенных токов стороны ВН значения уставки «**Iто ВН**». Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тто ВН**» (без выдержки времени в случае установки нулевого значения «**Тто ВН**»), формируя сигнал

«**ТО ВН на откл.**», действующий на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.
Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из приведенных токов стороны ВН ниже значения уставки «**Iто ВН**» с учетом коэффициента возврата.

3.2.5 Для оперативного вывода ТО из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод ТО ВН**».

3.2.6 Ввод в работу алгоритма МТЗ ВН выполняется программным ключом «**В102**».
Условием пуска МТЗ ВН является превышение действующим значением максимального из приведенных токов стороны ВН значения уставки «**Iмтз ВН**». МТЗ ВН срабатывает:

- с выдержкой времени «**Тмтз ВН - НН**», формируя сигнал на отключение выключателя стороны НН с разрешением последующего выполнения автоматического повторного включения и запретом автоматического включения резерва (далее – АВР) на стороне НН;
- с выдержкой времени «**Тмтз ВН - СН**», формируя сигнал на отключение выключателя стороны СН с разрешением последующего выполнения автоматического повторного включения и запретом АВР на стороне СН;
- с выдержкой времени «**Тмтз ВН**», формируя сигнал отключения защищаемого трансформатора со всех сторон.

Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из приведенных токов стороны ВН ниже значения уставки «**Iмтз ВН**» с учетом коэффициента возврата.

3.2.7 Ввод пуска по напряжению выполняется программным ключом «**В104**». Пуск осуществляется с помощью внешних сигналов «**ПОН МТЗ СН**», «**ПОН МТЗ НН**». В случае отключенного положения обоих выключателей сторон СН и НН (присутствуют сигналы на логических входах «**РПО СН**» и «**РПО НН**») пуск МТЗ ВН разрешается вне зависимости от наличия сигналов разрешения по напряжению.

3.2.8 В алгоритме МТЗ ВН предусмотрено ускорение действия защиты:

- оперативное - по сигналу на логическом входе «**Уск. МТЗ ВН**»;
- автоматическое – в течение одной секунды после включения выключателя стороны ВН (программный ключ «**В106**») и в случае отключенного положения обоих выключателей сторон СН и НН (программный ключ «**В107**»).

Условием пуска ускоренной МТЗ ВН с выдержкой времени «**Тумтз ВН**» является наличие оперативного или автоматического ускорения и сигнала «**МТЗ ВН пуск**».

3.2.9 Для оперативного вывода МТЗ ВН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод МТЗ ВН**».

Максимальная токовая защита на стороне ВН обеспечивает защиту трансформатора от токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ при отказах защит смежных элементов на сторонах СН и НН. МТЗ ВН резервирует ДТЗ в случаях возникновения КЗ в той части обмотки, которая не попадает под действие ТО.

Уставки срабатывания МТЗ следует выбирать по условию отстройки от максимального рабочего тока с учетом возможной перегрузки при отключении параллельно работающего трансформатора и в режиме самозапуска электрических двигателей, питающихся от данного трансформатора.

Для повышения чувствительности защиты в алгоритмах МТЗ предусмотрен пуск по напряжению от внешнего сигнала, позволяющий исключить необходимость отстройки уставки тока срабатывания от режима самозапуска двигательной нагрузки.

Ускорение действия защит обычно используют при постановке защищаемого объекта под напряжение. Пуск защиты в данном случае свидетельствует о наличии повреждения на защищаемом объекте и необходимости его скорейшей ликвидации.

Уставка срабатывания МТЗ ВН по току как правило не обеспечивает отстройку от БТН, возникающего при включении трансформатора. Отстройка защиты от данного режима выполняется по времени. В связи с этим ускорение МТЗ ВН в обычных условиях не применяют.

Ускорение МТЗ ВН может быть использовано в случае вывода из работы основной быстродействующей защиты (ДТЗ). В данном случае МТЗ ВН защищает ту часть обмотки трансформатора, которая не попадает в зону действия ТО. Выдержку времени срабатывания МТЗ ВН в режиме ускорения следует отстроить от длительности БТН.

3.3 Максимальная токовая защита стороны СН

3.3.1 Функциональная схема алгоритма МТЗ стороны СН приведена на рисунке **3.7**.

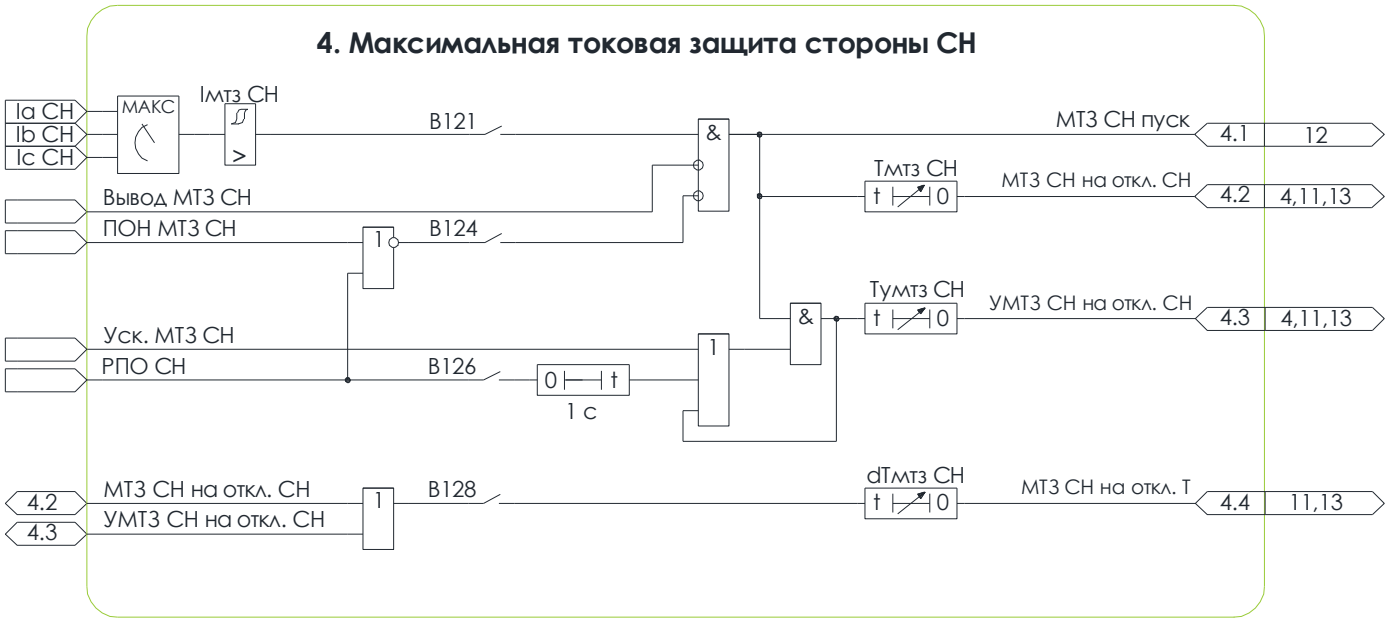


Рисунок 3.7 – Схема №4. Алгоритм МТЗ СН

3.3.2 Ввод в работу алгоритма МТЗ СН выполняется программным ключом «**B121**».

3.3.3 Условием пуска МТЗ СН является превышение действующим значением максимального из фазных токов стороны СН значения уставки «**Iмтз СН**». Защита срабатывает с выдержкой времени «**Tмтз СН**», формируя сигнал **«МТЗ СН на откл. СН»**, действующий на отключение выключателя стороны СН и аварийную сигнализацию. Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из фазных токов стороны СН ниже значения уставки «**Iмтз СН**» с учетом коэффициента возврата.

3.3.4 Программным ключом «**B128**» может быть введено действие МТЗ стороны СН на отключение трансформатора со всех сторон и формирование аварийной сигнализации, выполняемые с выдержкой времени «**dTмтз СН**» после отключения выключателя ввода стороны СН, в случае, если возврат защиты не произошел.

3.3.5 В алгоритме МТЗ СН предусмотрен пуск по напряжению, ввод в работу которого осуществляется программным ключом «**В124**». Пуск осуществляется с помощью внешнего сигнала «**ПОН МТЗ СН**». В случае отключенного положения выключателя стороны СН (присутствует сигнал на логическом входе «**РПО СН**») пуск МТЗ СН разрешается вне зависимости от наличия сигнала «**ПОН МТЗ СН**».

3.3.6 В алгоритме МТЗ СН предусмотрено ускорение действия защиты:

- оперативное - по сигналу на логическом входе «**Уск. МТЗ СН**»;
- автоматическое – в течение одной секунды после включения выключателя ввода стороны СН.

Ввод в работу автоматического ускорения осуществляется программным ключом «**В126**». Условием пуска ускоренной МТЗ СН с выдержкой времени «**Тумтз СН**» является наличие оперативного или автоматического ускорения и сигнала «**МТЗ СН пуск**». После запуска выдержки времени «**Тумтз СН**» достаточным условием для ее срабатывания является наличие сигнала «**МТЗ СН пуск**».

3.3.7 Для оперативного вывода МТЗ СН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод МТЗ СН**».

Максимальная токовая защита на стороне СН может быть использована для резервирования защиты, установленной на вводном присоединении стороны СН. Уставки резервной и резервируемой защиты в данном случае должны совпадать как по току, так и по времени.
МТЗ СН может быть использована в качестве резервной защиты реактора стороны СН, если он не входит в зону действия защиты трансформатора.

3.4 Максимальная токовая защита стороны НН

3.4.1 Функциональная схема алгоритма МТЗ стороны НН приведена на рисунке **3.8**.

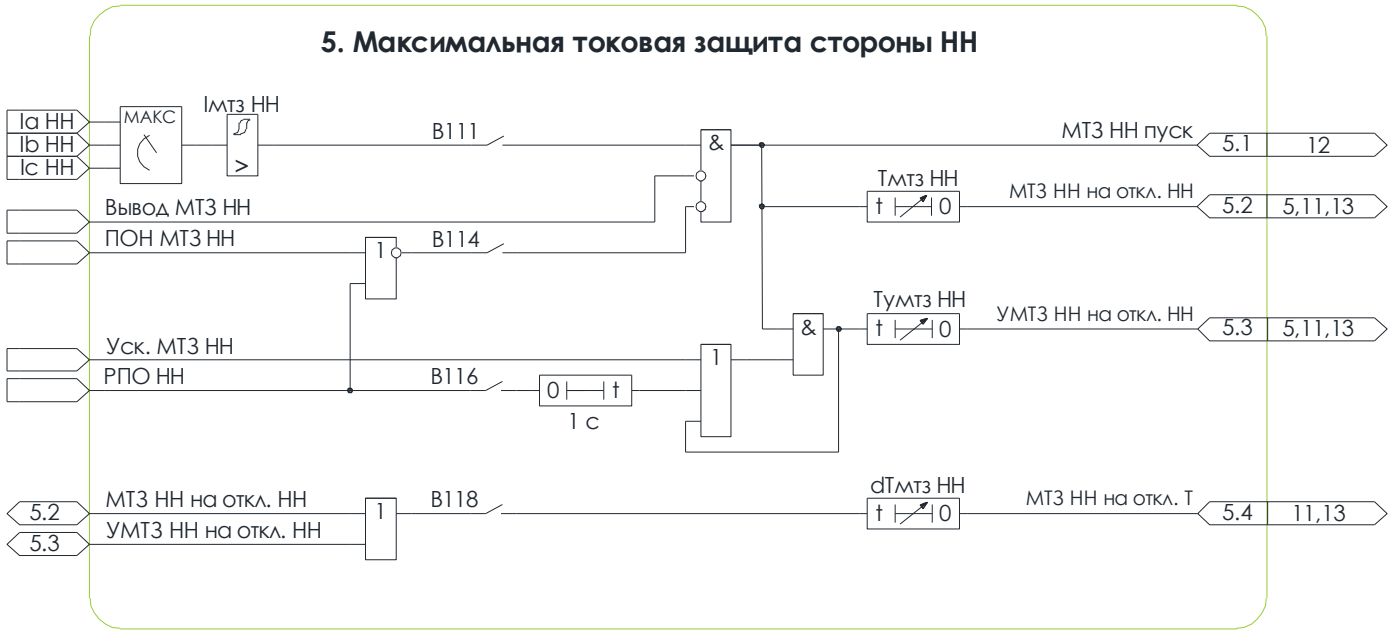


Рисунок 3.8 – Схема №5. Алгоритм МТЗ НН

3.4.2 Ввод в работу алгоритма МТЗ НН выполняется программным ключом «**В111**».

3.4.3 Условием пуска МТЗ НН является превышение действующим значением максимального из фазных токов стороны НН значения уставки «**Iмтз НН**». Защита срабатывает с выдержкой времени

«**Тмтз НН**», формируя сигнал **«МТЗ НН на откл. НН»**, действующий на отключение выключателя стороны НН и аварийную сигнализацию. Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из фазных токов стороны НН ниже значения уставки «**Iмтз НН**» с учетом коэффициента возврата.

3.4.4 Программным ключом «**В118**» может быть введено действие МТЗ стороны НН на отключение трансформатора со всех сторон и формирование аварийной сигнализации, выполняемые с выдержкой времени «**dТмтз НН**» после отключения выключателя ввода стороны НН, в случае, если возврат защиты не произошел.

3.4.5 В алгоритме МТЗ НН предусмотрен пуск по напряжению, ввод в работу которого осуществляется программным ключом «**В114**». Пуск осуществляется с помощью внешнего сигнала «**ПОН МТЗ НН**». В случае отключенного положения выключателя стороны НН (присутствует сигнал на логическом входе «**РПО НН**») пуск МТЗ НН разрешается вне зависимости от наличия сигнала «**ПОН МТЗ НН**».

3.4.6 В алгоритме МТЗ НН предусмотрено ускорение действия защиты:

- оперативное - по сигналу на логическом входе «**Уск. МТЗ НН**»;
- автоматическое – в течение одной секунды после включения выключателя ввода стороны НН.

Ввод в работу автоматического ускорения осуществляется программным ключом «**В116**».
Условием пуска ускоренной МТЗ НН с выдержкой времени «**Тумтз НН**» является наличие оперативного или автоматического ускорения и сигнала «**МТЗ НН пуск**». После запуска выдержки времени «**Тумтз НН**» достаточным условием для ее срабатывания является наличие сигнала «**МТЗ НН пуск**».

3.4.7 Для оперативного вывода МТЗ НН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод МТЗ НН**».

Максимальная токовая защита на стороне НН может быть использована для резервирования защиты, установленной на вводном присоединении стороны НН. Уставки резервной и резервируемой защиты в данном случае должны совпадать как по току, так и по времени.
МТЗ НН может быть использована в качестве резервной защиты реактора стороны НН, если он не входит в зону действия защиты трансформатора.

3.5 Защита от перегрузки

3.5.1 Функциональная схема алгоритма защиты от перегрузки (далее – ЗП) приведена на рисунке **3.9**.

3.5.2 Алгоритм защиты от перегрузки содержит:

- защиту от перегрузки стороны ВН.
- защиту от перегрузки стороны СН;
- защиту от перегрузки стороны НН;
- защиту от перегрузки общей обмотки автотрансформатора.

3.5.3 Ввод защиты от перегрузки обмотки ВН выполняется программным ключом «**В131-ВН**».

3.5.4 Условием пуска ЗП обмотки ВН является превышение действующим значением максимального из фазных токов стороны ВН значения уставки «**Iзп ВН**». Защита срабатывает с

выдержкой времени «**Тзп ВН**» на формирование предупредительной сигнализации.
Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из фазных токов стороны ВН ниже значения уставки «**Iзп ВН**» с учетом коэффициента возврата.

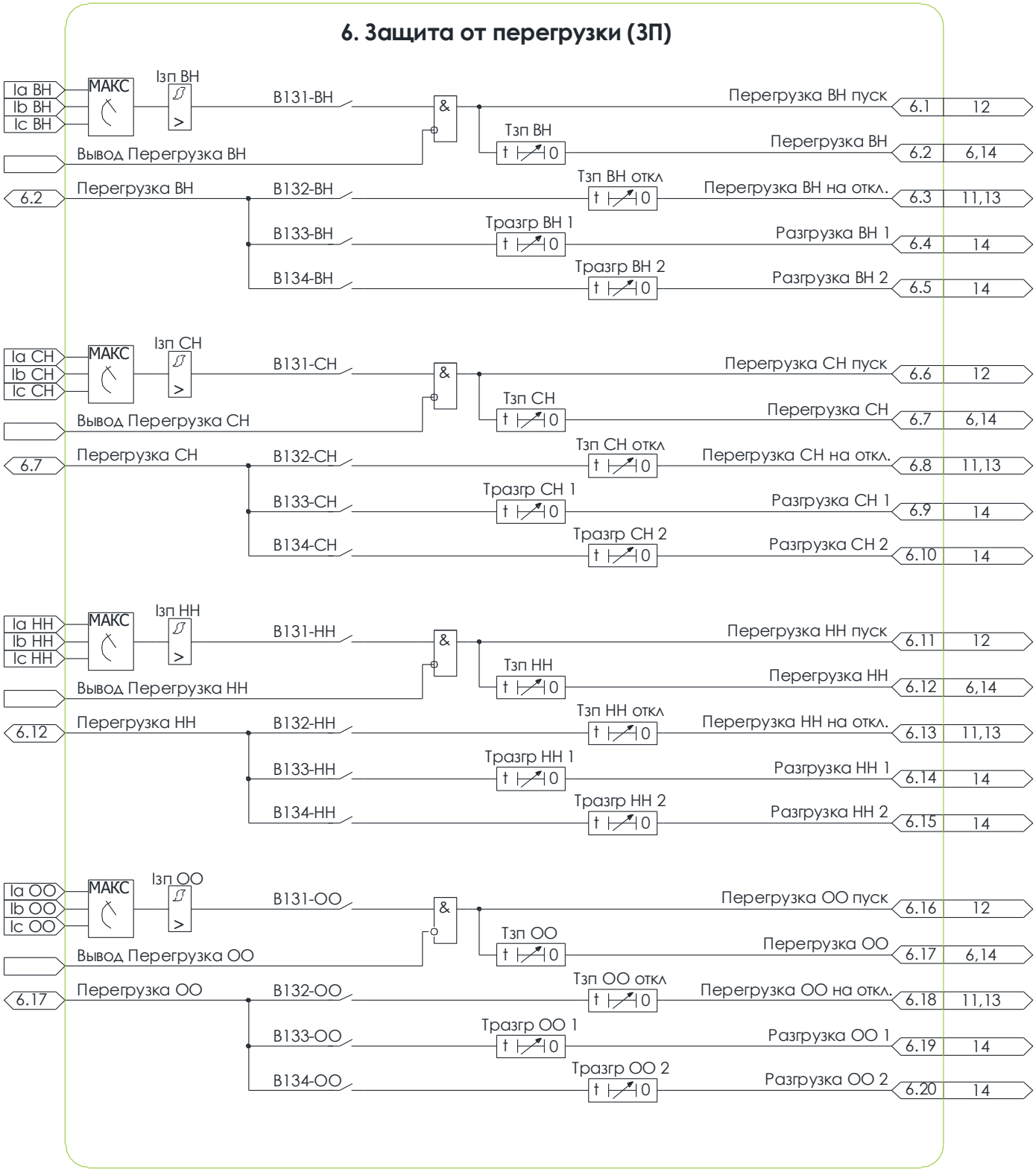


Рисунок 3.9 – Схема №6. Алгоритм ЗП

3.5.5 Программным ключом «**В132-ВН**» может быть введено действие ЗП на отключение трансформатора со всех сторон и формирование аварийной сигнализации с выдержкой времени

«**Тзп ВН откл**» после срабатывания предупредительной сигнализации.

3.5.6 Алгоритм ЗП обмотки ВН содержит две ступени разгрузки трансформатора, которые могут быть введены в работу программными ключами «**В133-ВН**» и «**В134-ВН**» и действуют с выдержками времени «**Тразгр ВН 1**» и «**Тразгр ВН 2**» после срабатывания предупредительной сигнализации.
Условия пуска и возврата ступеней разгрузки аналогичны таковым для ЗП ВН (п. **3.5.4**).

3.5.7 Для оперативного вывода ЗП обмотки ВН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод Перегрузка ВН**».

3.5.8 Ввод защиты от перегрузки обмотки СН выполняется программным ключом «**В131-СН**».

3.5.9 Условием пуска ЗП обмотки СН является превышение действующим значением максимального из фазных токов стороны СН значения уставки «**Iзп СН**». Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тзп СН**» на формирование предупредительной сигнализации.
Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из фазных токов стороны СН ниже значения уставки «**Iзп СН**» с учетом коэффициента возврата.

3.5.10 Программным ключом «**В132-СН**» может быть введено действие ЗП на отключение трансформатора со всех сторон и формирование аварийной сигнализации с выдержкой времени «**Тзп СН откл**» после срабатывания предупредительной сигнализации.

3.5.11 Алгоритм ЗП обмотки СН содержит две ступени разгрузки трансформатора, которые могут быть введены в работу программными ключами «**В133-СН**» и «**В134-СН**» и действуют с выдержками времени «**Тразгр СН 1**» и «**Тразгр СН 2**» после срабатывания предупредительной сигнализации.
Условия пуска и возврата ступеней разгрузки аналогичны таковым для ЗП СН (п. **3.5.9**).

3.5.12 Для оперативного вывода ЗП обмотки СН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод Перегрузка СН**».

3.5.13 Ввод защиты от перегрузки обмотки НН выполняется программным ключом «**В131-НН**».

3.5.14 Условием пуска ЗП обмотки НН является превышение действующим значением максимального из фазных токов стороны НН значения уставки «**Iзп НН**». Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тзп НН**» на формирование предупредительной сигнализации.
Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из фазных токов стороны НН ниже значения уставки «**Iзп НН**» с учетом коэффициента возврата.

3.5.15 Программным ключом «**В132-НН**» может быть введено действие ЗП на отключение трансформатора со всех сторон и формирование аварийной сигнализации с выдержкой времени «**Тзп НН откл**» после срабатывания предупредительной сигнализации.

3.5.16 Алгоритм ЗП обмотки НН содержит две ступени разгрузки трансформатора, которые могут быть введены в работу программными ключами «**В133-НН**» и «**В134-НН**» и действуют с выдержками времени «**Тразгр НН 1**» и «**Тразгр НН 2**» после срабатывания предупредительной сигнализации.
Условия пуска и возврата ступеней разгрузки аналогичны таковым для ЗП НН (п. **3.5.14**).

3.5.17 Для оперативного вывода ЗП обмотки НН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод Перегрузка НН**».

3.5.18 Ввод защиты от перегрузки общей обмотки автотрансформатора выполняется программным ключом «**В131-ОО**».

3.5.19 Защита использует фазные токи общей обмотки, вычисленные по формуле:

$$I_{a(b,c)\ OO} = \left| \dot{I}_{a(b,c)\ ВН} + \dot{I}_{a(b,c)\ СН} \cdot \frac{k_{ТТ\ СН}}{k_{ТТ\ ВН}} \right| \quad (3.6)$$

где $\dot{I}_{a(b,c)\ ВН}$ - ток фазы А, В или С стороны ВН, А;

$\dot{I}_{a(b,c)\ СН}$ - ток фазы А, В или С стороны СН, А;

$k_{ТТ\ ВН\ (СН)}$ - коэффициент трансформации ТТ стороны ВН (СН).

3.5.20 Условием пуска ЗП общей обмотки автотрансформатора является превышение действующим значением максимального из фазных токов общей обмотки значения уставки «**Iзп ОО**». Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тзп ОО**» на формирование предупредительной сигнализации.
Возврат защиты выполняется при снижении значения максимального из фазных токов общей обмотки ниже значения уставки «**Iзп ОО**» с учетом коэффициента возврата.

3.5.21 Программным ключом «**В132-ОО**» может быть введено действие ЗП на отключение трансформатора со всех сторон и формирование аварийной сигнализации с выдержкой времени «**Тзп ОО откл**» после срабатывания предупредительной сигнализации.

3.5.22 Алгоритм ЗП общей обмотки содержит две ступени разгрузки трансформатора, которые могут быть введены в работу программными ключами «**В133-ОО**» и «**В134-ОО**» и действуют с выдержками времени «**Тразгр ОО 1**» и «**Тразгр ОО 2**» после срабатывания предупредительной сигнализации.
Условия пуска и возврата ступеней разгрузки аналогичны таковым для ЗП ОО (п. **3.5.20**).

3.5.23 Для оперативного вывода ЗП общей обмотки из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод Перегрузка ОО**».

Защита от перегрузки обеспечивает защиту трансформатора от длительных перегрузок в таких режимах, как, например, работа с включенным СВ стороны СН или НН под действием АВР. Уставка по току срабатывания должна быть отстроена от номинального тока трансформатора, уставка по времени срабатывания – от максимального времени действия резервных защит трансформатора.

3.6 Газовая защита

3.6.1 Алгоритм газовой защиты (далее – ГЗ) обеспечивает прием и обработку сигналов:

- газового реле бака трансформатора (сигнальная и отключающая ступени);
- струйного реле устройства РПН.

3.6.2 Функциональная схема алгоритма ГЗ приведена на рисунке **3.10**.

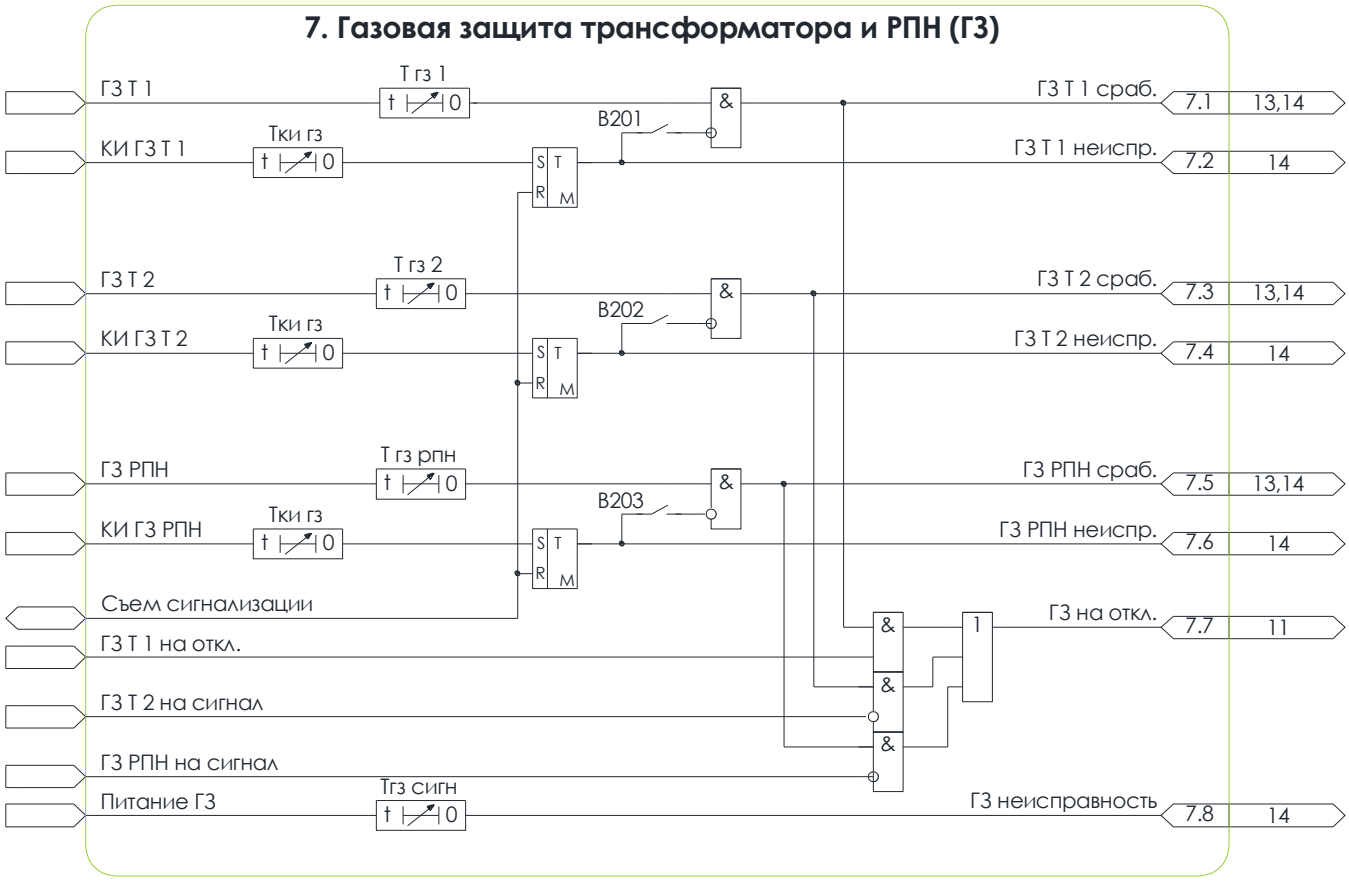


Рисунок 3.10 – Схема №7. Алгоритм ГЗ

3.6.3 Сигнальная ступень ГЗ трансформатора

3.6.3.1 Входной логический сигнал «**ГЗ Т1**» предназначен для подключения контактов сигнальной ступени газового реле бака трансформатора. При поступлении сигнала на вход защита срабатывает с выдержкой времени «**Тгз 1**» (без выдержки времени в случае установки нулевого значения «**Тгз 1**»), формируя сигнал «**ГЗ Т1 сраб.**», действующий на предупредительную сигнализацию.

3.6.3.2 Для перевода действия сигнальной ступени ГЗ трансформатора на отключение трансформатора и аварийную сигнализацию предусмотрен входной сигнал «**ГЗ Т1 на откл.**».

3.6.3.3 Входной логический сигнал «**КИ ГЗ Т1**» предназначен для подключения контактов реле контроля изоляции цепей сигнальной ступени ГЗ трансформатора. При появлении сигнала на входе с выдержкой времени «**Тки ГЗ**» срабатывает предупредительная сигнализация и, при введенном программном ключе «**В201**», выполняется блокирование работы сигнальной ступени ГЗ трансформатора. Снятие блокирования осуществляется вручную подачей команды «**Съем сигнализации**».

3.6.4 Отключающая ступень ГЗ трансформатора

3.6.4.1 Входной логический сигнал «**ГЗ Т2**» предназначен для подключения контактов отключающей ступени газового реле бака трансформатора. При поступлении сигнала на вход защита срабатывает с выдержкой времени «**Тгз 2**» (без выдержки времени в случае установки нулевого значения «**Тгз 2**»), формируя сигнал «**ГЗ Т2 сраб.**», действующий на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

3.6.4.2 Для перевода действия отключающей ступени ГЗ трансформатора на формирование предупредительной сигнализации предусмотрен входной логический сигнал «**ГЗ Т2 на сигнал**».

3.6.4.3 Входной логический сигнал «**КИ ГЗ Т2**» предназначен для подключения контактов реле контроля изоляции цепей отключающей ступени ГЗ трансформатора. При появлении сигнала на входе с выдержкой времени «**Тки ГЗ**» срабатывает предупредительная сигнализация и, при введенном программном ключе «**В202**», выполняется блокирование работы отключающей ступени ГЗ трансформатора. Снятие блокирования осуществляется вручную подачей команды «**Съем сигнализации**».

Газовая защита обеспечивает защиту трансформатора от всех видов внутренних повреждений, сопровождающихся выделением газа и ускоренным протеканием масла из бака трансформатора в расширитель.

Для защиты трансформатора используют газовые реле, которые монтируют в наклонный трубопровод, соединяющий большой отсек расширительного бака с баком трансформатора.

В нормальном режиме работы газовое реле заполнено маслом.

При незначительных повреждениях, например, витковых замыканиях, под действием нагрева происходит разложение масла и образование пузырьков газа, которые начинают скапливаться в верхней части газового реле, вытесняя из него масло, что приводит к срабатыванию первой сигнальной ступени реле.

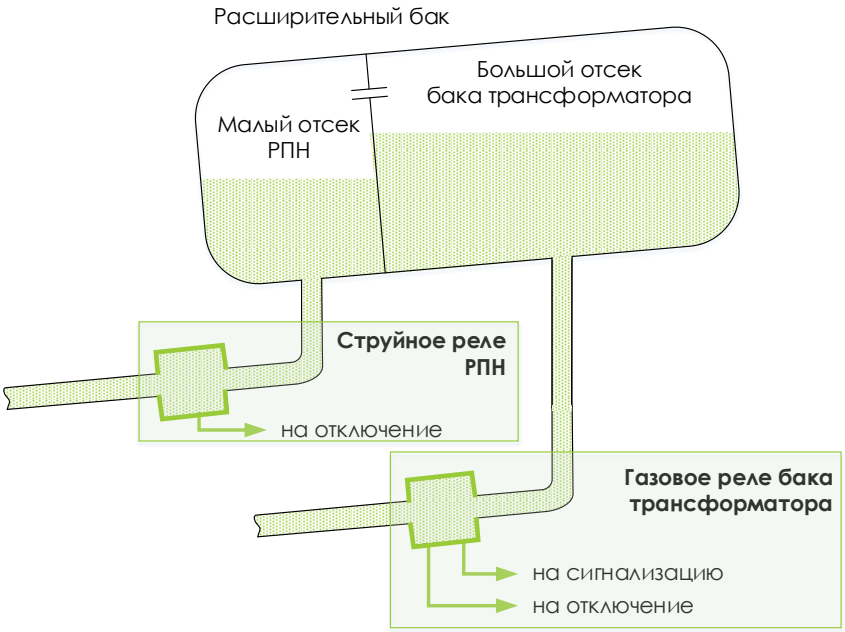


Рисунок 3.11 – Газовая защита трансформатора и устройства РПН

В случае более серьезных повреждений процесс газообразования идет значительно интенсивнее, вызывая поток масла, проходящий через реле, в результате чего срабатывает вторая ступень, действующая на отключение трансформатора.

В процессе коммутации устройства РПН происходит незначительное газообразование. В связи с этим для защиты устройств РПН используют реле только с одной ступенью, реагирующей на поток масла – струйные реле, действующие на отключение трансформатора.

Газовая защита обладает высокой чувствительностью и позволяет обнаруживать развивающиеся повреждения на ранних стадиях.

3.6.5 Отключающая ступень ГЗ устройства РПН

3.6.5.1 Входной логический сигнал «**ГЗ РПН**» предназначен для подключения контактов струйного реле устройства РПН. При поступлении сигнала на вход защита срабатывает с выдержкой времени

«**Тгз рпн**» (без выдержки времени в случае установки нулевого значения «**Тгз рпн**»), формируя сигнал «**ГЗ РПН сраб.**», действующий на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

3.6.5.2 Для перевода действия отключающей ступени ГЗ устройства РПН на формирование предупредительной сигнализации предусмотрен входной логический сигнал «**ГЗ РПН на сигнал**».

3.6.5.3 Входной логический сигнал «**КИ ГЗ РПН**» предназначен для подключения контактов реле контроля изоляции цепей отключающей ступени ГЗ устройства РПН. При появлении сигнала на входе с выдержкой времени «**Тки ГЗ**» срабатывает предупредительная сигнализация и, при введенном программном ключе «**В203**», выполняется блокирование работы отключающей ступени ГЗ устройства РПН. Снятие блокирования осуществляется вручную подачей команды «**Съем сигнализации**».

3.6.6 Входной логический сигнал «**Питание ГЗ**» предназначен для подключения сигнала отсутствия питания цепей защиты. При поступлении сигнала на вход с выдержкой времени «**Тгз сигн**» (без выдержки времени в случае установки нулевого значения «**Тгз сигн**») срабатывает предупредительная сигнализация. Инверсия сигнала «**Питание ГЗ**», в случае необходимости, может быть выполнена в программном обеспечении «KIWI».

3.7 Автоматика пуска охлаждения и защита от потери охлаждения

3.7.1 Алгоритм пуска охлаждения (далее – ПО) и защита от потери охлаждения (далее – ЗПО) для трансформаторов с системами охлаждения «Д», «ДЦ» и «НДЦ» по ГОСТ Р 52719-2007 обеспечивают:

- формирование сигналов пуска обдува;
- защиту от потери охлаждения с длительными выдержками времени и действием на отключение трансформатора и аварийную сигнализацию;
- предупредительную сигнализацию при пуске защиты от потери охлаждения;
- прием и обработку сигнала отключения от внешнего шкафа автоматики системы охлаждением трансформатора (далее – ШАОТ).

3.7.2 Функциональная схема алгоритма ПО и ЗПО приведена на рисунке **3.12**.

Системы охлаждения трансформаторов согласно ГОСТ Р 52719-2007:

«Д» - принудительная циркуляция воздуха и естественная циркуляция масла;

«ДЦ» - принудительная циркуляция воздуха и масла с ненаправленным потоком масла;

«НДЦ» - принудительная циркуляция воздуха и масла с направленным потоком масла.

3.7.3 Программный ключ «**В219**» определяет тип используемого датчика контроля температуры масла. Нормальное положение ключа соответствует датчику с двумя группами контактов, подключаемых к логическим входам «**Т масла сраб.**» и «**Т масла возвр.**». При переключении программного ключа «**В219**» активируется режим работы с датчиком, имеющим один выходной контакт и гистерезис по измеряемой температуре.

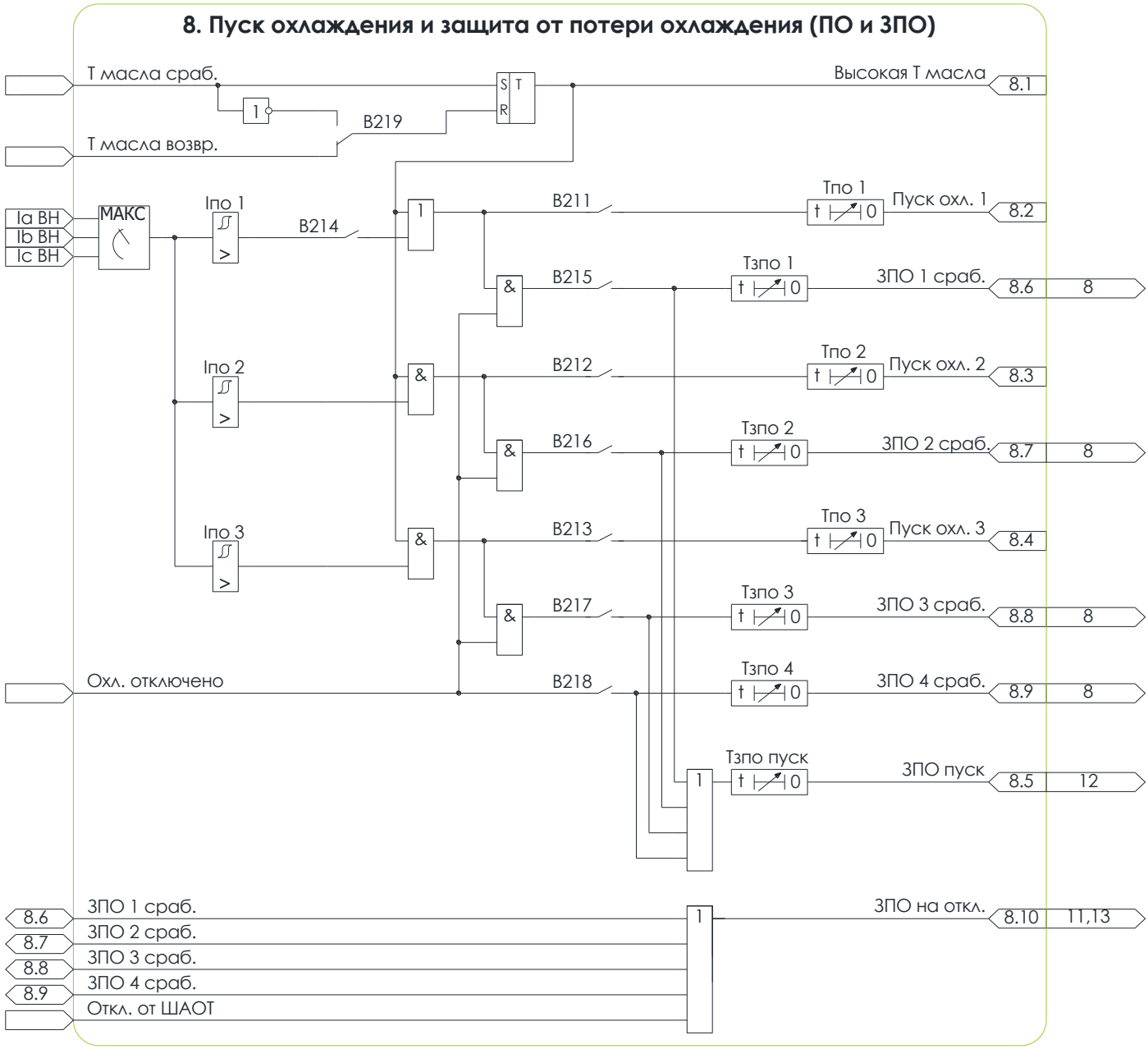


Рисунок 3.12 – Схема №8. Алгоритм ПО и ЗПО

3.7.4 Первая ступень ПО и ЗПО

3.7.4.1 Первая ступень предназначена для работы с системами охлаждения «Д», «ДЦ» и «НДЦ».

3.7.4.2 Ввод в работу первой ступени ПО выполняется программным ключом «**B211**».
Условием пуска первой ступени ПО является:

- высокая температура масла – для систем охлаждения «ДЦ» и «НДЦ»;
- высокая температура масла или уровень тока стороны ВН (программный ключ «**B214**») – для системы охлаждения «Д».

Первая ступень ПО срабатывает с выдержкой времени «**Tпо 1**».

3.7.4.3 Ввод в работу первой ступени ЗПО выполняется программным ключом «**B215**».

Пуск первой ступени ЗПО выполняется при тех же условиях, что и пуск первой ступени ПО (п. 3.7.4.2), при условии наличия сигнала отключенной системы охлаждения на логическом входе «**Охл. отключено**», поступающего от ШАОТ.
Первая ступень ЗПО срабатывает с выдержкой времени «**Тзпо 1**» на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

3.7.5 Вторая ступень ПО и ЗПО

3.7.5.1 Вторая ступень предназначена для работы с системами охлаждения «ДЦ» и «НДЦ».

3.7.5.2 Ввод в работу второй ступени ПО выполняется программным ключом «**В212**».
Условием пуска второй ступени ПО является высокая температура масла при условии превышения действующим значением максимального из фазных токов стороны ВН значения уставки «**Iпо 2**».
Вторая ступень ПО срабатывает с выдержкой времени «**Тпо 2**».

3.7.5.3 Ввод в работу второй ступени ЗПО выполняется программным ключом «**В216**».
Пуск второй ступени ЗПО выполняется при тех же условиях, что и пуск второй ступени ПО (п. 3.7.5.2), при условии наличия сигнала отключенной системы охлаждения на логическом входе «**Охл. отключено**», поступающего от ШАОТ.
Вторая ступень ЗПО срабатывает с выдержкой времени «**Тзпо 2**» на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

3.7.6 Третья ступень ПО и ЗПО

3.7.6.1 Третья ступень предназначена для работы с системами охлаждения «ДЦ» и «НДЦ».

3.7.6.2 Ввод в работу третьей ступени ПО выполняется программным ключом «**В213**».
Условием пуска третьей ступени ПО является высокая температура масла при условии превышения действующим значением максимального из фазных токов стороны ВН значения уставки «**Iпо 3**».
Третья ступень ПО срабатывает с выдержкой времени «**Тпо 3**».

3.7.6.3 Ввод в работу третьей ступени ЗПО выполняется программным ключом «**В217**».
Пуск третьей ступени ЗПО выполняется при тех же условиях, что и пуск третьей ступени ПО (п. 3.7.6.2), при условии наличия сигнала отключенной системы охлаждения на логическом входе «**Охл. отключено**», поступающего от ШАОТ.
Третья ступень ЗПО срабатывает с выдержкой времени «**Тзпо 3**» на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

3.7.7 Ввод в работу четвертой ступени ЗПО выполняется программным ключом «**В218**».
Условием пуска четвертой ступени ЗПО является наличие сигнала отключенной системы охлаждения на логическом входе «**Охл. отключено**», поступающего от ШАОТ. Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тзпо 4**» на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

3.7.8 В алгоритме предусмотрено действие на предупредительную сигнализацию в результате пуска всех ступеней ЗПО с регулируемой выдержкой времени «**Тзпо пуск**».

3.7.9 В алгоритме предусмотрен входной логический сигнал «**Откл. от ШАОТ**», при поступлении на который сигнала формируется команда отключения трансформатора со всех сторон, и срабатывает аварийная сигнализация.

3.8 Внешние защиты и сигнализация

3.8.1 Функциональная схема алгоритма внешних защит и сигнализации приведена на рисунке **3.13**.

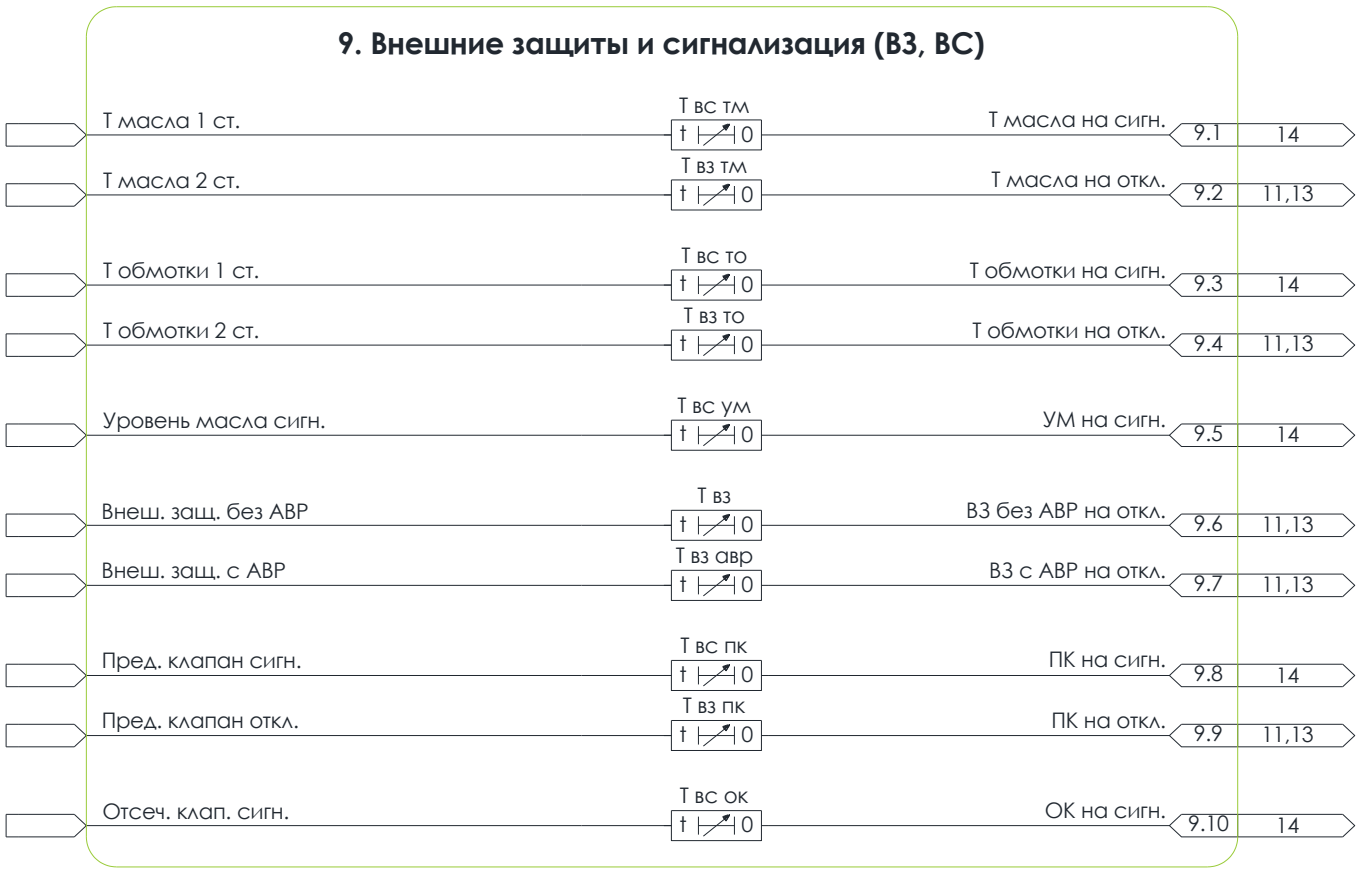


Рисунок 3.13 – Схема №9. Алгоритм ВЗ, ВС

3.8.2 Алгоритм обеспечивает прием сигналов с действием на предупредительную сигнализацию:

- «**Т масла 1 ст.**» с задержкой срабатывания «**Т вс тм**» - о повышении температуры масла;
- «**Т обмотки 1 ст.**» с задержкой срабатывания «**Т вс то**» - о повышении температуры обмотки;
- «**Уровень масла сигн.**» с задержкой срабатывания «**Т вс ум**» - о снижении уровня масла;
- «**Пред. клапан сигн.**» с задержкой срабатывания «**Т вс пк**» - от предохранительного клапана;
- «**Отсеч. клапан сигн.**» с задержкой срабатывания «**Т вс ок**» - от отсечного клапана.

3.8.3 Алгоритм обеспечивает прием сигналов с действием на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию:

- «**Т масла 2 ст.**» с задержкой срабатывания «**Т вз тм**» - об аварийном повышении температуры масла;
- «**Т обмотки 2 ст.**» с задержкой срабатывания «**Т вз то**» - об аварийном повышении температуры обмотки;
- «**Внеш. защ. без АВР**» с задержкой срабатывания «**Т вз**» - от стороннего устройства защиты на отключение без пуска АВР;

- «**Внеш. защ. с АВР**» с задержкой срабатывания «**Т вз авр**» - от стороннего устройства защиты на отключение с пуском АВР;
- «**Пред. клапан откл.**» с задержкой срабатывания «**Т вз пк**» - от предохранительного клапана.

3.9 Устройство резервирования при отказах выключателя

3.9.1 Функциональная схема алгоритма УРОВ приведена на рисунке **3.14**.



Рисунок 3.14 – Схема №10. Алгоритм УРОВ

3.9.2 Алгоритм УРОВ включает в себя алгоритм УРОВ стороны ВН и алгоритм УРОВ стороны СН.

3.9.3 Ввод в работу алгоритма УРОВ стороны ВН выполняется программным ключом «**В301**».

3.9.4 Пуск УРОВ стороны ВН осуществляется по сигналу «**Пуск УРОВ ВН**», формирующемуся при срабатывании алгоритмов функций защит на отключение выключателя стороны ВН.
Обязательным условием пуска УРОВ является наличие тока, протекающего через резервируемый выключатель (при выведенном программном ключе «**В307**»), выявляемое по факту превышения максимальным из действующих значений фазных токов стороны ВН значения уставки «**Iуров ВН**». При введенном программном ключе «**В307**» пуск УРОВ стороны ВН возможен только при отсутствии сигнала «**РПО ВН**».

3.9.5 В алгоритме предусмотрен дублированный пуск УРОВ стороны ВН, ввод в работу которого осуществляется программным ключом «**В302**». В данном режиме работы в цепи пуска УРОВ осуществляется дополнительный контроль отсутствия сигнала реле положения «Включено» на входе

«**РПВ ВН**». Схема соединения цепей управления выключателем должна обеспечивать шунтирование сигнала на входе «**РПВ ВН**» при подаче напряжения на электромагнит отключения выключателя.

3.9.6 УРОВ стороны ВН срабатывает с выдержкой времени «**Туров ВН**», формируя сигнал «**УРОВ ВН сраб.**», действующий на отключение вышестоящих выключателей и предупредительную сигнализацию.

3.9.7 Для оперативного вывода УРОВ стороны ВН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод УРОВ ВН**».

3.9.8 Ввод в работу алгоритма УРОВ стороны СН выполняется программным ключом «**В305**».

3.9.9 Пуск УРОВ стороны СН осуществляется по сигналу «**Пуск УРОВ СН**», формирующемуся при срабатывании алгоритмов функций защит на отключение выключателя стороны СН.
Обязательным условием пуска УРОВ является наличие тока, протекающего через резервируемый выключатель (при выведенном программном ключе «**В308**»), выявляемое по факту превышения максимальным из действующих значений фазных токов стороны СН значения уставки «**Iуров СН**». При введенном программном ключе «**В308**» пуск УРОВ стороны СН возможен только при отсутствии сигнала «**РПО СН**».

3.9.10 В алгоритме предусмотрен дублированный пуск УРОВ стороны СН, ввод в работу которого осуществляется программным ключом «**В306**». В данном режиме работы в цепи пуска УРОВ осуществляется дополнительный контроль отсутствия сигнала реле положения «Включено» на входе «**РПВ СН**». Схема соединения цепей управления выключателем должна обеспечивать шунтирование сигнала на входе «**РПВ СН**» при подаче напряжения на электромагнит отключения выключателя.

3.9.11 УРОВ стороны СН срабатывает с выдержкой времени «**Туров СН**», формируя сигнал «**УРОВ СН сраб.**», действующий на отключение вышестоящих выключателей и предупредительную сигнализацию.

3.9.12 Для оперативного вывода УРОВ стороны СН из работы предусмотрен входной логический сигнал «**Вывод УРОВ СН**».

3.9.13 УРОВ является обязательной функцией, особенно на ПС с низкой надежностью цепей управления.

3.10 Отключение выключателя

3.10.1 Алгоритм отключения выключателя обеспечивает формирование команд:

- отключения выключателей сторон трансформатора при срабатывании алгоритмов защит;
- закрытия отсечного клапана с задержкой срабатывания «**Ток**»;
- пуска УРОВ сторон ВН и СН;
- пуска АПВ и АВР сторон СН и НН.

3.10.2 Функциональная схема алгоритма отключения представлена на рисунке **3.14**.

3.10.3 В алгоритме предусмотрены логические входы:

- «**Откл. от УРОВ СН**» - для подключения сигнала отключения при срабатывании внешнего УРОВ стороны СН;

- «**Откл. от УРОВ НН**» - для подключения сигнала отключения при срабатывании внешнего УРОВ стороны НН.

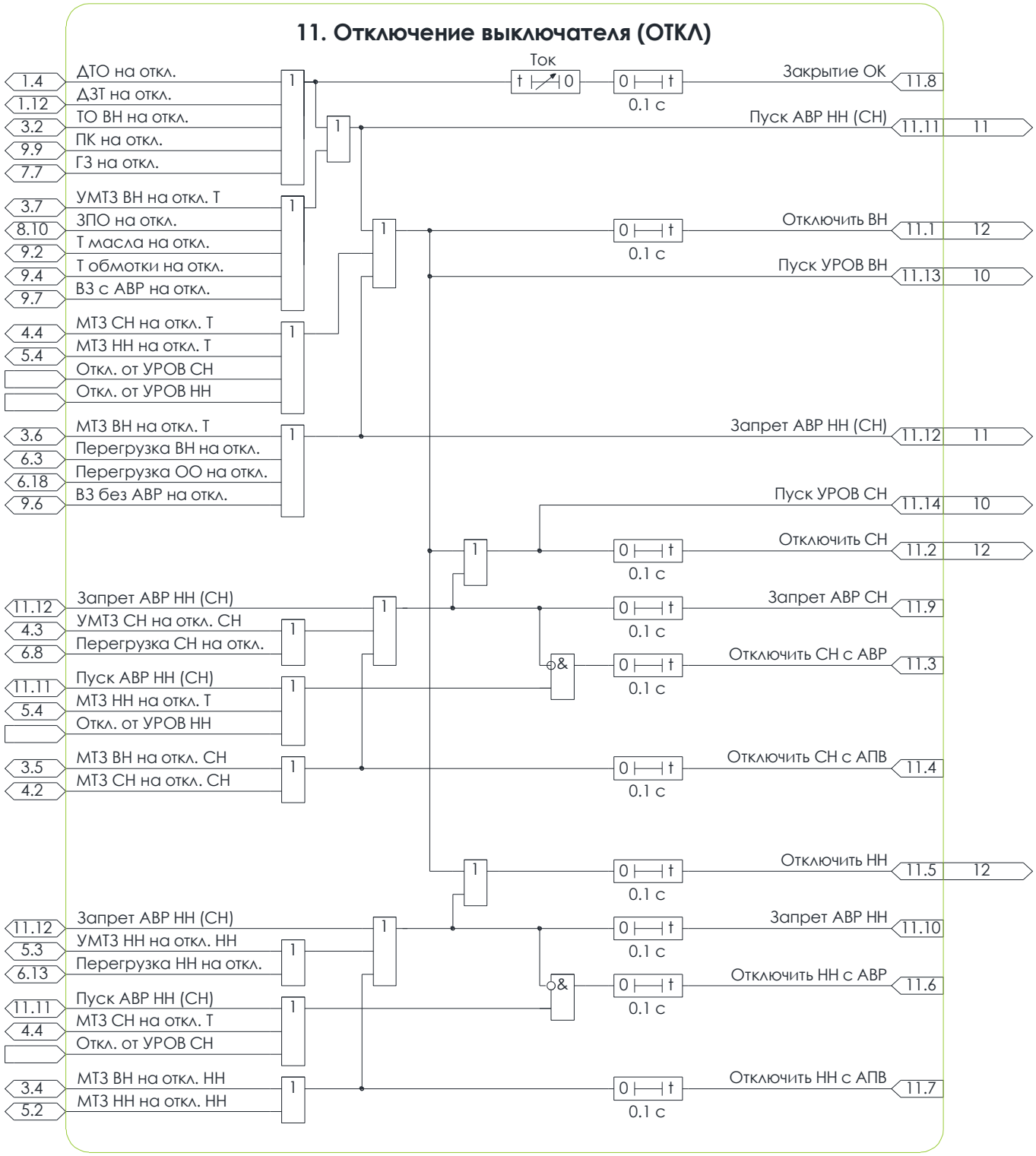


Рисунок 3.15 – Схема №11. Алгоритм отключения выключателя

3.10.4 При наличии свободных дискретных выходов необходимо свободные реле назначать на сигналы отключения ВН, СН и НН, контакты реле отключения соответствующего класса напряжения соединить параллельно.

4 ПРОЧИЕ ФУНКЦИИ

4.1 Вычисляемые величины

4.1.1 Устройство обеспечивает измерение, вычисление и отображение на дисплее пульта управления и в программном обеспечении KIWI параметров, указанных в таблице **4.1**.

ТАБЛИЦА 4.1

Величина	Размерность	Описание	Применение в алгоритмах
Ia ВН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы А стороны ВН	ЗП, ПО и ЗПО, УРОВ
Ib ВН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы В стороны ВН	ЗП, ПО и ЗПО, УРОВ
Ic ВН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы С стороны ВН	ЗП, ПО и ЗПО, УРОВ
Ia СН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы А стороны СН	МТЗ СН, ЗП, УРОВ
Ib СН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы В стороны СН	МТЗ СН, ЗП, УРОВ
Ic СН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы С стороны СН	МТЗ СН, ЗП, УРОВ
Ia НН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы А стороны НН	МТЗ НН
Ib НН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы В стороны НН	МТЗ НН
Ic НН	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы С стороны НН	МТЗ НН
f	Гц	Частота сети	-
Iдиф А	о.е.	Дифференциальный ток фазы А	ДТО и ДТЗ, НБ
Iдиф В	о.е.	Дифференциальный ток фазы В	ДТО и ДТЗ, НБ
Iдиф С	о.е.	Дифференциальный ток фазы С	ДТО и ДТЗ, НБ
Iторм А	о.е.	Ток торможения фазы А	ДТО и ДТЗ, НБ
Iторм В	о.е.	Ток торможения фазы В	ДТО и ДТЗ, НБ
Iторм С	о.е.	Ток торможения фазы С	ДТО и ДТЗ, НБ
kI2г А	-	Доля второй гармоники в дифференциальном токе фазы А	ДЗТ
kI2г В	-	Доля второй гармоники в дифференциальном токе фазы В	ДЗТ

kI2г C	-	Доля второй гармоники в дифференциальном токе фазы С	ДЗТ
kI5г A	-	Доля пятой гармоники в дифференциальном токе фазы А	ДЗТ
kI5г B	-	Доля пятой гармоники в дифференциальном токе фазы В	ДЗТ
kI5г C	-	Доля пятой гармоники в дифференциальном токе фазы С	ДЗТ
Ia' ВН	А	Приведенный ток фазы А стороны ВН (без нулевой последовательности)	ТО и МТЗ ВН
Ib' ВН	А	Приведенный ток фазы В стороны ВН (без нулевой последовательности)	ТО и МТЗ ВН
Ic' ВН	А	Приведенный ток фазы С стороны ВН (без нулевой последовательности)	ТО и МТЗ ВН
Ia ОО	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы А общей обмотки	ЗП
Ib ОО	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы В общей обмотки	ЗП
Ic ОО	А	Действующее значение первой гармоники тока фазы С общей обмотки	ЗП
Iном ВН	А	Номинальный ток стороны ВН	ДТО и ДТЗ, НБ
Iном СН	А	Номинальный ток стороны СН	ДТО и ДТЗ, НБ
Iном НН	А	Номинальный ток стороны НН	ДТО и ДТЗ, НБ
Ib ВН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы В стороны ВН и фазы А стороны ВН	-
Ic ВН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы С стороны ВН и фазы А стороны ВН	
Ia СН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы А стороны СН и фазы А стороны ВН	
Ib СН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы В стороны СН и фазы А стороны ВН	
Ic СН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы С стороны СН и фазы А стороны ВН	
Ia НН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы А стороны НН и фазы А стороны ВН	
Ib НН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы В стороны НН и фазы А стороны ВН	
Ic НН^Ia ВН	°	Угол между векторами первой гармоники токов фазы С стороны НН и фазы А стороны ВН	

4.2 Смена программ уставок

4.2.1 Устройство обеспечивает хранение в энергонезависимой памяти двух программ уставок. По умолчанию активна первая программа уставок.

4.2.2 В устройстве предусмотрено три режима выбора текущей программы уставок в соответствии с алгоритмом, функциональная схема которого изображена на рисунке **4.1**:

- «**Пр уст. по ДВ**» - выбор осуществляется по сигналам с дискретных входов устройства;
- «**Пр уст. по АСУ**» - выбор осуществляется по сигналам, поступающим по цифровым каналам обмена информацией с АСУ;
- «**Пр уст. с ПУ**» - выбор осуществляется по сигналам, поступающим с пульта управления или из программы «KIWI».

Режим «**Пр уст. с ПУ**» предназначен для осуществления выбора текущей программы уставок только в процессе наладки устройства.

4.2.3 В один момент времени активным может быть только один из трех режимов выбора текущей программы уставок.

4.2.4 По умолчанию активен режим «**Пр уст. по ДВ**». Выбор текущей программы уставок осуществляется сигналом на логическом входе «**Программа 2**»: при появлении сигнала устанавливается вторая программа уставок, при снятии сигнала – первая. Для исключения излишней смены программ уставок в ненормальных режимах работы, сопровождающихся снижением уровня напряжения на объектах с переменным оперативным током, предусмотрена задержка возврата на первую программу уставок после снятия сигнала на входе «**Программа 2**», задаваемая уставкой «**Тпр 1**».
Программный ключ «**В881**» предназначен для выбора режима смены программ уставок с использованием двух логических входов - «**Программа 1**» и «**Программа 2**», предназначенных для подключения к двум разным дискретным входам. Смена программы уставок в данном режиме осуществляется при подаче сигнала на соответствующий логический вход.

4.2.5 При подаче сигнала на логический вход «**ДУ**» активируется режим «**Пр уст. по АСУ**». Выбор текущей программы уставок разрешен только по сигналам «**Программа 1 АСУ**» и «**Программа 2 АСУ**», поступающим по цифровым каналам обмена информацией с АСУ.

4.2.6 Режим работы «**Пр уст. с ПУ**» предназначен для выполнения смены программ уставок с пульта управления или из программного обеспечения «KIWI» только в процессе наладки устройства. Данный режим активируется с пульта управления или из программы «KIWI», и обладает приоритетом над остальными режимами.

4.2.7 Смена номера текущей программы уставок блокируется сигналом «**Блок. смены пр. уст**», который формируется при:

- пуске алгоритмов защиты;
- срабатывании аварийной и предупредительной сигнализации;
- подаче сигналов на логические входы, действующие на отключение и сигнализацию;
- смене положений выключателей сторон трансформатора.

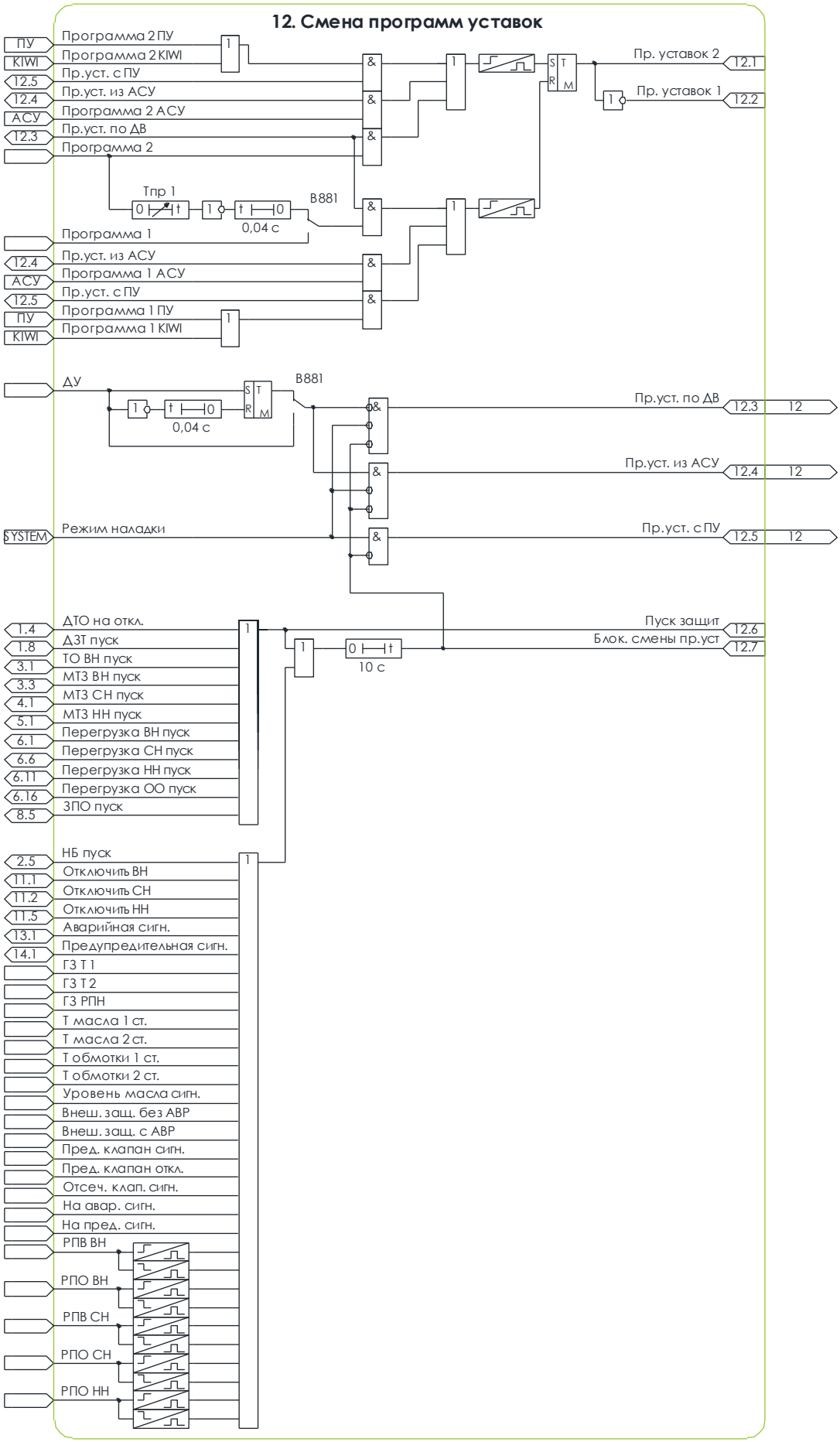


Рисунок 4.1 – Схема №12. Алгоритм выбора программы уставок

4.3 Аварийная и предупредительная сигнализация

4.3.1 Устройство обеспечивает формирование сигналов «**Предупр. сигн.**» и «**Аварийная сигн.**», предназначенных для использования в системе центральной сигнализации.

4.3.2 Сигнал «**Аварийная сигн.**» формируется при срабатывании алгоритмов защиты на отключение выключателей сторон ВН, СН и НН защищаемого трансформатора в соответствии с алгоритмом, функциональная схема которого изображена на рисунке **4.3**.

4.3.3 Сигнал «**Предупр. сигн.**» формируется при выявлении перегрузки трансформатора, при выявлении устройством неисправностей в цепях защиты и появлении внутренних неисправностей, а также по иным причинам в соответствии с алгоритмом, функциональная схема которого изображена на рисунке **4.4**.

4.3.4 Причины появления сигналов «**Предупр. сигн.**» и «**Аварийная сигн.**», а также их состояния хранятся в энергонезависимой памяти устройства. Сброс сигналов осуществляется вручную, подачей команды «**Съем сигнализации**» на соответствующий логический вход, по каналам АСУ, с пульта управления или из программы KIWI.

4.3.5 Предусмотрена задержка «**Tас доп**» формирования сигнала «**Авар. сигн. доп.**» по сигналу на логическом входе «**На авар. сигн.**».

4.3.6 Предусмотрена задержка «**Tпс доп**» формирования сигнала «**Пред. сигн. доп.**» по сигналу на логическом входе «**На пред. сигн.**».

4.3.7 Программным ключом «**B851**» может быть введена функция последовательного съема аварийной и предупредительной сигнализации. Подача сигнала «**Съем сигнализации**» в этом случае будет приводить к съему только Аварийной сигнализации. Для съема предупредительной сигнализации необходимо подать сигнал «**Съем сигнализации**» повторно.

4.3.8 Алгоритм формирования сигнала «**Съем сигнализации**» представлен на рисунке **4.2**.

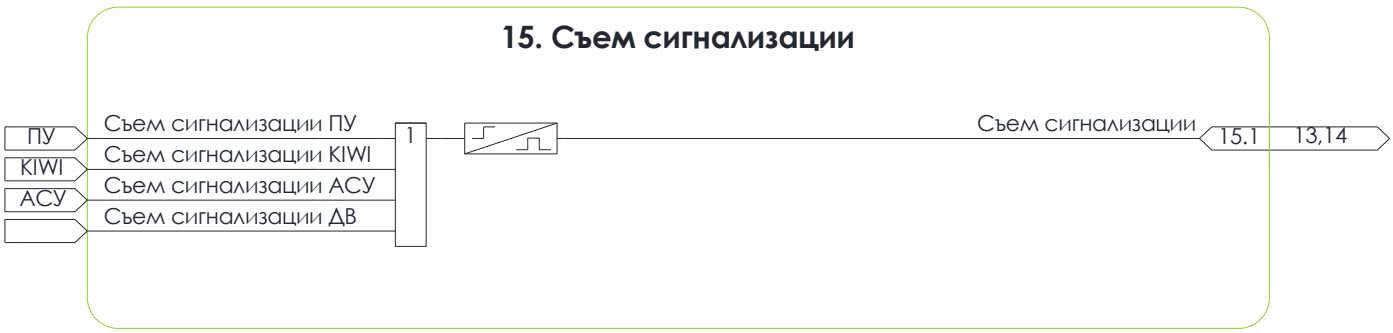


Рисунок 4.2 – Схема №15. Алгоритм съема сигнализации

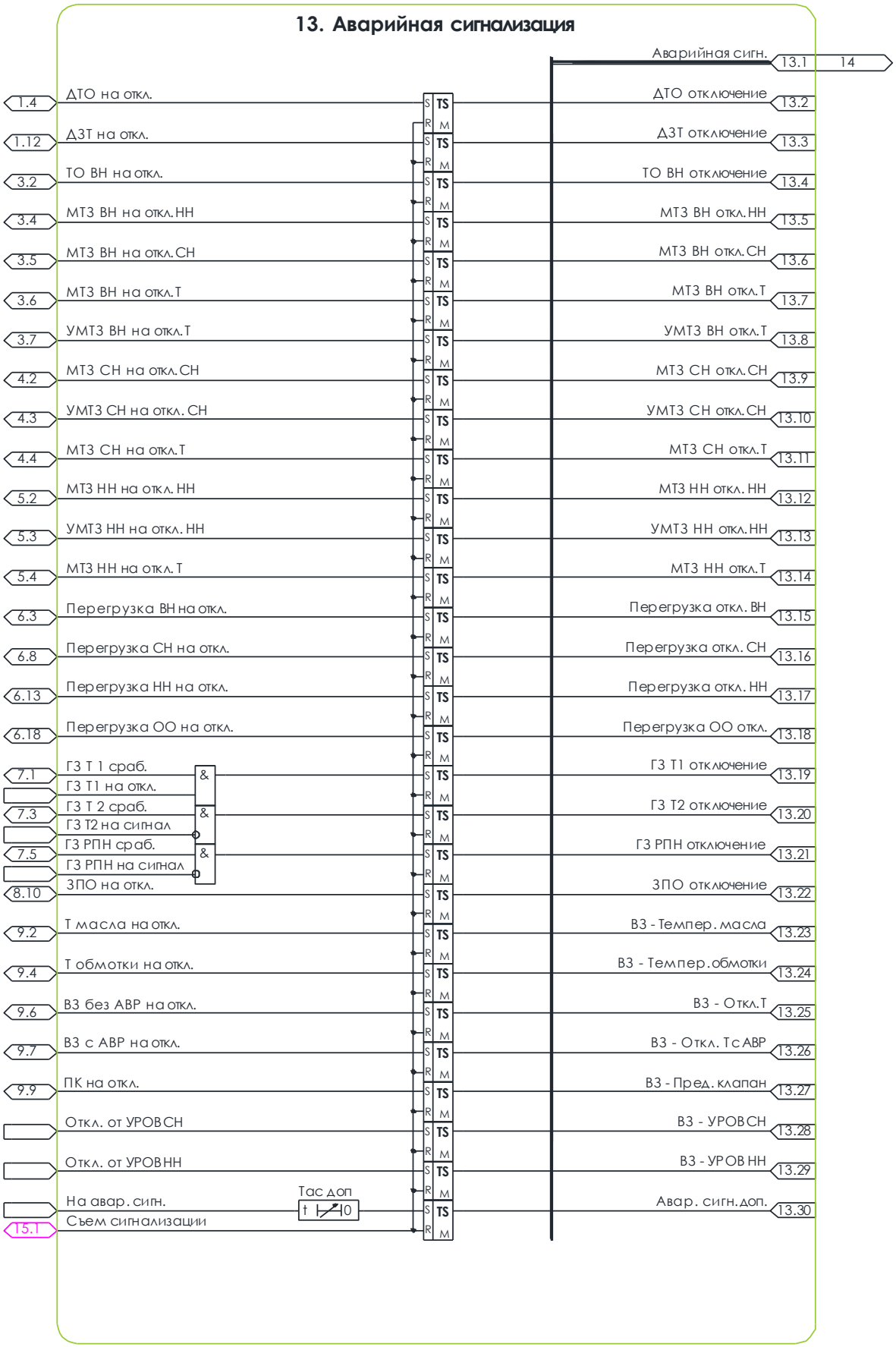


Рисунок 4.3 – Схема №13. Алгоритм аварийной сигнализации

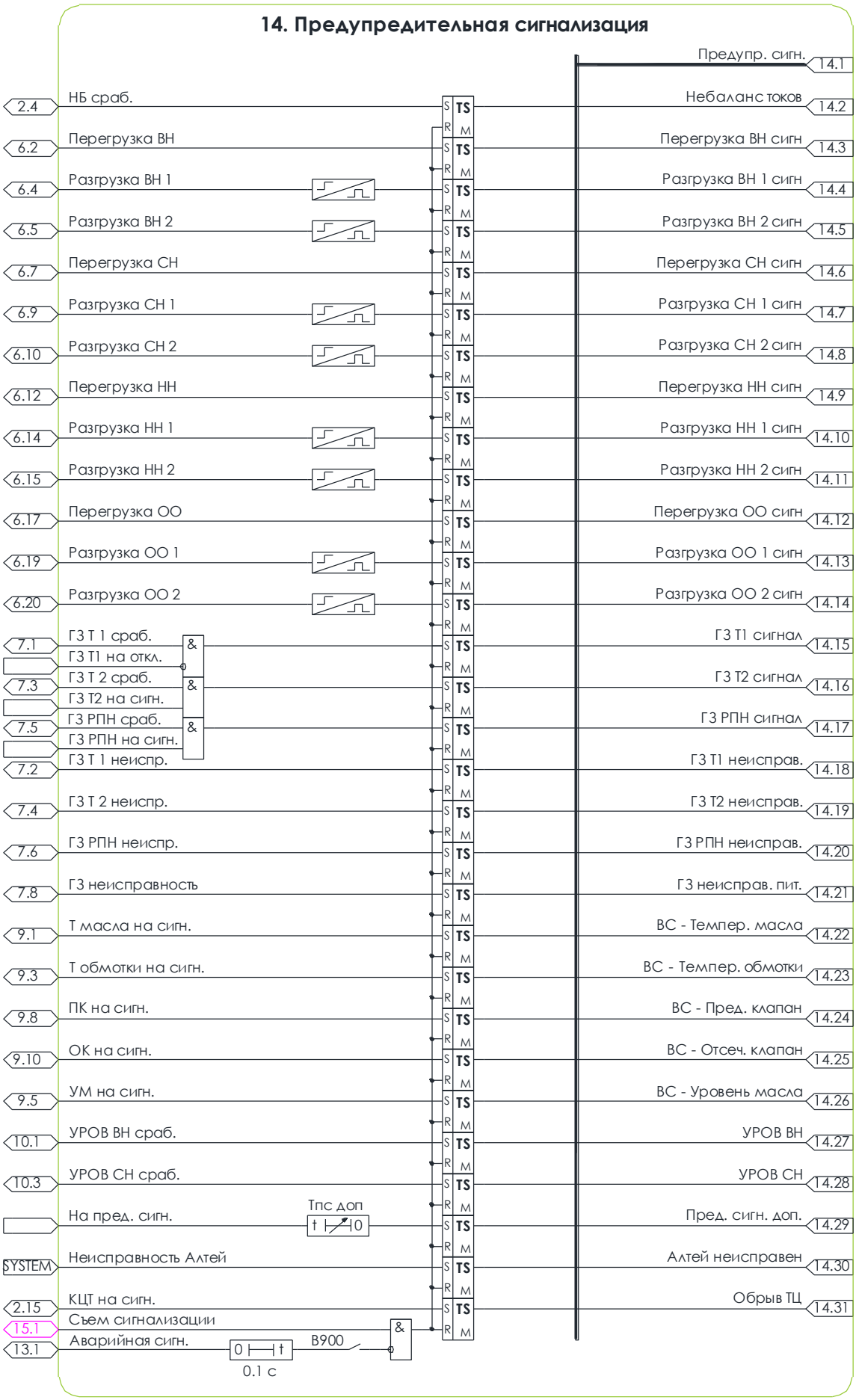


Рисунок 4.4 – Схема №14. Алгоритм предупредительной сигнализации

4.4 Информационная безопасность

4.4.1 Устройство поддерживает систему уровней доступа. Её функциональные возможности представлены в таблице **4.3**.

Таблица 4.2

Уровень доступа	Гость	Инженер	Админ
Уровень доступа	УД0	УД2	УД3
Количество пользователей	1	До 3	1
Заводской пароль для доступа по цифровому каналу	-	1234	1739
Заводской пароль для доступа с ПУ	-	1234	1739
Дополнительный пароль	-	-	Генерация по серийному номеру
Возможность смены пароля	-	Только для своей учетной записи	Для всех пользователей
Изменение уставок и настроек устройства, в том числе загрузка ФК	Ч	ЧЗ	ЧЗ
Настройки времени	Ч	ЧЗ	ЧЗ
Настройки связи	Ч	ЧЗ	ЧЗ
Функциональный контроль и калибровка	Ч	Ч	ЧЗ
Оперативное управление с ПУ	-/+	+	+
Аварийная информация	Ч	Ч	Ч
Обновление ПО	-	+	+

Сокращения: **Ч** – чтение; **ЧЗ** – чтение-запись; **+** – доступ разрешен; **-** – доступ запрещен.

4.4.2 При включении устройства должен активироваться уровень доступа «Гость», разрешающий выполнять считывание информации с устройства.

4.4.3 По умолчанию в устройстве заданы три учётные записи с уровнями доступа: «Гость», «Инженер» и «Админ».

4.4.4 Администратор может задать до 3 учётных записей для уровня доступа «Инженер» с различными именами и паролями.

4.4.5 Система уровней доступа предполагает возможность задания различных паролей для одной и той же учётной записи для доступа с ПУ и по цифровому каналу связи.

4.4.6 Пароли от учётных записей отвечают следующим требованиям:

- хранятся в защищенном виде, исключающем возможность раскрытия (несанкционированного доступа);
- количество символов – от 4 до 10 (по умолчанию – 4);
- состав – буквы разного регистра, цифры, специальные символы (для ПУ – только цифры);
- разрешенное число ошибок ввода пароля – 5–20 (по умолчанию - 5). После исчерпания попыток - блокировка пользователя на 1–30 мин (по умолчанию – 5 мин);
- сброс уровня доступа – 10 минут бездействия или запись команды деактивации уровня доступа.

4.4.7 Устройство фиксирует канал доступа, имя пользователя и протокол информационного обмена, с которого выполняется активация уровня доступа, а также пользователя.

4.4.8 Изменение пароля возможно только из программы KIWI.

В случае, если пользователь забыл пароль Администратора, он должен связаться со службой сервиса, которая по серийному номеру сгенерирует пароль от уровня доступа «Админ»!

4.4.9 В устройстве предусмотрена возможность ограничения перечня IP-адресов, с которыми разрешено сетевое взаимодействие (до 5 шт). Для каждого IP-адреса из списка возможно разрешить/запретить функцию телеуправления.

4.4.10 Каждый протокол информационного обмена, реализованный в устройстве, может быть выведен из работы. Для каждого протокола информационного обмена с возможностью телеуправления, возможно разрешить/запретить эту функцию.

4.4.11 Загрузка файлов конфигурации и меню ПУ сопровождается проверкой контрольных сумм.



Пример настройки уровней доступа в **видеообзоре**.

4.5 Осциллографирование

4.5.1 Устройство обеспечивает запись осциллограмм в процессе пуска и срабатывания функций защиты и автоматики, при выполнении переключений выключателя и устройства РПН, а также по сигналам, настраиваемым в программном обеспечении KIWI.

4.5.2 Осциллограф сконфигурирован на предприятии-изготовителе и требует минимальной настройки. В процессе наладки необходимо задать значения двух уставок: длительность записи осциллограммы и длительность предаварийной записи.
Состав сигналов осциллограммы и причины пуска не требуют обязательной настройки. Существует возможность назначения дополнительных причин пуска осциллографа и расширения состава регистрируемых сигналов в программном обеспечении KIWI.

4.5.3 Хранение осциллограмм обеспечено в энергонезависимой памяти в течение всего срока службы устройства. Ручная очистка памяти осциллограмм не предусмотрена.

4.5.4 Основные параметры осциллограмм приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Параметр	Значение
Формат записи осциллограмм	Comtrade, IEC 60255-24 Edition 2.0 2013-04
Частота дискретизации, Гц	2000
Длительность предаварийной записи	Задается уставкой «**Тосц доав**» от 0,1 до 5 с
Длительность записи	Задается уставкой «**Тосц**» от 0,1 до 10 с
Длительность послеаварийной записи (для следящего режима работы осциллографа)	Задается уставкой «**Тосц послеавар**» от 0,1 до 5 с
Режимы работы	Следящий/импульсный
Состав и количество аналоговых сигналов	Не менее 19 шт: - все аналоговые входы – 9 шт (таблица 2.1); - частота сети; - дифференциальные токи – 3 шт; - токи торможения – 3 шт; - приведенные токи стороны ВН – 3 шт
Состав и количество дискретных сигналов	До 500 шт: - дискретные входы – 24 шт (42 шт); - дискретных выходы - 22 шт (28 шт); - логические выходы (в соответствии с таблицей 5.2); - логические сигналы, назначенные пользователем в программном обеспечении KIWI.
Количество памяти, выделенной для хранения осциллограмм, Мбайт	286 (*)

Примечания: (*) – Данный объем памяти обеспечивает хранение осциллограмм суммарной длительностью не менее 35 минут, содержащих 10 аналоговых сигналов и 200 дискретных. При

заполнении памяти Алтей выполняет удаление самых старых осциллограмм с целью освобождения памяти для записи новых.

4.5.5 Предусмотрены два режима работы осциллографа: следящий и импульсный.
В следящем режиме запись осциллограммы осуществляется до тех пор, пока существует причина, вызвавшая пуск осциллографа. Минимальная длительность осциллограммы в данном режиме ограничена снизу значением уставки «**Тосц**», максимальная – 10 с. Если длительность сигнала, вызвавшего запись осциллограммы, превышает 10 с, то выполняется последовательная запись нескольких осциллограмм максимальной длительности вплоть до момента исчезновения причины пуска осциллографа.
В импульсном режиме осуществляется запись осциллограмм фиксированной длительности «**Тосц**».
Заводская конфигурация осциллографа не требует конфигурации режимов пуска осциллографа. Для назначения дополнительных причин пуска осциллографа предусмотрены логические входы «**Пуск осц. С**» для пуска осциллографа в следящем режиме и «**Пуск осц. И**» - в импульсном.

4.5.6 В случае недостаточности памяти для записи новой осциллограммы будет выполняться удаление самых старых осциллограмм для освобождения необходимого её количества.

4.6 Журнал событий

4.6.1 В устройстве предусмотрен журнал событий, позволяющий регистрировать значения измеряемых величин, уставок, а также состояния входных, выходных и промежуточных логических сигналов в момент возникновения событий.

4.6.2 Запись в журнал событий выполняется в следующих случаях:

- при пуске алгоритмов защиты и автоматики;
- при срабатывании алгоритмов защиты и автоматики;
- по сигналам, назначенным на запись события в программном обеспечении KIWI.

4.6.3 Журнал событий сконфигурирован на предприятии-изготовителе и не требует обязательной настройки. В программном обеспечении KIWI существует возможность создания дополнительных событий, регистрируемых в журнал.

4.6.4 Запись в журнал событий выполняется с точностью 1 мс.

4.6.5 Хранение журнала событий обеспечено в энергонезависимой памяти в течение всего срока службы устройства. Ручная очистка журнала не предусмотрена.

4.6.6 Максимальное количество событий, хранимых в энергонезависимой памяти, составляет 1000 штук. После заполнения памяти появление нового события вызывает удаление наиболее старого.

4.7 Системный журнал

4.7.1 В устройстве предусмотрен системный журнал, фиксирующий изменение настроек и режимов работы устройства:

- включение устройства;
- потеря и восстановление оперативного питания;
- срабатывание и возврат дискретных входов и выходов;

- активация и деактивация уровней доступа;
- активация и деактивация режима наладки и функционального контроля;
- запись уставок и смена текущей программы уставок;
- загрузка файла конфигурации из NOR- или NAND-флеш;
- неисправность устройства.

4.7.2 Запись в системный журнал выполняется с точностью 1 мс.

4.7.3 Хранение системного журнала обеспечено в энергонезависимой памяти в течение всего срока службы устройства. Ручная очистка журнала не предусмотрена.

4.7.4 Максимальное количество событий, хранимых в энергонезависимой памяти, составляет 1000 штук. После заполнения памяти появление нового события вызывает удаление наиболее старого.

4.8 Журнал изменения уставок

4.8.1 В устройстве предусмотрен журнал изменения уставок, регистрирующий время изменения уставок, а также их значения до и после изменения.

4.8.2 Хранение журнала изменения уставок обеспечено в энергонезависимой памяти в течение всего срока службы устройства. Ручная очистка журнала не предусмотрена.

4.8.3 Максимальное количество событий, хранимых в энергонезависимой памяти, составляет 1000 штук. После заполнения памяти появление нового события вызывает удаление наиболее старого.

4.9 Журнал GOOSE-потоков

4.9.1 В устройстве предусмотрен журнал GOOSE-потоков, фиксирующий состояние работы сервера IEC 61850 в устройстве:

- запуск сервера IEC 61850;
- синхронизация устройства с GOOSE-потоком;
- количество принимаемых GOOSE-потоков;
- потеря связи с GOOSE-потоком.

4.9.2 Хранение журнала GOOSE-потоков обеспечено в энергонезависимой памяти в течение всего срока службы устройства. Ручная очистка журнала не предусмотрена.

4.9.3 Максимальное количество событий, хранимых в энергонезависимой памяти, составляет 1000 штук. После заполнения памяти появление нового события вызывает удаление наиболее старого.

4.10 Статистическая информация

4.10.1 Устройство обеспечивает запись и хранение в энергонезависимой памяти статистической информации:

- количество срабатываний функций защиты и автоматики;

- количество часов работы устройства («моточасы»);
- количество включений устройства;
- максимальные значения и время их регистрации для каждого аналогового входа.

4.10.2 Хранение статистической информации обеспечено в энергонезависимой памяти в течение всего срока службы устройства.

5 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

5.1 Возможности настройки

5.1.1 Программное обеспечение устройства обладает широкими функциональными возможностями. Дискретные входы, выходы, светодиоды и электромагнитные индикаторы пульта являются переназначаемыми и могут быть подключены к логическим сигналам алгоритмов защиты и автоматики в соответствии с проектной документацией.

5.1.2 Настройка устройства выполняется в программном обеспечении KIWI и включает в себя следующие основные действия:

- подключение дискретных входов к входным логическим сигналам алгоритмов;
- подключение выходных логических сигналов алгоритмов к дискретным выходам и светодиодам пульта;
- настройку уставок функций защиты и автоматики;
- создание дополнительной гибкой логики (до 240 элементов: логических, входов, выходов);
- подключение входных сигналов АСУ в гибкую логику независимо по любому из протоколов: ModBus-RTU(TCP), МЭК 60870-5-101(103, 104) и МЭК 61850 MMS/GOOSE;
- настройку журнала событий и состава осциллограмм (в случае необходимости).

Возможности настройки устройства условно изображенные на рисунке 5.1 и описаны в п. 5.3 - 5.5.

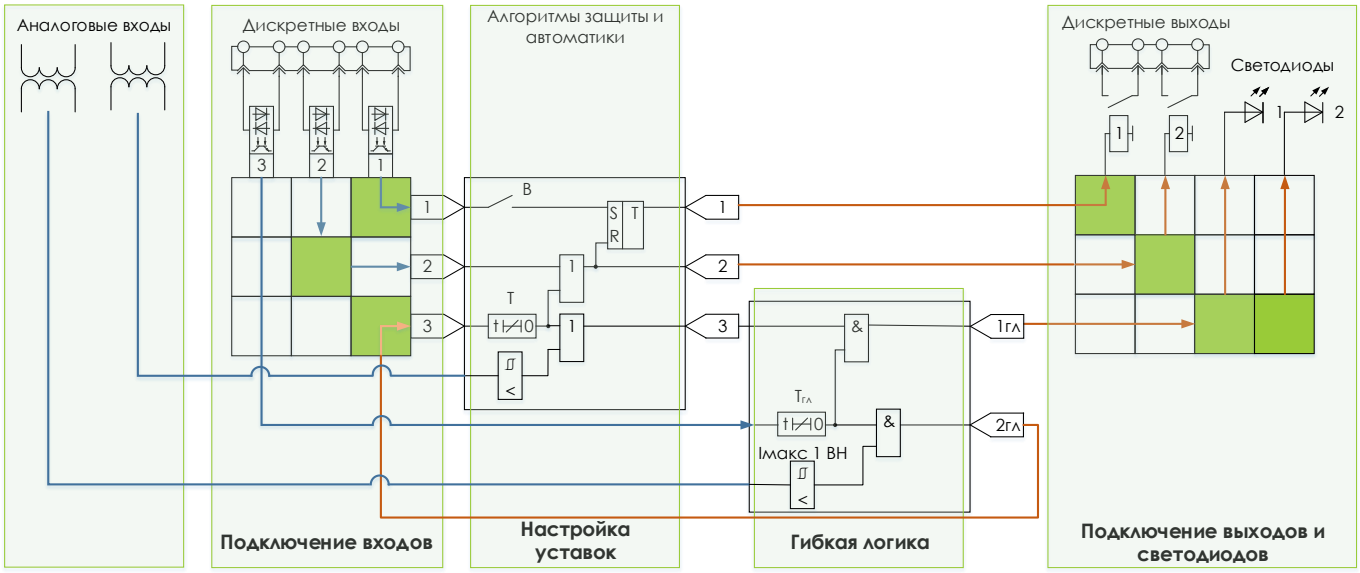


Рисунок 5.1 – Настройка устройства

5.1.3 Для удобства проектных и наладочных организаций на рисунке 5.6, в таблицах 5.1 и 5.2 приведены типовые варианты использования дискретных входов, выходов и светодиодов пульта, Настроенный соответствующим образом файл конфигурации входит в комплект поставки и может быть использован при наладке устройства, в том числе после дополнительной настройки в программе KIWI.

5.2 Схема подключения

5.2.1 Схема электрическая подключения устройства приведена на рисунках **5.2** - **5.3**. Дискретные входы и выходы устройства являются переназначаемыми.

5.2.2 Подключение вторичных цепей ТТ к устройству необходимо выполнять по схеме звезда, вне зависимости от схемы и группы соединения обмоток защищаемого трансформатора.
Подключения ТТ должны обеспечивать подачу на устройство токов положительного направления при протекании соответствующих первичных токов в сторону трансформатора. Для этого ТТ должны быть установлены выводом Л1 в сторону линии (шин), выводом Л2 – в сторону трансформатора. При этом фазные вторичные цепи должны быть подключены к выводам И1, выводы И2 должны быть соединены по схеме «звезда» (рисунок **5.4**).
Использование схем с ТТ, установленными в двух фазах, допустимо только для сторон трансформатора, обмотки которых соединены по схеме «треугольник». В этом случае на свободный токовый вход блока необходимо подать суммарный ток от двух фаз ТТ в противофазе (рисунок **5.5**).

5.2.3 При использовании устройства в качестве защиты двухобмоточного трансформатора, подключенного по мостиковой схеме со стороны ВН, токовые каналы Ia ВН, Ib ВН, Ic ВН следует подключать к ТТ со стороны линии, а каналы Ia СН, Ib СН, Ic СН к ТТ ремонтной перемычки.

5.2.4 Схема электрическая подключения для типового варианта конфигурации устройства приведена на рисунке **5.6**. Назначения дискретных входов и выходов могут быть изменены в программном обеспечении KIWI.

5.2.5 При подключении дискретных входов к выходящим за пределы КРУ/ОПУ длинным линиям, необходимо вводить дополнительную задержку на срабатывание в 20 мс.

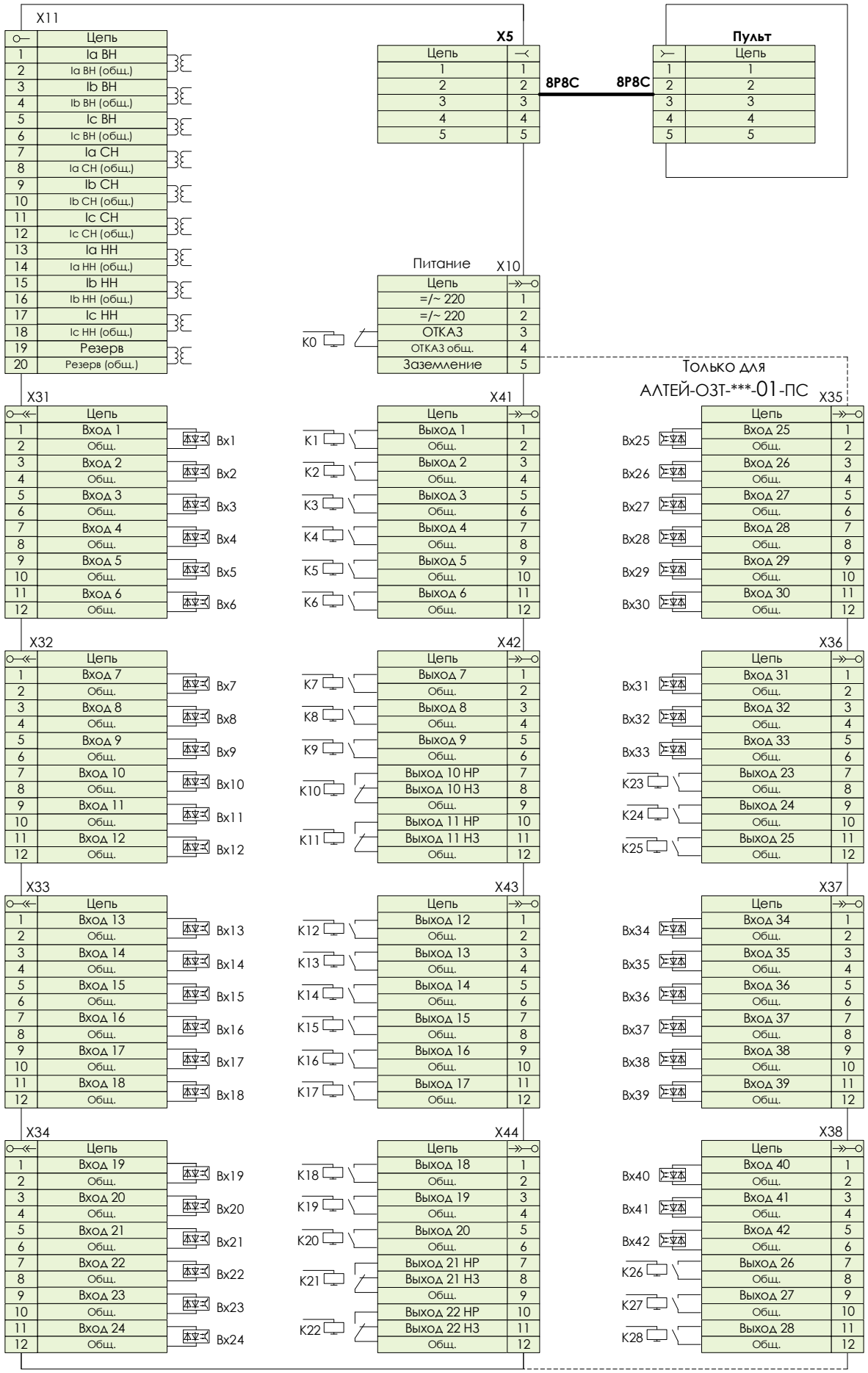
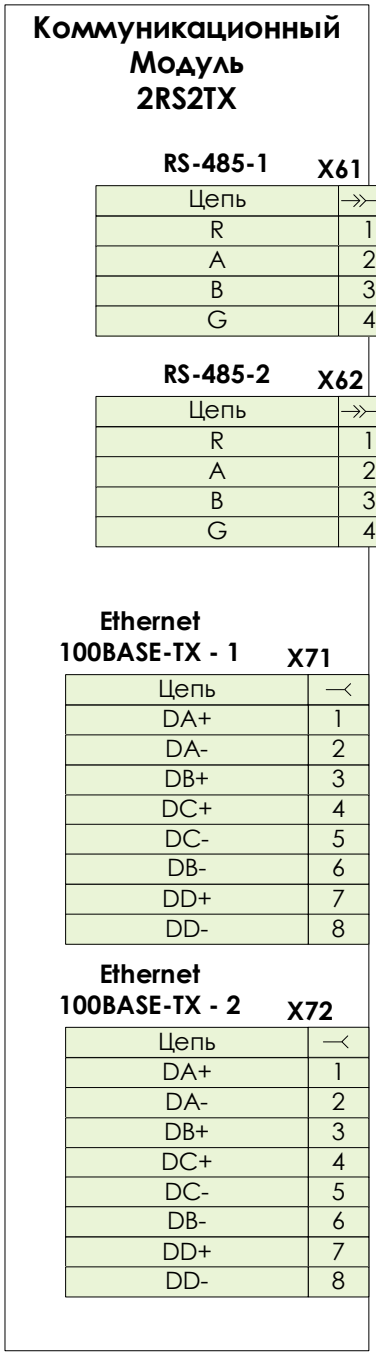


Рисунок 5.2 – Схема электрическая подключения. Часть 1



примечание:
в устройстве предусматривается встроенный терминирующий резистор линии RS-485. Для его использования необходимо замкнуть контакты «A» и «R» на последнем устройстве в линии.

Рисунок 5.3 – Схема электрическая подключения. Часть 2. Коммуникационные модули

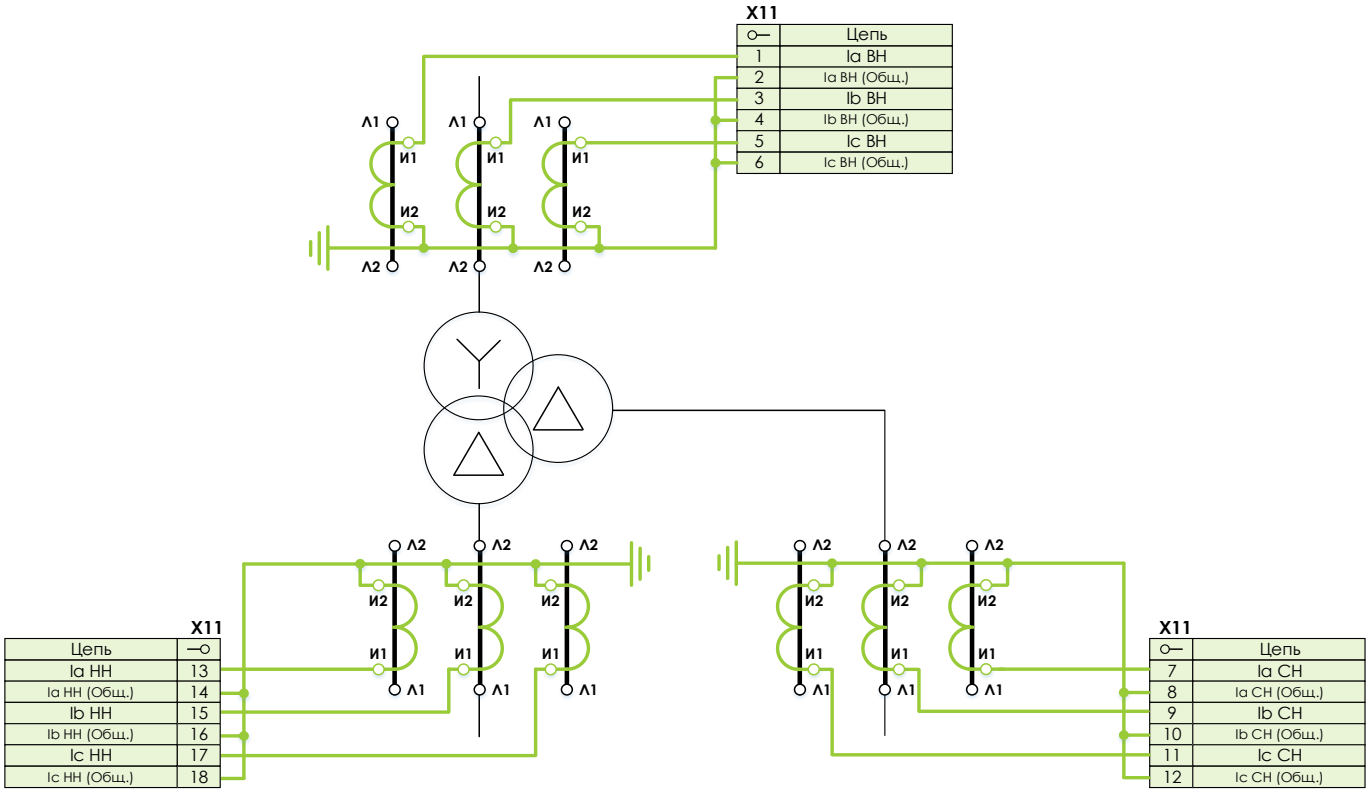


Рисунок 5.4 – Схема подключения вторичных цепей ТТ

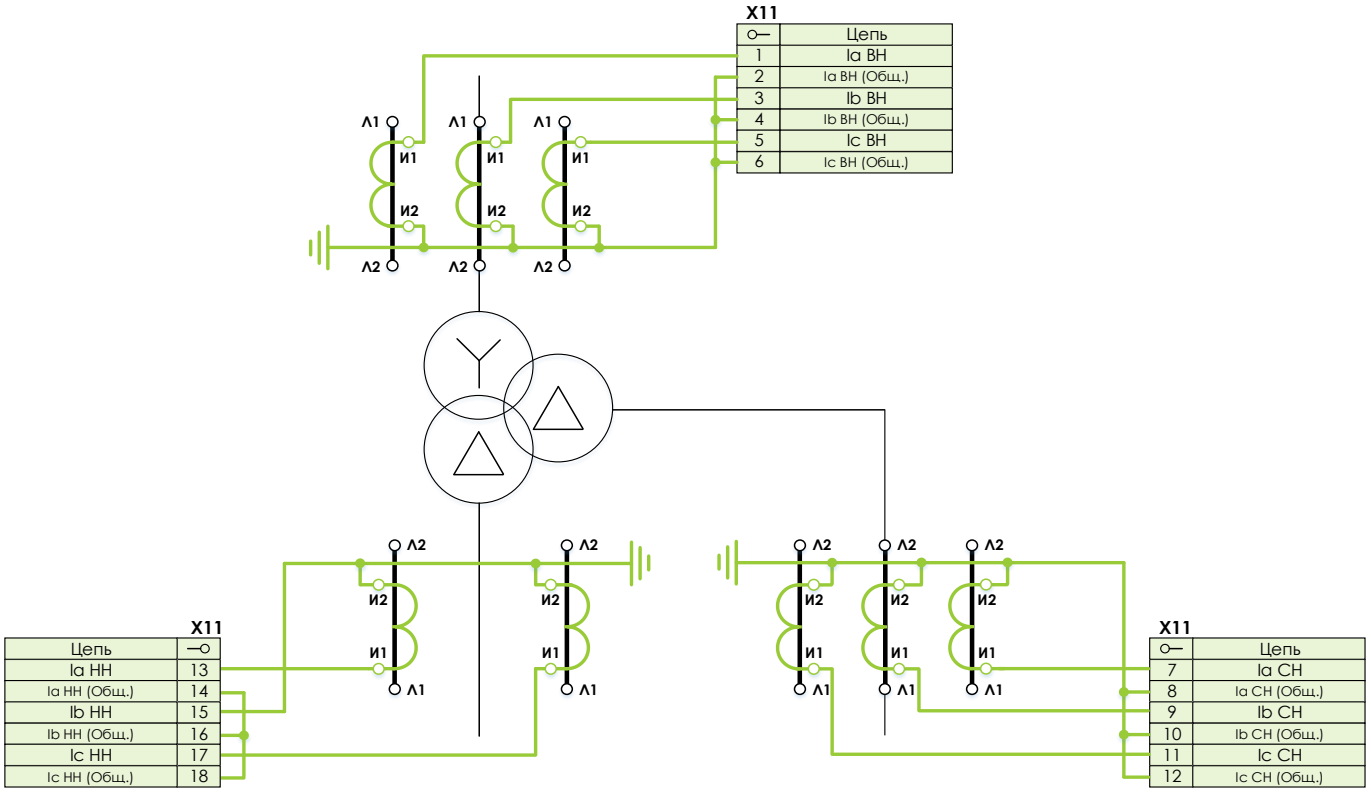
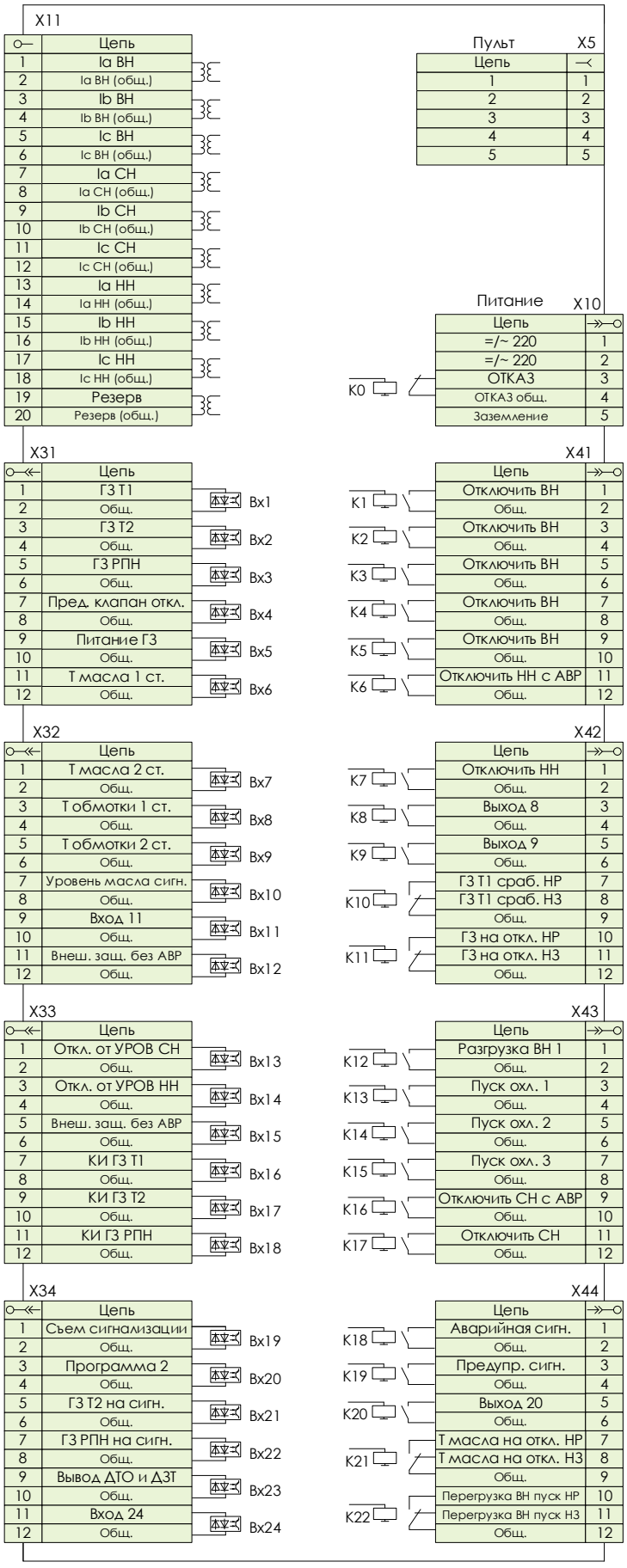


Рисунок 5.5 – Схема подключения вторичных цепей при наличии ТТ в двух фазах на стороне НН



Дискретные входы и выходы могут быть переназначены в программном обеспечении KIWI

Рисунок 5.6 – Схема электрическая подключения для типовой конфигурации

5.3 Входные сигналы

5.3.1 Настройка входных сигналов заключается в подключении дискретных входов к входным логическим сигналам алгоритмов для обеспечения функционирования данных алгоритмов.
Дискретные входы и входные логические сигналы могут быть подключены непосредственно к дискретным выходам, светодиодам пульта, а также назначены для записи в осциллограммы и журнал событий аналогично выходным логическим сигналам (п. **5.4**).

5.3.2 Подключение **дискретных входов**, **логических выходных сигналов** и сигналов **GOOSE-потока** к **входным логическим сигналам** алгоритмов выполняется во вкладке «**ВХОДЫ**» программного обеспечения **KIWI** в соответствии с тем, как это условно изображено на рисунке **5.7**.
Существует два варианта подключения, определяющие режим работы входов:

- прямое подключение (квадрат зеленого цвета) – состояние входного логического сигнала повторяет состояние дискретного входа;
- инверсное подключение (квадрат зеленого цвета с буквой **И**) – состояние входного логического сигнала противоположно состоянию дискретного входа.

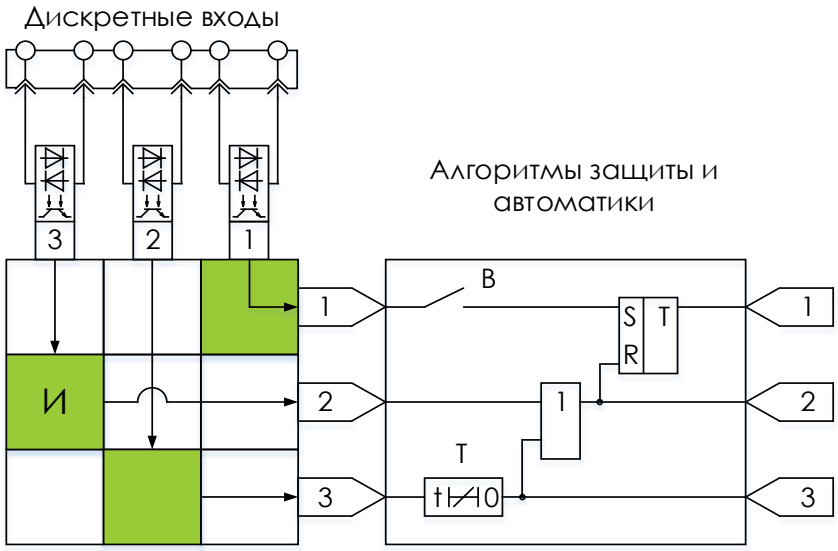


Рисунок 5.7 – Подключение дискретных входов

5.3.3 Перечень входных логических сигналов алгоритмов защиты и автоматики, доступных для настройки в программном обеспечении KIWI приведен в таблице **5.1**.
В графе «Схема» приведен номер схемы алгоритма, в котором присутствует соответствующий входной сигнал.
В графе «Подключение по умолчанию» приведены номера дискретных входов, подключенных по умолчанию в типовой конфигурации. Наличие буквы «И» означает инверсное подключение.
Заводская настройка входных сигналов любого из вариантов может быть изменена в процессе наладки устройства.

Таблица 5.1

Входной сигнал	Схема	Подключение по умолчанию	Описание
Вывод ДТО	1	23	Сигнал вывода ДТО
Вывод ДЗТ	1	23	Сигнал вывода ДЗТ
Вывод ТО ВН	3		Сигнал вывода ТО ВН
Вывод МТЗ ВН	3		Сигнал вывода МТЗ ВН
РПО ВН	3, 12		Сигнал отключенного положения выключателя ВН
РПО СН	3, 4, 12		Сигнал отключенного положения выключателя СН
РПО НН	3, 5, 12		Сигнал отключенного положения выключателя НН
ПОН МТЗ СН	3, 4		Внешний сигнал ПОН со стороны СН
ПОН МТЗ НН	3, 5		Внешний сигнал ПОН со стороны НН
Уск. МТЗ ВН	3		Сигнал оперативного ускорения МТЗ ВН
Вывод МТЗ СН	4		Сигнал вывода МТЗ СН
Уск. МТЗ СН	4		Сигнал оперативного ускорения МТЗ СН
Вывод МТЗ НН	5		Сигнал вывода МТЗ НН
Уск. МТЗ НН	5		Сигнал оперативного ускорения МТЗ НН
Вывод Перегрузка ВН	6		Сигнал вывода защиты от перегрузки стороны ВН
Вывод Перегрузка СН	6		Сигнал вывода защиты от перегрузки стороны СН
Вывод Перегрузка НН	6		Сигнал вывода защиты от перегрузки стороны НН
Вывод Перегрузка ОО	6		Сигнал вывода защиты от перегрузки общей обмотки автотрансформатора
ГЗ Т 1	7, 12	1	Сигнал срабатывания первой ступени ГЗ Т
ГЗ Т 2	7, 12	2	Сигнал срабатывания второй ступени ГЗ Т
ГЗ РПН	7, 12	3	Сигнал срабатывания ГЗ РПН
КИ ГЗ Т 1	7	16	Сигнал снижения изоляции цепей ГЗ Т первой ступени
КИ ГЗ Т 2	7	17	Сигнал снижения изоляции цепей ГЗ Т второй ступени
КИ ГЗ РПН	7	18	Сигнал снижения изоляции цепей ГЗ РПН
ГЗ Т 1 на откл.	7, 13, 14		Перевод действия ГЗ Т 1 на отключение
ГЗ Т 2 на сигнал	7, 13, 14	21	Перевод действия ГЗ Т 2 на сигнал
ГЗ РПН на сигнал	7, 13, 14	22	Перевод действия ГЗ РПН на сигнал
Питание ГЗ	7	5	Сигнал отсутствия питания цепей ГЗ
Т масла сраб.	8		Срабатывание датчика температуры масла на пуск обдува трансформатора
Т масла возвр.	8		Возврат датчика температуры масла на останов обдува трансформатора
Охл. отключено	8		Охлаждение трансформатора отключено
Откл. от ШАОТ	8		Сигнал отключения от ШАОТ

Таблица 5.1

Входной сигнал	Схема	Подключение по умолчанию	Описание
Т масла 1 ст.	9, 12	6	Предупредительный сигнал повышения температуры масла
Т масла 2 ст.	9, 12	7	Аварийный сигнал повышения температуры масла
Т обмотки 1 ст.	9, 12	8	Предупредительный сигнал повышения температуры обмотки
Т обмотки 2 ст.	9, 12	9	Аварийный сигнал повышения температуры обмотки
Уровень масла сигн.	9, 12	10	Предупредительный сигнал снижения уровня масла
Внеш. защ. без АВР	9, 12	12,15	Сигнал внешнего отключения трансформатора без АВР
Внеш. защ. с АВР	9, 12		Сигнал внешнего отключения трансформатора с АВР
Пред. клапан сигн	9, 12		Сигнализация от предохранительного клапана
Пред. клапан откл.	9, 12	4	Сигнал отключения от предохранительного клапана
Отсеч. клап. сигн.	9, 12		Сигнализация от отсечного клапана
Вывод УРОВ ВН	10		Сигнал вывода УРОВ ВН
Вывод УРОВ СН	10		Сигнал вывода УРОВ СН
РПВ ВН	10, 12		Сигнал включенного положения выключателя ВН
РПВ СН	10, 12		Сигнал включенного положения выключателя СН
Откл. от УРОВ СН	11, 13	13	Сигнал отключения от УРОВ СН
Откл. от УРОВ НН	11, 13	14	Сигнал отключения от УРОВ НН
ДУ	12		Выбор режима управления
Программа 2	12	20	Сигнал установки программы 2 с дискретного входа
Программа 1	12		Сигнал установки программы 1 с дискретного входа
На авар. сигн	13		Внешний сигнал на аварийную сигнализацию
На пред. сигн	14		Внешний сигнал на предупредительную сигнализацию
Съем сигнализации ДВ	15	19	Съем сигнализации с дискретного входа
Пуск осц. С	-		Сигнал пуска осциллографа в следящем режиме
Пуск осц. И	-		Сигнал пуска осциллографа в импульсном режиме

5.4 Выходные сигналы

5.4.1 Настройка выходных сигналов заключается в их подключении к дискретным выходам устройства и светодиодам пульта. В случае необходимости выходные логические сигналы могут быть назначены для записи в осциллограммы и журнал событий

5.4.2 Подключение выходных логических сигналов алгоритмов к дискретным выходам выполняется во вкладке «Выходы» программного обеспечения KIWI в соответствии с тем, как это условно изображено на рисунке **5.8**.

Существует два варианта подключения, определяющие режим работы выходов:

- прямое подключение (квадрат зеленого цвета) – срабатывание дискретного выхода происходит при появлении логического сигнала, возврат – при исчезновении сигнала;
- блинкерное подключение (квадрат зеленого цвета с буквой **Б**) – срабатывание дискретного выхода происходит при появлении логического сигнала, возврат осуществляется в ручном режиме путем съема сигнализации, при условии исчезновения логического сигнала, вызвавшего срабатывание.

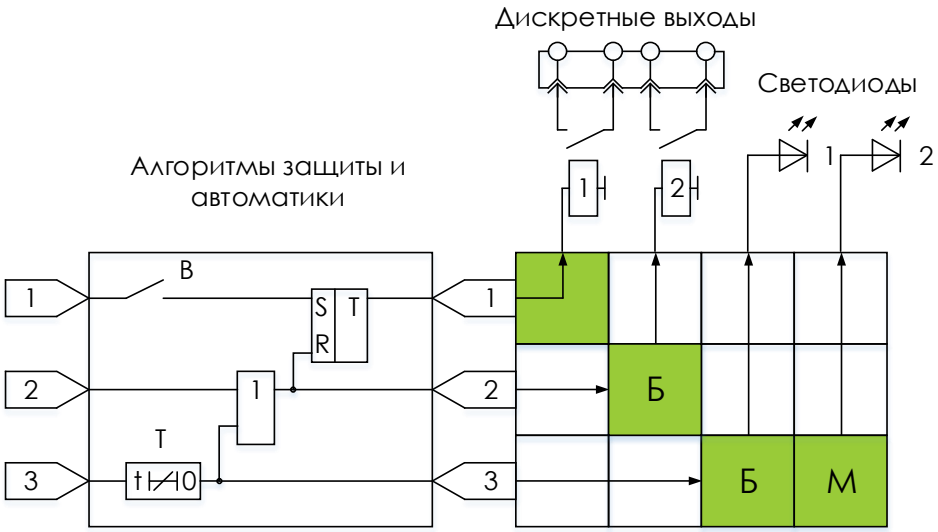


Рисунок 5.8 – Подключение дискретных выходов и светодиодов

5.4.3 Настройка работы светодиодов пульта выполняется аналогично п. **5.4.2**. Доступны три варианта подключения: прямое, блинкерное и подключение с миганием (квадрат зеленого цвета с буквой **М** на рисунке **5.8**), при котором светодиод мигает при наличии сигнала на логическом выходе.

При выборе блинкерного режима работу светодиодов дублируют электромагнитные индикаторы на лицевой панели пульта, обладающие энергонезависимой памятью сработанного состояния.

5.4.4 Перечень выходных логических сигналов алгоритмов защиты и автоматики, доступных для настройки в программном обеспечении KIWI, приведен в таблице **5.2**.

В графе «Осциллограмма» знаком 🔒 отмечены сигналы, назначенные для записи в осциллограммы на предприятии-изготовителе. Программное обеспечение KIWI позволяет расширять список регистрируемых сигналов, но не позволяет изменять заводскую настройку списка регистрируемых осциллографом сигналов.

В графе «Подключение по умолчанию» приведены номера дискретных выходов и светодиодов, подключенных по умолчанию в типовой конфигурации.

Наличие буквы «Б» означает блинкерное подключение дискретного выхода или светодиода, наличие буквы «М» - подключение светодиода с миганием.

Заводская настройка выходных сигналов может быть изменена в процессе наладки устройства.

Таблица 5.2

Выходной сигнал		ОСЦ	Подключение по умолчанию		Описание
№	Наименование		Выходы	Светодиоды	
1. Дифференциальная токовая защита (ДТО и ДЗТ)					
1.1	ДТО А сраб.	🔒			Срабатывание ДТО по фазе А
1.2	ДТО В сраб.	🔒			Срабатывание ДТО по фазе В
1.3	ДТО С сраб.	🔒			Срабатывание ДТО по фазе С
1.4	ДТО на откл.			1**Б**	Обобщенный сигнал срабатывания ДТО
1.5	ДЗТ А пуск.	🔒			Пуск ДЗТ по фазе А
1.6	ДЗТ В пуск.	🔒			Пуск ДЗТ по фазе В
1.7	ДЗТ С пуск.	🔒			Пуск ДЗТ по фазе С
1.8	ДЗТ пуск				Обобщенный сигнал пуска ДЗТ
1.9	ДЗТ А сраб.				Срабатывание ДЗТ по фазе А
1.10	ДЗТ В сраб.				Срабатывание ДЗТ по фазе В
1.11	ДЗТ С сраб.				Срабатывание ДЗТ по фазе С
1.12	ДЗТ на откл.	🔒		2**Б**	Обобщенный сигнал срабатывания ДЗТ
1.13	ИПБ 2г А	🔒			Блокирование ДЗТ фазы А по 2 гармонике
1.14	ИПБ 2г В	🔒			Блокирование ДЗТ фазы В по 2 гармонике
1.15	ИПБ 2г С	🔒			Блокирование ДЗТ фазы С по 2 гармонике
1.16	ПБ 2г	🔒			Перекрестное блокирование ДЗТ по 2 гармонике
1.17	ИПБ 5г А	🔒			Блокирование ДЗТ фазы А по 5 гармонике
1.18	ИПБ 5г В	🔒			Блокирование ДЗТ фазы В по 5 гармонике
1.19	ИПБ 5г С	🔒			Блокирование ДЗТ фазы С по 5 гармонике
1.20	ПБ 5г	🔒			Перекрестное блокирование ДЗТ по 5 гармонике
2. Сигнализация небаланса (НБ)					
2.1	НБ А сраб.	🔒			Сигнализация небаланса по фазе А
2.2	НБ В сраб.	🔒			Сигнализация небаланса по фазе В
2.3	НБ С сраб.	🔒			Сигнализация небаланса по фазе С
2.4	НБ сраб.			8**Б**	Сигнализация небаланса общая
2.5	НБ пуск				Пуск сигнализации небаланса
2.6	КЦТ А ВН сраб.				Обрыв фазы А на стороне ВН
2.7	КЦТ А СН сраб.				Обрыв фазы А на стороне СН
2.8	КЦТ А НН сраб.				Обрыв фазы А на стороне НН
2.9	КЦТ В ВН сраб.				Обрыв фазы В на стороне ВН
2.10	КЦТ В СН сраб.				Обрыв фазы В на стороне СН

Таблица 5.2

Выходной сигнал		ОСЦ	Подключение по умолчанию		Описание
№	Наименование		Выходы	Светодиоды	
2.11	КЦТ В НН сраб.				Обрыв фазы В на стороне НН
2.12	КЦТ С ВН сраб.				Обрыв фазы С на стороне ВН
2.13	КЦТ С СН сраб.				Обрыв фазы С на стороне СН
2.14	КЦТ С НН сраб.				Обрыв фазы С на стороне НН
2.15	КЦТ на сигн.				Обрыв токовых цепей на сигнал
3. Токовая отсечка и максимальная токовая защита стороны ВН (ТО и МТЗ ВН)					
3.1	ТО ВН пуск	🔒			Пуск ТО ВН
3.2	ТО ВН на откл.	🔒			Срабатывание ТО ВН
3.3	МТЗ ВН пуск	🔒			Пуск МТЗ ВН
3.4	МТЗ ВН на откл. НН	🔒			Срабатывание МТЗ на отключение НН
3.5	МТЗ ВН на откл. СН	🔒			Срабатывание МТЗ на отключение СН
3.6	МТЗ ВН на откл. Т	🔒		7**Б**	Срабатывание МТЗ на отключение Т
3.7	УМТЗ ВН на откл. Т	🔒			Срабатывание УМТЗ на отключение Т
4. Максимальная токовая защита стороны СН					
4.1	МТЗ СН пуск	🔒			Пуск МТЗ СН
4.2	МТЗ СН на откл. СН	🔒			Срабатывание МТЗ СН на отключение СН
4.3	УМТЗ СН на откл. СН	🔒			Срабатывание УМТЗ СН на отключение СН
4.4	МТЗ СН на откл. Т	🔒			Срабатывание МТЗ СН на отключение Т
5. Максимальная токовая защита стороны НН					
5.1	МТЗ НН пуск	🔒			Пуск МТЗ НН
5.2	МТЗ НН на откл. НН	🔒			Срабатывание МТЗ НН на отключение НН
5.3	УМТЗ НН на откл. НН	🔒			Срабатывание УМТЗ НН на отключение НН
5.4	МТЗ НН на откл. Т	🔒			Срабатывание МТЗ НН на отключение Т
6. Защита от перегрузки (ЗП)					
6.1	Перегрузка ВН пуск	🔒	22	9**М**	Пуск сигнализации перегрузки ВН
6.2	Перегрузка ВН	🔒			Срабатывание сигнализации перегрузки ВН
6.3	Перегрузка ВН на откл.	🔒			Срабатывание перегрузки ВН на отключение
6.4	Разгрузка ВН 1	🔒	12		Срабатывание первой очереди разгрузки ВН
6.5	Разгрузка ВН 2	🔒			Срабатывание второй очереди разгрузки ВН
6.6	Перегрузка СН пуск	🔒			Пуск сигнализации перегрузки СН
6.7	Перегрузка СН	🔒			Срабатывание сигнализации перегрузки СН

Таблица 5.2

Выходной сигнал		ОСЦ	Подключение по умолчанию		Описание
№	Наименование		Выходы	Светодиоды	
6.8	Перегрузка СН на откл.	🔒			Срабатывание перегрузки СН на отключение
6.9	Разгрузка СН 1	🔒			Срабатывание первой очереди разгрузки СН
6.10	Разгрузка СН 2	🔒			Срабатывание второй очереди разгрузки СН
6.11	Перегрузка НН пуск	🔒			Пуск сигнализации перегрузки НН
6.12	Перегрузка НН	🔒			Срабатывание сигнализации перегрузки НН
6.13	Перегрузка НН на откл.	🔒			Срабатывание перегрузки НН на отключение
6.14	Разгрузка НН 1	🔒			Срабатывание первой очереди разгрузки НН
6.15	Разгрузка НН 2	🔒			Срабатывание второй очереди разгрузки НН
6.16	Перегрузка ОО пуск	🔒			Пуск сигнализации перегрузки ОО
6.17	Перегрузка ОО	🔒			Срабатывание сигнализации перегрузки ОО
6.18	Перегрузка ОО на откл.	🔒			Срабатывание перегрузки ОО на отключение
6.19	Разгрузка ОО 1	🔒			Срабатывание первой очереди разгрузки ОО
6.20	Разгрузка ОО 2	🔒			Срабатывание второй очереди разгрузки ОО
7. Газовая защита трансформатора и РПН (ГЗ)					
7.1	ГЗ Т 1 сраб.	🔒	10	**3Б**	Срабатывание первой ступени ГЗ Т
7.2	ГЗ Т 1 неиспр.	🔒			Снижение изоляции цепей первой ступени ГЗ
7.3	ГЗ Т 2 сраб.	🔒		**4Б**	Срабатывание второй ступени ГЗ Т
7.4	ГЗ Т 2 неиспр.	🔒			Снижение изоляции цепей второй ступени ГЗ
7.5	ГЗ РПН сраб.	🔒		**5Б**	Срабатывание ГЗ РПН
7.6	ГЗ РПН неиспр.	🔒			Снижение изоляции цепей ГЗ РПН
7.7	ГЗ на откл.	🔒	11		Срабатывание ГЗ на отключение
7.8	ГЗ неисправность	🔒			Исчезновение питания цепей ГЗ
8. Пуск охлаждения и защита от потери охлаждения (ПО, ЗПО)					
8.1	Высокая Т масла				Высокая температура масла
8.2	Пуск. охл. 1		13	10	Пуск охлаждения первой ступени
8.3	Пуск. охл. 2		14	11	Пуск охлаждения второй ступени
8.4	Пуск. охл. 3		15	12	Пуск охлаждения третьей ступени
8.5	ЗПО пуск	🔒		13**М**	Пуск ЗПО
8.6	ЗПО 1 сраб.				Срабатывания 1 ступени ЗПО
8.7	ЗПО 2 сраб.				Срабатывания 2 ступени ЗПО
8.8	ЗПО 3 сраб.				Срабатывания 3 ступени ЗПО
8.9	ЗПО 4 сраб.				Срабатывания 4 ступени ЗПО
8.10	ЗПО на откл.			**6Б**	Срабатывание ЗПО на отключение

Таблица 5.2

Выходной сигнал		ОСЦ	Подключение по умолчанию		Описание
№	Наименование		Выходы	Светодиоды	
9. Внешние защиты и сигнализация (ВЗ, ВС)					
9.1	Т масла на сигн.	🔒			Повышение температуры масла на сигнал
9.2	Т масла на откл.	🔒	21		Повышение температуры масла на отключение
9.3	Т обмотки на сигн.	🔒			Повышение температуры обмотки на сигнал
9.4	Т обмотки на откл.	🔒			Повышение температуры обмотки на отключение
9.5	УМ на сигн.	🔒			Снижение уровня масла на сигнал
9.6	ВЗ без АВР на откл.	🔒			Сигнал внешнего отключения трансформатора без АВР
9.7	ВЗ с АВР на откл.	🔒			Сигнал внешнего отключения трансформатора с АВР
9.8	ПК на сигн.	🔒			Предохранительный клапан на сигнал
9.9	ПК на откл.	🔒			Предохранительный клапан на отключение
9.10	ОК на сигн.	🔒			Отсечной клапан на сигнал
10. УРОВ					
10.1	УРОВ ВН сраб.	🔒			Срабатывание УРОВ ВН
10.2	РТ УРОВ ВН	🔒			Срабатывание реле контроля тока ВН
10.3	УРОВ СН сраб.	🔒			Срабатывание УРОВ СН
10.4	РТ УРОВ СН	🔒			Срабатывание реле контроля тока СН
11. Отключение					
11.1	Отключить ВН	🔒	1,2,3,4 ,5		Отключение на выключатель стороны ВН (сигнал на реле)
11.2	Отключить СН	🔒	17		Отключение на выключатель стороны СН (сигнал на реле)
11.3	Отключить СН с АВР	🔒	16		Отключение СН с пуском АВР
11.4	Отключить СН с АПВ	🔒			Отключение СН с пуском АПВ
11.5	Отключить НН	🔒	7		Отключение на выключатель стороны НН (сигнал на реле)
11.6	Отключить НН с АВР	🔒	6		Отключение НН с пуском АВР
11.7	Отключить НН с АПВ	🔒			Отключение НН с пуском АПВ
11.8	Закрытие ОК				Сигнал на закрытие отсечного клапана
11.9	Запрет АВР СН	🔒			Сигнал запрета АВР СН
11.10	Запрет АВР НН	🔒			Сигнал запрета АВР НН
11.11	Пуск АВР НН (СН)				Внутренний сигнал пуска АВР

Таблица 5.2

Выходной сигнал		ОСЦ	Подключение по умолчанию		Описание
№	Наименование		Выходы	Светодиоды	
11.12	Запрет АВР НН (СН)				Внутренний сигнал запрета АВР
11.13	Пуск УРОВ ВН				Внутренний сигнал пуска УРОВ ВН
11.14	Пуск УРОВ СН				Внутренний сигнал пуска УРОВ СН
12. Смена программ уставок					
12.1	Пр. уставок 2	🔒		14	Действует вторая программа уставок
12.2	Пр. уставок 1	🔒			Действует первая программа уставок
12.3	Пр. уст. по ДВ				Режим смены программы уставок с дискретных входов
12.4	Пр. уст. из АСУ				Режим смены программы уставок из АСУ
12.5	Пр. уст. с ПУ				Режим смены программы уставок с пульта
12.6	Пуск защит				Обобщенный сигнал пуска защит блока
12.7	Блок. смены. пр. уст.				Сигнал блокирования смены программы уставок
13. Аварийная сигнализация					
13.1	Аварийная сигн.		18		Аварийная сигнализация
13.2	ДТО отключение				Сигнализация отключения от ДТО
13.3	ДЗТ отключение				Сигнализация отключения от ДЗТ
13.4	ТО ВН отключение				Сигнализация отключения от ТО ВН
13.5	МТЗ ВН откл. НН				Сигнализация отключения НН от МТЗ ВН
13.6	МТЗ ВН откл. СН				Сигнализация отключения СН от МТЗ ВН
13.7	МТЗ ВН откл. Т				Сигнализация отключения Т от МТЗ ВН
13.8	УМТЗ ВН откл. Т				Сигнализация отключения Т от УМТЗ ВН
13.9	МТЗ СН откл. СН				Сигнализация отключения СН от МТЗ СН
13.10	УМТЗ СН откл. СН				Сигнализация отключения СН от УМТЗ СН
13.11	МТЗ СН откл. Т				Сигнализация отключения Т от МТЗ СН
13.12	МТЗ НН откл. НН				Сигнализация отключения НН от МТЗ НН
13.13	УМТЗ НН откл. НН				Сигнализация отключения НН от УМТЗ НН
13.14	МТЗ НН откл. Т				Сигнализация отключения Т от МТЗ НН
13.15	Перегрузка откл. ВН				Сигнализация отключения по перегрузке ВН
13.16	Перегрузка откл. СН				Сигнализация отключения по перегрузке СН
13.17	Перегрузка откл. НН				Сигнализация отключения по перегрузке НН
13.18	Перегрузка ОО откл.				Сигнализация отключения по перегрузке ОО
13.19	ГЗ Т1 отключение				Сигнализация отключения от ГЗ 1

Таблица 5.2

Выходной сигнал		ОСЦ	Подключение по умолчанию		Описание
№	Наименование		Выходы	Светодиоды	
13.20	ГЗ Т2 отключение				Сигнализация отключения от ГЗ 2
13.21	ГЗ РПН отключение				Сигнализация отключения от ГЗ РПН
13.22	ЗПО отключение				Сигнализация отключения от ЗПО
13.23	ВЗ – Темпер. Масла				Сигнализация отключения при повышении температуры масла
13.24	ВЗ – Темпер. Обмотки				Сигнализация отключения при повышении температуры обмотки
13.25	ВЗ – Откл. Т				Сигнализация отключения от внешнего сигнала
13.26	ВЗ – Откл. Т с АВР				Сигнализация отключения от внешнего сигнала с АВР
13.27	ВЗ – Пред. клапан				Сигнализация отключения по сигналу предохранительный клапана
13.28	ВЗ – УРОВ СН				Сигнализация отключения от УРОВ СН
13.29	ВЗ – УРОВ НН				Сигнализация отключения от УРОВ НН
13.30	Авар. сигн. доп				Сигнализация отключения, настраиваемая пользователем
14. Предупредительная сигнализация					
14.1	Предупр. сигн.		19		Предупредительная сигнализация
14.2	Небаланс токов				Сигнализация небаланса токов сторон
14.3	Перегрузка ВН сигн				Сигнализация перегрузки ВН
14.4	Разгрузка ВН 1 сигн				Сигнализация разгрузки ВН 1 ступени
14.5	Разгрузка ВН 2 сигн				Сигнализация разгрузки ВН 2 ступени
14.6	Перегрузка СН сигн				Сигнализация перегрузки СН
14.7	Разгрузка СН 1 сигн				Сигнализация разгрузки СН 1 ступени
14.8	Разгрузка СН 2 сигн				Сигнализация разгрузки СН 2 ступени
14.9	Перегрузка НН сигн				Сигнализация перегрузки НН
14.10	Разгрузка НН 1 сигн				Сигнализация разгрузки НН 1 ступени
14.11	Разгрузка НН 2 сигн				Сигнализация разгрузки НН 2 ступени
14.12	Перегрузка ОО сигн				Сигнализация перегрузки ОО
14.13	Разгрузка ОО 1 сигн				Сигнализация разгрузки ОО 1 ступени

Таблица 5.2

Выходной сигнал		ОСЦ	Подключение по умолчанию		Описание
№	Наименование		Выходы	Светодиоды	
14.14	Разгрузка ОО 2 сигн				Сигнализация разгрузки ОО 2 ступени
14.15	ГЗ Т1 сигнал				Сигнализация ГЗ 1
14.16	ГЗ Т2 сигнал				Сигнализация ГЗ 2
14.17	ГЗ РПН сигнал				Сигнализация ГЗ РПН
14.18	ГЗ Т1 неисправ.				Сигнализация неисправности ГЗ 1
14.19	ГЗ Т2 неисправ.				Сигнализация неисправности ГЗ 2
14.20	ГЗ РПН неисправ.				Сигнализация неисправности ГЗ РПН
14.21	ГЗ неисправ. пит.				Сигнализация неисправности питания ГЗ
14.22	ВС – Темпер. масла				Сигнализация повышения температуры масла трансформатора
14.23	ВС – Темпер. обмотки				Сигнализация повышения температуры обмотки трансформатора
14.24	ВС – Пред. Клапан				Сигнализация от предохранительного клапана
14.25	ВС – Отсеч. Клапан				Сигнализация от отсечного клапана
14.26	ВС – Уровень масла				Сигнализация снижения уровня масла трансформатора
14.27	УРОВ ВН				Сигнализация срабатывания УРОВ ВН
14.28	УРОВ СН				Сигнализация срабатывания УРОВ СН
14.29	Предупр. сигн.				Предупредительная сигнализация, настраиваемая пользователем
14.30	Алтей неисправен				Сигнализация неисправности Алтей
14.31	Обрыв ТЦ				Сигнализация обрыва токовых цепей
15. Съем сигнализации					
15.1	Съем сигнализации				Сигнал съема сигнализации

5.5 Уставки

5.5.1 Перечень уставок алгоритмов защиты и автоматики приведен в таблице **5.3**.
В устройстве предусмотрены две программы для всех уставок, за исключением уставок из групп «Параметры защищаемого трансформатора» и «Коэффициенты трансформации». Начальные значения, приведенные в таблице, одинаковы для обеих программ уставок.

5.5.2 Уставки из раздела «Параметры защищаемого трансформатора» следует задавать в первичных величинах.
Уставки из раздела ДТО, ДЗТ и НБ следует задавать в безразмерных величинах относительно номинального тока защищаемого объекта.
В остальных случаях, если отдельно не оговорено, задание уставок следует выполнять во вторичных величинах.

Таблица 5.3

Уставка		Значение					Описание
		Начальное	Мин.	Макс.	Шаг	коэф возвр	
Параметры защищаемого объекта							
Объект	-	0	0	2	1	-	Тип защищаемого объекта (0 – трансформатор, 1- реактор, 2 – ошиновка)
Тип	-	4	0	5	1	-	Группа соединения обмоток: 0 – Y/Y/Y -0 -0; 1 – Y/Y/Δ -0 -1; 2 – Y/Y/Δ -0 -11; 3 – Y/Δ/Δ -1 -1; 4 – Y/Δ/Δ -11 -11; 5 – Δ/Δ/Δ -0 -0.
Sн	кВА	63 000	1 000	1 000 000	1	-	Номинальная мощность трансформатора
Uн ВН	кВ	115	0,4	242	0,1	-	Номинальное напряжение стороны ВН
Uн СН	кВ	38,5	0,4	242	0,1	-	Номинальное напряжение стороны СН
Uн НН	кВ	6,6	0,4	242	0,1	-	Номинальное напряжение стороны НН
Коэффициенты трансформации							
Iн ТТ ВН п	А	600	1	20 000	1	-	Номинальный первичный ток ТТ ВН
Iн ТТ СН п	А	1 000	1	20 000	1	-	Номинальный первичный ток ТТ СН
Iн ТТ НН п	А	5 000	1	20 000	1	-	Номинальный первичный ток ТТ НН
Iн ТТ ВН В	А	5	1 или 5			-	Номинальный вторичный ток ТТ ВН
Iн ТТ СН В	А	1	1 или 5			-	Номинальный вторичный ток ТТ СН
Iн ТТ НН В	А	1	1 или 5			-	Номинальный вторичный ток ТТ НН
1. Дифференциальная токовая защита (ДТО и ДЗТ)							
B001	-	0	0 или 1			-	ДТО (0–выведена/1–введена)
Iдто	о.е.	5	3	20	0,01	0,9	Ток срабатывания ДТО
Tдто	с	0	0	0,1	0,01	0,1	Задержка на срабатывание ДТО

Таблица 5.3

Уставка		Значение					Описание
		Начальное	Мин.	Макс.	Шаг	коэф возвр	
B007	-	0	0	1	1	-	Ввод блокирования ДТО по 2 гармонике
B008	-	0	0	1	1	-	Ввод блокирования ДТО при обрыве цепей тока
B002	-	0	0 или 1			-	ДЗТ (0–выведена/1–введена)
Iдзт	о.е.	0,3	0,2	1,5	0,01	0,9	Начальный ток срабатывания ДЗТ
Iторм1	о.е.	0,5	0,5	1,5	0,01	-	Ток начала торможения первого участка ДЗТ
kторм1	-	0,4	0,2	0,7	0,01	-	Коэффициент торможения первого участка ДЗТ
Iторм2	о.е.	1,5	1	3	0,01	-	Ток начала торможения второго участка ДЗТ
kторм2	-	0,6	0,4	1,5	0,01	-	Коэффициент торможения второго участка ДЗТ
ИПБ 2г	о.е.	0,15	0,1	0,4	0,01	1	Уставка отношения дифференциального тока 2 гармоники к дифференциальному току 1 гармоники
Тдзт	с	0	0	0,1	0,01	-	Задержка на срабатывание ДЗТ
B003	-	0	0 или 1			-	Перекрестное блокирование по 2 гармонике (0–выведено/1–введено)
Тпб 2г	с	1	0	4	0,01	-	Максимальная длительность перекрестного блокирования по 2 гармонике
B004	-	0	0 или 1			-	Блокирование по 5 гармонике (0–выведено/1–введено)
ИПБ 5г	о.е.	0,3	0,1	0,4	0,01	1	Уставка отношения дифференциального тока 5 гармоники к дифференциальному току 1 гармоники
B005	-	0	0 или 1			-	Перекрестное блокирование по 5 гармонике (0–выведено/1–введено)
Тпб 5г	с	1	0	4	0,01	-	Максимальная длительность перекрестного блокирования по 5 гармонике
B006	-	0	0	1	1	-	Ввод блокирования ДЗТ при обрыве цепей тока
Iнасыщ	о.е.	2	1	4	0,01	1	Кратность насыщения ТТ
B009	-	0	0	1	1	-	Перевод ДЗТ на работу по мгновенным значениям (0–выведено/1–введено)
kбезусл	-	1,8	1,4	1,9	0,01	-	Коэффициент торможения зоны безусловного срабатывания
2. Сигнализация небаланса (НБ)							
B010	-	1	0 или 1			-	Сигнализация небаланса (0–выведена/1–введена)
Iнб	о.е.	0,2	0,1	1	0,01	0,9	Ток срабатывания сигнализации небаланса
Тнб	с	5	0,1	10	0,01	-	Задержка сигнализации небаланса
B011	-	0	0	1	1	-	Ввод контроля цепей тока
Ткцт	с	5	0	10	0,01	-	Задержка сигнализации обрыва цепей тока

Таблица 5.3

Уставка		Значение					Описание
		Начальное	Мин.	Макс.	Шаг	коэф возвр	
3. Токовая отсечка и максимальная токовая защита стороны ВН (ТО и МТЗ ВН)							
В101	-	0	0 или 1			-	ТО (0–выведена/1–введена)
Iто ВН	А	5	1	400	0,01	0,95	Ток срабатывания ТО ВН
Тто ВН	с	0	0	1	0,01	-	Задержка на срабатывание ТО ВН
В102	-	0	0 или 1			-	МТЗ ВН (0–выведена/1–введена)
В104	-	0	0 или 1			-	Ввод пуска по напряжению МТЗ ВН (0–выведена/1–введена)
В106	-	0	0 или 1			-	Ввод ускорения МТЗ ВН при включении ВН (0–выведена/1–введена)
В107	-	0	0 или 1			-	Ввод ускорения МТЗ ВН на холостом ходу (0–выведена/1–введена)
Iмтз ВН	А	5	0,1	100	0,01	0,95	Ток срабатывания МТЗ ВН
Тмтз ВН-НН	с	1	0	10	0,01	-	Задержка на срабатывание МТЗ ВН на отключение НН
Тмтз ВН-СН	с	1	0	10	0,01	-	Задержка на срабатывание МТЗ ВН на отключение СН
Тмтз ВН	с	1	0	10	0,01	-	Задержка на срабатывание МТЗ ВН на отключение Т
Тумтз ВН	с	0,5	0	1	0,01	-	Задержка на срабатывание ускоренной МТЗ ВН
4. Максимальная токовая защита стороны СН (МТЗ СН)							
В121	-	0	0 или 1			-	Ввод МТЗ СН (0–выведена/1–введена)
В124	-	0	0 или 1			-	Ввод пуска по напряжению МТЗ СН (0–выведена/1–введена)
Iмтз СН	А	5	0,1	100	0,01		Ток срабатывания МТЗ СН
Тмтз СН	с	1	0	10	0,01	-	Задержка срабатывания МТЗ СН на отключение СН
В126	-	0	0 или 1			-	Ввод ускорения МТЗ СН при включении СН (0–выведено/1–введено)
Тумтз СН	с	0,1	0	1	0,01	-	Задержка срабатывания ускоренной МТЗ СН
В128	-	0	0 или 1			-	Ввод отключения Т от МТЗ СН (0–выведено/1–введено)
dТмтз СН	с	0,3	0	1	0,01	-	Задержка отключения Т после срабатывания МТЗ СН
5. Максимальная токовая защита стороны НН (МТЗ НН)							
В111	-	0	0 или 1			-	Ввод МТЗ НН (0–выведена/1–введена)
В114	-	0	0 или 1			-	Ввод пуска по напряжению МТЗ НН (0–выведена/1–введена)
Iмтз НН	А	5	0,1	100	0,01		Ток срабатывания МТЗ НН
Тмтз НН	с	1	0	10	0,01	-	Задержка срабатывания МТЗ НН на отключение НН

Таблица 5.3

Уставка		Значение					Описание
		Начальное	Мин.	Макс.	Шаг	коэф возвр	
В116	-	0		0 или 1		-	Ввод ускорения МТЗ НН при включении НН (0–выведено/1–введено)
Тумтз НН	с	0,1	0	1	0,01	-	Задержка срабатывания ускоренной МТЗ НН
В118	-	0		0 или 1		-	Ввод отключения Т от МТЗ НН (0–выведено/1–введено)
dTмтз НН	с	0,3	0	1	0,01	-	Задержка отключения Т после срабатывания МТЗ НН
6. Защита от перегрузки (ЗП)							
В131-ВН	-	0		0 или 1		-	Ввод ЗП ВН (0–выведена/1–введена)
Iзп ВН	А	5	0,1	100	0,01	0,95	Ток срабатывания ЗП ВН
Тзп ВН	с	9	1	180	0,01	-	Задержка срабатывания ЗП ВН
В132-ВН	-	0		0 или 1		-	Ввод действия ЗП ВН на отключение Т (0–выведено/1–введено)
Тзп ВН откл	с	600	0	600	1	-	Задержка отключения Т после срабатывания ЗП ВН
В133-ВН	-	0		0 или 1		-	Ввод первой очереди разгрузки Т (0–выведена/1–введена)
Тразгр ВН 1	с	300	0	600	1	-	Задержка срабатывания первой очереди разгрузки Т
В134-ВН	-	0		0 или 1		-	Ввод второй очереди разгрузки Т (0–выведена/1–введена)
Тразгр ВН 2	с	330	0	600	1	-	Задержка срабатывания второй очереди разгрузки Т
В131-СН	-	0		0 или 1		-	Ввод ЗП СН (0–выведена/1–введена)
Iзп СН	А	5	0,1	100	0,01	0,95	Ток срабатывания ЗП СН
Тзп СН	с	9	1	180	0,01	-	Задержка срабатывания ЗП СН
В132-СН	-	0		0 или 1		-	Ввод действия ЗП СН на отключение СН (0–выведено/1–введено)
Тзп СН откл	с	600	0	600	1	-	Задержка отключения СН после срабатывания ЗП СН
В133-СН	-	0		0 или 1		-	Ввод первой очереди разгрузки СН (0–выведена/1–введена)
Тразгр СН 1	с	300	0	600	1	-	Задержка срабатывания первой очереди разгрузки СН
В134-СН	-	0		0 или 1		-	Ввод второй очереди разгрузки СН (0–выведена/1–введена)
Тразгр СН 2	с	330	0	600	1	-	Задержка срабатывания второй очереди разгрузки СН
В131-НН	-	0		0 или 1		-	Ввод ЗП НН (0–выведена/1–введена)
Iзп НН	А	5	0,1	100	0,01	0,95	Ток срабатывания ЗП НН
Тзп НН	с	9	1	180	0,01	-	Задержка срабатывания ЗП НН

Таблица 5.3

Уставка		Значение					Описание
		Начальное	Мин.	Макс.	Шаг	коэф возвр	
В132-НН	-	0	0 или 1			-	Ввод действия ЗП НН на отключение НН (0–выведено/1–введено)
Тзп НН откл	с	600	0	600	1	-	Задержка отключения НН после срабатывания ЗП НН
В133-НН	-	0	0 или 1			-	Ввод первой очереди разгрузки НН (0–выведена/1–введена)
Тразгр НН 1	с	300	0	600	1	-	Задержка срабатывания первой очереди разгрузки НН
В134-НН	-	0	0 или 1			-	Ввод второй очереди разгрузки НН (0–выведена/1–введена)
Тразгр НН 2	с	330	0	600	1	-	Задержка срабатывания второй очереди разгрузки НН
В131-ОО	-	0	0 или 1			-	Ввод ЗП общей обмотки (0–выведена/1–введена)
Iзп ОО	А	5	0,1	100	0,01	0,95	Ток срабатывания ЗП общей обмотки АТ
Тзп ОО	с	9	1	180	0,01	-	Задержка срабатывания ЗП общей обмотки АТ
В132-ОО	-	0	0 или 1			-	Ввод действия ЗП ОО на отключение АТ (0–выведено/1–введено)
Тзп ОО откл	с	600	0	600	1	-	Задержка отключения АТ после срабатывания ЗП ОО
В133-ОО	-	0	0 или 1			-	Ввод первой очереди разгрузки АТ (0–выведена/1–введена)
Тразгр ОО 1	с	300	0	600	1	-	Задержка срабатывания первой очереди разгрузки АТ
В134-ОО	-	0	0 или 1			-	Ввод второй очереди разгрузки АТ (0–выведена/1–введена)
Тразгр ОО 2	с	330	0	600	1	-	Задержка срабатывания второй очереди разгрузки АТ
7. Газовая защита трансформатора и РПН (ГЗ)							
Тгз 1	с	0	0	10	0,01	-	Задержка на срабатывание первой ступени ГЗ
Тгз 2	с	0	0	10	0,01	-	Задержка на срабатывание второй ступени ГЗ
Тгз рпн	с	0	0	10	0,01	-	Задержка на срабатывание ГЗ РПН
В201	-	0	0 или 1			-	Контроль изоляции первой ступени ГЗ Т (0–выведен/1–введен)
В202	-	0	0 или 1			-	Контроль изоляции второй ступени ГЗ Т (0–выведен/1–введен)
В203	-	0	0 или 1			-	Контроль изоляции ГЗ РПН (0–выведен/1–введен)
Тки гз	с	1	0	10	0,01	-	Задержка срабатывания контроля изоляции
Тгз сигн	с	1	0	60	0,01	-	Задержка сигнализации потери питания шинок ГЗ

8. Пуск охлаждения и защита от потери охлаждения (ПО, ЗПО)							
В211	-	0		0 или 1		-	1 ступень ПО (0–выведена/1–введена)
В214	-	0		0 или 1		-	Контроль тока 1 ступени ПО (0–выведен/1–введен)
В219	-	0		0 или 1		-	Контроль температуры масла (0–по двум входам/1–по одному входу)
Iпо 1	А	5	0,1	25	0,01	0,95	Ток пуска охлаждения первой ступени
Тпо 1	с	1	0	60	0,01	-	Задержка пуска охлаждения первой ступени
В212	-	0		0 или 1		-	2 ступень ПО (0–выведена/1–введена)
Iпо 2	А	5	0,1	25	0,01	0,95	Ток пуска охлаждения второй ступени
Тпо 2	с	1	0	60	0,01	-	Задержка пуска охлаждения второй ступени
В213	-	0		0 или 1		-	3 ступень ПО (0–выведена/1–введена)
Iпо 3	А	5	0,1	25	0,01	0,95	Ток пуска охлаждения третьей ступени
Тпо 3	с	1	0	60	0,01	-	Задержка пуска охлаждения третьей ступени
В215	-	0		0 или 1		-	1 ступень ЗПО (0–выведена/1–введена)
Тзпо 1	мин	10	1	60	1	-	Задержка срабатывания первой ступени ЗПО
В216	-	0		0 или 1		-	2 ступень ЗПО (0–выведена/1–введена)
Тзпо 2	мин	10	1	60	1	-	Задержка срабатывания второй ступени ЗПО
В217	-	0		0 или 1		-	3 ступень ЗПО (0–выведена/1–введена)
Тзпо 3	мин	10	1	60	1	-	Задержка срабатывания третьей ступени ЗПО
В218	-	0		0 или 1		-	4 ступень ЗПО (0–выведена/1–введена)
Тзпо 4	мин	10	1	60	1	-	Задержка срабатывания четвертой ступени ЗПО
Тзпо пуск	с	5	0	60	0,01	-	Задержка сигнализации пуска ЗПО
9. Внешние защиты и сигнализация (ВЗ, ВС)							
Т вс тм	с	0	0	60	0,01	-	Задержка предупредительной сигнализации повышения температуры масла
Т вз тм	с	0	0	60	0,01	-	Задержка отключения при аварийном повышении температуры масла
Т вс то	с	0	0	60	0,01	-	Задержка предупредительной сигнализации повышения температуры обмотки
Т вз то	с	0	0	60	0,01	-	Задержка отключения при аварийном повышении температуры обмотки
Т вс ум	с	0	0	60	0,01	-	Задержка предупредительной сигнализации снижения уровня масла
Т вз	с	0	0	60	0,01	-	Задержка отключения от внешней защиты
Т вз авр	с	0	0	60	0,01	-	Задержка отключения от внешней защиты с пуском АВР

Т вс пк	с	0	0	60	0,01	-	Задержка предупредительной сигнализации предохранительного клапана
Т вз пк	с	0	0	60	0,01	-	Задержка отключения от предохранительного клапана
Т вс ок	с	0	0	60	0,01	-	Задержка предупредительной сигнализации отсечного клапана
10. УРОВ							
В301	-	0	0 или 1			-	Ввод УРОВ ВН (0–выведен/1–введен)
Iуров ВН	А	0,5	0,1	5	0,01	0,95	Ток пуска УРОВ ВН
Туров ВН	с	0,2	0,1	1	0,01	-	Задержка на срабатывание УРОВ ВН
В302	-	0	0 или 1			-	Дублированный пуск УРОВ ВН (0–выведен/1–введен)
В305	-	0	0 или 1			-	Ввод УРОВ СН (0–выведен/1–введен)
Iуров СН	А	0,5	0,1	5	0,01	0,95	Ток пуска УРОВ СН
Туров СН	с	0,2	0,1	1	0,01	-	Задержка на срабатывание УРОВ СН
В306	-	0	0 или 1			-	Дублированный пуск УРОВ СН (0–выведен/1–введен)
В307	-	0	0 или 1			-	Контроль тока/РПО для УРОВ ВН (0 – контроль тока / 1 – контроль РПО)
В308	-	0	0 или 1			-	Контроль тока/РПО для УРОВ СН (0 – контроль тока / 1 – контроль РПО)
11. Отключение							
Ток	с	0	0	10	0,01	-	Задержка команды закрытия отсечного клапана
12. Смена программ уставок							
В881	-	0	0 или 1			-	Выбор программы уставок с двух входов (0–выведен/1–введен)
Тпр 1	с	0	0	10	0,01	-	Задержка возврата на первую программу уставок
13. Сигнализация аварийная							
Тас доп	с	0	0	60	0,01	-	Задержка аварийной сигнализации программируемого сигнала
14. Сигнализация предупредительная							
В851	-	0	0 или 1			-	Ввод последовательного съема аварийной и предупредительной сигнализации (0–выведен/1–введен)
Тпс доп	с	0	0	60	0,01	-	Задержка предупредительной сигнализации программируемого сигнала
50. Гибкая логика							
I ВН макс 1	А	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны ВН №1
I ВН макс 2	А	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны ВН №2
I ВН макс 3	А	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны ВН №3

I ВН мин 1	A	0,5	0,25	10	0,01	1,05	Уставка минимального тока стороны ВН
I СН макс 1	A	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны СН №1
I СН макс 2	A	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны СН №2
I СН макс 3	A	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны СН №3
I СН мин 1	A	0,5	0,25	10	0,01	1,05	Уставка минимального тока стороны СН
I НН макс 1	A	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны НН №1
I НН макс 2	A	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны НН №2
I НН макс 3	A	5	1	100	0,01	0,95	Уставка максимального тока стороны НН №3
I НН мин 1	A	0,5	0,25	10	0,01	1,05	Уставка минимального тока стороны НН

5.5.3 Определенные комбинации уставок запрещены для записи в устройство. Запрещенные для записи комбинации приведены в таблице **5.4**.

Если при попытке записи уставки возникает запрещенная комбинация, то запись не будет выполнена и будет выдано сообщение об ошибке на дисплее ПУ или в программе KIWI.

Таблица 5.4

Описание	Уставки	Запрещенная комбинация
Ошибка: **Номинальный ток стороны ВН превышает максимальное значение для выбранного диапазона измерений.** **Решение:** **Проверьте корректность задания уставок: параметры трансформатора, коэффициент трансформации ТТ, диапазоны измерения**	Iном ВН	Iном ВН > 4* Iн ТТ ВН в (В случае ручного выбора диапазона измерений каналов тока стороны ВН вместо «Iн ТТ ВН в» используется номинальное значение используемого диапазона измерений – 5 А или 1 А)
	Iн ТТ ВН в	
Ошибка: **Номинальный ток стороны ВН ниже минимального значения для выбранного диапазона измерений** **Решение:** **Проверьте корректность задания уставок: параметры трансформатора, коэффициент трансформации ТТ, диапазоны измерения**	Iном ВН	Iном ВН < 0,1* Iн ТТ ВН в (В случае ручного выбора диапазона измерений каналов тока стороны ВН вместо «Iн ТТ ВН в» используется номинальное значение используемого диапазона измерений – 5 А или 1 А)
	Iн ТТ ВН в	
Ошибка: **Номинальный ток стороны СН превышает максимальное значение для выбранного диапазона измерений** **Решение:** **Проверьте корректность задания уставок: параметры трансформатора, коэффициент трансформации ТТ, диапазоны измерения**	Iном СН	Iном СН > 4* Iн ТТ СН в (В случае ручного выбора диапазона измерений каналов тока стороны СН вместо «Iн ТТ СН в» используется номинальное значение используемого диапазона измерений – 5 А или 1 А)
	Iн ТТ СН в	
Ошибка: **Номинальный ток стороны СН ниже минимального значения для выбранного диапазона измерений** **Решение:** **Проверьте корректность задания уставок: параметры трансформатора, коэффициент трансформации ТТ, диапазоны измерения**	Iном СН	Iном СН < 0,1* Iн ТТ СН в (В случае ручного выбора диапазона измерений каналов тока стороны СН вместо «Iн ТТ СН в» используется номинальное значение используемого диапазона измерений – 5 А или 1 А)
	Iн ТТ СН в	
Ошибка: **Номинальный ток стороны НН превышает максимальное значение для выбранного диапазона измерений** **Решение:** **Проверьте корректность задания уставок: параметры трансформатора, коэффициент трансформации ТТ, диапазоны измерения**	Iном НН	Iном НН > 4* Iн ТТ НН в (В случае ручного выбора диапазона измерений каналов тока стороны НН вместо «Iн ТТ НН в» используется номинальное значение используемого диапазона измерений – 5 А или 1 А)
	Iн ТТ НН в	
Ошибка: **Номинальный ток стороны НН ниже минимального значения для выбранного диапазона измерений** **Решение:** **Проверьте корректность задания уставок: параметры трансформатора, коэффициент трансформации ТТ, диапазоны измерения**	Iном НН	Iном НН < 0,1* Iн ТТ НН в (В случае ручного выбора диапазона измерений каналов тока стороны НН вместо «Iн ТТ НН в» используется номинальное значение используемого диапазона измерений – 5 А или 1 А)
	Iн ТТ НН в	

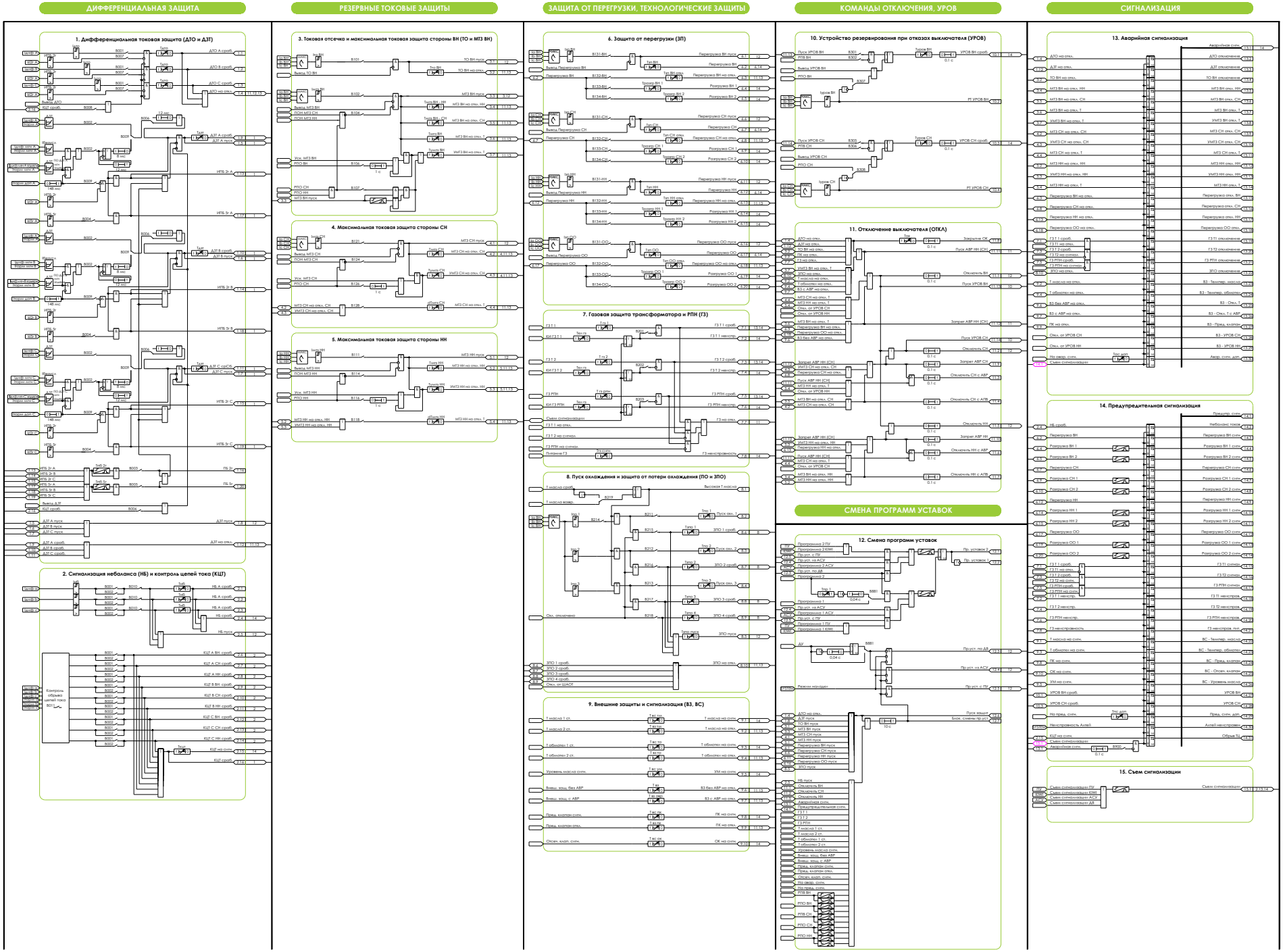


Рисунок - Алгоритмы функционирования устройства

6 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ УСТАВОК ЗАЩИТ ТРЕХОБМОТОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ

6.1 В таблице 6.1 приведены перечень и назначение функций, реализованных в устройстве для защиты трехобмоточных трансформаторов. Необходимость использования конкретной функции зависит от типа и параметров защищаемого трансформатора и регламентирована в ПУЭ [1].

Таблица 6.1

Функция		Назначение	Ссылка на ПУЭ [1]
ДТЗ	Дифференциальная токовая защита	ДТЗ обеспечивает защиту трансформатора при повреждениях на выводах и внутренних повреждениях и содержит две ступени ДТО и ДЗТ. ДТО предназначена для защиты от токов КЗ большой кратности и обладает наивысшим быстродействием. ДЗТ обладает высокой чувствительностью.	3.2.54
ТО	Токовая отсечка стороны ВН	ТО обеспечивает защиту трансформатора при повреждениях на выводах и, частично, внутренних повреждениях при отсутствии ДТЗ. Может быть использована для резервирования действия ДТЗ.	3.2.54
МТЗ ВН	Максимальная токовая защита стороны ВН с пуском по напряжению	МТЗ ВН обеспечивает защиту трансформатора от токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ.	3.2.59
МТЗ СН	Максимальная токовая защита стороны СН с пуском по напряжению	МТЗ СН обеспечивает защиту шин стороны СН.	
МТЗ НН	Максимальная токовая защита стороны НН с пуском по напряжению	МТЗ НН обеспечивает защиту шин стороны НН. МТЗ НН может быть использована в качестве резервной защиты реактора стороны НН.	3.2.126
ЗП	Защита от перегрузки	ЗП обеспечивает защиту от симметричных перегрузок трансформатора. ЗП содержит две ступени разгрузки, может быть использована с действием на отключение или только на сигнализацию.	3.2.69
ГЗ	Газовая защита трансформатора и устройства РПН	Защита от всех видов внутренних повреждений, сопровождающихся выделением газа и ускоренным протеканием масла из бака трансформатора (устройства РПН) в расширитель. Газовая защита обладает высокой чувствительностью и позволяет	3.2.53

		обнаруживать развивающиеся повреждения на ранних стадиях.	
ЗПО	Защита от потери охлаждения трансформатора	ЗПО обеспечивает формирование предупредительной сигнализации при отсутствии охлаждения трансформатора. ЗПО действует на отключение трансформатора с длительными выдержками времени.	-
УРОВ	Функция устройства резервирования при отказах выключателя		3.2.18

6.2 Расчет уставок токовых органов целесообразно выполнять в первичных значениях величин, приведенных к напряжению стороны ВН.

Перед вводом в устройство следует выполнить пересчет уставок во вторичные величины, используя значения коэффициентов трансформации защищаемого трансформатора и ТТ.

7 ТРЕБОВАНИЯ К ТТ И НАСТРОЙКА АНАЛОГОВЫХ ВХОДОВ

7.1 Требования к ТТ и порядок проверки

7.1.1 Подключение вторичных цепей ТТ к устройству необходимо выполнять по схеме звезда, вне зависимости от схемы и группы соединения обмоток защищаемого трансформатора.

7.1.2 Согласно 3.2.29 ПУЭ [1] ТТ, предназначенные для питания цепей устройств РЗА, должны удовлетворять следующим требованиям:

- полная погрешность, как правило, не должна превышать 10 % в установившемся режиме при КЗ вне защищаемой зоны (на выводах сторон СН и НН) – в целях предотвращения излишних срабатываний;
- напряжение на выводах вторичной обмотки ТТ при КЗ в защищаемой зоне (на выводах стороны ВН) не должно превышать значения, при котором нарушается прочность изоляции цепей устройства РЗА.

7.1.3 Методы проверки ТТ на соответствие требованиям п. **7.1.2** общеизвестны, многие годы используются на практике и приведены в [2] и [3].

7.2 Выбор диапазона измерений токов устройством

7.2.1 В устройстве предусмотрена возможность программного выбора одного из двух диапазонов измерения токов сторон трансформатора:

- 0,05 – 100 А – номинальный ток диапазона $I_{\text{ном измер}}$ равен 1 А;
- 0,25 – 500 А – номинальный ток диапазона $I_{\text{ном измер}}$ равен 5 А.

7.2.2 Выбор диапазона измерения следует выполнить для каждой стороны трансформатора. Для выбора необходимо выполнить расчет вторичных номинальных токов сторон трансформатора $I^{\text{втор}}_{\text{ном ВН}}$, $I^{\text{втор}}_{\text{ном СН}}$ и $I^{\text{втор}}_{\text{ном НН}}$ по формулам

$$I^{\text{втор}}_{\text{ном ВН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном ВН}} \cdot k_{\text{тт ВН}}}, \quad (7.1)$$

$S_{\text{ном}}$	кВА	номинальная мощность трансформатора
$U_{\text{ном ВН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны ВН
$k_{\text{тт ВН}}$	-	коэффициент трансформации ТТ стороны ВН

$$I^{\text{втор}}_{\text{ном СН}} = \frac{S_{\text{ном СН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}} \cdot k_{\text{тт СН}}}, \quad (7.2)$$

$S_{\text{ном СН}}$	кВА	номинальная мощность обмотки среднего напряжения трансформатора
$U_{\text{ном СН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны СН
$k_{\text{тт СН}}$	-	коэффициент трансформации ТТ стороны СН

$$I^{\text{втор}}_{\text{ном НН}} = \frac{S_{\text{ном НН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном НН}} \cdot k_{\text{тт НН}}}, \quad (7.3)$$

$S_{\text{ном НН}}$	кВА	номинальная мощность обмотки низкого напряжения трансформатора

$U_{\text{ном НН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны НН
$k_{\text{тт НН}}$	-	коэффициент трансформации ТТ стороны НН

7.2.3 В зависимости от значения вторичного номинального тока стороны трансформатора рекомендуется принять диапазон измерений с номинальным током $I_{\text{ном измер}}$:

- 1 А – если $I^{\text{втор}}_{\text{ном ВН(СН,НН)}}$ находится в диапазоне от 0,1 до 1 А;
- 5 А – если $I^{\text{втор}}_{\text{ном ВН(СН,НН)}}$ находится в диапазоне от 1 до 20 А.

7.2.4 Устройство обеспечивает цифровое выравнивание токов сторон трансформатора при условии нахождения вторичного номинального тока трансформатора в диапазоне от 10 % до 400 % от номинального тока диапазона.
В случае, если $I^{\text{втор}}_{\text{ном ВН(СН,НН)}}$ менее 0,1 А или более 20 А следует рассмотреть возможность использования дополнительных промежуточных трансформаторов или автотрансформаторов тока.

7.2.5 После выбора диапазонов измерений следует выполнить проверку на возможность измерения максимального тока КЗ по условиям

$$I_{\text{макс измер ВН}} \geq \frac{k_a \cdot I_{\text{кз макс ВН}}}{k_{\text{тт ВН}}} \quad , \tag{7.4}$$

$I_{\text{макс измер ВН}}$	А	верхняя граница диапазона измерений токов стороны ВН: - 100 А – для диапазона с номинальным током 1 А; - 500 А – для диапазона с номинальным током 5 А.
$k_{\text{а}} = 2$	-	коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в момент возникновения КЗ
$I_{\text{кз макс ВН}}$	А	первичное действующее значение максимального тока КЗ на выводах стороны ВН, приведенное к стороне ВН
$k_{\text{тт ВН}}$	-	коэффициент трансформации ТТ стороны ВН

$$I_{\text{макс измер СН}} \geq \frac{k_a \cdot I_{\text{кз макс СН}}}{k_{\text{тт СН}}} \cdot \frac{U_{\text{ном ВН}}}{U_{\text{ном СН}}} \quad , \tag{7.5}$$

$I_{\text{макс измер СН}}$	А	верхняя граница диапазона измерений токов стороны СН: - 100 А – для диапазона с номинальным током 1 А; - 500 А – для диапазона с номинальным током 5 А.
$k_{\text{а}} = 2$	-	коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в момент возникновения КЗ
$I_{\text{кз макс СН}}$	А	первичное действующее значение максимального тока КЗ на выводах стороны СН, приведенное к стороне ВН
$k_{\text{тт СН}}$	-	коэффициент трансформации ТТ стороны СН
$U_{\text{ном ВН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны ВН
$U_{\text{ном СН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны СН

$$I_{\text{макс измер НН}} \geq \frac{k_a \cdot I_{\text{кз макс НН}}}{k_{\text{тт НН}}} \cdot \frac{U_{\text{ном ВН}}}{U_{\text{ном НН}}} \quad , \tag{7.6}$$

$I_{\text{макс измер НН}}$	А	верхняя граница диапазона измерений токов стороны НН: - 100 А – для диапазона с номинальным током 1 А; - 500 А – для диапазона с номинальным током 5 А.

$k_{\text{а}} = 2$	-	коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую тока в момент возникновения КЗ
$I_{\text{кз макс НН}}$	А	первичное действующее значение максимального тока КЗ на выводах стороны НН, приведенное к стороне ВН
$k_{\text{тт НН}}$	-	коэффициент трансформации ТТ стороны НН
$U_{\text{ном ВН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны ВН
$U_{\text{ном НН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны НН

7.2.6 Требование выполнения условий **7.5** и **7.6** является обязательным для предотвращения излишних срабатываний защиты при внешних КЗ.

7.2.7 В случае, если условия проверки по **7.2.5** не выполняются, следует выбрать диапазон измерения с большим номинальным током и повторить проверку.

7.2.8 В случае, если условие **7.4** проверки не выполняется и изменение диапазона измерения невозможно или не дало результата, то следует выполнить проверку на возможность измерения максимального тока внешнего КЗ, заменив $I_{\text{кз макс ВН}}$ в выражении **7.4** на максимальный ток внешнего КЗ $I_{\text{кз макс СН(НН)}}$. Выполнение данного условия является обязательным для предотвращения излишних срабатываний при внешних КЗ.

8 РАСЧЕТ УСТАВОК ДТЗ

8.1 Принцип действия

8.1.1 Согласно указаниям ПУЭ [1] дифференциальная токовая защита без выдержки времени должна быть предусмотрена для защиты трансформаторов:

- мощностью 6,3 МВА и более - всегда;
- мощностью от 4 до 6,3 МВА - при параллельной работе трансформаторов с целью селективного отключения поврежденного трансформатора;
- мощностью от 1 до 6,3 МВА – в случаях, если токовая отсечка не удовлетворяет требованиям чувствительности, а максимальная токовая защита имеет выдержку более 0,5 с; если трансформатор установлен в районе, подверженном землетрясениям.

8.1.2 Продольная дифференциальная токовая защита обеспечивает защиту трансформатора при повреждениях на выводах и внутренних повреждениях. ДТЗ содержит две ступени: дифференциальную токовую отсечку и дифференциальную защиту с торможением.
ДТЗ относится к классу защит с абсолютной селективностью. Зона действия ДТЗ ограничена местами установки ТТ на сторонах трансформатора.

8.1.3 Алгоритм ДТЗ выполняет пофазный анализ значений и соотношений дифференциального тока и тока торможения (сквозного тока, протекающего через защищаемый объект). Дифференциальные токи вычисляют как геометрическую сумму токов сторон трансформатора, токи торможения – как арифметическую полусумму токов сторон трансформатора (3.1.5).
Дифференциальные токи и токи торможения, получаемые устройством в результате расчета, являются безразмерными относительными величинами, выраженными в единицах номинального тока защищаемого трансформатора.
Принцип действия ДТЗ основан на том, что дифференциальный ток в нормальном режиме работы трансформатора в идеальных условиях[1] равен нулю, а при наличии повреждения в зоне действия защиты равен току КЗ.

8.1.4 В общем случае токи сторон трансформатора отличаются по амплитуде и фазе вследствие различия схем соединения обмоток сторон защищаемого трансформатора, трансформации токов в самом защищаемом трансформаторе и измерительных ТТ.
Однофазные КЗ в сети с большим током замыкания на землю вызывают появление нулевой последовательности в токах только той стороны трансформатора, которая подключена к данной сети, что также приводит к неравенству токов сторон.
Компенсация различий токов сторон трансформатора выполняется в устройстве программным образом, не требует установки промежуточных ТТ и выполнения иных действий.

8.1.5 В реальных условиях на величину дифференциального тока оказывают влияние погрешности:

- трансформации токов в ТТ;
- измерения токов устройством защиты;
- компенсации фазового сдвига токов сторон трансформатора;

[1] при отсутствии погрешностей измерения, вычисления и задания исходных данных

- выравнивания токов сторон трансформатора по амплитуде;
- удаления нулевой последовательности из токов сторон, подключенных к сети с большим током замыкания на землю.

Дифференциальный ток, вычисляемый устройством в нормальном режиме работы и в режиме внешних КЗ, именуется током небаланса защиты. Значение тока небаланса растет с увеличением тока торможения.

8.1.6 Алгоритм ДЗТ учитывает увеличение тока небаланса путем увеличения уставки срабатывания пропорционально повышению тока торможения (торможение от величины сквозного тока). ДЗТ обладает высокой чувствительностью. Для исключения излишнего срабатывания ДЗТ при включении трансформатора и появлении БТН в алгоритме предусмотрено автоматическое блокирование ДЗТ.

8.1.7 ДТО является вспомогательным элементом ДЗТ и предназначена для работы при токах КЗ большой кратности. ДТО обладает максимальным быстродействием. Уставка срабатывания ДТО должна быть отстроена от величины БТН, возникающего при включении трансформатора.

8.1.8 Характеристика срабатывания ДТО и ДЗТ приведена на рисунке 8.1.

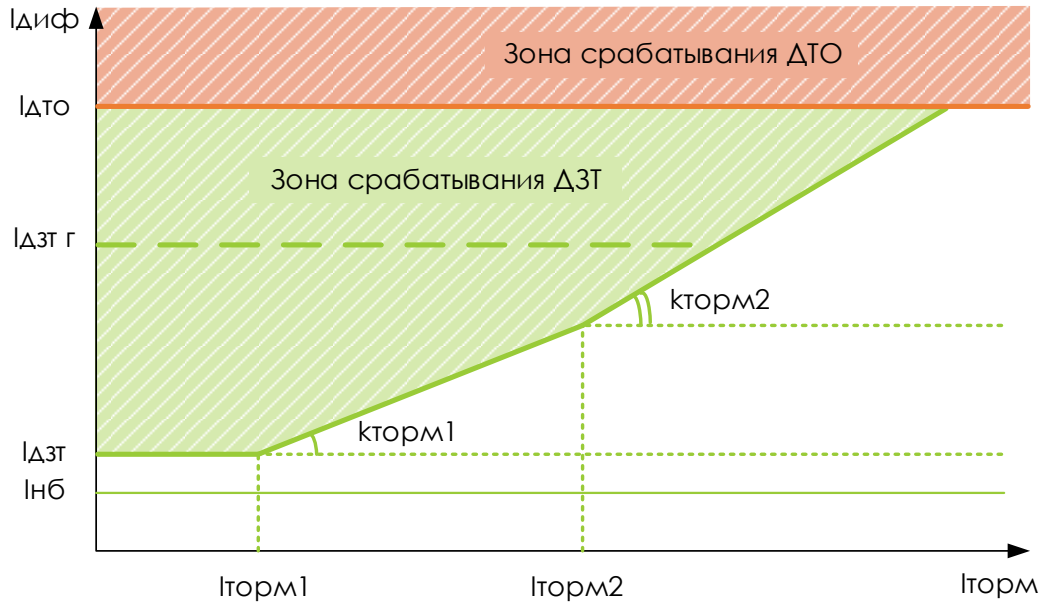


Рисунок 8.1 – Характеристика срабатывания ДЗТ и ДТО

8.1.9 Условием, достаточным для пуска ДТО, является превышение действующим значением дифференциального тока любой из фаз величины уставки «**Iдто**». ДТО действует без выдержки времени на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

8.1.10 Условием пуска ДЗТ является превышение действующим значением дифференциального тока любой из фаз значения уставки, определяемого по характеристике срабатывания в зависимости от величины тока торможения. Характеристика срабатывания ДЗТ имеет три участка:

- начальный участок срабатывания (величина тока торможения не превышает значения уставки «**Iторм1**») - уставка срабатывания ДЗТ постоянна и определяется уставкой «**Iдзт**»;

- первый участок торможения (величина тока торможения находится в интервале значений от «**Iторм1**» до «**Iторм2**») - уставка срабатывания ДЗТ увеличивается пропорционально росту тока торможения в коэффициент торможения раз, определяемый уставкой «**kторм1**»;
- второй участок торможения (величина тока торможения превышает значение уставки «**Iторм2**») - уставка срабатывания ДЗТ увеличивается пропорционально росту тока торможения в коэффициент торможения раз, определяемый уставкой «**kторм2**».

ДЗТ действует пофазно с выдержками времени каждой из фаз «**Tдзт**» (без выдержек времени в случае установки нулевого значения «**Tдзт**») на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

8.2 Дифференциальная токовая отсечка

8.2.1 Порядок расчета.

Работу алгоритма ДТО определяет следующий набор уставок, представленный в порядке выполнения расчета:

- «**Iдто**» - уставка срабатывания ДТО, о.е.;
- «**Tдто**» - задержка срабатывания ДТО, с;
- «**ИПБ 2г**» - доля второй гармоники для блокирования ДЗТ, о.е.;

8.2.2 Выбор значения уставки «**Iдто**» уставки срабатывания ДТО.

В качестве значения уставки «**Iдто**» следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условию обеспечения отстройки от:

- максимального тока небаланса в режиме внешнего КЗ;
- величины БТН в режиме включения трансформатора под напряжение.

Расчет значения «**Iдто**» по условию отстройки от максимального тока небаланса в режиме внешнего КЗ следует выполнять по формуле

$$I_{\text{дто}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч макс}} \quad , \tag{8.1}$$

$k_{\text{отс}} = 1{,}3$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{нб расч макс}}$	о.е.	максимальный ток небаланса в режиме внешнего КЗ, рассчитанный по формуле 8.2

Расчет максимального тока небаланса в режиме внешнего КЗ «$I_{\text{НБ расч макс}}$», следует выполнять по формуле

$$I_{\text{нб расч макс}} = \frac{\left(k_{\text{пер}} \cdot \varepsilon_{\text{макс}} + \Delta U_{\text{рпн}} \cdot N_{\text{рпн+(–)}} + \Delta f\right)}{100} \cdot \frac{I_{\text{кз внеш макс}}}{I_{\text{ном ВН}}} \quad , \tag{8.2}$$

$k_{\text{пер}} = 2{,}5$	-	коэффициент, учитывающий увеличение погрешности ТТ в переходном режиме под действием апериодической составляющей тока КЗ
$\varepsilon_{\text{макс}}$	%	полная относительной погрешность ТТ в установившемся режиме при токе через ТТ, соответствующем максимальному току внешнего КЗ, %. При выполнении требований п. 7.1.2 принять равной 10 % для ТТ с классом точности 10Р

$\Delta U_{\text{рпн}}$	%	шаг регулирования напряжения устройством РПН
$N_{\text{рпн+(−)}}$	%	количество ступеней, используемых для регулирования напряжения в большую $N_{\text{рпн+}}$ и меньшую $N_{\text{рпн−}}$ стороны. В расчете использовать наибольшее значение, соответствующее максимальному отклонению коэффициента трансформации от номинального значения. Для симметричного диапазона регулирования значения $N_{\text{рпн+}}$ и $N_{\text{рпн−}}$ равны друг другу.
$\Delta f = 5$	%	относительная погрешность вычисления дифференциального тока устройством защиты
$I_{\text{кз внеш макс}}$	А	первичное действующее значение максимального тока КЗ на выводах СН(НН), приведенное к стороне ВН ***При организации защиты двухобмоточного трансформатора, подключенного по мостиковой схеме, работающей в режиме транзита мощности, в качестве максимального тока внешнего КЗ принять максимальный ток КЗ на стороне ВН за ТТ ремонтной перемычки (линии).***
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

Вычисление номинального тока $I_{\text{ном ВН}}$ выполнить по формуле:

$$I_{\text{ном ВН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном ВН}}} \quad , \tag{8.3}$$

$S_{\text{ном}}$	кВА	номинальная мощность трансформатора
$U_{\text{ном ВН}}$	кВ	номинальное напряжение стороны ВН

В качестве значения уставки «**Iдто**» по условию отстройки от БТН следует принять значение равное 6 о.е., которое обеспечивает надежную отстройку согласно данным, указанным в [4].

8.2.3 Выбор значения уставки «Тдто» задержки срабатывания ДТО.

В общем случае ДТО должна работать без дополнительного замедления. Значение уставки «**Тдто**» задержки срабатывания защиты следует принимать равным **0**.

Выбор отличного от **0** значения уставки «**Тдто**» требует отдельного обоснования.

8.2.4 Выбор значения уставки «ИПБ 2г» функции блокирования ДТЗ по второй гармонике

В соответствии с [6] доля второй гармонической составляющей в апериодическом БТН составляет не менее 17%. В периодическом БТН доля второй гармонической составляющей выше и может достигать 70%.

В качестве уставки «**ИПБ 2г**» рекомендуется принять значение, равное **0,15 о.е.**, которое обеспечит выявление как периодических, так и апериодических БТН.

Значение уставки «**ИПБ 2г**» может быть изменено по результатам анализа осциллограмм в процессе эксплуатации.

8.2.5 Проверка чувствительности ДТО.

ДТО является вспомогательным элементов ДЗТ, вследствие чего чувствительность ДТО не проверяют [4].

8.3 Дифференциальная защита с торможением

8.3.1 Порядок расчета

Работу алгоритма ДЗТ определяет следующий набор уставок, представленный в порядке выполнения расчета:

- «**Iторм1**» - ток начала торможения первого участка ДЗТ, о.е.;
- «**Iторм2**» - ток начала торможения второго участка ДЗТ, о.е.;
- «**Iдзт**» - начальный ток срабатывания ДЗТ, о.е.;
- «**kторм1**» - коэффициент торможения первого участка ДЗТ;
- «**kторм2**» - коэффициент торможения второго участка ДЗТ;
- «**Tдзт**» - задержка срабатывания ДЗТ, с;
- «**ИПБ 2г**» - доля второй гармоники для блокирования ДЗТ, о.е.;
- «**Tпб**» - максимальная длительность перекрестного блокирования, с.

Уставки по току являются безразмерными относительными величинами, выраженными в единицах номинального тока защищаемого трансформатора. Полученные в результате расчета значения уставок перед вводом в устройство следует округлить до сотых долей в большую сторону.

8.3.2 Выбор значений уставок «Iторм1», «Iторм2» токов начала торможения

На первом шаге расчета следует выбрать уставки токов начала торможения первого и второго участков «**Iторм1**» и «**Iторм2**», соответственно.

В качестве уставки «**Iторм1**» рекомендуется принять значение равное 1 о.е. номинального тока трансформатора.

В качестве уставки «**Iторм2**» рекомендуется принять значение, равное максимально допустимой кратковременной перегрузке трансформатора в аварийном режиме (**2 о.е.** – для маслонаполненных трансформаторов [5]).

8.3.3 Расчет значения уставки «Iдзт» начального тока срабатывания ДЗТ

Расчет значения начального тока срабатывания «**Iдзт**» следует выполнять по формуле

$$\mathrm{I}_{\text{дзт}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч1}} \quad , \tag{8.4}$$

$k_{\text{отс}} = 1,3$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{нб расч1}}$	о.е.	ток небаланса, соответствующий значению тока торможения, равному «**Iторм1**», рассчитанный по формуле 8.5

Расчет тока небаланса $I_{\text{нб расч1}}$, соответствующего значению тока торможения, равному «**Iторм1**», следует выполнять по формуле

$$I_{\text{нб расч1}} = \frac{\left(k_{\text{пер1}} \cdot \varepsilon_1 + \Delta U_{\text{рпн}} \cdot N_{\text{рпн+(–)}} + \Delta f\right)}{100} \cdot I_{\text{торм1}} \quad , \tag{8.5}$$

$k_{\text{пер1}} = 1$	-	коэффициент, учитывающий увеличение погрешности ТТ в переходном режиме. В режиме, соответствующем началу торможения, принято отсутствие увеличения погрешности ТТ

ε_1	%	полная относительная погрешность ТТ в установившемся режиме, при токах через ТТ, не превышающих значения «**Iторм1**». При выполнении требований п. 7.1.2 принять равной 10 % для ТТ с классом точности 10Р
$\Delta U_{\text{рпн}}$	%	шаг регулирования напряжения устройством РПН
$N_{\text{рпн+(−)}}$	%	количество ступеней, используемых для регулирования напряжения в большую $N_{\text{рпн+}}$ и меньшую $N_{\text{рпн−}}$ стороны. В расчете использовать наибольшее значение, соответствующее максимальному отклонению коэффициента трансформации от номинального значения. Для симметричного диапазона регулирования значения $N_{\text{рпн+}}$ и $N_{\text{рпн−}}$ равны друг другу.
$\Delta f = 5$	%	относительная погрешность вычисления дифференциального тока устройством защиты
$I_{\text{торм1}}$	о.е.	уставка тока начала торможения первого участка ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.2

8.3.4 Расчет значения уставки «**kторм1**» коэффициент торможения первого участка

Расчет значения коэффициента торможения первого участка ДЗТ «**kторм1**» следует выполнять по формуле

$$k_{\text{торм1}} = \frac{I_{\text{дзт2}} - I_{\text{дзт}}}{I_{\text{торм2}} - I_{\text{торм1}}} \quad , \tag{8.6}$$

$I_{\text{дзт2}}$	о.е.	ток срабатывания ДЗТ при значении тока торможения, равном «**Iторм2**», рассчитанный по формуле 8.7
$I_{\text{дзт}}$	о.е.	уставка начального тока срабатывания ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.3
$I_{\text{торм2}}$	о.е.	уставка тока начала торможения второго участка ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.2
$I_{\text{торм1}}$	о.е.	уставка тока начала торможения первого участка ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.2

Расчет тока срабатывания ДЗТ при значении тока торможения, равном «**Iторм2**» следует выполнять по формуле

$$I_{\text{дзт2}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч2}} \quad , \tag{8.7}$$

$k_{\text{отс}} = 1,3$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{нб расч2}}$	о.е.	ток небаланса, соответствующий значению тока торможения, равному «**Iторм2**», рассчитанный по формуле 8.8

Расчет тока небаланса $I_{\text{нб расч2}}$, соответствующего значению тока торможения, равному «**Iторм2**», следует выполнять по формуле

$$I_{\text{нб расч2}} = \frac{\left(k_{\text{пер2}} \cdot \varepsilon_2 + \Delta U_{\text{рпн}} \cdot N_{\text{рпн+(−)}} + \Delta f\right)}{100} \cdot I_{\text{торм2}} \quad , \tag{8.8}$$

$k_{\text{пер2}} = 1,5$	-	коэффициент, учитывающий увеличение погрешности ТТ в переходном режиме.

ε_2	%	полная относительная погрешность ТТ в установившемся режиме, при токах через ТТ, не превышающих значения «**Iторм2**». При выполнении требований п. 7.1.2 принять равной 10 % для ТТ с классом точности 10Р
$\Delta U_{\text{рпн}}$	%	шаг регулирования напряжения устройством РПН
$N_{\text{рпн+(−)}}$	%	количество ступеней, используемых для регулирования напряжения в большую $N_{\text{рпн+}}$ и меньшую $N_{\text{рпн−}}$ стороны. В расчете использовать наибольшее значение, соответствующее максимальному отклонению коэффициента трансформации от номинального значения. Для симметричного диапазона регулирования значения $N_{\text{рпн+}}$ и $N_{\text{рпн−}}$ равны друг другу.
$\Delta f = 5$	%	относительная погрешность вычисления дифференциального тока устройством защиты
$I_{\text{торм2}}$	о.е.	уставка тока начала торможения второго участка ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.2

8.3.5 Расчет значения уставки «kторм2» коэффициент торможения второго участка

Расчет значения коэффициента торможения второго участка ДЗТ «**kторм2**» следует выполнять по формуле

$$k_{\text{торм2}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч макс}} - I_{\text{дзт2}}}{I_{\text{торм дто}} - I_{\text{торм2}}} \quad , \tag{8.9}$$

$I_{\text{нб расч макс}}$	о.е.	максимальный ток небаланса в режиме внешнего КЗ, рассчитанный по формуле 8.2
$k_{\text{отс}} = 1,3$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{дзт2}}$	о.е.	ток срабатывания ДЗТ при значении тока торможения, равном «**Iторм2**», рассчитанный по формуле 8.7
$I_{\text{торм дто}}$	о.е.	ток торможения, соответствующий максимальному току внешнего КЗ, рассчитанный по формуле 8.10
$I_{\text{торм2}}$	о.е.	уставка ток начала торможения второго участка ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.2

Расчет тока торможения «**Iторм дто**» следует выполнять с учетом максимального расчетного значения тока небаланса по формуле

$$I_{\text{торм дто}} = \frac{I_{\text{кз внеш макс}}}{I_{\text{ном ВН}}} - \frac{I_{\text{нб расч макс}}}{2} \quad , \tag{8.10}$$

$I_{\text{кз внеш макс}}$	А	первичное действующее значение максимального тока КЗ на стороне СН (НН), приведенное к стороне ВН. ***При организации защиты двухобмоточного трансформатора, подключенного по мостиковой схеме, работающей в режиме транзита мощности, в качестве максимального тока внешнего КЗ принять максимальный ток КЗ на стороне ВН за ТТ ремонтной перемычки (линии).***
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

$I_{\text{нб расч макс}}$	о.е.	максимальный ток небаланса в режиме внешнего КЗ, рассчитанный по формуле 8.2

8.3.6 Выбор значения уставки «**Тдзт**», задержки срабатывания ДЗТ

В общем случае ДЗТ должна работать без дополнительного замедления. Значение уставки «**Тдзт**» задержки срабатывания защиты следует принимать равным **0**.

Выбор отличного от **0** значения уставки «**Тдзт**» требует отдельного обоснования.

8.3.7 Выбор значения уставки «**ИПБ 2г**» функции блокирования ДЗТ по второй гармонике

В соответствии с [6] доля второй гармонической составляющей в апериодическом БТН составляет не менее 17%. В периодическом БТН доля второй гармонической составляющей выше и может достигать 70%.

В качестве уставки «**ИПБ 2г**» рекомендуется принять значение, равное **0,15 о.е.**, которое обеспечит выявление как периодических, так и апериодических БТН.

Значение уставки «**ИПБ 2г**» может быть изменено по результатам анализа осциллограмм в процессе эксплуатации.

8.3.8 Выбор значения уставки «**Тпб 2г**» максимальной длительности перекрестного блокирования

Перекрестное блокирование обеспечивает блокирование ДЗТ всех трех фаз в случае выявления устройством БТН хотя бы в одной из них, чем обеспечивается более надежная отстройка защиты от режима, сопровождающегося появлением БТН.

Стоит понимать, что использование функции перекрестного блокирования может вызвать замедление действия защиты в режиме наложения КЗ на процесс, сопровождающийся появлением БТН.

Функция перекрестного блокирования рекомендуется к использованию на необслуживаемых энергообъектах, а также в случаях, когда оперативный анализ причин отключения трансформатора затруднен, и выполнение повторной постановки трансформатора под напряжения сопряжено со значительными временными издержками.

Согласно [6] снижение значения тока при БТН до значения меньше номинального происходит за 0,2 – 0,4 с. Дальнейшее снижение происходит достаточно медленно.

В качестве уставки «**Тпб 2г**» максимальной длительности перекрестного блокирования по 2 гармонике может быть принято значение, равное **2** с, с учетом того, что допустимая продолжительность КЗ на зажимах трансформатора, согласно [7], составляет:

- 3 с - для трансформаторов с высшим напряжением 110 кВ и выше;
- 4 с - для трансформаторов с высшим напряжением 35 кВ и ниже.

8.3.9 Проверка чувствительности ДЗТ

Согласно ПУЭ [1] чувствительность ДЗТ следует проверять при металлическом КЗ на выводах трансформатора в пределах защищаемой зоны в реально возможном режиме, обеспечивающем минимальный ток КЗ.

При питании трансформатора с одной стороны чувствительность следует проверять при КЗ на стороне без питания, при наличии питания с двух сторон – на стороне с минимально возможным значением тока КЗ[1].

Значение коэффициента чувствительности «**$k_ч$**», рассчитываемого для проверки чувствительности, должно быть около 2,0 [1]. Допустимо снижение коэффициента чувствительности до значения около 1,5 в случаях:

- при КЗ на выводах стороны НН понижающих трансформаторов мощностью менее 80 МВА;
- в режиме включения трансформатора под напряжение, а также для кратковременных режимов его работы (например, при отключении одной из питающих сторон);
- в режиме опробования шин питающей стороны включением одного из питающих элементов;
- при КЗ за реактором на стороне НН, входящим в зону действия ДЗТ.

С учетом используемого устройством принципа торможения от арифметической полусуммы токов сторон (3.1.5) геометрическое место точек на характеристике срабатывания, соответствующих КЗ в зоне действия защиты при питании трансформатора с одной стороны и отсутствии тока небаланса нагрузочного режима, будет находиться на прямой с угловым коэффициентом **2** (линия «ГМТ КЗ» на рисунке 8.2), что обеспечивает надежное срабатывание защиты при внутренних КЗ с током выше уставки начального тока срабатывания «**Iдзт**».

Наличие тока небаланса нагрузочного режима, а также подпитка места КЗ в режиме двухстороннего питания или в режиме выбега электрических двигателей на стороне без питания приводят к смещению геометрического места точек от данной прямой. В связи с этим, коэффициент чувствительности защиты следует рассчитывать относительно уставки срабатывания «**Iдзт сраб**», полученной по характеристике торможения (рисунок 8.2) по формулам

$$I_{\text{дзт сраб}} = I_{\text{ДЗТ}} \quad , \text{если } I_{\text{кз мин}} \leq 2 \cdot I_{\text{торм1}}, \tag{8.11}$$

$$, \text{если } 2 \cdot I_{\text{торм1}} < I_{\text{кз мин}} \leq 2 \cdot I_{\text{торм2}}, \tag{8.12}$$

$$, \text{если } I_{\text{кз мин}} > 2 \cdot I_{\text{торм2}}, \tag{8.13}$$

$I_{\text{дзт}}$	о.е.	уставка начального тока срабатывания ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.3
$I_{\text{кз мин}}$	о.е.	относительное значение минимального из токов двухфазного КЗ на выводах сторон СН и НН трансформатора, вычисленное по формуле 8.14
$I_{\text{торм1}}$ $I_{\text{торм2}}$	о.е.	уставки ток начала торможения первого и второго участка ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.2
$k_{\text{торм1}}$ $k_{\text{торм2}}$	-	уставки коэффициента торможения первого и второго участка ДЗТ, в соответствии с п. 8.3.4 и 8.3.5
$I_{\text{дзт2}}$	о.е.	ток срабатывания ДЗТ при значении тока торможения, равном «**Iторм2**», рассчитанный по формуле 8.7

[1] Минимально возможное значение тока КЗ следует выбирать путем сравнения значений токов КЗ сторон трансформатора, приведенных к одному напряжению.

Относительное значение минимального тока двухфазного КЗ на выводах трансформатора «**Iкз мин**» следует вычислять с помощью значения тока трехфазного КЗ по формуле

$$I_{\text{кз мин}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{кз мин СН(НН)}}}{I_{\text{ном ВН}}} \quad , \qquad (8.14)$$

$I_{\text{кз мин СН(НН)}}$	А	первичное действующее значение минимального из токов трехфазного КЗ на выводах сторон СН и НН трансформатора, приведенное к стороне ВН
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

Вычисление коэффициента чувствительности «**kч**» следует выполнять по формуле

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз мин}}}{\text{I}_{\text{дзт сраб}}} \quad , \qquad (8.15)$$

$I_{\text{кз мин}}$	о.е.	относительное значение минимального из токов двухфазного КЗ на выводах сторон СН и НН трансформатора, вычисленное по формуле 8.14
$I_{\text{дзт сраб}}$	о.е.	уставка срабатывания ДЗТ при токе $I_{\text{кз мин}}$

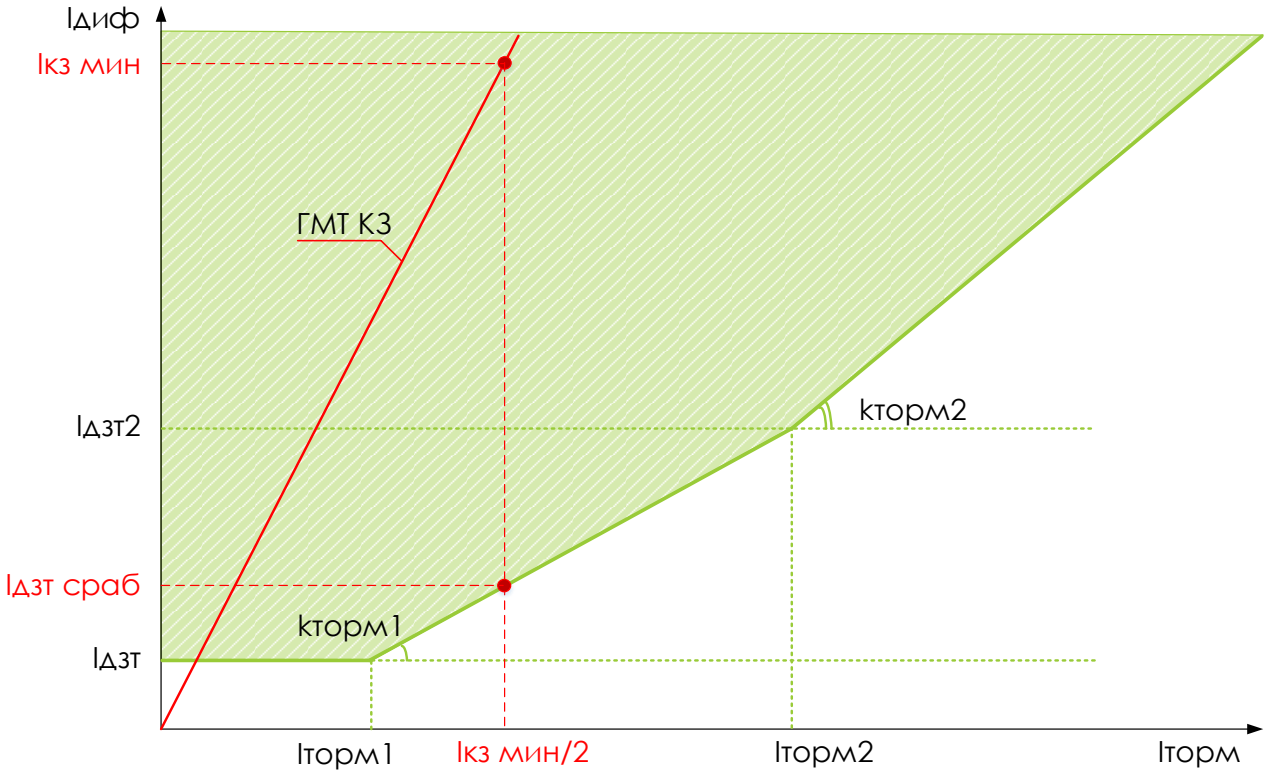


Рисунок 8.2 – Определение коэффициента чувствительности по характеристике срабатывания ДЗТ

8.4 Сигнализация небаланса и контроль цепей тока.

8.4.1 Принцип действия пускового органа сигнализации небаланса аналогичен принципу действия пускового органа ДЗТ. Уставка «**Iнб**» задает начальный ток срабатывания сигнализации небаланса. Ток начала торможения и коэффициент торможения задаются уставками «**Iторм1**» и «**kторм1**» характеристики ДЗТ, рассчитанными в п. 8.3.2 и 8.3.4.

Сигнализация небаланса срабатывает с выдержкой времени «**Тнб**».

Уставка «**Iнб**» является безразмерной относительной величиной, выраженной в единицах номинального тока защищаемого трансформатора.

8.4.2 Расчет значения уставки «**Iнб**» необходимо выполнять исходя из условия обеспечения несрабатывания сигнализации на участке без торможения при токе торможения, равном «**Iторм1**» по формуле

$$I_{\text{нб}} = k_{\text{отс нб}} \cdot I_{\text{нб расч1}} \quad , \tag{8.16}$$

$k_{\text{отс нб}} = 1,05$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{нб расч1}}$	о.е.	ток небаланса, соответствующий значению тока торможения, равному «**Iторм1**», рассчитанный по формуле 8.5

8.4.3 Значение уставки «**Тнб**» задержки срабатывания сигнализации небаланса должно быть отстроено от максимального времени действия резервных защит трансформатора и пусковых режимов электрических двигателей на стороне НН.
Допустимо без дополнительных расчетов в качестве уставки «**Тнб**» принять значение, равное **10** с.

8.4.4 Значение уставки «**Ткцт**» задержки сигнализации контроля цепей тока должно быть отстроено от максимального времени действия резервных защит трансформатора и пусковых режимов электрических двигателей на стороне НН.
Допустимо без дополнительных расчетов в качестве уставки «**Ткцт**» принять значение, равное **10** с.

9 РАСЧЕТ УСТАВОК - ТО ВН

9.1 Общие сведения

9.1.1 Согласно указаниям ПУЭ [1] токовая отсечка предназначена для защиты от повреждений на выводах, а также от внутренних повреждений трансформаторов мощностью менее 6,3 МВА, использование ДЗТ на которых не предусмотрено.

9.1.2 Вследствие того, что функция ТО присутствует во всех устройствах защиты трансформатора рекомендуется ее использование для защиты трансформаторов любых типов в качестве:

- основной защиты для трансформаторов мощностью менее 6,3 МВА;
- резервной защиты для трансформаторов мощностью 6,3 МВА и более.

9.1.3 Токовая отсечка должна быть нечувствительна к КЗ на стороне НН, вследствие чего не может быть использована в качестве единственной защиты трансформатора от внутренних повреждений.

9.1.4 В алгоритме ТО используются приведенные фазные токи стороны ВН, полученные путем программного удаления из соответствующих фазных токов тока нулевой последовательности, что обеспечивает правильную работу защиты в режимах внешних однофазных КЗ в питающей сети с заземленной нейтралью.

9.1.5 Условием пуска ТО является превышение действующим значением максимального из приведенных токов стороны ВН значения уставки «**Iто ВН**».
Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тто ВН**» (без выдержек времени в случае установки нулевого значения «**Тто ВН**») на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

9.2 Расчет уставок ТО ВН

9.2.1 Согласно указаниям ПУЭ [1] ТО должна действовать без выдержки времени. В качестве значения уставки «**Тто ВН**» следует принять нулевое значение.

9.2.2 В качестве значения уставки «**Iто ВН**» следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условиям обеспечения отстройки от:

- максимального тока КЗ на выводах стороны СН(НН);
- величины БТН в режиме включения трансформатора под напряжение.

Критерии выбора значения уставки обусловлены тем, что защита не должна срабатывать при КЗ на стороне СН или НН и действует без замедления во всех режимах работы трансформатора.

9.2.3 Расчет уставки «**Iто ВН**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значение уставки следует привести ко вторичным величинам токов, используя коэффициент трансформации ТТ стороны ВН.

9.2.4 Расчет значения «**Iто ВН**» по условию отстройки от максимального тока КЗ на выводах сторон СН(НН) следует выполнять по формуле

$$I_{\text{то ВН}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{кз внеш макс}} \quad , \tag{9.1}$$

$k_{\text{отс}} = 1,3$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{кз внеш макс}}$	А	первичное действующее значение максимального тока КЗ на выводах стороны СН(НН), приведенное к стороне ВН

9.2.5 Расчет значения «**Iто ВН**» по условию отстройки от БТН следует выполнять по формуле

$$I_{\text{то ВН}} = k_{\text{бтн}} \cdot I_{\text{ном ВН}} \quad , \tag{9.2}$$

$k_{\text{бтн}} = 6$	-	коэффициент отстройки от БТН
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

Согласно данным, указанным в [4], шестикратное превышение уставки срабатывания относительно величины номинального тока трансформатора обеспечивает надежную отстройку от БТН.

9.3 Проверка чувствительности ТО ВН

9.3.1 Проверку чувствительности ТО следует выполнять для трансформаторов мощностью менее 6,3 МВА, для которых ТО выполняет роль основной защиты.

9.3.2 Согласно ПУЭ [1] чувствительность ТО следует проверять при металлическом двухфазном КЗ на выводах стороны ВН трансформатора в реально возможном режиме, обеспечивающем минимальный ток КЗ. Коэффициент чувствительности при этом должен быть около 2.

9.3.3 Вычисление коэффициента чувствительности «$k_ч$» следует выполнять по формуле

$$k_ч = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ ВН}}{I_{то\ ВН}} \quad , \qquad (9.3)$$

$I_{кз\ мин\ ВН}$	А	первичное действующее значение минимального тока трехфазного КЗ на выводах стороны ВН трансформатора, приведенное к стороне ВН
$I_{то\ ВН}$	А	уставка срабатывания ТО ВН, в соответствии с п. 9.2.2

9.3.4 В случае, если значение коэффициента чувствительности около 2 обеспечено быть не может, следует рассмотреть возможность использования ДЗТ в качестве основной защиты для трансформаторов мощностью от 1 МВА до 6,3 МВА [1].

10 РАСЧЕТ УСТАВОК – МТЗ НН

10.1 Общие сведения

10.1.1 Согласно указаниям ПУЭ [1] максимальная токовая защита на стороне НН предназначена для защиты шин, а также резервирования защит от междуфазных замыканий предыдущих элементов.

10.1.2 Алгоритм МТЗ НН устройства защиты трансформатора следует использовать при отсутствии отдельного устройства защиты, установленного на выключателе ввода стороны НН.

10.1.3 Условием пуска МТЗ НН является превышение действующим значением максимального из фазных токов стороны НН значения уставки «**Iмтз НН**». Защита срабатывает с выдержкой времени «**Tмтз НН**» - на отключение выключателя ввода стороны НН. Срабатывание МТЗ НН приводит к формированию предупредительной сигнализации.
Предусмотрена возможность действия МТЗ НН на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию, обеспечивающая отключение КЗ в «мертвой» зоне между ТТ и выключателем ввода стороны НН. Сигнал отключения трансформатора со всех сторон формируется с задержкой «**dTмтз НН**» после срабатывания МТЗ НН на отключение выключателя ввода стороны НН.

10.2 Расчет уставок МТЗ НН

10.2.1 Порядок расчета

10.2.1.1 Работу алгоритма МТЗ НН определяет следующий набор уставок:

- «**Iмтз НН**» - ток срабатывания МТЗ НН, А;
- «**Tмтз НН**» - задержка срабатывания МТЗ НН, с;

- «**dTмтз НН**» - задержка отключения трансформатора после срабатывания МТЗ НН, с;
- «**Тумтз НН**» - задержка ускоренного срабатывания МТЗ НН, с.

10.2.1.2 Расчет уставки «**Iмтз НН**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значения уставок следует привести ко вторичным величинам токов, приведенных к стороне НН, используя коэффициент трансформации трансформатора и ТТ стороны НН.

10.2.2 Расчет значения уставки «Iмтз НН» тока срабатывания МТЗ НН

10.2.2.1 В качестве значения уставки «**Iмтз НН**» следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условиям:

- отстройки от увеличения рабочего тока в переходных режимах, как правило при самозапуске электрических двигателей;
- согласования по чувствительности с уставками защит от многофазных КЗ предыдущих элементов.

10.2.2.2 Расчет номинального тока обмотки стороны НН, приведенного к стороне ВН, следует выполнять по формуле

$$I_{\text{ном НН}} = \frac{S_{\text{ном НН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном НН}}} \cdot k_{\text{тр ВН–НН}} \quad , \qquad (10.1)$$

$S_{\text{ном НН}}$	кВА	номинальная мощность обмотки НН
$U_{\text{ном НН}}$	кВ	номинальное напряжение обмотки НН
$k_{\text{тр ВН–НН}}$	-	коэффициент трансформации ВН-НН

10.2.2.3 Расчет значения уставки «**Iмтз НН**» по условию отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне НН следует выполнять по формуле

$$I_{\text{мтз НН}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{зап}} \cdot k_{\text{перегрузки}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном НН}} \quad , \qquad (10.2)$$

$k_{\text{отс}} = 1,2$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$k_{\text{зап}}$	-	Коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока от заторможенной двигательной нагрузки. В предварительных расчетах и при отсутствии информации о доле двигательной нагрузки может быть принят равным: - 2 – для сельских сетей общего назначения; - 2,5 – для городских сетей общего назначения; - 4-5 – для промышленных сетей, при условии отсутствия в нагрузке электрических двигателей напряжением свыше 1000 В. Для расчета коэффициента самозапуска рекомендуется использовать методы, приведенные в [8].
$k_{\text{в}} = 0,95$	-	коэффициент возврата пускового органа
$k_{\text{перегрузки}}$	о.е.	максимальная кратность реальной длительно возможной перегрузки трансформатора (относительно номинального тока трансформатора)
$I_{\text{ном НН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки НН трансформатора, рассчитанное по формуле (10.1)

10.2.2.4 Расчет значения уставки «**Iмтз НН**» по условию согласования с уставками защит предыдущих элементов следует выполнять по формуле

$$I_{\text{мтз НН}} = k_{\text{отс}} \cdot \left(I_{\text{мтз пред макс}} + \sum I_{\text{раб}}\right) \quad , \qquad (10.3)$$

$k_{\text{отс}} = 1,1$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{мтз пред}}$	А	максимальное из значений уставок МТЗ предыдущих элементов, приведенное к первичным значениям на стороне ВН (как правило уставка МТЗ на секционном выключателе стороны НН). В случае, если максимальное значение соответствует уставке МТЗ одной из параллельных линий, значение «$I_{\text{мтз пред макс}}$» следует принять равным сумме уставок МТЗ таких параллельных линий.
$\sum I_{\text{раб}}$	А	суммарное значение рабочих токов предыдущих элементов за исключением элементов, используемых при определении значения «$I_{\text{мтз пред макс}}$» (как правило соответствует «$I_{\text{раб макс}}$» за вычетом максимального рабочего тока СВ стороны НН).

10.2.3 Проверка чувствительности уставки по току МТЗ НН

10.2.3.1 Чувствительность МТЗ НН следует проверять при металлическом двухфазном КЗ в реально возможном режиме, обеспечивающем минимальный ток КЗ при замыкании на выводах стороны НН и в наиболее удаленной точке зоны резервирования.

10.2.3.2 Коэффициент чувствительности при этом должен быть:

- около 1,5 – при КЗ на выводах стороны НН трансформатора (п. 3.2.21 [1]);
- около 1,2 – при КЗ в наиболее удаленной точке предыдущего элемента, входящего в зону резервирования (п. 3.2.25 [1]).

10.2.3.3 Вычисление коэффициента чувствительности «**kч**» следует выполнять по формуле

$$k_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{кз мин НН}}}{\text{I}_{\text{мтз НН}}} \quad , \qquad (10.4)$$

$I_{\text{кз мин НН}}$	А	первичное действующее значение минимального тока трехфазного КЗ в расчетном режиме, приведенное к стороне ВН.
$I_{\text{мтз НН}}$	А	уставка срабатывания МТЗ НН, в соответствии с п. **10.2.2**

10.2.3.4 В случае, если требуемое значение коэффициента чувствительности обеспечено быть не может, следует использовать пуск по напряжению и выполнить пересчет уставки «**Iмтз НН**», если определяющим ее значение явилось условие отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне НН.

10.2.4 Расчет значения уставки «**Iмтз НН**» тока срабатывания МТЗ НН с пуском по напряжению

10.2.4.1 В качестве значения уставки «**Iмтз НН**» срабатывания МТЗ НН с пуском по напряжению следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условиям:

- отстройки от максимального рабочего тока трансформатора;

- согласования по чувствительности с уставками защит от многофазных КЗ предыдущих элементов.

10.2.4.2 Расчет уставки «Iмтз НН» следует выполнять аналогично п. 10.2.2 по формулам 10.2 и 10.3 с учетом исключения коэффициента самозапуска «$k_{зап}$» из формулы 10.2.

10.2.5 Выбор значений уставок «Тмтз НН», «dТмтз НН» задержек срабатывания МТЗ НН

10.2.5.1 Значение задержки срабатывания МТЗ НН следует принять на ступень селективности «Δt» больше задержки срабатывания защиты от несимметричных замыканий предыдущих элементов.

10.2.5.2 Рекомендуемое значение ступени селективности «Δt» составляет 0,3 с.

10.2.5.3 В случае необходимости значение ступени селективности может быть снижено до расчетного по формуле

$$\Delta t = t_{\text{рза сраб}} + t_{\text{выкл}} + t_{\text{раз возвр}} + t_{\text{отс}} \quad , \qquad (10.5)$$

$t_{\text{рза сраб}} = 0,04$	с	максимальное время срабатывания устройства РЗА с нулевой выдержкой времени
$t_{\text{выкл}}$	с	максимальное полное время отключения выключателя, с учетом времени действия промежуточных реле в цепи отключения
$t_{\text{рза возвр}} = 0,02$	с	максимальное время возврата пускового органа защиты
$t_{\text{отс}} = 0,1$	с	время отстройки, обеспечивающее запас надежности отстройки защиты

10.2.5.4 В качестве значения задержки срабатывания «dТмтз НН» отключения трансформатора со всех сторон следует принять значение, равное ступени селективности «Δt».

10.2.6 Выбор значения уставки «Тумтз НН» задержки ускоренного срабатывания МТЗ НН

10.2.6.1 Ускорение МТЗ НН при включении выключателя ввода стороны НН обеспечивает ускоренное отключение повреждения после действия АПВ шин соответствующей стороны.

10.2.6.2 Задержка срабатывания «**Тумтз НН**» должна быть отстроена от длительности БТН трансформаторов, подключенных к шинам и отходящим линиям на стороне НН.

При отсутствии расчетных или опытных данных о максимальной длительности БТН значение уставки срабатывания «**Тумтз НН**» следует выбирать не менее 0,5 с, в соответствии с тем, что снижение значения тока при БТН до значения меньше номинально происходит за 0,2 – 0,4 с [6].

10.2.6.3 Если отстройка срабатывания МТЗ НН от режима самозапуска электрических двигателей выполняется по току срабатывания, или с помощью ПОН, то отстройка уставки «**Тумтз НН**» от длительности пусковых токов электрических двигателей не требуется.

11 РАСЧЕТ УСТАВОК – МТЗ СН

11.1.1 Порядок расчета

11.1.1.1 Работу алгоритма МТЗ СН определяет следующий набор уставок:

- «**Iмтз СН**» - ток срабатывания МТЗ СН, А;
- «**Tмтз СН**» - задержка срабатывания МТЗ СН, с;
- «**dTмтз СН**» - задержка отключения Т после срабатывания МТЗ СН, с;
- «**Tумтз СН**» - задержка ускоренного срабатывания МТЗ СН, с.

11.1.1.2 Расчет уставки «**Iмтз СН**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значения уставок следует привести ко вторичным величинам токов, приведенных к стороне СН, используя коэффициент трансформации трансформатора и ТТ стороны СН.

11.1.2 Расчет значения уставки «**Iмтз СН**» тока срабатывания МТЗ СН

11.1.2.1 В качестве значения уставки «**Iмтз СН**» следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условиям:

- отстройки от увеличения рабочего тока в переходных режимах, как правило при самозапуске электрических двигателей;
- согласования по чувствительности с уставками защит от многофазных КЗ предыдущих элементов.

11.1.2.2 Расчет номинального тока обмотки стороны СН, приведенного к стороне ВН следует выполнять по формуле

$$I_{\text{ном СН}} = \frac{S_{\text{ном СН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}}} \cdot k_{\text{тр ВН–СН}} \quad , \tag{11.1}$$

$S_{\text{ном СН}}$	кВА	номинальная мощность обмотки СН
$U_{\text{ном СН}}$	кВ	номинальное напряжение обмотки СН
$k_{\text{тр ВН–СН}}$	-	коэффициент трансформации ВН-СН

11.1.2.3 Расчет значения уставки «**Iмтз СН**» по условию отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне СН следует выполнять по формуле

$$I_{\text{мтз СН}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{зап}} \cdot k_{\text{перегрузки}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном СН}} \quad , \tag{11.2}$$

$k_{\text{отс}} = 1,2$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$k_{\text{зап}}$	-	Коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока от заторможенной двигательной нагрузки. В предварительных расчетах и при отсутствии информации о доле двигательной нагрузки может быть принят равным: - 2 – для сельских сетей общего назначения; - 2,5 – для городских сетей общего назначения; - 4-5 – для промышленных сетей, при условии отсутствия в нагрузке электрических двигателей напряжением свыше 1000 В. Для расчета коэффициента самозапуска рекомендуется использовать методы, приведенные в [8].
$k_{\text{в}} = 0,95$	-	коэффициент возврата пускового органа

$k_{\text{перегрузки}}$	о.е.	максимальная кратность реальной длительно возможной перегрузки трансформатора (относительно номинального тока трансформатора)
$I_{\text{ном СН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки СН трансформатора, рассчитанное по формуле (11.1)

11.1.2.4 Расчет значения уставки «**Iмтз СН**» по условию согласования с уставками защит предыдущих элементов следует выполнять по формуле

$$I_{\text{мтз СН}} = k_{\text{отс}} \cdot \left(I_{\text{мтз пред макс}} + \sum I_{\text{раб}}\right) \quad , \qquad (11.3)$$

$k_{\text{отс}} = 1,1$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{\text{мтз пред}}$	А	максимальное из значений уставок МТЗ предыдущих элементов, приведенное к первичным значениям на стороне ВН В случае, если максимальное значение соответствует уставке МТЗ одной из параллельных линий, значение «$I_{\text{мтз пред макс}}$» следует принять равным сумме уставок МТЗ таких параллельных линий.
$\sum I_{\text{раб}}$	А	суммарное значение рабочих токов предыдущих элементов за исключением элементов, используемых при определении значения «$I_{\text{мтз пред макс}}$» (как правило соответствует «$I_{\text{раб макс}}$» за вычетом максимального рабочего тока СВ стороны СН).

11.1.3 Проверка чувствительности уставки по току МТЗ СН

11.1.3.1 Чувствительность МТЗ СН следует проверять при металлическом двухфазном КЗ в реально возможном режиме, обеспечивающем минимальный ток КЗ при замыкании на выводах стороны СН и в наиболее удаленной точке зоны резервирования.

11.1.3.2 Коэффициент чувствительности при этом должен быть:

- около 1,5 – при КЗ на выводах стороны СН трансформатора (п. 3.2.21 [1]);
- около 1,2 – при КЗ в наиболее удаленной точке предыдущего элемента, входящего в зону резервирования (п. 3.2.25 [1]).

11.1.3.3 Вычисление коэффициента чувствительности «**kч**» следует выполнять по формуле

$$k_{\text{ч}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{кз мин СН}}}{\text{I}_{\text{мтз СН}}} \quad , \qquad (11.4)$$

$I_{\text{кз мин СН}}$	А	первичное действующее значение минимального тока трехфазного КЗ в расчетном режиме, приведенное к стороне ВН.
$I_{\text{мтз СН}}$	А	уставка срабатывания МТЗ СН, в соответствии с п. 10.2.2

11.1.3.4 В случае, если требуемое значение коэффициента чувствительности обеспечено быть не может, следует использовать пуск по напряжению и выполнить пересчет уставки «**Iмтз СН**», если определяющим ее значение явилось условие отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне СН;

11.1.4 Расчет значения уставки «**Iмтз СН**» тока срабатывания МТЗ СН с пуском по напряжению

11.1.4.1 В качестве значения уставки «**Iмтз СН**» срабатывания МТЗ СН с пуском по напряжению следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условиям:

- отстройки от максимального рабочего тока трансформатора;
- согласования по чувствительности с уставками защит от многофазных КЗ предыдущих элементов.

11.1.4.2 Расчет уставки «Iмтз СН» следует выполнять аналогично п. 11.1.2 по формулам 11.2 и 11.4 с учетом исключения коэффициента самозапуска «$k_{зап}$» из формулы 11.3.

11.1.5 Выбор значений уставок «**Tмтз СН**», «**dTмтз СН**» задержек срабатывания МТЗ СН

11.1.5.1 Значение задержки срабатывания МТЗ НН следует принять на ступень селективности «**Δt**» больше задержки срабатывания защиты от несимметричных замыканий предыдущих элементов.

11.1.5.2 Рекомендуемое значение ступени селективности «**Δt**» составляет 0,3 с.

11.1.5.3 В случае необходимости значение ступени селективности может быть снижено до расчетного по формуле

$t_{\text{рза сраб}} = 0,04$	с	максимальное время срабатывания устройства РЗА с нулевой выдержкой времени
$t_{\text{выкл}}$	с	максимальное полное время отключения выключателя, с учетом времени действия промежуточных реле в цепи отключения
$t_{\text{рза возвр}} = 0,02$	с	максимальное время возврата пускового органа защиты
$t_{\text{отс}} = 0,1$	с	время отстройки, обеспечивающее запас надежности отстройки защиты

11.1.5.4 В качестве значения задержки срабатывания «**dTмтз СН**» отключения трансформатора со всех сторон следует принять значение, равное ступени селективности «**Δt**».

11.1.6 Выбор значения уставки «**Tумтз СН**» задержки ускоренного срабатывания МТЗ СН

11.1.6.1 Ускорение МТЗ СН при включении выключателя ввода стороны СН обеспечивает ускоренное отключение повреждения после действия АПВ шин соответствующей стороны.

11.1.6.2 Задержка срабатывания «**Tумтз СН**» должна быть отстроена от длительности БТН трансформаторов, подключенных к шинам и отходящим линиям на стороне СН.

При отсутствии расчетных или опытных данных о максимальной длительности БТН значение уставки срабатывания «**Tумтз СН**» следует выбирать не менее 0,5 с, в соответствии с тем, что снижение значения тока при БТН до значения меньше номинально происходит за 0,2 – 0,4 с [6].

11.1.6.3 Если отстройка срабатывания МТЗ СН от режима самозапуска электрических двигателей выполняется по току срабатывания, или с помощью ПОН, то отстройка уставки «**Тумтз СН**» от длительности пусковых токов электрических двигателей не требуется.

12 РАСЧЕТ УСТАВОК – МТЗ ВН

12.1 Общие сведения

12.1.1 Согласно указаниям ПУЭ [1] максимальная токовая защита на стороне ВН предназначена для защиты от токов в обмотках, обусловленных внешними многофазными КЗ. МТЗ ВН может быть использована с комбинированным пуском по напряжению или без него.

12.1.2 МТЗ ВН резервирует действие основной дифференциальной защиты, а на трансформаторах мощностью менее 6,3 МВА выполняет роль основной защиты в случаях возникновения КЗ в той части обмотки, которая не попадает под действие ТО ВН.

12.1.3 МТЗ ВН должна быть согласована с защитами нижестоящих элементов от междуфазных КЗ и действовать в случае их отказа.

12.1.4 В алгоритме МТЗ ВН используются приведенные фазные токи стороны ВН, полученные путем программного удаления из соответствующих фазных токов тока нулевой последовательности, что обеспечивает правильную работу защиты в режимах внешних однофазных КЗ в питающей сети с заземленной нейтралью.
Операция приведения токов не вызывает изменения их значений в режимах, расчетных для выбора уставок и оценки коэффициента чувствительности (коэффициент схемы остается неизменным).

12.1.5 Условием пуска МТЗ ВН является превышение действующим значением максимального из приведенных токов стороны ВН значения уставки «**Iмтз ВН**».
Защита срабатывает с выдержкой времени «**Тмтз ВН**» на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию.

12.2 Расчет уставок МТЗ ВН

12.2.1 Порядок расчета

12.2.1.1 Работу алгоритма МТЗ ВН определяет следующий набор уставок:

- «**Iмтз ВН**» - ток срабатывания МТЗ ВН, А;
- «**Тмтз ВН**» - задержка срабатывания МТЗ ВН, с;
- «**Тмтз ВН - НН**» - задержка срабатывания МТЗ ВН на отключение выключателя стороны НН, с;
- «**Тмтз ВН - СН**» - задержка срабатывания МТЗ ВН на отключение выключателя стороны СН, с;
- «**Тумтз ВН**» - задержка срабатывания ускоренной МТЗ ВН, с.

12.2.1.2 Расчет уставки «**Iмтз ВН**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значение уставки следует привести ко вторичной величине тока, используя коэффициент трансформации ТТ стороны ВН.

12.2.1.3 Порядок выполнения расчета уставок МТЗ ВН представлен на рисунке 12.1.

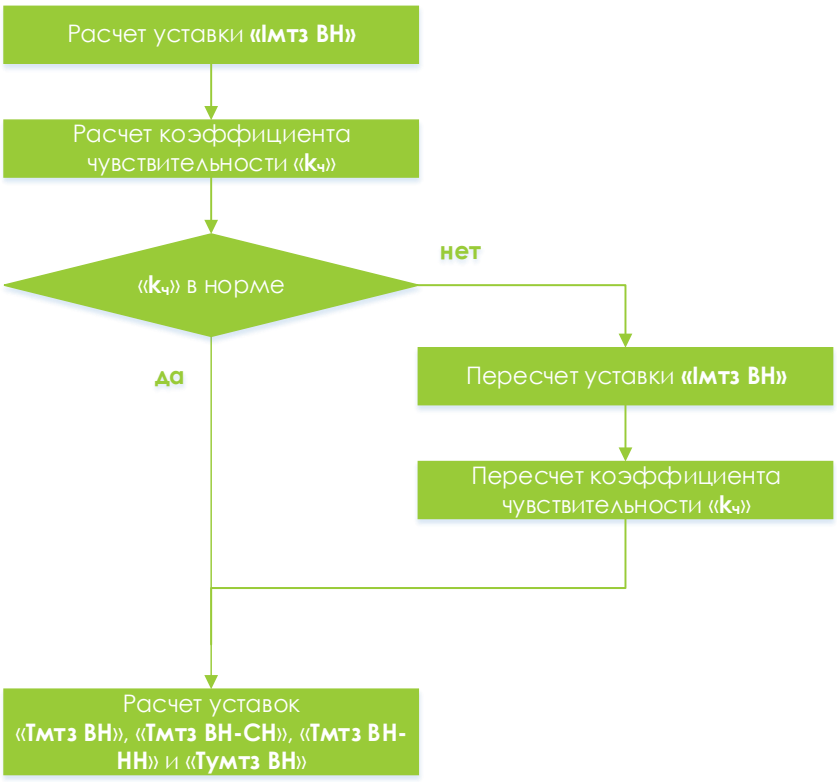


Рисунок 12.1 – Порядок расчета уставок МТЗ ВН

На первом шаге следует выполнить расчет уставки тока срабатывания «**Iмтз ВН**» с учетом отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне СН (НН).

На втором шаге следует выполнить расчет коэффициента чувствительности «**kч**» защиты.

В случае, если коэффициент чувствительности удовлетворяет требованиям ПУЭ [1], МТЗ ВН следует использовать без пуска по напряжению.

В случае, если коэффициент чувствительности не удовлетворяет требованиям ПУЭ [1], следует использовать пуск по напряжению. Далее следует повторно рассчитать значения «**Iмтз ВН**» и «**kч**» без учета отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне СН и НН.

Для завершения выбора уставок МТЗ ВН выполнить расчет уставок «**Tмтз ВН**», «**Tмтз ВН-СН**», «**Tмтз ВН-НН**» и «**Tумтз ВН**».

12.2.2 Расчет значения уставки «Iмтз ВН» тока срабатывания МТЗ ВН

12.2.2.1 В качестве значения уставки «**Iмтз ВН**» следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условиям:

- отстройки от увеличения рабочего тока в переходных режимах, как правило при самозапуске электрических двигателей;
- согласования по чувствительности с уставками защит от многофазных КЗ предыдущих элементов.

12.2.2.2 Расчет значения уставки «**Iмтз ВН**» по условию отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне СН и НН следует выполнять по формуле

$$I_{\text{мтз ВН}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{зап}} \cdot k_{\text{перегрузки}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном ВН}} \quad , \qquad (12.1)$$

$k_{отс} = 1,2$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$k_{зап}$	-	Коэффициент самозапуска, учитывающий увеличение тока от заторможенной двигательной нагрузки. В предварительных расчетах и при отсутствии информации о доле двигательной нагрузки может быть принят равным: - 2 – для сельских сетей общего назначения; - 2,5 – для городских сетей общего назначения; - 4-5 – для промышленных сетей, при условии отсутствия в нагрузке электрических двигателей напряжением свыше 1000 В. Для расчета коэффициента самозапуска рекомендуется использовать методы, приведенные в [8].
$k_{в} = 0,95$	-	коэффициент возврата пускового органа
$k_{перегрузки}$	о.е.	максимальная кратность реальной длительно возможной перегрузки трансформатора (относительно номинального тока трансформатора)
$I_{ном\ ВН}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

12.2.2.3 Расчет значения уставки «**Iмтз ВН**» по условию согласования с уставками защит предыдущих элементов следует выполнять по формуле

$$I_{мтз\ ВН} = k_{отс} \cdot I_{мтз\ пред} \quad , \qquad (12.2)$$

$k_{отс} = 1,1$	-	коэффициент отстройки, учитывающий неточность задания исходных данных, погрешность расчета и необходимый запас
$I_{мтз\ пред}$	А	значение уставки максимальной токовой защиты предыдущего элемента, приведенное к первичным значениям на стороне ВН. При наличии отдельного устройства защиты на выключателе ввода стороны СН(НН) в качестве «$I_{мтз\ пред}$» принять значение уставки МТЗ данного устройства. При отсутствии отдельного устройства защиты на выключателе ввода стороны СН(НН) в качестве «$I_{мтз\ пред}$» принять значение уставки «**Iмтз СН**» («**Iмтз НН**») срабатывания алгоритма МТЗ СН (МТЗ НН).

12.2.3 Проверка чувствительности уставки по току МТЗ ВН

12.2.3.1 Согласно ПУЭ [1] чувствительность МТЗ ВН следует проверять при металлическом двухфазном КЗ на выводах стороны СН или НН трансформатора в реально возможном режиме, обеспечивающем минимальный ток КЗ.

12.2.3.2 Коэффициент чувствительности при этом должен быть:

- около 1,5 – в случае выполнения МТЗ ВН роли основной защиты (на трансформаторах мощностью менее 6,3 МВА при отсутствии ДТЗ);
- около 1,2 – в случае выполнения МТЗ ВН роли резервной защиты.

12.2.3.3 Вычисление коэффициента чувствительности «**kч**» следует выполнять по формуле

$$k_{ч} = k_{сх} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ НН}}{I_{мтз\ ВН}} \quad , \qquad (12.3)$$

$k_{сх}$	-	коэффициент схемы, учитывающий особенность трансформации токов в трансформаторе и последующую цифровую обработку сигналов. В зависимости от схем соединения обмоток трансформатора принять равными: - 1 - для Y/Δ и Δ/Δ; - √3/2 – для Δ/Y и Y/Y.
$I_{кз\ мин\ СН(НН)}$	А	первичное действующее значение минимального из токов трехфазного КЗ на выводах сторон СН и НН трансформатора, приведенное к стороне ВН.
$I_{мтз\ ВН}$	А	уставка срабатывания МТЗ ВН, в соответствии с п. 12.2.2

12.2.3.4 В случае, если требуемое значение коэффициента чувствительности обеспечено быть не может, следует использовать пуск по напряжению и выполнить пересчет уставки «**Iмтз ВН**», если определяющим ее значение явилось условие отстройки от режима самозапуска двигательной нагрузки на стороне СН (НН).

12.2.4 Расчет значения уставки «Iмтз ВН» тока срабатывания МТЗ ВН с пуском по напряжению

12.2.4.1 В качестве значения уставки «**Iмтз ВН**» срабатывания МТЗ ВН с пуском по напряжению следует выбрать максимальное из двух значений, рассчитанных по условиям:

- отстройки от максимального рабочего тока трансформатора;
- согласования по чувствительности с уставками защит от многофазных КЗ предыдущих элементов.

12.2.4.2 Расчет уставки «**Iмтз ВН**» следует выполнять аналогично п. 12.2.2 по формулам 12.1 и 12.2 с учетом исключения коэффициента самозапуска «$k_{зап}$» из формулы 12.1.

12.2.5 Выбор «Tмтз ВН-НН» и «Tмтз ВН-СН» задержек срабатывания МТЗ ВН на отключение выключателей сторон НН и СН

12.2.5.1 Значения уставок «**Tмтз ВН-СН**» и «**Tмтз ВН-НН**» следует выбирать аналогично «**Tмтз СН**» и «**Tмтз НН**», соответственно.

12.2.6 Выбор значения уставки «Tмтз ВН» задержки срабатывания МТЗ ВН

12.2.6.1 Значение задержки срабатывания «**Tмтз ВН**» следует принять на ступень селективности «Δt» больше максимальной из задержек срабатывания защит от несимметричных замыканий на сторонах СН и НН.

12.2.6.2 Рекомендуемое значение ступени селективности «Δt» составляет 0,3 с.

12.2.6.3 Выбранное значение уставки «**Tмтз ВН**» должно быть меньше задержки срабатывания резервной защиты от несимметричных замыканий последующего элемента на величину, не менее чем ступень селективности «Δt».

12.2.6.4 В случае необходимости значение ступени селективности может быть снижено до расчетного по формуле 10.5.

12.2.7 Выбор значения уставки «**Тумтз ВН**» задержки ускоренного срабатывания МТЗ ВН

12.2.7.1 Ускорение МТЗ ВН при включении выключателя стороны ВН трансформатора как правило не используют вследствие того, что значение уставки срабатывания МТЗ ВН по току «**Iмтз ВН**» не обеспечивает отстройку МТЗ от БТН в данном режиме.

Несрабатывание МТЗ ВН при возникновении БТН обеспечивает задержка срабатывания защиты, задаваемая уставкой «**Тмтз ВН**».

12.2.7.2 Ускорение МТЗ на стороне ВН трансформатора может быть введено в действие при выводе из работы основной быстродействующей защиты трансформатора (ДТЗ).

12.2.7.3 При отсутствии расчетных или опытных данных о максимальной длительности БТН значение уставки срабатывания «**Тумтз ВН**» следует выбирать не менее 0,5 с, в соответствии с тем, что снижение значения тока при БТН до значения меньше номинально происходит за 0,2 – 0,4 с [6].

12.2.7.4 Значение уставки срабатывания «**Тумтз ВН**» рекомендуется уточнить исходя из опыта эксплуатации.

13 РАСЧЕТ УСТАВОК - ЗП

13.1 Общие сведения

13.1.1 Согласно п. 3.2.69 ПУЭ [1] на трансформаторах мощностью 0,4 МВА и более следует предусматривать защиту от перегрузки:

- с действием на сигнал – на обслуживаемых подстанциях;
- с действием на сигнал и/или автоматическую разгрузку и отключение – на подстанциях без постоянного дежурного персонала.

13.1.2 Алгоритм ЗП включает в себя четыре части:

- защита от перегрузки обмотки ВН;
- защита от перегрузки обмотки СН;
- защита от перегрузки обмотки НН;
- защита от перегрузки общей обмотки автотрансформатора.

13.1.3 На трехобмоточных трансформаторах с равными мощностями обмоток применяется ЗП обмотки ВН. На трехобмоточных трансформаторах с различными мощностями обмоток применяется ЗП обмотки ВН, ЗП обмотки СН и ЗП обмотки НН. На автотрансформаторах применяется ЗП обмотки ВН, ЗП обмотки НН и ЗП общей обмотки.

13.1.4 Условием пуска алгоритма ЗП является превышение действующим значением максимального из фазных токов соответствующей стороны значения уставки. Защита срабатывает с выдержкой времени на предупредительную сигнализацию.

13.1.5 В алгоритме ЗП предусмотрена возможность действия на отключение трансформатора со всех сторон (либо соответствующей стороны трансформатора, на которой обнаружена перегрузка) и аварийную сигнализацию после срабатывания предупредительной сигнализации.

13.1.6 В алгоритме ЗП предусмотрены две очереди автоматической разгрузки, действующие с задержками срабатывания после срабатывания предупредительной сигнализации.

13.2 Расчет уставок ЗП обмотки ВН

13.2.1 Расчет уставки «**Iзп ВН**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значение уставки следует привести ко вторичным величинам токов, используя коэффициент трансформации ТТ стороны ВН.
Расчет значения уставки «**Iзп ВН**» срабатывания ЗП по току следует выполнять по условию отстройки от номинального тока трансформатора по формуле

$$I_{\text{зп ВН}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном ВН}} \quad , \qquad (13.1)$$

$k_{\text{отс}} = 1,05$	-	коэффициент отстройки
$k_{\text{в}} = 0,95$	-	коэффициент возврата пускового органа
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

13.2.2 Значение задержки срабатывания «**Tзп ВН**» предупредительной сигнализации при перегрузке трансформатора должно быть отстроено от максимального времени действия резервных защит трансформатора и пусковых режимов электрических двигателей на сторонах СН и НН.
Допустимо без дополнительных расчетов в качестве уставки «**Tзп ВН**» принять значение, равное **9** с.

13.2.3 Выбор уставки «**Tзп ВН откл**» задержки отключения трансформатора от тока перегрузки после срабатывания предупредительной сигнализации следует выполнять по условию ограничения длительности перегрузки, в соответствии с п. 2.1.21 [5].
В качестве уставки «**Tзп ВН откл**» для масляных трансформаторов следует принять значение:

- 600 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз ВН**» алгоритма МТЗ ВН не превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора;
- 0 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз ВН**» алгоритма МТЗ ВН превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора.

В качестве уставки «**Tзп ВН откл**» для сухих трансформаторов следует принять значение:

- 300 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз ВН**» алгоритма МТЗ ВН не превышает значения 160 % от номинального тока трансформатора;
- 0 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз ВН**» алгоритма МТЗ ВН превышает значения 160 % от номинального тока трансформатора.

13.2.4 В случае возможности использования автоматической разгрузки (значение «**Tзп откл**» отлично от нуля) рекомендуется принять следующие значения уставок задержек срабатывания:

- «**Tразгр ВН 1**» - от 240 до 480 сек;
- «**Tразгр ВН 2**» - на 30 секунд больше «**Tразгр ВН 1**».

13.3 Расчет уставок ЗП обмотки СН

13.3.1 Расчет уставки «**Iзп СН**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значение уставки следует привести ко

вторичным величинам токов, используя коэффициент трансформации $k_{\text{тр ВН–СН}}$ коэффициент трансформации ТТ стороны СН.

Расчет значения уставки «**Iзп СН**» срабатывания ЗП по току следует выполнять по условию отстройки от номинального тока обмотки СН трансформатора по формуле

$$I_{\text{зп СН}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном СН}} \quad , \tag{13.2}$$

$k_{\text{отс}} = 1,05$	-	коэффициент отстройки
$k_{\text{в}} = 0,95$	-	коэффициент возврата пускового органа
$I_{\text{ном СН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки СН трансформатора, рассчитанное по формуле 11.1

13.3.2 Значение задержки срабатывания «**Тзп СН**» предупредительной сигнализации при перегрузке трансформатора должно быть отстроено от максимального времени действия резервных защит трансформатора и пусковых режимов электрических двигателей на сторонах СН и НН.

Допустимо без дополнительных расчетов в качестве уставки «**Тзп СН**» принять значение, равное **9** с.

13.3.3 Выбор уставки «**Тзп СН откл**» задержки отключения трансформатора от тока перегрузки после срабатывания предупредительной сигнализации следует выполнять по условию ограничения длительности перегрузки, в соответствии с п. 2.1.21 [5].

В качестве уставки «**Тзп СН откл**» для масляных трансформаторов следует принять значение:

- 600 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз СН**» алгоритма МТЗ СН не превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора;
- 0 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз СН**» алгоритма МТЗ СН превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора.

13.3.4 В случае возможности использования автоматической разгрузки (значение «**Тзп СН откл**» отлично от нуля) рекомендуется принять следующие значения уставок задержек срабатывания:

- «**Тразгр СН 1**» - от 240 до 480 сек;
- «**Тразгр СН 2**» - на 30 секунд больше «**Тразгр СН 1**».

13.4 Расчет уставок ЗП обмотки НН

13.4.1 Расчет уставки «**Iзп НН**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значение уставки следует привести ко вторичным величинам токов, используя коэффициент трансформации $k_{\text{тр ВН–НН}}$ коэффициент трансформации ТТ стороны НН.

Расчет значения уставки «**Iзп НН**» срабатывания ЗП по току следует выполнять по условию отстройки от номинального тока обмотки НН трансформатора по формуле

$$I_{\text{зп НН}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном НН}} \quad , \tag{13.3}$$

$k_{\text{отс}} = 1,05$	-	коэффициент отстройки
$k_{\text{в}} = 0,95$	-	коэффициент возврата пускового органа
$I_{\text{ном НН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле (10.1)

13.4.2 Значение задержки срабатывания «**Тзп НН**» предупредительной сигнализации при перегрузке трансформатора должно быть отстроено от максимального времени действия резервных защит трансформатора и пусковых режимов электрических двигателей на стороне НН. Допустимо без дополнительных расчетов в качестве уставки «**Тзп НН**» принять значение, равное **9** с.

13.4.3 Выбор уставки «**Тзп НН откл**» задержки отключения трансформатора от тока перегрузки после срабатывания предупредительной сигнализации следует выполнять по условию ограничения длительности перегрузки, в соответствии с п. 2.1.21 [5].
В качестве уставки «**Тзп НН откл**» для масляных трансформаторов следует принять значение:

- 600 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз НН**» алгоритма МТЗ НН не превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора;
- 0 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз НН**» алгоритма МТЗ НН превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора.

В качестве уставки «**Тзп НН откл**» для сухих трансформаторов следует принять значение:

- 300 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз НН**» алгоритма МТЗ НН не превышает значения 160 % от номинального тока трансформатора;
- 0 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз НН**» алгоритма МТЗ НН превышает значения 160 % от номинального тока трансформатора.

13.4.4 В случае возможности использования автоматической разгрузки (значение «**Тзп откл**» отлично от нуля) рекомендуется принять следующие значения уставок задержек срабатывания:

- «**Тразгр НН 1**» - от 240 до 480 сек;
- «**Тразгр НН 2**» - на 30 секунд больше «**Тразгр НН 1**».

13.5 Расчет уставок ЗП общей обмотки автотрансформатора

13.5.1 Расчет уставки «**Iзп ОО**» целесообразно выполнять в первичных величинах токов, приведенных к стороне ВН. Перед вводом в устройство значение уставки следует привести ко вторичным величинам токов, используя коэффициент трансформации ТТ стороны НН.

13.5.2 Номинальный ток общей обмотки выбирается по каталожным данным или рассчитывается по формуле

$$I_{\text{ном ОО}} = I_{\text{ном СН}} - I_{\text{ном ВН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}}} - \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном ВН}}} \quad , \qquad (13.4)$$

$S_{\text{ном}}$	кВА	Номинальная мощность автотрансформатора
$U_{\text{ном ВН}}$	кВ	Номинальная мощность обмотки ВН
$U_{\text{ном СН}}$	кВ	Номинальная мощность обмотки СН

Расчет значения уставки «**Iзп ОО**» срабатывания ЗП по току следует выполнять по условию отстройки от номинального тока общей обмотки автотрансформатора по формуле

$$I_{\text{зп ОО}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном ОО}} \quad , \qquad (13.5)$$

$k_{\text{отс}} = 1,05$	-	коэффициент отстройки
$k_{\text{в}} = 0,95$	-	коэффициент возврата пускового органа

$I_{ном\ ОО}$	А	первичное действующее значение номинального тока общей обмотки автотрансформатора, рассчитанное по формуле 13.4

13.5.3 Значение задержки срабатывания «**Тзп ОО**» предупредительной сигнализации при перегрузке автотрансформатора должно быть отстроено от максимального времени действия резервных защит трансформатора и пусковых режимов электрических двигателей на стороне НН. Допустимо без дополнительных расчетов в качестве уставки «**Тзп ОО**» принять значение, равное **9** с.

13.5.4 Выбор уставки «**Тзп ОО откл**» задержки отключения автотрансформатора от тока перегрузки после срабатывания предупредительной сигнализации следует выполнять по условию ограничения длительности перегрузки, в соответствии с п. 2.1.21 [5].
В качестве уставки «**Тзп ОО откл**» для масляных трансформаторов следует принять значение:

- 600 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз ВН**» алгоритма МТЗ ВН не превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора;
- 0 сек – в случае, если уставка срабатывания «**Iмтз ВН**» алгоритма МТЗ ВН превышает значения удвоенного номинального тока трансформатора.

13.5.5 В случае возможности использования автоматической разгрузки (значение «**Тзп ОО откл**» отлично от нуля) рекомендуется принять следующие значения уставок задержек срабатывания:

- «**Тразгр ОО 1**» - от 240 до 480 сек;
- «**Тразгр ОО 2**» - на 30 секунд больше «**Тразгр ОО 1**».

14 РАСЧЕТ УСТАВОК - ГЗ

14.1 Общие сведения

14.1.1 В соответствии с п. 3.2.53 ПУЭ [1] газовая защита от повреждений внутри кожуха трансформатора должна быть предусмотрена для трансформаторов мощностью 6,3 МВА и более, а также для внутрицеховых трансформаторов мощностью 630 кВА и более.

14.1.2 Газовая защита трансформатора действует:

- на предупредительную сигнализацию при слабом газообразовании - по сигналу на логическом входе «**ГЗ Т1**» с задержкой срабатывания «**Тгз 1**»;
- на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию при интенсивном газообразовании - по сигналу на логическом входе «**ГЗ Т2**» с задержкой срабатывания «**Тгз 2**».

14.1.3 В процессе коммутации устройства РПН происходит незначительное газообразование. В связи с этим для защиты устройств РПН предусмотрена одна ступень, действующая на отключение трансформатора со всех сторон и аварийную сигнализацию при интенсивном газообразовании. Газовая защита РПН срабатывает с задержкой «**Тгз рпн**» после прихода сигнала на вход «**ГЗ РПН**».

14.1.4 В алгоритме ГЗ предусмотрена возможность приема и обработки сигналов повреждения изоляции цепей газовой защиты раздельно для каждой ступени. При появлении сигнала повреждения изоляции с задержкой срабатывания «**Тки гз**» происходит срабатывание предупредительной сигнализации, и блокирование действия соответствующей ступени ГЗ.

14.1.5 В алгоритме ГЗ предусмотрен контроль наличия питания в цепях защиты по сигналу на логическом входе «**Питание ГЗ**». При отсутствии питания цепей защиты с задержкой срабатывания «**Тгз сигн**» срабатывает предупредительная сигнализация.

14.2 Выбор уставок ГЗ

14.2.1 В качестве значений уставок «**Тгз 1**», «**Тгз 2**» и «**Тгз рпн**» задержек срабатывания газовой защиты рекомендуется принять нулевое значение (защита работает без замедления).

14.2.2 В качестве значения уставки «**Тки гз**» задержки срабатывания контроля изоляции цепей ГЗ рекомендуется принять нулевое значение (контроль изоляции работает без замедления).

14.2.3 Значение уставки «**Тгз сигн**» задержки срабатывания контроля наличия питания цепей защиты следует отстроить от времени действия защиты и АВР цепей питания.

15 РАСЧЕТ УСТАВОК – ПО, ЗПО

15.1 Общие сведения

15.1.1 В соответствии с п. Д1 ГОСТ [7] системы охлаждения трансформаторов с принудительной циркуляцией воздуха («Д», «ДЦ», «НДЦ») и воды («Ц», «НЦ») должны иметь шкафы автоматического управления охлаждением.

15.1.2 В соответствии с п. Д.2 и Д3 ГОСТ [7] управление системой охлаждения должно осуществлять контроль тока для систем с принудительной циркуляцией воздуха типа «Д», «ДЦ» и «НДЦ».

15.1.3 В устройстве предусмотрен алгоритм ПО и ЗПО, обеспечивающий формирование сигналов пуска охлаждения, в зависимости от текущей нагрузки трансформатора и температуры верхних слоев масла, предназначенных для передачи в ШАОТ систем типа «Д», «ДЦ» и «НДЦ».

15.1.4 В алгоритме ПО и ЗПО предусмотрена защита от потери охлаждения - отключение трансформатора по сигналу отключенной системы охлаждения, поступающему от ШАОТ, в режиме, когда охлаждение должно работать. Отключение может выполняться с задержкой до 1 часа. При пуске защиты от потери охлаждения предусмотрено срабатывание предупредительной сигнализации.

15.2 Выбор уставок для системы охлаждения «Д»

15.2.1 В соответствии с п. Д2 ГОСТ [7] управление системой охлаждения типа «Д» с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла должно обеспечивать:

- включение электродвигателей вентиляторов при достижении температуры верхних слоев масла 55 °С или при достижении тока, равного 1,05 номинального, - независимо от температуры верхних слоев масла;
- отключение электродвигателей вентиляторов при снижении температуры верхних слоев масла до 50 °С, если при этом ток нагрузки менее 1,05 номинального.

15.2.2 Для систем охлаждения типа «Д» следует использовать первую ступень алгоритма ПО и ЗПО.

15.2.3 Программный ключ «**B219**» определяет тип используемого датчика контроля температуры верхних слоев масла. Нормальное положение ключа соответствует датчику с двумя группами контактов, подключаемых к логическим входам «**Т масла сраб.**» и «**Т масла возвр.**». При переключении программного ключа «**B219**» активируется режим работы с датчиком, имеющим один выходной контакт и гистерезис по измеряемой температуре.

15.2.4 Расчет значения уставки «**Iпо 1**» пускового органа контроля тока следует выполнять по формуле

$$I_{\text{по 1}} = k_{\text{н}} \cdot I_{\text{ном ВН}} \quad , \qquad (15.1)$$

$k_{\text{н}} = 1,05$	-	коэффициент нагрузки для пуска охлаждения
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

15.2.5 В качестве значения уставки «**Tпо 1**» задержки срабатывания первой ступени ПО рекомендуется принять нулевое значение с учетом того, что необходимые задержки пуска охлаждения реализованы в ШАОТ.

15.2.6 При выборе значения уставки «**Tзпо 1**» задержки срабатывания первой ступени ЗПО следует учесть задержку пуска охлаждения в ШАОТ, а также учесть возможность работы трансформатора без охлаждения в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на конкретный тип трансформатора.

15.2.7 В качестве уставки «**Tзпо пуск**» следует принять значение, превышающее с запасом задержку пуска охлаждения в ШАОТ.

15.3 Выбор уставок для системы охлаждения «ДЦ» и «НДЦ»

15.3.1 В соответствии с п. Д3 ГОСТ [7] управление системой охлаждения типов «ДЦ» с принудительной циркуляцией воздуха и масла с ненаправленным потоком масла и «НДЦ» с принудительной циркуляцией воздуха и масла с направленным потоком масла должно обеспечивать работу электродвигателей вентиляторов только при температуре верхних слоев масла более 40 °С группами:

- первой – в режиме холостого хода или при нагрузке не более 40 % номинального тока;
- первой и второй – при нагрузке трансформатора более 40 % номинального тока;
- первой, второй и третьей – при нагрузке трансформатора более 75 % номинального тока.

15.3.2 Для систем охлаждения типа «ДЦ» и «НДЦ» следует использовать до трех ступеней алгоритма ПО и ЗПО.

15.3.3 Программный ключ «**B219**» определяет тип используемого датчика контроля температуры верхних слоев масла. Нормальное положение ключа соответствует датчику с двумя группами контактов, подключаемых к логическим входам «**Т масла сраб.**» и «**Т масла возвр.**». При переключении

программного ключа «**B219**» активируется режим работы с датчиком, имеющим один выходной контакт и гистерезис по измеряемой температуре.

15.3.4 Первая ступень ПО и ЗПО должна функционировать вне зависимости от величины нагрузки трансформатора. Пусковой орган с уставкой «**Iпо 1**» использовать не следует.

15.3.5 Расчет значения уставки «**Iпо 2**» пускового органа контроля тока второй ступени ПО и ЗПО следует выполнять по формуле

$$I_{\text{по 2}} = k_{\text{н}} \cdot I_{\text{ном ВН}} \quad , \qquad (15.2)$$

$k_{\text{н}} = 0,4$	-	коэффициент нагрузки для пуска охлаждения
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

15.3.6 Расчет значения уставки «**Iпо 3**» пускового органа контроля тока третьей ступени ПО и ЗПО следует выполнять по формуле

$$I_{\text{по 3}} = k_{\text{н}} \cdot I_{\text{ном ВН}} \quad , \qquad (15.3)$$

$k_{\text{н}} = 0,75$	-	коэффициент нагрузки для пуска охлаждения
$I_{\text{ном ВН}}$	А	первичное действующее значение номинального тока обмотки ВН трансформатора, рассчитанное по формуле 8.3

15.3.7 В качестве значений уставок «**Tпо 1**», «**Tпо 2**» и «**Tпо 3**» задержек срабатывания ПО рекомендуется принять нулевые значения с учетом того, что необходимые задержки пуска охлаждения реализованы в ШАОТ.

15.3.8 При выборе значений уставок «**Tзпо 1**», «**Tзпо 2**» и «**Tзпо 3**» задержек срабатывания ЗПО следует учесть задержку пуска охлаждения в ШАОТ, а также учесть возможность работы трансформатора без охлаждения в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на конкретный тип трансформатора.

15.3.9 В качестве уставки «**Tзпо пуск**» следует принять значение, превышающее с запасом задержку пуска охлаждения в ШАОТ.

16 РАСЧЕТ УСТАВОК - УРОВ

16.1 Общие сведения

16.1.1 В соответствии с п. 3.2.18 ПУЭ [1] функция УРОВ должна быть предусмотрена в электроустановках напряжением 110 – 500 кВ.

16.1.2 В устройстве реализован алгоритм так называемого «индивидуального» УРОВ, действующий при отказе выключателя стороны ВН (СН) трансформатора на отключение выключателей, смежных с отказавшим.

16.1.3 Обязательным условием пуска УРОВ является наличие тока, протекающего через резервируемый выключатель, выявляемое по факту превышения действующим значением максимального из фазных токов стороны ВН значения уставки «**Iуров**».

16.1.4 Предусмотрен режим работы алгоритма УРОВ с дублированным пуском, при котором осуществляется дополнительный контроль отсутствия сигнала реле положения «Включено» на входе «**РПВ ВН**», исключающий срабатывание УРОВ в случае, когда сигнал отключения резервируемого

выключателя подан не был. Срабатывание УРОВ выполняется с задержкой «**Туров ВН**» («**Туров СН**»).

16.2 Выбор уставок УРОВ

16.2.1 В качества значения уставки «**Iуров ВН**» («**Iуров СН**») следует выбрать минимально возможное значение (0,1 А – для номинального вторичного тока 1 А; 0,5 А – для номинального вторичного тока 5 А).

16.2.2 Расчет задержки «**Туров ВН**» («**Туров СН**») срабатывания УРОВ следует выполнять по формуле

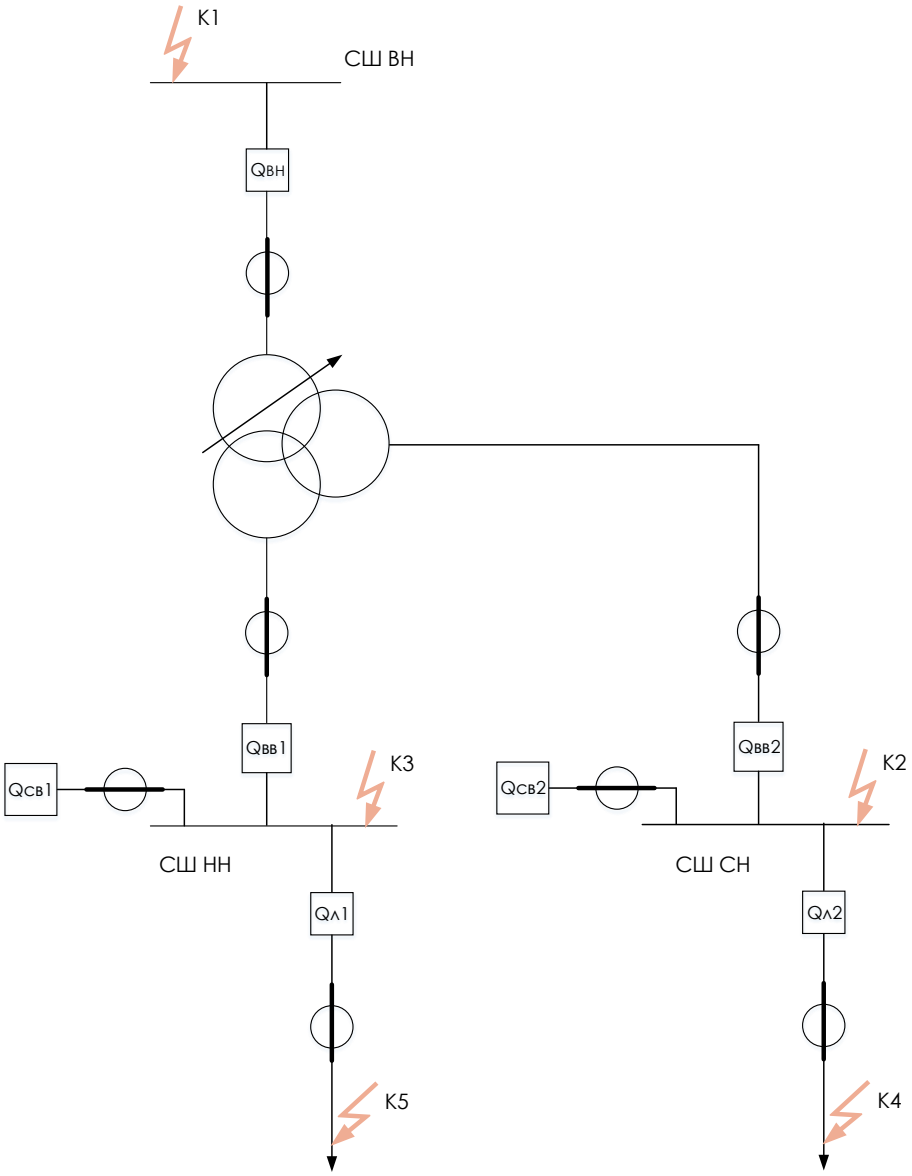
$$T_{\text{уров ВН (СН)}} = \boldsymbol{t}_{\text{выкл}} + \boldsymbol{t}_{\text{возвр}} + \boldsymbol{t}_{\text{отс}} \quad , \qquad (16.1)$$

$\boldsymbol{t}_{\text{выкл}}$	с	максимальное полное время отключения выключателя, с учетом времени действия промежуточных реле в цепи отключения
$\boldsymbol{t}_{\text{возвр}} = \mathbf{0,02}$	с	максимальное время возврата токового пускового органа УРОВ
$\boldsymbol{t}_{\text{отс}} = \mathbf{0,1}$	с	время отстройки, обеспечивающее запас надежности отстройки УРОВ

Минимально допустимое значение уставки составляет **0,2** с.

17 ПРИМЕР РАСЧЕТА УСТАВОК ФУНКЦИЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ТРЕХОБМОТОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

17.1 Исходные данные



Параметры трансформатора:

тип – ТДТН-40000/110-УХЛ1 (Y/Y/Д-0-11)

$S_{\text{ном}}$ = 40000 - номинальная мощность, кВА

$U_{\text{ном ВН}}$ = 115 - номинальные напряжения стороны ВН, кВ

$U_{\text{ном СН}}$ = 38,5 - номинальные напряжения стороны СН, кВ

$U_{\text{ном НН}}$ = 11 - номинальные напряжения стороны НН, кВ

$\Delta U_{\text{рпн}}$ = 1,78 - шаг РПН, %

$N_{\text{рпн+}}$ = 9 - количество ступеней РПН, используемых для регулирования напряжения в большую сторону

$N_{\text{рпн}-}$ = 9 - количество ступеней РПН, используемых для регулирования напряжения в меньшую сторону

Параметры ТТ и ТН:

$k_{\text{тт ВН}}$ = 1000/5 - коэффициент трансформации ТТ ВН

$k_{\text{тт СН}}$ = 1000/5 - коэффициент трансформации ТТ СН

$k_{\text{тт НН}}$ = 2000/5 - коэффициент трансформации ТТ НН

Режимы работы:

$k_{\text{перегрузки}}$ = 1,4 - кратность длительно возможной перегрузки трансформатора

$k_{\text{нагрузки СН}}$ = 0,7 - кратность тока нагрузки своей секции шин стороны СН относительно номинального тока трансформатора

$U_{\text{ном сети СН}}$ = 35000 - среднее номинальное напряжение сети на стороне СН, В

$k_{\text{нагрузки НН}}$ = 0,7 - кратность тока нагрузки секции шин стороны НН относительно номинального тока трансформатора

$U_{\text{ном сети НН}}$ = 6000 - среднее номинальное напряжение сети на стороне НН, В

Токи и напряжения КЗ, приведенные к стороне ВН:

КЗ в точке К1 – на шинах ВН

$I_{\text{кз макс ВН}}$ = 2379,4 - максимальный ток трехфазного КЗ, А

$I_{\text{кз мин ВН}}$ = 2179,5 - минимальный ток трехфазного КЗ, А

КЗ в точке К2 – на шинах СН

$I_{\text{кз макс СН}}$ = 1317,3 - максимальный ток трехфазного КЗ, А

$I_{\text{кз мин СН}}$ = 1002,5 - минимальный ток трехфазного КЗ, А

КЗ в точке К3 – на шинах НН

$I_{\text{кз макс НН}}$ = 955,9 - максимальный ток трехфазного КЗ, А

$I_{\text{кз мин НН}}$ = 712,6 - минимальный ток трехфазного КЗ, А

КЗ в точке К4 – в конце зоны резервирования на стороне СН

$I_{\text{кз мин рез СН}}$ = 753 - минимальный ток трехфазного КЗ, А

КЗ в точке К5 – в конце зоны резервирования на стороне НН

$I_{\text{кз мин рез НН}}$ = 610 - минимальный ток трехфазного КЗ, А

Уставки защит, с которыми производится согласование, приведенные к стороне ВН:

$I_{\text{мтз СВ СН}}$ = 208,9 - уставка срабатывания МТЗ на присоединении СВ СН, А

$T_{\text{мтз СВ СН}}$ = 2 - задержка срабатывания МТЗ на присоединении СВ СН, с

$I_{\text{мтз СВ НН}}$ = 155 - уставка срабатывания МТЗ на присоединении СВ НН, А

$T_{\text{мтз СВ НН}}$ = 2 - задержка срабатывания МТЗ на присоединении СВ НН, с

17.2 Расчет уставок

№ п.п.	Величина	Обозначение	Формула		Расчет	Примечание	Значение для ввода в устройство
1. Выбор диапазона измерений токов							
1.1	Номинальный вторичный ток стороны ВН трансформатора, А	$I_{\text{ном ВН}}^{\text{втор}}$	7.1	$I_{\text{ном ВН}}^{\text{втор}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном ВН}} \cdot k_{\text{тт ВН}}}$	$= \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 200} = 1$	-	-
1.2	Номинальный ток диапазона измерений токов стороны ВН, А	$I_{\text{ном измер ВН}}$	-	-	$I_{\text{ном измер ВН}} = 5$ (0,25 – 500 А)	В соответствии с п. 7.2.3	$I_{\text{ном измер ВН}} = 5$
1.3	Номинальный вторичный ток стороны СН трансформатора, А	$I_{\text{ном СН}}^{\text{втор}}$	7.2	$I_{\text{ном СН}}^{\text{втор}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном СН}} \cdot k_{\text{тт СН}}}$	$= \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 38,5 \cdot 0500} = 3$	-	-
1.4	Номинальный ток диапазона измерений токов стороны СН, А	$I_{\text{ном измер СН}}$	-	-	$I_{\text{ном измер СН}} = 5$ (0,25 – 500 А)	В соответствии с п. 7.2.3	$I_{\text{ном измер СН}} = 5$
1.5	Номинальный вторичный ток стороны НН трансформатора, А	$I_{\text{ном НН}}^{\text{втор}}$	7.3	$I_{\text{ном НН}}^{\text{втор}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном НН}} \cdot k_{\text{тт НН}}}$	$= \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 6,6 \cdot 400} = 8,75$	-	-
1.6	Номинальный ток диапазона измерений токов стороны НН, А	$I_{\text{ном измер НН}}$	-	-	$I_{\text{ном измер НН}} = 5$ (0,25 – 500 А)	В соответствии с п. 7.2.3	$I_{\text{ном измер НН}} = 5$
1.7	Проверка входов измерения токов ВН	-	7.4	$I_{\text{макс измер ВН}} \geq \frac{k_a \cdot I_{\text{кз макс ВН}}}{k_{\text{тт ВН}}}$	$500 \geq \frac{2 \cdot 2379,4}{200} = 23,8$	Условие выполняется	-
1.8	Проверка входов измерения токов СН	-	7.5	$I_{\text{макс измер СН}} \geq \frac{k_a \cdot I_{\text{кз макс СН}}}{k_{\text{тт СН}}} \cdot \frac{U_{\text{ном ВН}}}{U_{\text{ном СН}}}$	$500 \geq \frac{2 \cdot 1317,3}{200} \cdot \frac{115}{38,5} = 39,3$	Условие выполняется	-
1.9	Проверка входов измерения токов НН	-	7.6	$I_{\text{макс измер НН}} \geq \frac{k_a \cdot I_{\text{кз макс НН}}}{k_{\text{тт НН}}} \cdot \frac{U_{\text{ном ВН}}}{U_{\text{ном НН}}}$	$500 \geq \frac{2 \cdot 955,9}{400} \cdot \frac{115}{6,6} = 83,3$	Условие выполняется	-
2. Дифференциальная токовая защита (ДТО и ДЗТ)							
2.1	Номинальный ток обмотки ВН трансформатора, А	$I_{\text{ном ВН}}$	8.3	$I_{\text{ном ВН}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном ВН}}}$	$= \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 200,8$	-	-
2.2	Максимальный ток небаланса в режиме внешнего КЗ, о.е.	$I_{\text{нб расч макс}}$	8.2	$I_{\text{нб расч макс}} = \frac{\left(k_{\text{пер}} \cdot \varepsilon_{\text{макс}} + \Delta U_{\text{рпн}} \cdot N_{\text{рпн+(–)}} + \Delta f\right)}{100} \cdot \frac{I_{\text{кз макс СН}}}{I_{\text{ном ВН}}}$	$= \frac{(2 \cdot 10 + 9 \cdot 1,78 + 5)}{100} \cdot \frac{1317,3}{200,8} = 3,02$	-	-
2.3	Уставка срабатывания ДТО по условию отстройки от тока небаланса, о.е.	$I_{\text{дто}}$	8.1	$I_{\text{дто}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч макс}}$	$= 1,3 \cdot 3,02 = 3,92$		-
2.4	Уставка срабатывания ДТО по условию отстройки от БТН, о.е.	$I_{\text{дто}}$	-	-	$I_{\text{дто}} = 6,00$	В соответствии с п. 8.2.2	-
2.5	Выбранное значение уставки срабатывания ДТО, о.е.	$I_{\text{дто}}$	-	-	-		$I_{\text{дто}} = 6,00$
2.6	Уставка задержки срабатывания ДТО, с	$T_{\text{дзт}}$	-	-	-	В соответствии с п. 8.2.3	-

№ п.п.	Величина	Обозначение	Формула		Расчет	Примечание	Значение для ввода в устройство
2.7	Уставка ток начала торможения первого участка ДЗТ, о.е.	$I_{\text{торм1}}$	-	-	-	В соответствии с п. 8.3.2	$I_{\text{торм1}} = 1{,}00$
2.8	Уставка ток начала торможения второго участка ДЗТ, о.е.	$I_{\text{торм2}}$	-	-	-	В соответствии с п. 8.3.2	$I_{\text{торм2}} = 2{,}00$
2.9	Ток небаланса, соответствующий току начала торможения первого участка, о.е.	$I_{\text{нб расч1}}$	8.5	$I_{\text{нб расч1}} = \frac{\left(k_{\text{пер1}} \cdot \varepsilon_1 + \Delta U_{\text{рпн}} \cdot N_{\text{рпн+(–)}} + \Delta f\right)}{100} \cdot I_{\text{торм1}}$	$= \frac{(1 \cdot 10 + 9 \cdot 1{,}78 + 5)}{100} \cdot 1 = 0{,}31$	-	-
2.10	Уставка начального тока срабатывания ДЗТ, о.е.	$I_{\text{дзт}}$	8.4	$I_{\text{дзт}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч1}}$	$= 1{,}3 \cdot 0{,}31 = 0{,}41$	-	$I_{\text{дзт}} = 0{,}41$
2.11	Ток небаланса, соответствующий току начала торможения второго участка, о.е.	$I_{\text{нб расч2}}$	8.8	$I_{\text{нб расч2}} = \frac{\left(k_{\text{пер2}} \cdot \varepsilon_2 + \Delta U_{\text{рпн}} \cdot N_{\text{рпн+(–)}} + \Delta f\right)}{100} \cdot I_{\text{торм2}}$	$= \frac{(1{,}5 \cdot 10 + 9 \cdot 1{,}78 + 5)}{100} \cdot 2 = 0{,}72$	-	-
2.12	Ток срабатывания ДЗТ при токе торможения, равном току начала торможения второго участка, о.е.	$I_{\text{дзт2}}$	8.7	$I_{\text{дзт2}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч2}}$	$= 1{,}3 \cdot 0{,}72 = 0{,}94$	-	-
2.13	Уставка коэффициента торможения первого участка ДЗТ	$k_{\text{торм1}}$	8.6	$k_{\text{торм1}} = \frac{I_{\text{дзт2}} - I_{\text{дзт}}}{I_{\text{торм2}} - I_{\text{торм1}}}$	$= \frac{0{,}94 - 0{,}41}{2 - 1} = 0{,}53$	-	$k_{\text{торм1}} = 0{,}53$
2.14	Ток торможения, соответствующий максимальному току внешнего КЗ, о.е.	$I_{\text{торм дто}}$	8.10	$I_{\text{торм дто}} = \frac{I_{\text{кз макс СН}}}{I_{\text{ном ВН}}} - \frac{I_{\text{нб расч макс}}}{2}$	$= \frac{1317{,}3}{200{,}8} - \frac{3{,}02}{2} = 5{,}05$	-	-
2.15	Уставка коэффициента торможения второго участка ДЗТ	$k_{\text{торм2}}$	8.9	$k_{\text{торм2}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{нб расч макс}} - I_{\text{дзт2}}}{I_{\text{торм дто}} - I_{\text{торм2}}}$	$= \frac{1.3 \cdot 3{,}02 - 0{,}94}{5{,}05 - 2} = 0{,}98$	-	$k_{\text{торм2}} = 0{,}98$
2.16	Уставка задержки срабатывания ДЗТ, с	$T_{\text{дзт}}$	-	-	-	В соответствии с п. 8.3.6	$T_{\text{дзт}} = 0{,}00$
2.17	Уставка блокирования ДЗТ по второй гармонике, о.е.	ИПБ 2г	-	-	-	В соответствии с п. 8.3.7	ИПБ 2г = 0,15
2.18	Уставка максимальной длительности перекрестного блокирования по 2 гармонике, с	$T_{\text{пб 2г}}$	-	-	-	В соответствии с п. 8.3.8	$T_{\text{пб 2г}} = 2{,}00$
2.19	Относительное значение минимального тока КЗ на выводах трансформатора, о.е.	$I_{\text{кз мин}}$	8.14	$I_{\text{кз мин}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{\text{кз мин НН}}}{I_{\text{ном ВН}}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{712{,}6}{200{,}8} = 3{,}07$	-	-
2.20	Уставка срабатывания ДЗТ при минимальном токе КЗ на выводах трансформатора, о.е.	$I_{\text{дзт сраб}}$	8.13	$I_{\text{дзт сраб}} = \left(\frac{I_{\text{кз мин}}}{2} - I_{\text{торм1}}\right) \cdot k_{\text{торм1}} + I_{\text{ДЗТ}}$	$= \left(\frac{3{,}07}{2} - 1\right) \cdot 0{,}53 + 0{,}41 = 0{,}69$	-	-

№ п.п.	Величина	Обозначение	Формула		Расчет	Примечание	Значение для ввода в устройство
2.21	Коэффициент чувствительности ДЗТ	$k_{ч}$	8.15	$k_{ч} = \frac{I_{кз\ мин}}{I_{дзт\ сраб}}$	$= \frac{3,07}{0,69} = 4,45$	$k_{ч}$ удовлетворяет требованиям ПУЭ	-
2.22	Уставка тока срабатывания сигнализации небаланса, о.е.	$I_{нб}$	8.16	$I_{нб} = k_{отс\ нб} \cdot I_{нб\ расч1}$	$= 1,05 \cdot 0,31 = 0,33$	-	$I_{нб} = 0,33$
2.23	Уставка задержки срабатывания сигнализации небаланса, с	$T_{нб}$	-	-	-	В соответствии с п. 8.4.3	$T_{нб} = 10,00$
3. Токовая отсечка стороны ВН (ТО ВН)							
3.1	Уставка тока срабатывания ТО ВН по условию отстройки от токов КЗ на сторонах СН и НН, А	$I_{то\ ВН}$	9.1	$I_{то\ ВН} = k_{отс} \cdot I_{кз\ макс\ СН}$	$= 1,3 \cdot 1317,3 = 1713$	-	-
3.2	Уставка тока срабатывания ТО ВН по условию отстройки от БТН, А	$I_{то\ ВН}$	9.2	$I_{то\ ВН} = k_{бтн} \cdot I_{ном\ ВН}$	$= 6 \cdot 200,8 = 1205$	-	-
3.3	Выбранное значение уставки тока срабатывания ТО ВН, А	$I_{то\ ВН}$	-	-	$I_{то\ ВН} = 1713$	максимальное значение из п.п. 3.1 и 3.2	$I_{то\ ВН} \cdot k_{тр} \cdot \frac{1}{k_{тт\ НН}} = 1713 \cdot \frac{1}{200} = 8,57$
3.4	Коэффициент чувствительности ТО ВН	$k_{ч}$	9.3	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ ВН}}{I_{то\ ВН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2179,5}{1713} = 1,1$	Проверку чувствительности следует выполнять в случае неиспользования ДЗТ	-
3.5	Уставка задержки срабатывания ТО ВН, с	$T_{то\ ВН}$	-	-	-	В соответствии с п. 9.2.1	$T_{то\ ВН} = 0,00$
4. Максимальная токовая защита стороны НН (МТЗ НН)							
4.1	Номинальный ток стороны НН, приведенный к стороне ВН, А	$I_{ном\ НН}$	10.1	$\frac{S_{ном\ НН}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном\ НН} \cdot k_{тр\ ВН-НН}}$	$= \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 6,6 \cdot \frac{115}{6,6}} = 200,8$	-	-
4.2	Уставка тока срабатывания МТЗ НН по условию отстройки от режима самозапуска, А	$I_{мтз\ НН}$	10.2	$I_{мтз\ НН} = \frac{k_{отс} \cdot k_{зап} \cdot k_{перегрузки}}{k_{в}} \cdot I_{ном\ НН}$	$= \frac{1,2 \cdot 5 \cdot 1,4}{0,95} \cdot 200,8 = 1776$	-	-
4.3	Уставка тока срабатывания МТЗ НН по условию согласования с МТЗ предыдущего элемента, А	$I_{мтз\ НН}$	10.3	$I_{мтз\ НН} = k_{отс} \cdot (I_{мтз\ СВ\ НН} + \sum I_{раб})$	$= 1,1 \cdot (155 + 0,7 \cdot 200,8) = 326$	Согласование с уставкой МТЗ на СВ НН	-
4.4	Коэффициент чувствительности МТЗ НН к КЗ на шинах НН	$k_{ч}$	10.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ НН}}{I_{мтз\ НН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{712,6}{1776} = 0,35$	$k_{ч}$ не удовлетворяет требованиям ПУЭ. Следует использовать пуск по напряжению	-

№ п.п.	Величина	Обозначение	Формула		Расчет	Примечание	Значение для ввода в устройство
4.5	Коэффициент чувствительности МТЗ НН к КЗ в конце зоны резервирования	$k_{ч}$	10.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ рез}}{I_{мтз\ НН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{610}{1776} = 0{,}3$	$k_{ч}$ не удовлетворяет требованиям ПУЭ. Следует использовать пуск по напряжению	-
4.6	Пересчет уставки тока срабатывания МТЗ НН по условию отстройки от режима длительно допустимой перегрузки (без учета самозапуска), А	$I_{мтз\ НН}$	10.2	$I_{мтз\ НН} = \frac{k_{отс} \cdot k_{перегрузки}}{k_{в}} \cdot I_{ном\ НН}$	$= \frac{1{,}2 \cdot 1{,}4}{0{,}95} \cdot 200{,}8 = 356$	Значение уставки, пересчитанное без учета режима самозапуска	-
4.7	Коэффициент чувствительности МТЗ НН к КЗ на шинах НН	$k_{ч}$	10.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ НН}}{I_{мтз\ НН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{712{,}6}{356} = 1{,}74$	$k_{ч}$ удовлетворяет требованиям ПУЭ	-
4.8	Коэффициент чувствительности МТЗ НН к КЗ в конце зоны резервирования	$k_{ч}$	10.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ рез}}{I_{мтз\ НН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{610}{356} = 1{,}49$	$k_{ч}$ удовлетворяет требованиям ПУЭ	-
4.9	Выбранное значение уставки МТЗ НН, А	$I_{мтз\ НН}$	-	-	$I_{мтз\ НН} = 356$	максимальное значение из п.п. 4.6 и 4.3	$I_{мтз\ НН} \cdot k_{тр\ ВН-НН} \cdot \frac{1}{k_{тт\ НН}} = 356 \cdot \frac{115}{6{,}6} \cdot \frac{1}{400} = 15{,}47$
4.10	Уставка задержки срабатывания МТЗ НН на отключение ВВ НН, с	$T_{мтз\ НН}$	-	$T_{мтз\ НН} = T_{мтз\ НН\ СВ} + \Delta t$	$= 2 + 0{,}3 = 2{,}3$	Значение ступени селективности принято равным 0,3 с	$T_{мтз\ НН} = 2{,}3$
4.11	Уставка задержки отключения трансформатора от МТЗ НН, с	$dT_{мтз\ НН}$	-	$dT_{мтз\ НН} = \Delta t$	$= 0{,}3$	Значение ступени селективности принято равным 0,3 с	$dT_{мтз\ НН} = 0{,}30$
5. Максимальная токовая защита стороны СН (МТЗ СН)							
5.1	Номинальный ток стороны СН, приведенный к стороне ВН, А	$I_{ном\ СН}$	11.1	$\frac{S_{ном\ СН}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном\ СН} \cdot k_{тр\ ВН-СН}}$	$= \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 38{,}5 \cdot \frac{115}{38.5}} = 200{,}8$	-	-
5.2	Уставка тока срабатывания МТЗ СН по условию отстройки от режима самозапуска, А	$I_{мтз\ СН}$	11.3	$I_{мтз\ СН} = \frac{k_{отс} \cdot k_{зап} \cdot k_{перегрузки}}{k_{в}} \cdot I_{ном\ СН}$	$= \frac{1{,}2 \cdot 5 \cdot 1{,}4}{0{,}95} \cdot 200{,}8 = 1776$	-	-
5.3	Уставка тока срабатывания МТЗ СН по условию согласования с МТЗ предыдущего элемента, А	$I_{мтз\ СН}$	11.3	$I_{мтз\ СН} = k_{отс} \cdot (I_{мтз\ СВ\ СН} + \sum I_{раб})$	$= 1{,}1 \cdot (208{,}9 + 0{,}7 \cdot 200{,}8) = 385$	Согласование с уставкой МТЗ на СВ СН	-

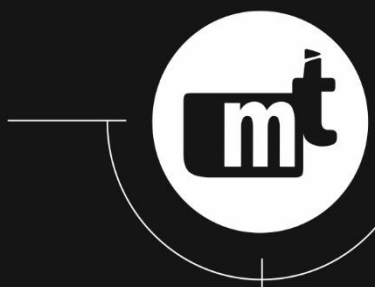
№ п.п.	Величина	Обозначение	Формула		Расчет	Примечание	Значение для ввода в устройство
5.4	Коэффициент чувствительности МТЗ СН к КЗ на шинах СН	$k_{ч}$	11.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ СН}}{I_{мтз\ СН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1002,5}{1776} = 0,49$	$k_{ч}$ не удовлетворяет требованиям ПУЭ. Следует использовать пуск по напряжению	-
5.5	Коэффициент чувствительности МТЗ СН к КЗ в конце зоны резервирования	$k_{ч}$	11.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ рез}}{I_{мтз\ СН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{753}{1776} = 0,37$	$k_{ч}$ не удовлетворяет требованиям ПУЭ. Следует использовать пуск по напряжению	-
5.6	Пересчет уставки тока срабатывания МТЗ СН по условию отстройки от режима длительно допустимой перегрузки (без учета самозапуска), А	$I_{мтз\ СН}$	11.2	$I_{мтз\ СН} = \frac{k_{отс} \cdot k_{перегрузки}}{k_{в}} \cdot I_{ном\ СН}$	$= \frac{1,2 \cdot 1,4}{0,95} \cdot 200,8 = 356$	Значение уставки, пересчитанное без учета режима самозапуска	-
5.7	Коэффициент чувствительности МТЗ СН к КЗ на шинах СН	$k_{ч}$	11.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ СН}}{I_{мтз\ СН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1002,5}{385} = 2,26$	$k_{ч}$ удовлетворяет требованиям ПУЭ	-
5.8	Коэффициент чувствительности МТЗ СН к КЗ в конце зоны резервирования	$k_{ч}$	11.4	$k_{ч} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{I_{кз\ мин\ рез}}{I_{мтз\ СН}}$	$= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{753}{385} = 1,70$	$k_{ч}$ удовлетворяет требованиям ПУЭ	-
5.9	Выбранное значение уставки МТЗ СН, А	$I_{мтз\ СН}$	-	-	$I_{мтз\ СН} = 385$	максимальное значение из п.п. 5.6 и 5.3	$I_{мтз\ СН} \cdot k_{тр\ ВН-СН} \cdot \frac{1}{k_{тт\ СН}} = 385 \cdot \frac{115}{38,5} \cdot \frac{1}{200} = 5,75$
5.10	Уставка задержки срабатывания МТЗ СН на отключение ВВ СН, с	$T_{мтз\ СН}$	-	$T_{мтз\ СН} = T_{мтз\ СН\ СВ} + \Delta t$	$= 2 + 0,3 = 2,3$	Значение ступени селективности принято равным 0,3 с	$T_{мтз\ СН} = 2,3$
5.11	Уставка задержки отключения трансформатора от МТЗ СН, с	$dT_{мтз\ СН}$	-	$dT_{мтз\ СН} = \Delta t$	$= 0,3$	Значение ступени селективности принято равным 0,3 с	$dT_{мтз\ СН} = 0,30$
6. Максимальная токовая защита стороны ВН (МТЗ ВН)							
6.1	Уставка тока срабатывания МТЗ ВН по условию отстройки от режима самозапуска, А	$I_{мтз\ ВН}$	12.1	$I_{мтз\ ВН} = \frac{k_{отс} \cdot k_{зап} \cdot k_{перегрузки}}{k_{в}} \cdot I_{ном\ ВН}$	$= \frac{1,2 \cdot 5 \cdot 1,4}{0,95} \cdot 200,8 = 1776$	-	-

№ п.п.	Величина	Обозначение	Формула		Расчет	Примечание	Значение для ввода в устройство
6.2	Уставка тока срабатывания МТЗ НН по условию согласования с МТЗ предыдущего элемента, А	$I_{\text{мтз ВН}}$	12.2	$I_{\text{мтз ВН}} = k_{\text{отс}} \cdot I_{\text{мтз СН}}$	$= 1{,}1 \cdot 385 = 423$	Согласование с уставкой МТЗ НН	-
6.3	Коэффициент чувствительности МТЗ ВН к КЗ на шинах НН	$k_{\text{ч}}$	12.3	$k_{\text{ч}} = k_{\text{сх}} \cdot \frac{I_{\text{кз мин НН}}}{I_{\text{мтз ВН}}}$	$= 1 \cdot \frac{712{,}6}{1776} = 0{,}40$	$k_{\text{ч}}$ не удовлетворяет требованиям ПУЭ. Следует использовать пуск по напряжению	-
6.4	Пересчет уставки тока срабатывания МТЗ ВН по условию отстройки от режима длительно допустимой перегрузки (без учета самозапуска), А	$I_{\text{мтз ВН}}$	12.1	$I_{\text{мтз ВН}} = \frac{k_{\text{отс}} \cdot k_{\text{перегрузки}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном ВН}}$	$= \frac{1{,}2 \cdot 1{,}4}{0{,}95} \cdot 200{,}8 = 356$	Значение уставки, пересчитанное без учета режима самозапуска	-
6.5	Коэффициент чувствительности МТЗ ВН к минимальному из токов КЗ на шинах СН и НН	$k_{\text{ч}}$	12.3	$k_{\text{ч}} = k_{\text{сх}} \cdot \frac{I_{\text{кз мин НН}}}{I_{\text{мтз ВН}}}$	$= 1 \cdot \frac{712{,}6}{423} = 1{,}69$	$k_{\text{ч}}$ удовлетворяет требованиям ПУЭ	-
6.6	Выбранное значение уставки МТЗ ВН, А	$I_{\text{мтз ВН}}$	-	-	$I_{\text{мтз ВН}} = 423$	максимальное значение из п.п. 6.2 и 6.4	$I_{\text{мтз ВН}} \cdot \frac{1}{k_{\text{тт ВН}}} = 423 \cdot \frac{1}{200} = 2{,}12$
6.7	Уставка задержки срабатывания МТЗ ВН, с	$T_{\text{мтз ВН}}$	-	$T_{\text{мтз ВН}} = T_{\text{мтз НН}} + \Delta t$	$= 2{,}3 + 0{,}3 = 2{,}6$	Значение ступени селективности принято равным 0,3 с	$T_{\text{мтз ВН}} = 2{,}6$
7. Защита от перегрузки (ЗП)							
7.1	Уставка тока срабатывания защиты от перегрузки, А	$I_{\text{зп ВН}}$	13.1	$I_{\text{зп ВН}} = \frac{k_{\text{отс}}}{k_{\text{в}}} \cdot I_{\text{ном ВН}}$	$= \frac{1{,}05}{0{,}95} \cdot 200{,}8 = 222$		$I_{\text{зп ВН}} \cdot \frac{1}{k_{\text{тт ВН}}} = 222 \cdot \frac{1}{200} = 1{,}11$
7.2	Уставка задержки срабатывания ЗП, с	$T_{\text{зп ВН}}$	-	-	-	В соответствии с п. 13.2.2	$T_{\text{зп}} = 9$
8. Газовая защита (ГЗ)							
8.1	Уставка задержки срабатывания первой ступени ГЗ, с	$T_{\text{гз 1}}$	-	-	$T_{\text{гз 1}} = 0$	В соответствии с п. 14.2.1	$T_{\text{гз 1}} = 0{,}00$
8.2	Уставка задержки срабатывания второй ступени ГЗ, с	$T_{\text{гз 2}}$	-	-	$T_{\text{гз 2}} = 0$	В соответствии с п. 14.2.1	$T_{\text{гз 2}} = 0{,}00$
8.3	Уставка задержки срабатывания ГЗ РПН, с	$T_{\text{гз 3}}$	-	-	$T_{\text{гз рпн}} = 0$	В соответствии с п. 14.2.1	$T_{\text{гз рпн}} = 0{,}00$

№ п.п.	Величина	Обозначение	Формула		Расчет	Примечание	Значение для ввода в устройство
8.4	Уставка задержки срабатывания контроля изоляции цепей ГЗ, с	$T_{\text{ки гз}}$	-	-	$T_{\text{ки гз}} = 0$	В соответствии с п. 14.2.2	$T_{\text{ки гз}} = 0{,}00$
8.5	Уставка задержки срабатывания сигнализации отсутствия питания цепей ГЗ, с	$T_{\text{гз сигн}}$	-	-	$T_{\text{гз сигн}} = 10$	Отстроена с запасом от времени действия защит и АВР цепей питания	$T_{\text{гз сигн}} = 10{,}00$
9. УРОВ							
9.1	Уставка токового органа УРОВ стороны ВН, А	$I_{\text{уров ВН}}$	-	-	$I_{\text{уров ВН}} = 0{,}5$	В соответствии с п. 16.2.1	$I_{\text{уров ВН}} = 0{,}50$
9.2	Уставка задержки срабатывания УРОВ стороны ВН, с	$\text{T}_{\text{уров ВН}}$	16.1	$\text{T}_{\text{уров ВН}} = \boldsymbol{t}_{\text{выкл}} + \boldsymbol{t}_{\text{возвр}} + \boldsymbol{t}_{\text{отс}}$	$= 0{,}045 + 0{,}02 + 0{,}1 = 0{,}165$	В соответствии с п. 16.2.1	$\text{T}_{\text{уров ВН}} = 0{,}20$
9.3	Уставка токового органа УРОВ стороны СН, А	$I_{\text{уров СН}}$	-	-	$I_{\text{уров СН}} = 0{,}5$	В соответствии с п. 16.2.1	$I_{\text{уров СН}} = 0{,}50$
9.4	Уставка задержки срабатывания УРОВ стороны СН, с	$\text{T}_{\text{уров СН}}$	16.1	$\text{T}_{\text{уров СН}} = \boldsymbol{t}_{\text{выкл}} + \boldsymbol{t}_{\text{возвр}} + \boldsymbol{t}_{\text{отс}}$	$= 0{,}045 + 0{,}02 + 0{,}1 = 0{,}165$	В соответствии с п. 16.2.1	$\text{T}_{\text{уров СН}} = 0{,}20$

18 ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок. Шестое издание;
2. Шабад М.А. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты. Экспериментальная и расчетная проверки. Конспект лекций. Издание 2-ое, дополненное. Минтопэнерго РФ. 2000.
3. РД 153-34.0-35.301-2002. Инструкция по проверке трансформаторов тока, используемых в схемах релейной защиты и измерения.
4. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 13Б. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты. – М.: Энергоатомиздат, 1985, - 96 с., ил.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Энергосервис. Москва. 2003.
6. Дроздов А.Д. Электрические цепи с ферромагнитными сердечниками в релейной защите. М. – Л., издательство «Энергия», 1965. 240 с. с черт. и илл.
7. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия.
8. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей: Монография/ М.А. Шабад. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 4-е изд., переаб. и доп. – 350 стр. ил.



Микропроцессорные
технологии

www.i-mt.net
8 800 555 25 11
01@i-mt.net