



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО - ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭКРА»

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ
(УСТАВОК) И АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕЗЕРВНЫХ
ЗАЩИТ В ШКАФУ ТИПА ШЭ2607 021

(Первая редакция)

ЭКРА.650323.066

Чебоксары 2019

Оглавление	
1 Область применения Методики	5
2 Термины и определения	6
3 Сокращения	7
4 Общие положения	9
5 Схемы подключения шкафа ко вторичным цепям ТТ и ТН	10
5.1 Пример схемы подключения шкафа к ТТ и ТН	10
5.2 Требования к трансформаторам тока	12
5.3 Определение погрешности ТТ	13
6 Дистанционная защита	15
6.1 Описание функции ДЗ	15
6.2 Выбор алгоритма и расчёт уставок ДЗ	23
6.2.1 Расчёт сопротивления срабатывания $Z_{сз}^I$ РС I ступени	25
6.2.2 Расчёт уставки $Z_{сз}^{II}$ РС и времени срабатывания II ступени ..	28
6.2.3 Выбор уставки $Z_{сз}^{III}$ РС и времени срабатывания III ступени ..	37
6.2.4 Выбор сопротивления срабатывания $Z_{сз}^{IV}$ РС IV ступени	39
6.2.5 Выбор сопротивления срабатывания $Z_{сз}^V$ РС V ступени	39
6.2.6 Выбор и расчёт собственных уставок РС ДЗ	40
6.2.7 Выбор режимов логики ДЗ	52
6.2.8 Уставки ДЗ по времени	53
7 Орган, определяющий вид повреждения (ОВП)	55
7.1 Описание функции ОВП	55
7.2 Выбор и расчёт уставок ОВП	57
8 Блокировка при качаниях (БК)	63
8.1 Описание функции БК	63
8.2 Выбор и расчёт уставок БК	67
8.2.1 Блокировка ДЗ при качаниях по приращению тока	67
8.2.2 Блокировка ДЗ при качаниях по скорости изменения сопротивления $\Delta Z/\Delta t$	72
9 Блокировка при неисправности цепей напряжения (БНН)	75
9.1 Описание функции (БНН)	75
9.2 Выбор и расчёт уставок БНН	77
10 Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП)	78
10.1 Описание функции ТНЗНП	78
10.2 Выбор и расчёт уставок ТНЗНП	83
10.2.1 Выбор параметров срабатывания ПО I ступени ТНЗНП	84
10.2.2 Выбор параметров срабатывания ПО II ступени ТНЗНП	86
10.2.3 Выбор параметров срабатывания ПО III ступени ТНЗНП	92
10.2.4 Выбор параметров срабатывания ПО IV ступени ТНЗНП	94
10.2.5 Выбор параметров срабатывания ПО V и VI ступеней ТНЗНП	95

10.2.6	Уставки реле направления мощности нулевой последовательности	95
10.2.7	Уставки ТНЗНП по времени	101
10.2.8	Выбор режимов логики ТНЗНП	102
11	Междуфазная токовая отсечка (МТО)	105
11.1	Описание функции МТО	105
11.2	Выбор и расчёт уставок МТО	105
12	Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)	108
12.1	Описание функции УРОВ	108
12.2	Выбор и расчёт уставок УРОВ	110
12.2.1	Ток срабатывания УРОВ	110
12.2.2	Выдержка времени УРОВ	113
12.2.3	Режимы работы УРОВ	114
13	Токовая защита от перегрузки (ТЗП)	115
13.1	Описание функции ТЗП	115
13.2	Выбор и расчёт уставок ТЗП	115
14	Максимальная токовая защита (МТЗ)	117
14.1	Описание функции МТЗ	117
14.2	Выбор и расчёт уставок МТЗ	119
14.2.1	Расчёт уставок ПО МТЗ	119
14.2.2	Выбор выдержек времени ступеней МТЗ	121
15	Телеускорение и телеотключение (ТУ и ТО)	123
15.1	Описание функции ТУ и ТО	123
15.2	Выбор и расчёт уставок ТУ и ТО	123
	Приложение А Таблицы уставок	125
	Приложение Б Характеристики реле сопротивления ДЗ	150
	Приложение В Методика расчёта переходного сопротивления	152
	Приложение Г Построение областей нагрузочных режимов	156
	Приложение Д Функциональные схемы логики резервных защит	158
	Приложение Е Векторные диаграммы трансформаторов напряжения	177
	Приложение Ж Примеры расчёта уставок ДЗ и ТНЗНП	181
	Ж.1 Дистанционная защита	183
	Ж.1.1 Выбор уставок по сопротивлению первой ступени ДЗ ВЛ ...	183
	Ж.2 Токовая направленная защита нулевой последовательности	186
	Список использованной литературы	187

1 Область применения Методики

Настоящая "Методика расчёта и выбора параметров настройки (уставок) и алгоритмов функционирования резервных защит в шкафу защит ШЭ2607 021" (далее – Методика) распространяется на шкафы дистанционной и токовой защит линии типа ШЭ2607 021 версии 021_200 и другие шкафы, в которые могут входить указанные защиты. Методика применима также для других версий шкафа и других шкафов, содержащих указанные защиты.

2 Термины и определения

Алгоритм функционирования устройства релейной защиты и автоматики – логический порядок взаимодействия функций (блокировок) в устройстве релейной защиты и автоматики (РЗА), определяющий принцип его действия.

Параметры настройки устройства РЗА – изменяемые величины в устройстве РЗА, определяющие состав и логику работы отдельных функций (блокировок), либо допустимый диапазон и шаг изменения величин, обеспечивающие функционирование устройства релейной защиты и автоматики в соответствии с заданным алгоритмом.

Форма бланка уставок – составленная в соответствии с требованиями производителя устройства РЗА форма документа, применяемого при настройке устройства РЗА, содержащая перечень всех параметров настройки (уставок) и алгоритмов функционирования, предусмотренных производителем устройства РЗА, с указанием их наименований, адресов (при их наличии), допустимых диапазонов значений, задаваемых аналоговых параметров настройки, без указания значений выбранных параметров настройки (уставок) и алгоритмов функционирования.

3 Сокращения

АР	асинхронный режим
АСУ ТП	автоматическая система управления технологическим процессом
АТ	автотрансформатор
АУВ	автоматика управления выключателем
БК	блокировка при качаниях
БНН	блокировка при неисправностях в цепях напряжения
БТ	блокировка торможения
БТН	бросок тока намагничивания
ВЛ	воздушная линия
ВОЛС	волоконно-оптическая линия связи
ВЧТО	высокочастотное телеотключение
ДЗ	дистанционная защита
ЗНФР	защита от неполнофазного режима
ИО	измерительный орган
КЗ	короткое замыкание
КСЗ	комплект ступенчатых защит
МП	микропроцессор (микропроцессорный)
МТЗ	максимальная токовая защита
МТО	междуфазная токовая отсечка
НП	нулевая последовательность
ОАПВ	однофазное автоматическое повторное включение
ОВ	обходной выключатель
ОВП	определитель вида повреждения
ОМП	определение места повреждения
ПО	пусковой орган
ПО МН	пусковой орган минимального напряжения
РЗА	релейная защита и автоматика
РНМ	реле направления мощности
РНМНП	реле направления мощности нулевой последовательности
РННП	реле напряжения нулевой последовательности
РПВ (КQC)	реле положения включено
РПО (KQT)	реле положения отключено
РС	реле сопротивления
РТНП	реле тока нулевой последовательности
РУ РЗ	руководящие указания по релейной защите
ТЗП	токовая защита от перегрузки

ТНЗНП	токовая направленная защита нулевой последовательности
ТН	измерительный трансформатор напряжения
ТО	телеотключение
ТТ	измерительный трансформатор тока
ТУ	телеускорение
УПАСК	устройство передачи аварийных сигналов и команд
УРОВ	устройство резервирования при отказе выключателя
ФТОП	фильтр токов обратной последовательности
ШОН	шкаф отбора напряжения
ЭМО	электромагнит отключения

4 Общие положения

Настоящая Методика предназначена для расчёта и выбора параметров настройки (уставок) резервных защит ЛЭП классов напряжения 110 и 220 кВ всех типов, с ОАПВ и без ОАПВ, отходящих от подстанций любой конфигурации.

Методика призвана помочь специалистам по расчётам параметров настройки устройств РЗА правильно выбрать параметры уставок резервных защит в шкафе типа ШЭ2607 021. Для этого в ней помимо расчётных формул приведены конкретные числовые значения некоторых параметров или предложены упрощённые методики расчёта, которые могут служить опорой при оценке правильности выбора параметров.

В Методике учтены особенности измерительных органов и логики резервных защит ВЛ 110-220 кВ в шкафах серии ШЭ2607 НПП "ЭКРА" и учтены особые режимы, влияющие на выбор этих параметров.

Пользование Методикой предполагает у пользователя знания в объёме не ниже техникума по электротехнической специальности.

В Методике приведены рекомендации по расчёту и выбору параметров содержащихся в шкафе типа ШЭ2607 021 функций:

- дистанционной защиты (ДЗ);
- блокировки ДЗ при качаниях;
- блокировки ДЗ при неисправности цепей напряжения;
- токовой направленной защиты нулевой последовательности;
- определения места повреждения на линии;
- междуфазной токовой отсечки;
- резервирования при отказе выключателя;
- токовой защиты от перегрузки;
- максимальной токовой защиты;
- телеускорения и телеотключения.

5 Схемы подключения шкафа ко вторичным цепям ТТ и ТН

5.1 Пример схемы подключения шкафа к ТТ и ТН

Примеры схем подключения шкафа ко вторичным цепям ТТ и ТН приведены на рисунках 5.1 и 5.2.

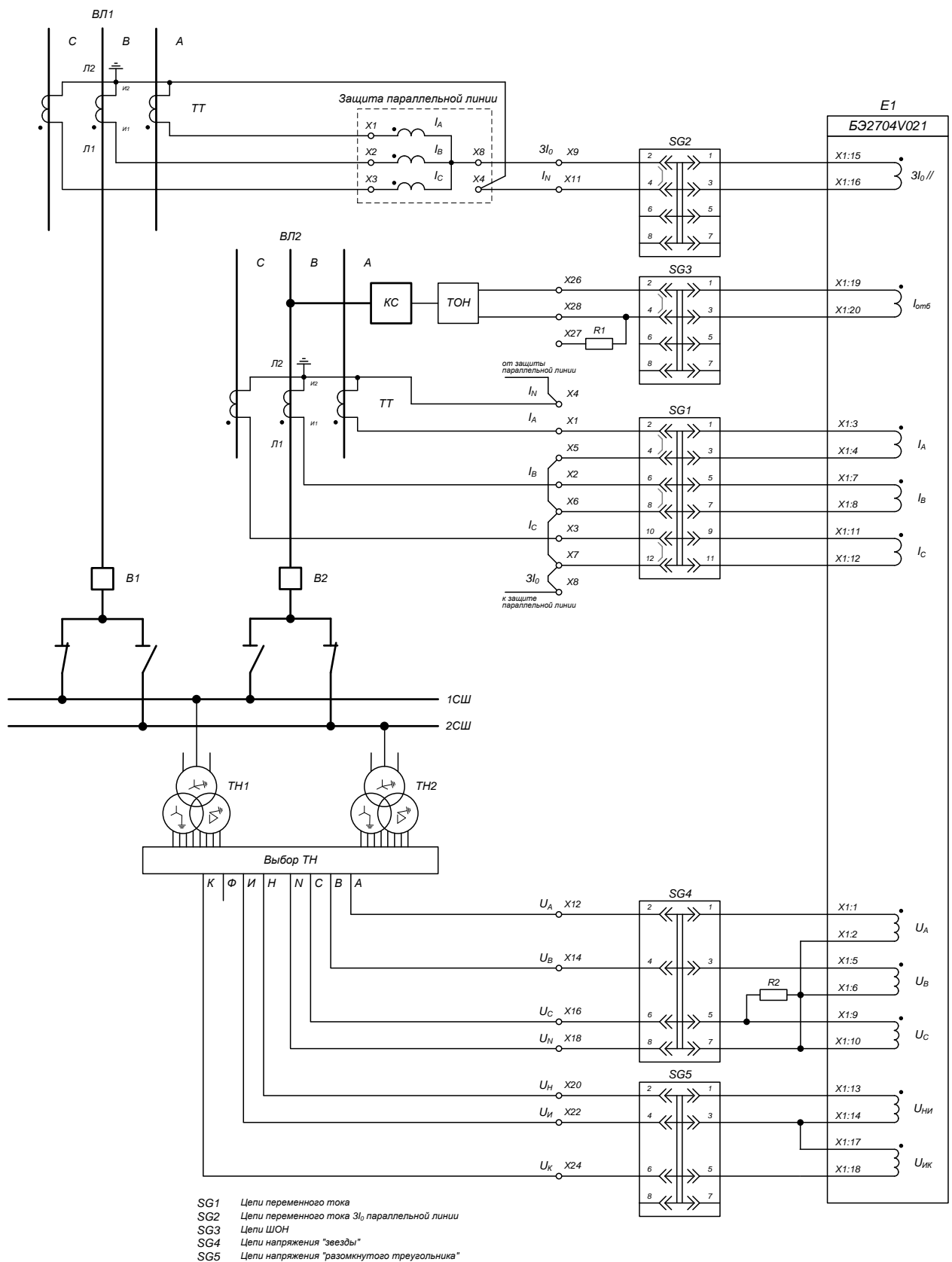


Рисунок 5.1 Схема подключения шкафа ко вторичным цепям ТТ и ТН (Один выключатель на линию, ТН на шинах)

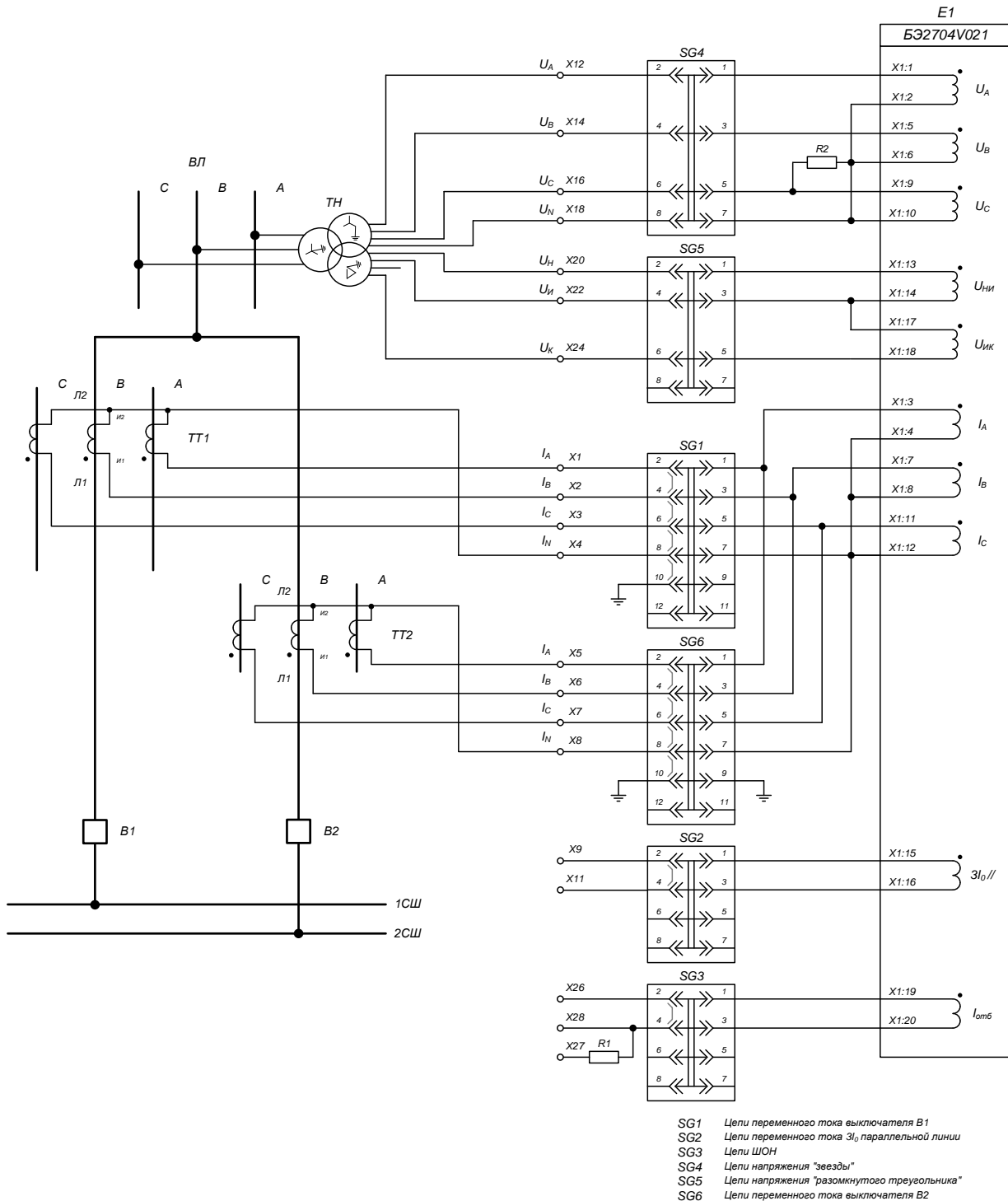


Рисунок 5.2 Схема подключения шкафа ко вторичным цепям ТТ и ТН (два выключателя на линию, ТН на линии)

Варианты схем подключения шкафа к каналам связи не влияют на расчёт параметров (уставок) защит шкафа.

5.2 Требования к трансформаторам тока

В соответствии с [6] все трансформаторы тока (ТТ), предназначенные для питания токовых цепей устройств релейной защиты от КЗ, должны удовлетворять трём требованиям:

1. Обеспечивать точную работу измерительных органов токовых и дистанционных защит (направленных и ненаправленных) при КЗ вне защищаемой зоны. Для этого погрешность (полная или токовая) ТТ, как правило, не должна превышать 10%. При этом для токовых и дистанционных защит, включённых на сумму токов двух или более групп ТТ, в режимах внешних КЗ должна быть учтена токовая погрешность ($f \leq 10\%$). Но при определении допустимого значения сопротивления нагрузки на ТТ (Z_H) разрешается в качестве исходной принимать полную погрешность ($\varepsilon \leq 10\%$), что позволяет использовать одни и те же расчётные кривые предельных кратностей ТТ.

2. Не допускать при КЗ в начале зоны повышения напряжения на выводах вторичной обмотки ТТ и, соответственно, в цепях защиты выше допустимого значения, при котором определяется прочность изоляции цепей защиты ($U_{2\text{МАКС}} \leq U_{2\text{ДОП}}$) [21, 23].

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящее время в дополнение к [24] разрабатывается ГОСТ, по которому требования к выбору ТТ для релейной защиты определяются временем точной трансформации тока. Эти требования будут включены в настоящую Методику.

5.3 Определение погрешности ТТ

Наиболее известны три практических способа расчётной проверки ТТ на 10 %-ную погрешность [20]:

- а) по специальным кривым предельной кратности $k_{10} = f(Z_H)$, [22];
- б) по фактическим вольт-амперным характеристикам (кривым намагничивания) ТТ;
- в) по типовым кривым намагничивания трансформаторной стали и параметрам данного типа ТТ.

Первый из способов используется при проектировании, а также при наладке и обслуживании устройств защиты, если приходится по каким-то причинам вносить изменения в проект (для ТТ, по которым имеются кривые предельной кратности). Второй способ используется для ТТ у которых отсутствуют кривые предельной кратности и неизвестны параметры магнитопровода, но имеются реальные ВАХ ТТ, например при наладке и обслуживании устройств защиты. Третий способ используется сравнительно редко, в основном при проектировании устройств защиты, когда недостаточно знать, что $\varepsilon < 10\%$, а необходимо вычислить конкретное значение полной погрешности, но вольт-амперные характеристики этих ТТ отсутствуют, например ТТ импортного производства.

Для шкафов серии ШЭ2607 необходимо применять ТТ, с классом точности 5Р или 10Р с номинальной кратностью $K_{10\text{НОМ}}$ не менее 20.

Если погрешность ТТ не превышает 10%, то в качестве расчётной принимается погрешность 10%.

Если погрешность превышает 10%, то её действительное значение следует определять по характеристикам намагничивания ТТ.

6 Дистанционная защита

6.1 Описание функции ДЗ

6.1.1. Ступенчатая ДЗ содержит пусковые и измерительные органы (Приложение А, рисунок А.1, Приложение Д, рисунок 4):

– направленные ИО сопротивления первой, второй, третьей, дополнительных четвертой и пятой ступеней от междуфазных повреждений с выходами $Z_{I \text{ CT.}}^{(AB),(BC),(CA)}$, $Z_{II \text{ CT.}}^{(AB),(BC),(CA)}$, $Z_{III \text{ CT.}}^{(AB),(BC),(CA)}$, $Z_{IV \text{ CT.}}^{(AB),(BC),(CA)}$, $Z_{V \text{ CT.}}^{(AB),(BC),(CA)}$;

– направленные ИО сопротивления от замыканий на землю с выходами $Z_{I \text{ CT.}}^{(AN),(BN),(CN)}$.

– ненаправленные ИО сопротивления второй ступени $Z_{II \text{ CT.}}^{(AB),(BC),(CA)}$ (на рисунке 4 Приложения Д не обозначены), выходные сигналы которых включены по схеме «ИЛИ» (выход $Z_{II \text{ CT.}}^{(ABC)}$);

– два варианта схемы блокировки при качаниях (по $\Delta I/\Delta t$ или $\Delta Z/\Delta t$);

– блокировку при неисправностях в цепях переменного напряжения (БНН).

Примечание - Далее, по тексту, ИО сопротивления будут называться РС.

Каждая из ступеней ДЗ от междуфазных повреждений содержит по три РС, включённых на разности фазных токов ($I_A - I_B$, $I_B - I_C$, $I_C - I_A$) и соответствующие им междуфазные напряжения (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}). Реактивное и активное сопротивление соответствующей петли КЗ $X_{\phi_1\phi_2} = \omega * L_{\phi_1\phi_2}$ и $R_{\phi_1\phi_2}$ рассчитывается на основе решения дифференциального уравнения ВЛ для металлического замыкания между фазами:

$$u_{\phi_1} - u_{\phi_2} = L_{\phi_1\phi_2} \left(\frac{di_{\phi_1}}{dt} - \frac{di_{\phi_2}}{dt} \right) + R_{\phi_1\phi_2} (i_{\phi_1} - i_{\phi_2}), \quad (1)$$

где Φ – фаза А, В, С.

$R_{\phi_1\phi_2}$ - активное сопротивление петли при междуфазном КЗ;

$L_{\phi_1\phi_2}$ - индуктивность петли при междуфазном КЗ.

I ступень ДЗ от замыканий на землю также содержит три РС, включённых на фазные напряжения (U_{AN} , U_{BN} , U_{CN}) и соответствующие им фазные токи (I_A , I_B , I_C), с учётом компенсации тока нулевой последовательности своей линии (I_0) и параллельной линии ($I_{0//}$). Реактивное и активное сопротивление в схеме замещения прямой последовательности соответствующей петли замыкания на землю $X_{\Phi} = \omega * L_{\Phi}$ и R_{Φ} также рассчитывается на основе решения дифференциального уравнения ВЛ:

$$u_{\phi} = L_{\phi} \left(\frac{di_{\phi}}{dt} + k_X \frac{di_0}{dt} + k_{MX} \frac{di_{0//}}{dt} \right) + R_{\phi} (i_{\phi} + k_R \cdot i_0 + k_{MR} \cdot i_{0//}), \quad (2)$$

$$\text{где } k_X = KK_X \cdot \frac{X_0 - X_1}{X_1}, \quad k_R = KK_R \cdot \frac{R_0 - R_1}{R_1}, \quad k_{MX} = \frac{X_{M//}}{X_1}, \quad k_{MR} = \frac{R_{M//}}{R_1},$$

где KK_X - корректирующий множитель коэффициента компенсации тока I_0 по X ,

KK_R - корректирующий множитель коэффициента компенсации тока I_0 по R ,

$X_0, X_1, R_0, R_1, X_{M//}, R_{M//}$ - удельные сопротивления линии нулевой и прямой последовательностей и взаимоиндукции с параллельной линией, соответственно (Ом/км).

Диапазоны регулирования параметров линии и корректирующих множителей коэффициентов компенсации тока I_0 указаны в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Диапазоны регулирования параметров линии и корректирующих множителей коэффициентов

Параметры	Диапазон изменения параметров
KK_X, KK_R	0 – 3.00
$X_0, X_1, R_0, R_1, X_{M//}, R_{M//}, \text{Ом/км}$	0.0001 – 100.0000

Для предотвращения неселективного срабатывания РС неповрежденной линии компенсация влияния тока параллельной линии блокируется, когда ток нулевой последовательности параллельной линии $I_{0//}$ превышает 75% от тока нулевой последовательности I_0 защищаемой линии.

6.1.2 Ненаправленная характеристика срабатывания каждого из РС (рисунок А.1) представляет собой параллелограмм, верхняя сторона которого параллельна оси R и пересекает ось X в точке с координатой $X_{уст}$, а правая сторона – имеет угол наклона ϕ_1 относительно оси R и пересекает ее в точке с координатой $R_{уст}$ ($X_{уст}$ и $R_{уст}$ - уставки соответствующей ступени по реактивному и активному сопротивлениям: $X_{Iуст}, X_{IIуст}, X_{IIIуст}, X_{IVуст}, X_{Vуст}$ и $R_{Iуст}, R_{IIуст}, R_{IIIуст}, R_{IVуст}, R_{Vуст}$). Точка начала координат плоскости сопротивлений находится внутри параллелограмма, и расположена симметрично относительно противоположных пар сторон.

Срабатывание ненаправленного РС каждой из ступеней происходит при выполнении следующих условий:

$$\begin{cases} |X| < X_{уст}, \\ |R - X/\text{tg}\phi_1| < R_{уст}, \end{cases} \quad (3)$$

где R , X – рассчитываемые активная и реактивная составляющие сопротивления соответствующей петли КЗ.

Направленность характеристик РС всех ступеней обеспечивается двумя органами направления. В этом случае ненаправленные характеристики РС ограничены двумя отрезками, исходящими из начала координат и расположенными во втором и четвёртом квадрантах. Вид суммарных характеристик РС определяется задаваемыми углами наклона этих отрезков, отсчитываемых относительно оси R , соответственно, φ_3 и φ_2 .

В качестве поляризирующей величины в органах направления для всех трёх петель междуфазных повреждений использовано напряжение прямой последовательности

$$U_{\text{ПОЛ}} = U_1 + 0,125 \cdot U_{1M}, \quad (4)$$

где U_1 - напряжение прямой последовательности в месте установки защиты в аварийном режиме,

U_{1M} - напряжение «памяти» прямой последовательности в месте установки защиты в доаварийном режиме.

Использование напряжения прямой последовательности обеспечивает правильное определения направления при всех видах многофазных повреждений в месте установки защиты.

В качестве рабочей величины в органах направления используются фазные токи (I_A , I_B , I_C).

В качестве поляризирующей величины в органах направления для трех петель замыканий на землю использовано напряжение прямой последовательности $U_{\text{ПОЛ}} = U_1$, а в качестве рабочей величины используются разности фазные токи (I_A , I_B , I_C) с компенсацией тока нулевой последовательности.

С помощью логических элементов «ИЛИ» для направленных ступеней ДЗ осуществляется объединение сигналов срабатывания ИО сопротивления, включённых на разности фазных токов и соответствующие междуфазные напряжения.

Для характеристики РС I ступени дополнительно отсекается область, определяемая задаваемым углом φ_4 . На ВЛ с двусторонним питанием это позволяет предотвратить неселективное срабатывание ступени при внешних повреждениях из-за влияния переходного сопротивления в месте КЗ и доаварийного перетока мощности.

6.1.3 Характеристика РС дополнительной ненаправленной ступени имеет форму параллелограмма, смещённого в третий и четвёртый квадрант на величину в пределах от $0,2X_{\text{УСТ}}$ до $0,3X_{\text{УСТ}}$, а ее уставки по R , X и φ_1 совпадают с аналогичными уставками для РС направленной II ступени.

Имеется две дополнительные, IV и V, ступени с параметрами, аналогичными II и III ступеням, предназначенные для произвольного использования в схеме ДЗ.

Логическая схема ДЗ (Приложение Д, рисунок 4 и 4.1) принимает сигналы от направленных ИО сопротивления первой - пятой ступеней от

междуфазных КЗ, направленных ИО сопротивления первой ступени от «КЗ на землю», дополнительного ненаправленного ИО сопротивления второй «с охватом нуля», чувствительного и грубого реле тока БК, БНН, трех дополнительных фазных ПО минимального напряжения, ПО минимального напряжения на линии и сигнал контроля цепи включения РПО.

6.1.4 Диапазоны изменения параметров, определяющих форму характеристик РС направленных ступеней ДЗ, указан в таблице 6.2.

Таблица 6.2 Диапазоны изменения параметров, определяющих форму характеристик РС направленных ступеней ДЗ

Ступень ДЗ	Диапазон изменения параметров (вторичные величины)					
	$R_{уст}$, (Ом на фазу)	$X_{уст}$, (Ом на фазу)	$\varphi_1, ^\circ$	$\varphi_2, ^\circ$	$\varphi_3, ^\circ$	$\varphi_4, ^\circ$
I	$(1.0 - 500.0) / I_{НОМ}$	$(1.0 - 500.0) / I_{НОМ}$	$45 \div 89$	$- 45 \div 0$	$91 \div 135$	$- 45 \div 0$
II						-
III						
IV						
V						
I «земл.»						$- 12$

6.1.5 Во всех РС имеется возможность исключения области, соответствующей нагрузочным режимам. Эта область определяется двумя уставками: R_H , регулируемой в пределах $(5-500)/I_{НОМ}$ Ом, а также допустимым углом нагрузки φ_H , регулируемым в пределах $(1 - 70)^\circ$. Исключаемая область симметрична относительно оси R и оси X.

6.1.6 Средняя основная погрешность всех РС по величине сопротивления срабатывания $R_{уст}$ и $X_{уст}$ при токе, равном $I_{НОМ}$ (или, в зависимости от уставки, меньшем токе, исходя из максимального напряжения на зажимах РС, равного 100 В) не превышает $\pm 5 \%$ от уставки.

6.1.7 Ток десятипроцентной точности работы $I_{ТР}$ для всех РС при работе на угле линии электропередачи не превышает $0,1 I_{НОМ}$ во всем диапазоне уставок. Под углом линии электропередачи понимается угол φ_1 .

6.1.8 Минимальное междуфазное напряжение, при котором обеспечиваются точностные параметры РС, составляет 0,5 В.

6.1.9 Средняя основная абсолютная погрешность РС по углу φ_1 наклона характеристики срабатывания, по углам φ_2 и φ_3 наклона отрезков, ограничивающих направленность, и по углу φ_4 при токе КЗ, равном $I_{НОМ}$ (или, в зависимости от уставки, меньшем токе, исходя из максимального напряжения на зажимах РС, равного 100 В) не превышает $\pm 5^\circ$.

6.1.10 Абсолютная дополнительная погрешность РС по углам φ_1 , φ_2 и φ_3 от изменения тока КЗ в диапазоне от $2 I_{ТР}$ до $30 I_{НОМ}$ не превышает $\pm 7^\circ$ относительно значений, измеренных при $I_{НОМ}$.

6.1.11 Дополнительная погрешность всех РС по величине сопротивления срабатывания $R_{уст}$ и $X_{уст}$ от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур не превышает $\pm 5 \%$ от среднего значения, определённого при температуре $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$.

6.1.12 Время срабатывания РС при работе на угле линии электропередачи, токах КЗ не менее $3 I_{TR}$ и скачкообразном уменьшении напряжения на входе РС от напряжения 100 В, соответствующего сопротивлению на зажимах РС не менее $1,2 (X_{УСТ}/\sin \varphi_1)$ до напряжения, соответствующего $0,6 (X_{УСТ}/\sin \varphi_1)$ - не более 0,025 с.

Коэффициент возврата РС, определяемый при $I_{НОМ}$ и угле 75° между током и напряжением, не превышает 1,05.

6.1.13 Время возврата РС при работе на угле линии электропередачи, токах КЗ не менее $3 I_{TR}$ и скачкообразном увеличении напряжения на входе РС от напряжения, соответствующего сопротивлению на зажимах РС $0,1 (X_{УСТ}/\sin \varphi_1)$ до напряжения, соответствующего $1,2(X_{УСТ}/\sin \varphi_1)$ (но не более 100 В) не превышает 0,05 с.

6.1.14 При работе РС "по памяти" при трёхфазных КЗ в месте установки защиты обеспечивается длительность сигнала срабатывания на выходе РС не менее 0,06 с в диапазоне токов от $2 I_{TR}$ до $30 I_{НОМ}$. При этом предусмотрена возможность подхвата отключающего импульса РС I ступени от РС дополнительной ненаправленной ступени.

При близких трёхфазных КЗ, когда все междуфазные напряжения на входе ИО сопротивления близки к нулю, для определения направленности в течение времени не менее 0,08 с используются напряжения предаварийного режима (работа по «памяти»). Имеется возможность вывода подхвата от ИО сопротивления второй ненаправленной ступени программной накладкой ХВ20 в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / ПодхвИст.отИст.** | **не предусмотрен / предусмотрен** или в программе **EKRASMS - ДЗ / Логика работы / ХВ20 Подхват срабатывания I ст. от ненаправленной II ст.** | **не предусмотрен / предусмотрен**. Возврат схемы подхвата в исходное состояние происходит только после возврата ненаправленной второй ступени «с охватом нуля».

6.1.15 Обеспечивается отсутствие ложных срабатываний РС при КЗ "за спиной" при токах до $20 I_{НОМ}$.

6.1.16 Обеспечивается действие I÷V ступеней ДЗ в цепи отключения с выдержками времени указанными в таблице 6.3.

Имеется возможность вывода второй ступени, с меньшей выдержкой времени, программной накладкой ХВ22 в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / ИстМенВыдерВрем** | **не предусмотрено / предусмотрено** или в программе **EKRASMS - ДЗ / Логика работы / ХВ22 Действие II ст. с меньшей выдержкой времени** | **не предусмотрено / предусмотрено**.

Таблица 6.3 Выдержки времени I÷V ступеней ДЗ

Ступень ДЗ	Диапазон времени, с
I	0.0 – 15.0
II	0.05 – 15.0
IIм	0.05 – 15.0

III	0.05 – 15.0
IV	0.0 – 15.0
V	0.0 – 15.0

6.1.17 Предусмотрена возможность ускорения действия II или III ступени ДЗ при включении выключателя. При этом возможен контроль отсутствия напряжения на линии.

Программной накладкой XB23 в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / Уск.стДЗприВклВ** | не предусмотрена / II ступень / III ступень или в программе ***EKRASMS - ДЗ / Логика работы / XB23 Ускоряемая ступень ДЗ при включении выключателя | не предусмотрена / II ступень / III ступень*** предусмотрена возможность ускорения второй, третьей ступени ДЗ с контролем сигнала РПО или вывод ускорения.

В режиме опробования линии предусмотрена возможность ускорения ДЗ с контролем сигнала РПО и отсутствия напряжения на линии с использованием ПО минимального напряжения, подключённого к ШОН или ТН.

6.1.18 Время ввода ускорения при включении выключателя задаётся в диапазоне от 0,7 до 2,0 с.

Обеспечивается действие в цепи отключения от ускорения при включении выключателя с выдержкой времени в диапазоне от 0,05 до 5,00 с.

6.1.19 При установке трансформатора напряжения (ТН) на линии предусмотрена возможность в течение времени 1,0 с после включения выключателя действия на отключение I ступени ДЗ и ненаправленной II ступени ДЗ. Предусмотрен контроль ненаправленной ступени от БНН.

Если измерительный ТН установлен на линии, то после включения выключателя возможно кратковременное срабатывание ИО сопротивления из-за отсутствия в первый момент времени входных напряжений. Так как при установке ТН на линии работа по «памяти» при включении на близкое КЗ в режиме опробования невозможна, в течение времени 1 с на элементе DT30 (246) после включения выключателя разрешается действие на отключение от ненаправленной второй ступени ДЗ с контролем отсутствия напряжения на линии и от БНН.

При включении на КЗ отличное от трехфазного, когда появляется напряжение на ТН хотя бы на одной фазе, ускорение вводится в течение времени 0,1 с на элементе DT32 (247). Описанная выше работа схемы логики ДЗ, учитывающая особенности установки ТН на линии, вводится программной накладкой XB4.

Программной накладкой XB4 в пункте меню терминала **Служ. параметры / Установка ТНиШОН / МестоУстановкиТН** | на шинах / на линии или в программе ***EKRASMS - Служебные параметры / Установка схемы ТН и ШОН / XB4 Место установки трансформатора напряжения | на шинах / на линии*** задается необходимость контроля напряжения на линии.

Время, в течение которого разрешается ускорение срабатывания, определяется выдержкой времени DT28 (236), отсчитываемой от момента включения выключателя. Время задержки на срабатывание ускорения задаётся выдержкой времени DT29 (241).

6.1.20 При использовании режима работы III ступени ДЗ без контроля от БК, в случае исчезновения всех фазных напряжений, происходит блокирование работы этой ступени ДЗ.

Программой накладкой XB24 в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / Контр.III ст. | от БК dI/dt / от БНН** или в программе **EKRASMS - ДЗ / Логика работы / XB24 Контроль действия III ст. | от БК по dI/dt / от БНН**, выбирается контроль работы третьей ступени ДЗ от блокировки при качаниях по dI/dt или от блокировки при неисправностях в цепях напряжения.

6.1.21 Предусмотрена возможность оперативного ускорения I, II или III ступеней ДЗ с временем действия в диапазоне от 0,05 до 5,00 с.

Переключатель SA6 «**ОПЕРАТИВНОЕ УСКОРЕНИЕ ДЗ**» используется для ввода режима оперативного ускорения первой, второй или третьей ступени, выбираемой программой накладкой XB28, в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / Опер.ускор.ст.ДЗ | I ступень / II ступень / III ступень** или в программе **EKRASMS - ДЗ / Логика работы / XB28 Оперативно ускоряемая ступень ДЗ | I ступень / II ступень / III ступень**.

Ускоряемая ступень контролируется БНН и БК: ускоряемая вторая ступень - как быстродействующая, а ускоряемая третья ступень - как третья ступень с выдержкой времени. Время действия ускоряемой ступени ДЗ определяется выдержкой времени DT45 (221).

6.1.22 Предусмотрено действие при приёме сигнала ВЧТО №1 на отключение с запретом АПВ с возможностью контроля:

- включённого положения выключателя;
- включённого положения выключателя и срабатывания БК;
- срабатывания ИО сопротивления I или II ступеней ДЗ, контролируемых БК и БНН, или реле тока IV ступени ТНЗНП.

6.1.23 Предусмотрено действие на отключение при приёме сигнала ВЧТО № 2 и срабатывании I или II ступеней ДЗ, контролируемых БК и БНН.

6.1.24 Предусмотрено действие ИО сопротивления I ступени ДЗ, контролируемой БК и БНН, на передачу разрешающего сигнала ВЧТО № 2 на другой конец линии.

6.1.25 Предусмотрена возможность выдачи сигнала запрета АПВ при оперативном ускорении ДЗ или ТНЗНП.

6.1.26 Предусмотрена возможность выдачи сигнала запрета АПВ от ускорения при включении выключателя.

6.1.27 Предусмотрена возможность выдачи сигнала запрета АПВ при срабатывании III ступени ДЗ.

6.1.28 Для использования дополнительной IV (V) ступени ДЗ от междуфазных замыканий необходимо в пункте меню терминала ДЗ / **Логика**

работы / IV ст. ДЗ (V ст. ДЗ) необходимо выбрать состояние **в работе** или в программе ***EKRASMS – ДЗ / XB63 IV ст. ДЗ (XB64 V ст. ДЗ) | в работе.***

Варианты использования дополнительной логики ДЗ:

Вариант 1 – совместное использование I ступени от однофазных КЗ и IV (V) ступени от междуфазных КЗ (кабельная вставка).

Сигналы срабатывания ИО сопротивления IV ступени от междуфазных КЗ и I ступени от однофазных КЗ объединяются на элементе «ИЛИ» (516) (Приложение Д, рисунок 4.1) и работают совместно с помощью дополнительной логики. Для этого в пункте меню терминала **Служ. параметры / Дополнит. логика / ПРМ на IV ст.ДЗ** необходимо выбрать дискретный сигнал № 287 I ст. ДЗ земл или в программе ***EKRASMS - Служебные параметры / Дополнительная логика / Прием сигнала на IV ст.ДЗ от дискретного сигнала № | 285 I ст. ДЗ «земл».***

Аналогичным способом объединяются V ступень от междуфазных и I ступень от однофазных КЗ (элемент «ИЛИ» (525) на рисунке 4.1). Для этого в пункте меню терминала **Служ. параметры / Дополнит. логика / ПРМ на V ст.ДЗ** необходимо выбрать дискретный сигнал № 287 I ст. ДЗ земл или в программе ***EKRASMS - Служебные параметры / Дополнительная логика / Прием сигнала на V ст.ДЗ от дискретного сигнала № / 285 I ст. ДЗ «земл».***

Действие IV (V) ступени ДЗ от всех видов КЗ на отключение выключателя производится выбором в пункте меню терминала **Служ. параметры / Дополнит. логика / ПРМ на откл. 1(2) дискретного сигнала №292 IVст.ДЗвсехКЗ (№294 V ст.ДЗвсехКЗ)** или в программе ***EKRASMS - Служебные параметры / Дополнительная логика / Прием сигнала на отключение 1(2) от дискретного сигнала № | 280 IV ст. ДЗ от всех видов КЗ (282 V ст. ДЗ от всех видов КЗ).***

Вариант 2 – совместное использование I ступени от междуфазных КЗ и I ступени от однофазных КЗ.

Сигналы срабатывания ИО сопротивления I ступени от междуфазных КЗ и I ступени от однофазных КЗ объединяются на элементе «ИЛИ» (204) (Приложение Д, рисунок 4) и работают совместно с помощью дополнительной логики. Для этого в пункте меню терминала **Служ. параметры / Дополнит. логика / ПРМ на I ст.ДЗ** необходимо выбрать дискретный сигнал № 287 I ст. ДЗ земл или в программе ***EKRASMS - Служебные параметры / Дополнительная логика / Прием сигнала на I ст. ДЗ от дискретного сигнала № | 285 I ст. ДЗ «земл».***

Вариант 3 – независимое использование IV (V) ступени непосредственно на отключение выключателя.

Действие IV (V) ступени ДЗ непосредственно на отключение выключателя производится выбором в пункте меню терминала **Служ. параметры / Дополнит. логика / ПРМ IVст.ДЗнаОтк (ПРМ Vст.ДЗнаОтк)** дискретного сигнала №293 IV ст. ДЗ (№295 V ст. ДЗ) или в программе ***EKRASMS - Служебные параметры / Дополнительная логика / Прием***

сигнала IV(V) ст. на отключение от дискретного сигнала № | 293 IV ст. ДЗ (295 V ст.ДЗ).

Времена задержек срабатывания IV, V ступеней от междуфазных КЗ и I ступени от однофазных КЗ задаются выдержками времени DT46 (515), DT47 (524), DT48 (507), соответственно.

Программными накладками ХВ45, ХВ46 и ХВ47 в пункте меню терминала ДЗ / Логика работы или в программе *EKRASMS - ДЗ / Логика работы* осуществляется контроль, соответственно I «земляной», IV и V ступеней ДЗ от БК.

6.2 Выбор алгоритма и расчёт уставок ДЗ

Дистанционная защита содержит до пяти ступеней от междуфазных КЗ, одну ступень от КЗ на землю и дополнительную ненаправленную ступень от междуфазных КЗ, характеристики которых представлены на рисунке 6.1.

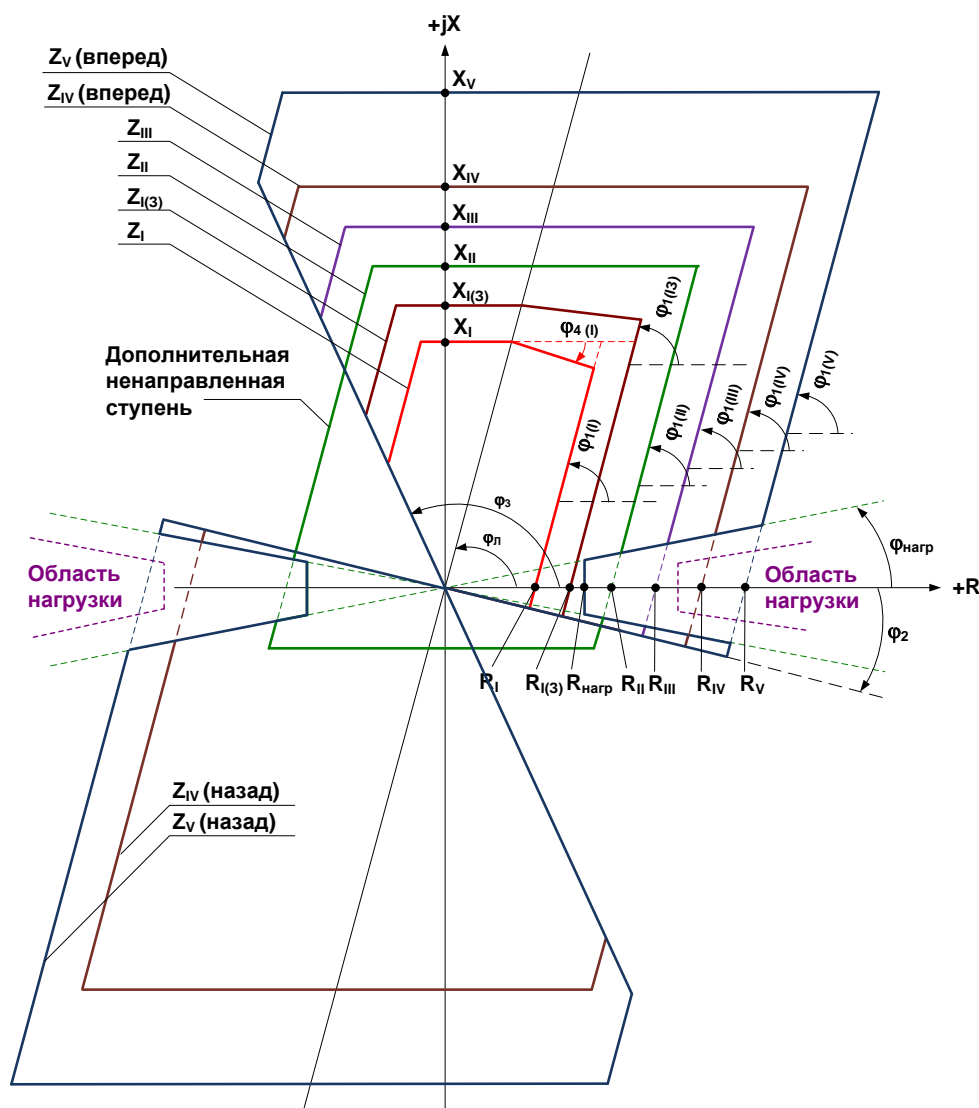


Рисунок 6.1 Характеристики РС

Характеристика РС дополнительной ненаправленной ступени имеет форму параллелограмма, смещённого вдоль направления металлического КЗ на линии в третий и четвёртый квадрант на величину $0,2X_{уст}$ до $0,3X_{уст}$, а её уставки по осям R , X и по углу наклона φ_1 правой стороны характеристики совпадают с аналогичными уставками для РС направленной II ступени.

Четвёртая и пятая ступени ДЗ от междуфазных КЗ могут иметь направленность вперёд и назад.

В соответствии с (2) при наличии параллельной линии необходим подвод к защите тока параллельной линии $I_{0//}$. Если ток параллельной линии к защите не подводится, учёт её влияния производится корректирующими множителями KK_R , KK_X .

Для предотвращения неселективного срабатывания РС неповреждённой линии компенсация влияния тока параллельной линии блокируется, если ток параллельной линии $I_{0//}$ превышает 75% от тока нулевой последовательности защищаемой линии I_0 .

Характеристика срабатывания каждого из РС является частью параллелограмма. Верхняя сторона параллелограмма параллельна оси R и пересекает ось X в точке с координатой $X_{уст}$, а правая сторона - имеет угол наклона φ_1 относительно оси R и пересекает её в точке с координатой $R_{уст}$ ($X_{уст}$ и $R_{уст}$ - уставки соответствующей ступени по реактивному и активному сопротивлениям: $X_I, X_{II}, X_{III}, X_{IV}, X_V, X_{I(3)}$ и $R_I, R_{II}, R_{III}, R_{IV}, R_V, R_{I(3)}$). Противоположные боковые стороны параллелограмма расположены симметрично относительно начала координат. Параллелограмм ограничен в четвёртом и втором квадрантах двумя лучами, исходящими из начала координат.

Угол наклона луча, ограничивающего характеристики в четвёртом квадранте, равен φ_2 , а луча во втором квадранте - φ_3 (все углы отсчитываются от оси R против часовой стрелки).

Направленность РС IV, V ступеней (прямая или обратная) может выбираться. При выборе обратной направленности IV и V ступеней их характеристики срабатывания отображаются центрально относительно начала координат.

У характеристик РС I ступени от междуфазных и однофазных КЗ область срабатывания дополнительно ограничивается лучом, исходящим под углом φ_4 из точки на верхней стороне характеристики, соответствующей углу линии φ_L (определяется удельными параметрами линии). Указанное ограничение позволяет предотвратить возможную неселективную работу первых ступеней на линиях с двухсторонним питанием при КЗ в конце линии через переходное сопротивление. Угол наклона φ_4 этого луча задаётся постоянным (-12°) для РС I ступени от однофазных КЗ и регулируемым - для РС I ступени от междуфазных КЗ.

Для характеристик срабатывания всех РС имеется возможность исключения области, соответствующей нагрузочным режимам. Эта область

определяется двумя уставками: $R_{НАГР}$ по оси активных сопротивлений и углом нагрузки φ_H . Исключаемая область симметрична относительно осей R и X.

Уставки дистанционной защиты сгруппированы в шесть основных групп (Приложение А):

- уставки реле сопротивления ступеней ДЗ (п. 1.1);
- уставки органа, определяющего вид повреждения (п. 1.2);
- уставки блокировки при качаниях по приращению тока (п. 1.3);
- уставки блокировки при качаниях по скорости изменения сопротивления (п. 1.4);
- уставки ДЗ по времени (п. 1.5);
- уставки логики работы ДЗ (п. 1.6).

6.2.1 Расчёт сопротивления срабатывания $Z_{СЗ}^I$ РС I ступени

Первичное сопротивление срабатывания первой ступени $Z_{СЗ}^I$, выполняемой без выдержки времени, на линиях с двухсторонним питанием выбирается для случая металлического КЗ исходя из условия отстройки от коротких замыканий на шинах подстанции, примыкающей к противоположному концу линии:

$$Z_{СЗ}^I = K_{ОТС} * Z_L \quad (6.1)$$

где $K_{ОТС} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны;

Z_L – первичное сопротивление прямой последовательности защищаемой линии.

Если на защищаемой линии есть ответвления, то сопротивление Z_L рассчитывается в расчётном режиме по формуле:

$$Z_L = Z_1 + Z_2/k_{ТОК2} + \dots + Z_n/k_{ТОКn} \quad (6.2)$$

где n – номер участка линии между ответвлениями;

Z_1, Z_2, Z_n – первичные сопротивления прямой последовательности участков защищаемой линии, Ом;

$k_{ТОК2}, k_{ТОКn}$ – коэффициенты токораспределения участков защищаемой линии при КЗ в конце линии, равные отношению тока в защите к току на рассматриваемом n -ом участке линии. Расчётным является значение коэффициента $k_{ТОК}$ в таком реально возможном режиме, которому соответствует наименьшее значение сопротивления в месте установки рассматриваемой защиты. Определение коэффициента токораспределения участков линии показано на рисунке 6.2.

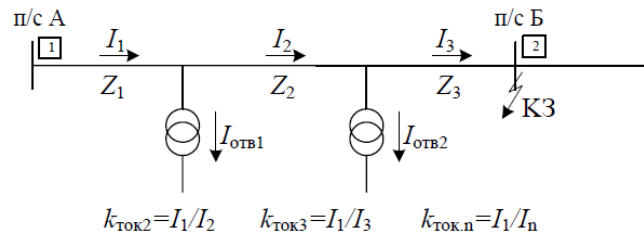


Рисунок 6.2 – Определение коэффициентов токораспределения участков линии

Первичное сопротивление срабатывания для линий с ответвлениями дополнительно проверяется по условию отстройки от коротких замыканий на шинах низшего (среднего) напряжения подстанции на ответвлении. Если ответвлений несколько, необходимо проверить данное условие при КЗ на каждом из ответвлений. Расчётным будет являться тот случай, при котором сопротивление срабатывания получится минимальным:

$$Z_{с.з}^1 = K_{отс}(Z_{уч.до\ отв} + Z_{отв}/K_{ток.отв}) \quad (6.3)$$

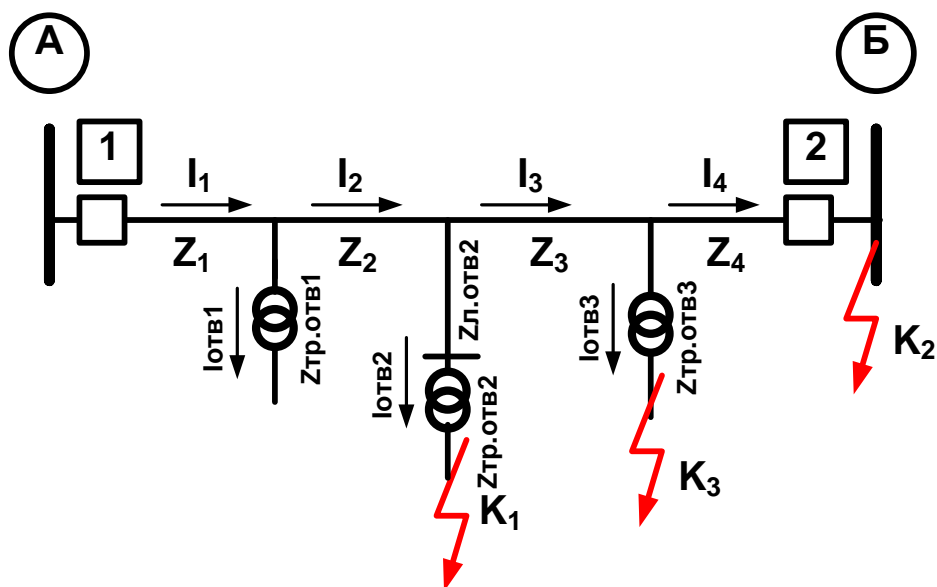
где $K_{отс} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны;

$Z_{уч.до\ отв}$ – первичное сопротивление участка до ответвления, на котором рассматривается КЗ. Если до рассматриваемого ответвления есть другие ответвления, то $Z_{уч.до\ отв}$ рассчитывается по предыдущей формуле. Расчётный режим – КЗ на рассматриваемом ответвлении за трансформатором;

$Z_{отв}$ – первичное сопротивление ответвления, включающее в себя сопротивление линии ответвления $Z_{л.отв}$ (если она есть) и сопротивление трансформатора ответвления $Z_{тр.отв}$.

$K_{ток.отв}$ – коэффициент ответвления. Данное условие отстройки необходимо проводить в режиме одностороннего питания линии, таким образом в расчётной формуле (6.3) для РС I ступени $K_{ток.отв} = 1$.

При определении сопротивления трансформатора ответвления необходимо учитывать наименьшее его сопротивление, которое может иметь место при регулировании напряжения изменением коэффициента трансформации. $K_{ток.отв}$ – коэффициент токораспределения при КЗ за ответвительной подстанцией, равный отношению тока в защите к току ответвления. Определение токораспределения для линий с ответвлениями показано на рисунке 6.3.



- КЗ на ответвлении 2 (К1):

$$Z_{\text{замер}} = Z_1 + Z_2 / K_{\text{ТОК}2} + (Z_{\text{Л.ОТВ}2} + Z_{\text{ТР.ОТВ}2}) / K_{\text{ТОК.ОТВ}2}$$

$$K_{\text{ТОК}2} = I_1 / I_2$$

$$K_{\text{ТОК.ОТВ}2} = I_1 / I_{\text{ОТВ}2}$$

- КЗ на шинах ПС Б (К2):

$$Z_{\text{замер}} = Z_1 + Z_2 / K_{\text{ТОК}2} + Z_3 / K_{\text{ТОК}3} + Z_4 / K_{\text{ТОК}4}$$

$$K_{\text{ТОК}2} = I_1 / I_2$$

$$K_{\text{ТОК}3} = I_1 / I_3$$

$$K_{\text{ТОК}4} = I_1 / I_4$$

- КЗ на ответвлении 3 (К3):

$$Z_{\text{замер}} = Z_1 + Z_2 / K_{\text{ТОК}2} + Z_{\text{ТР.ОТВ}3} / K_{\text{ТОК.ОТВ}3}$$

$$K_{\text{ТОК}2} = I_1 / I_2$$

$$K_{\text{ТОК.ОТВ}3} = I_1 / I_{\text{ОТВ}3}$$

Рисунок 6.3 – Определение коэффициентов токораспределения для линий с ответвлениями

Проверка чувствительности РС для первой ступени не выполняется.

Выдержка времени срабатывания I ступени ДЗ обычно выбирается равной нулю. В случае использования неселективной первой ступени ДЗ с охватом всей защищаемой линии выдержка времени срабатывания I ступени отстраивается на ступень селективности Δt , равную (300÷500) мс [8].

Выдержка времени срабатывания I ступени защиты в файле уставок обозначается «DT33».

Пример расчёта уставки РС I ступени ДЗ на линии с ответвлениями приведён в Приложении Ж.

6.2.2 Расчёт уставки $Z_{с.з.}^{II}$ РС и времени срабатывания II ступени

Первичное сопротивление срабатывания второй ступени $Z_{с.з.}^{II}$, выполняемой с выдержкой времени, на линиях с двухсторонним питанием выбирается для случая металлического КЗ, исходя из условий:

6.2.2.1 Согласование с первой ступенью защиты (или второй ступенью - при недостаточной чувствительности при согласовании с первой ступенью) всех смежных участков:

$$Z_{с.з.}^{II} = K_{отс} (Z_{л} + Z_{с.з.см}^{I(II)} / k_{ток}) \quad (6.4)$$

где $K_{отс} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны;

$Z_{л}$ – первичное сопротивление прямой последовательности защищаемой линии.

Если на защищаемой линии есть ответвления, то сопротивление $Z_{л}$ рассчитывается по формуле (6.2) при КЗ в конце защищаемой линии. В случае параллельных линий согласование по формуле (6.4) должно производиться в режиме, когда работает одна линия;

$Z_{с.з.см}^{I(II)}$ – первичное сопротивление срабатывания первой (второй) ступени защиты смежного участка. Если на смежном участке параллельные линии, то в качестве сопротивления срабатывания первой (второй) ступени смежного участка выбирается наименьшее сопротивление срабатывания первой (второй) ступени ДЗ одной из этих линий;

$k_{ток}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению первичного тока в защите к току в смежной линии при КЗ в конце смежной линии. Если на смежном участке параллельные линии, то $k_{ток}$ находится как для одиночной линии, предполагая, что вторая линия отключена (рисунок 6.4).

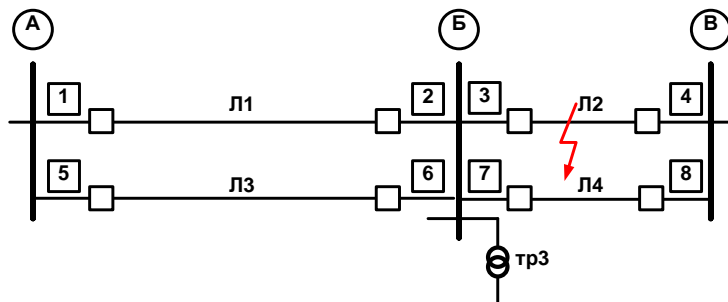


Рисунок 6.4 – Определение коэффициента токораспределения для смежной линии при согласовании с первой ступенью

- В случае, когда смежная линия является параллельной (рисунок 6.5), производится отстройка от КЗ на шинах подстанции, примыкающей к противоположному концу предыдущего участка (на случай когда ДЗШ шин

подстанции В отсутствует или выведена), и согласование вместо формулы (6.4) производится по формуле (6.5).

Если защищаемая линия – двухцепная, согласование должно производиться в режиме, когда на рассматриваемом участке работает одна линия, а на смежном – две.

$$Z_{с.з}^{II} = K_{отс}(Z_{л1} + 0,5Z_{л.см}/k_{ток})/(1+\beta+\delta) \quad (6.5)$$

где $K_{отс} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны;
 $Z_{л1}$ – первичное сопротивление прямой последовательности защищаемой линии. Если на защищаемой линии есть ответвления, то сопротивление $Z_{л}$ рассчитывается по формуле (6.2);

$Z_{л.см}$ – первичное сопротивление прямой последовательности смежной линии;

$k_{ток}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению первичного тока в защите к току в смежной линии при КЗ в конце смежной линии;

$\delta = 0,1$ – коэффициент, учитывающий неточности расчёта первичных величин;

$\beta = 0,05$ – коэффициент, учитывающий погрешности ТТ, ТН и РЗА).

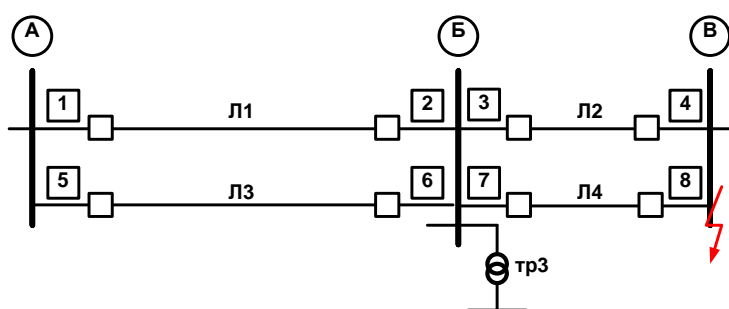


Рисунок 6.5 – Определение коэффициента токораспределения для смежной двухцепной линии

- Согласование второй ступени дистанционной защиты с первой ступенью защиты смежного участка при выполнении последней с помощью токовой отсечки, отсечки по напряжению или комбинированной отсечки по току и напряжению производится по выражению:

$$Z_{с.з}^{II} = K_{отс}(Z_{л} + Z_{расч}/k_{ток})/(1+\beta+\delta) \quad (6.6)$$

где $K_{отс} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны;

$Z_{л}$ – первичное сопротивление прямой последовательности защищаемой линии. Если на защищаемой линии есть ответвления, то сопротивление $Z_{л}$ рассчитывается по формуле (6.2) при КЗ в конце защищаемой линии;

$Z_{РАСЧ}$ – сопротивление зоны, надёжно (с коэффициентом надёжности равным 1.1) охватываемое защитой, с которой производится согласование в расчётных для согласования условиях при металлическом КЗ;

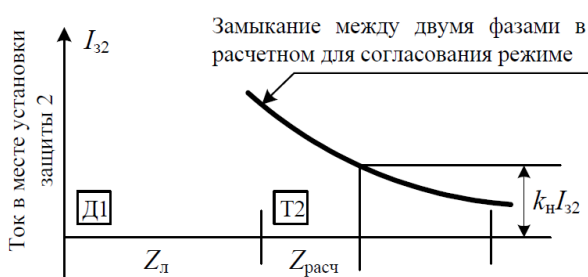
$k_{ТОК}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению первичного тока в дистанционной защите к току в смежной линии при КЗ в конце смежной линии;

$\delta = 0,1$ – коэффициент, учитывающий неточности расчёта первичных величин;

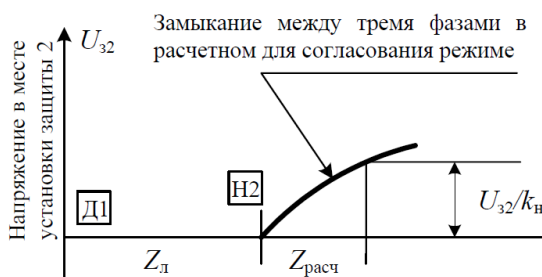
$\beta = 0,05$ – коэффициент, учитывающий погрешности ТТ, ТН и РЗА).

- При выполнении первой степени защиты смежного участка комбинированной отсечкой по напряжению дистанционная защита должна быть согласована отдельно с органом по току и напряжению комбинированной отсечки. Удовлетворяющим условием является меньшее из полученных сопротивлений, поскольку при несрабатывании по условию обеспечения чувствительности одного из органов не срабатывает вся комбинированная отсечка в целом.

Сопротивление $Z_{РАСЧ}$ в общем случае может быть определено графически (рисунок 6.6) по кривым изменения тока в защите или по кривым изменения напряжения в месте установки защиты при металлическом КЗ в расчётных для согласования условиях. Под расчётными понимаются условия, при которых отношение $Z_{РАСЧ}/k_{ТОК}$ наименьшее.



а) Согласование с токовой отсечкой или токовым органом комбинированной отсечки по току и напряжению



б) Согласование с отсечкой по напряжению или органом напряжения комбинированной отсечки по току и напряжению

Д – дистанционная защита;

Т – токовая отсечка или токовый орган комбинированной отсечки по току и напряжению;

Н – отсечка по напряжению или орган напряжения комбинированной отсечки по току и напряжению;

I_{32} , U_{32} – соответственно ток и напряжение в месте установки защиты 2 (Т2, Н2) при металлическом КЗ в расчётных для согласования условиях;

$I_{С32}$, $U_{С32}$ – соответственно ток и напряжение срабатывания защиты 2;

k_H – коэффициент, учитывающий погрешность реле защиты 2 и погрешность в расчёте тока КЗ.

Рисунок 6.6 – Графическое определение $Z_{РАСЧ}$ для согласования дистанционной защиты с защитами по току и напряжению

Для согласования дистанционной защиты с токовой отсечкой или токовым органом комбинированной отсечки по току и напряжению расчётным видом повреждения для междуфазного канала обычно является двухфазное КЗ, так как в этом случае ток чаще всего оказывается наименьшим по сравнению с другими междуфазными КЗ.

Расчётным режимом работы сети является такой режим, в котором ток в месте установки защиты, с которой производится согласование, минимальный, а ток в месте установки рассматриваемой защиты наибольший. За расчётный режим системы принимается такой, при котором ток в месте установки дистанционной защиты наибольший.

6.2.2.2 Отстройка от КЗ на шинах ПС в конце параллельных линий, отходящих от шин ПС противоположного конца данной линии:

$$Z''_{С.З} = K_{ОТС} Z''_{РАСЧ.ЭКВ},$$

где $K_{ОТС} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны второй ступени ДЗ;

$Z''_{РАСЧ.ЭКВ}$ – эквивалентное полное сопротивление прямой последовательности расчётной зоны второй ступени защиты, которое должно рассчитываться следующим образом.

1) Для линий по схеме «одиночные» и «параллельные» (рисунок 6.5) в режиме отключения параллельных связей данной линии $Z''_{РАСЧ.ЭКВ}$ рассчитывается по формуле (6.5).

2) Для линий по схеме «одиночные и параллельные линии с ответвлениями» (рисунок 6.3):

$$Z''_{РАСЧ.ЭКВ} = (Z_1 + Z_2/K_{ТОК2} + Z_3/K_{ТОК3} + Z_4/K_{ТОК4} + 0,5Z_{Л2}) / (1 + \beta + \delta),$$

где $K_{ТОК2} = I_1/I_2$;

$K_{ТОК3} = I_1/I_3$;

$K_{ТОК4} = I_1/I_4$.

6.2.2.3 Отстройка от коротких замыканий на шинах низшего (среднего) напряжения трансформатора ответвления или трансформатора подстанции, примыкающей к противоположному концу линии:

$$Z''_{С.З} \leq K_{ОТС} (Z_{Л} + Z_{ОТВ}/k_{ТОК.ТР}) / (1 + \beta + \delta) \quad (6.7)$$

где $K_{ОТС} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны;

$Z_{Л}$ – первичное сопротивление прямой последовательности защищаемой линии. Если на защищаемой линии есть ответвления, то сопротивление $Z_{Л}$

рассчитывается по формуле (6.3) при КЗ за трансформатором ответвительной подстанции;

$Z_{\text{ОТВ}}$ – первичное сопротивление ответвления, включающее в себя сопротивление трансформатора подстанции, примыкающей к противоположному концу линии или сопротивление линии ответвления $Z_{\text{Л.ОТВ}}$ (если она есть) ответвления и сопротивление трансформатора ответвления $Z_{\text{ТР.ОТВ}}$. При определении сопротивления трансформатора необходимо учитывать наименьшее его сопротивление, которое может иметь место при регулировании напряжения измерением коэффициента трансформации.

$k_{\text{ТОК.ТР}}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению первичного тока в защите к току в трансформаторе при КЗ за трансформатором;

$\delta = 0,1$ – коэффициент, учитывающий неточности расчёта первичных величин;

$\beta = 0,05$ – коэффициент, учитывающий погрешности ТТ, ТН и РЗА).

При выборе сопротивления срабатывания второй ступени по условиям отстройки от коротких замыканий на стороне низшего (среднего) напряжения трансформаторов подстанции, примыкающей к противоположному концу защищаемого участка, в общем случае необходимо учитывать наименьшее сопротивление этих трансформаторов, которое может иметь место при регулировании напряжения изменением их коэффициента трансформации.

В случае, когда защищаемая линия это одна из параллельных линий, отстройка должна производиться в режиме, когда работает одна линия.

6.2.2.4 Согласование с первой ступенью защиты 4 при каскадном отключении повреждения на параллельной линии (рисунок 6.7) (проверяется дополнительно к условию 6.2.1 и 6.2.2 только для двухцепных линий):

$$Z_{\text{С.З}}^{\text{II}} \leq K_{\text{ОТС}}(Z_{\text{Л}} + Z_{\text{С.З.4}}/k_{\text{ТОК1}}) \quad (6.8)$$

где $K_{\text{ОТС}} = 0,85$ – коэффициент отстройки от КЗ в конце расчётной зоны;

$Z_{\text{Л}}$ – первичное сопротивление прямой последовательности защищаемой линии. Если на защищаемой линии есть ответвления, то сопротивление $Z_{\text{Л}}$ рассчитывается по формуле (6.2) - (рисунок 6.7);

$Z_{\text{С.З.4}}$ – первичное сопротивление срабатывания первой ступени защиты 4;

$k_{\text{ТОК1}} = I_1/I'$ – коэффициент токораспределения, равный отношению тока в рассматриваемой защите к току на параллельной линии при КЗ в начале параллельной линии.

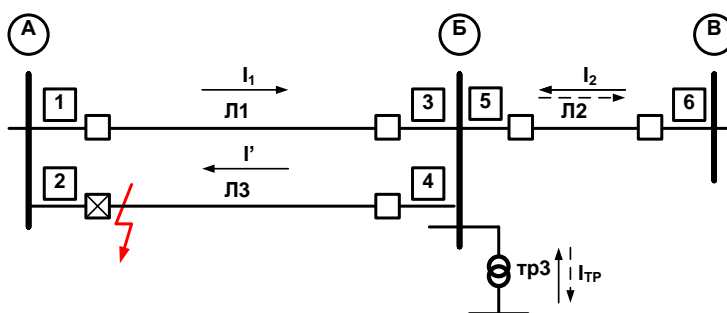


Рисунок 6.7 – Определение коэффициента токораспределения для двухцепных линий (пунктир – при отсутствии источников со стороны Тр3 и п/ст. В)

6.2.2.5 Отстройка от коротких замыканий на шинах низшего (среднего) напряжения подстанций на ответвлениях. Рассчитывается так же, как и для первой ступени по формуле (6.3).

6.2.2.6 Проверка чувствительности второй ступени дистанционной защиты производится при металлическом КЗ в конце защищаемого участка по формуле:

$$k_{\text{ч}} = Z_{\text{с.з}}^{\text{II}} / Z_{\text{л}} \quad (6.9)$$

где $Z_{\text{с.з}}^{\text{II}}$ – первичное сопротивление срабатывания второй ступени защиты;

$Z_{\text{л}}$ – первичное сопротивление защищаемой линии.

Минимальное значение коэффициента чувствительности при этом равно:

а) при наличии третьей ступени, а также при ее отсутствии, если защита используется в качестве резервной, $k_{\text{ч}} \geq 1.25$;

б) при отсутствии третьей ступени и при использовании защиты в качестве основной $k_{\text{ч}} \geq 1.5$.

Если вторая ступень, выбранная по условиям согласования, не удовлетворяет при этом требованию чувствительности, рекомендуется два варианта действий:

1. Согласовывать вторую ступень со вторыми ступенями смежных ЛЭП (первыми ступенями АТ, если определяющее условие выбора второй ступени было – отстройка от КЗ на шинах смежного напряжения АТ).

2. Вводить дополнительную четвертую ступень ДЗ.

В этом случае вторая ступень ДЗ выбирается по условию согласования с первыми ступенями ДЗ предыдущих ЛЭП и по условию отстройки от КЗ на шинах СН(НН) автотрансформаторов (трансформаторов).

Другая ступень ДЗ (четвертая) в этом случае выбирается по условию обеспечения нормируемой чувствительности, при этом согласовывается со вторыми ступенями ДЗ предыдущих ЛЭП, с резервными защитами АТ(Т).

При таком способе использования второй и четвертой ступеней, назначение второй ступени – снижение выдержек времени ступенчатых защит

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

в сети 110-750 кВ, а назначение четвертой ступени – обеспечение нормируемой чувствительности при КЗ в конце защищаемого участка.

Снижение выдержек времени ступенчатых защит в сети 110-750 кВ достигается в данном случае за счет того, что появляется возможность согласовать ступени последующих элементов со второй ступенью, выдержка времени которой меньше, чем выдержка времени четвертой ступени.

В таблице 6.4 приведена сводка режимов для расчёта уставки РС II ступени ДЗ.

Таблица 6.4 - Сводка режимов для расчёта уставки РС II ступени ДЗ (при $\delta = 0,1$ – коэффициент, учитывающий неточности расчёта первичных величин;

$\beta = 0,05$ – коэффициент, учитывающий погрешности ТТ, ТН и РЗА)

№	РУ 7 Требование	РУ 7 Таб. №	РУ 7 Рис. №	Схема	Формула	Чувствительность $K_{\text{ч}} = Z_{\text{сз}}^{\text{II}} / Z_{\text{лп}} \geq 1.25$
1	Согласование с I ступенью защиты 3	Таб. 8-3,4 Таб. 9-1	Рис. 35-а, г Рис. 42-а		$Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 Z_{\text{лп}} + 0,66 Z_{\text{л2}} / k_{\text{ТП}}$ $Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 Z_{\text{лп}} + 0,78 Z_{\text{сз}}^{\text{I}} / k_{\text{ТП}}$ $k_{\text{ТП}} = I_{\text{л1}} / I_{\text{л2}}$	$Z_{\text{л2}} \geq 0,6 Z_{\text{лп}} k_{\text{ТП}}$ $Z_{\text{сз}}^{\text{I}} \geq 0,51 Z_{\text{лп}} k_{\text{ТП}}$
2	Отстройка от КЗ на шинах п/ст В	Таб. 9-2	Рис. 42-б		$Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 Z_{\text{лп}} + 0,43 Z_{\text{л2}} / k_{\text{ТП}}$ $k_{\text{ТП}} = I_{\text{л1}} / I_{\text{л2}}$	$Z_{\text{л2}} / Z_{\text{лп}} \geq 0,93 k_{\text{ТП}}$
3	Отстройка от КЗ за тр-ром тр3	Таб. 8-6 Таб. 9-3	Рис. 35-а, б, в, г Рис. 42-а, б, в, ж		$Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 (Z_{\text{лп}} + Z_{\text{тр3}} / k_{\text{Т.тр3}})$ $Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 (Z_{\text{лп}} + Z_{\text{тр3}} / k_{\text{Т.тр3}})$ $k_{\text{Т.тр3}} = I_{\text{лп}} / I_{\text{тр3}}$	$\text{Л1: } Z_{\text{тр3}} \geq 0,7 Z_{\text{лп}} k_{\text{Т.тр3}}$ $\text{Л1} \parallel \text{Л2: } Z_{\text{тр3}} \geq 0,47 Z_{\text{лп}} k_{\text{Т.тр3}}$
4	Согласование с I ступенью защиты при каскадном отключении параллельной линии	Таб. 9-4	Рис. 42-а, б, в, ж		$Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 Z_{\text{лп}} + 0,66 Z_{\text{лп}} / k_{\text{ТП}}$ $k_{\text{ТП}} = I_{\text{л1}} / I_{\text{л3}}$	$k_{\text{ТП}} \leq 1,66$
5	Отстройка от КЗ за тр-ром 3,4 на ответвлении	Таб. 10-3,4	Рис. 45-а, б		$Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 (Z_{\text{I}} + Z_{\text{II}} / k_{\text{ТП}} + Z_{\text{ТР2}} / k_{\text{Т.ТР2}})$ $Z_{\text{сз}}^{\text{II}} \leq 0,85 (Z_{\text{I}} + (Z_{\text{отв1}} + Z_{\text{ТР1}}) / k_{\text{Т.ТР1}})$ $k_{\text{ТП}} = I_{\text{I}} / I_{\text{II}}$ $k_{\text{Т.ТР1}} = I_{\text{I}} / I_{\text{ТР1}}$ $k_{\text{Т.ТР2}} = I_{\text{I}} / I_{\text{ТР2}}$	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

№	РУ 7 Требование	РУ 7 Таб. №	РУ 7 Рис. №	Схема	Формула	Чувствительность $K_4 = Z_{C31}^{\text{II}} / Z_{\text{Л1}} \geq 1.25$
6	Отстройка от КЗ за тр-ром на п/ст. Б	Таб. 10-7	Рис. 45-а,б		$Z_{C31}^{\text{II}} \leq 0,85(Z_{\Gamma} + Z_{\text{II}}/k_{\text{ТП}} + Z_{\text{III}}/k_{\text{ТП}} + Z_{\text{ТР3}}/k_{\text{Т.ТР3}})$ $k_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I_{\text{II}}$ $k_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I_{\text{III}}$ $k_{\text{Т.ТР3}} = I_{\Gamma} / I_{\text{ТР3}}$	
7	Отстройка от КЗ за тр-ром на ответвлении (параллельные линии)	Таб. 11-2, 3	Рис. 47-а		$Z_{C31}^{\text{II}} \leq 0,85(Z_{\Gamma} + Z_{\text{II}}/k_{\text{ТП}} + Z_{\text{ТР2}}/k_{\text{Т.ТР2}})$ $Z_{C31}^{\text{II}} \leq 0,85(Z_{\Gamma} + (Z_{\text{ОТВ1}} + Z_{\text{ТР1}})/k_{\text{Т.ТР1}})$ $k_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I_{\text{II}}$ $k_{\text{Т.ТР1}} = I_{\Gamma} / I_{\text{ТР1}}$ $k_{\text{Т.ТР2}} = I_{\Gamma} / I_{\text{ТР2}}$	
8	Отстройка от КЗ за тр-ром на п/ст. Б (паралл. линии с ответвл.)	Таб. 11-5	Рис. 47-а		$Z_{C31}^{\text{II}} \leq 0,85(Z_{\Gamma} + Z_{\text{II}}/k_{\text{ТП}} + Z_{\text{III}}/k_{\text{ТП}} + Z_{\text{ТР3}}/k_{\text{Т.ТР3}})$ $k_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I_{\text{II}}$ $k_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I_{\text{III}}$ $k_{\text{Т.ТР3}} = I_{\Gamma} / I_{\text{ТР3}}$	
9	Согласование с I ступенью защиты 6 при каскадном отключении параллельной линии с ответвлениями	Таб. 11-6	Рис. 47-а		$Z_{C31}^{\text{II}} \leq 0,85(Z_{\Gamma} + Z_{\text{II}}/k_{\text{ТП}} + Z_{\text{III}}/k_{\text{ТП}}) + 0,78(Z_{\text{II}}/k'_{\text{ТП}} + Z_{\text{III}}/k'_{\text{ТП}}) + (Z_{C34}^{\text{I}} - Z_{\text{II}} - Z_{\text{III}})/k'_{\text{ТИ}}$ $k_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I_{\text{II}}$ $k_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I_{\text{III}}$ $k'_{\text{ТИ}} = I_{\Gamma} / I'_{\Gamma}$ $k'_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I'_{\text{II}}$ $k'_{\text{ТП}} = I_{\Gamma} / I'_{\text{III}}$ $I' - \text{ток в паралл. ВЛ}$	

6.2.2.6 Выдержка времени второй ступени ДЗ

На рисунке 6.7, а приведены характеристики выдержек времени ступеней ДЗ [8]:

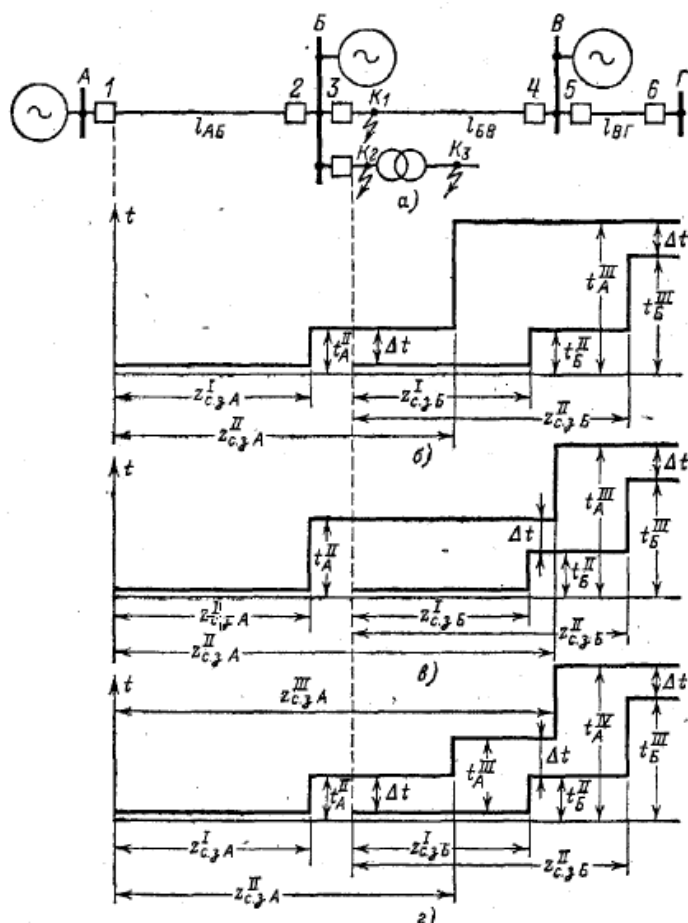


Рисунок 6.7, а – Характеристики выдержек времени ступеней ДЗ.
 а) схема сети; б) согласование II ступени ДЗ с I ступенью защиты 3;
 в) согласование II ступени ДЗ со II ступенью защиты 3; г) 4-ступенчатая характеристика защиты 3.

Выдержка времени второй ступени принимается равной:

$$t_{с.з.}^{II} \geq t_{с.з.согл} + t_{уров} + \Delta t \quad (6.10)$$

где $t_{с.з.согл}$ – время срабатывания ступени защиты, с которой производится согласование;

Выдержка времени второй ступени защиты должна быть согласована с выдержками времени соответствующих ступеней защит предыдущих элементов с учётом времени действия УРОВ.

$t_{уров}$ – время действия УРОВ (при его наличии) на предыдущем присоединении.

$\Delta t = (0,3 \div 0,5)$ с, в зависимости от типов защит, с которыми производится согласование, – ступень селективности.

Время согласования защиты $t_{с.з.согл}$ выбирается с учётом следующего:

а) Если расчёт проводится по условию 6.2.2.1, $t_{СЗ.СОГЛ}$ выбирается равным времени срабатывания защиты смежного участка, с которой производится согласование;

б) Если расчёт проводится по условию 6.2.2.2 и 6.2.2.4, $t_{СЗ.СОГЛ}$ выбирается равным времени срабатывания защиты, установленной на трансформаторе либо ответвительной подстанции, либо подстанции, примыкающей к противоположному концу защищаемого участка;

в) Если расчёт производится по условию 6.2.2.3, $t_{СЗ.СОГЛ}$ выбирается равным времени срабатывания первой ступени защиты 4.

Выдержка времени $t_{СЗ}^{II}$ принимается равной наибольшему из рассчитанных значений.

Выдержки времени срабатывания II ступени защиты в файле уставок обозначаются «DT34» (с меньшей выдержкой времени) и «DT35».

6.2.3 Выбор уставки $Z_{СЗ}^{III}$ РС и времени срабатывания III ступени

Третья ступень ДЗ предназначена для надёжной защиты своей линии при междуфазном металлическом КЗ в конце защищаемого участка, а также выполняет функцию дальнего резервирования и защиты смежного участка линии и присоединений (ЛЭП и трансформаторов), отходящих от шин противоположной подстанции.

Уставка срабатывания РС третьей ступени выбирается:

Уставка по сопротивлению срабатывания третьей ступени дистанционной защиты от междуфазных КЗ линий с двусторонним питанием выбирается по условиям:

- согласование со вторыми ступенями (либо, при невозможности обеспечения чувствительности, с третьими ступенями) защит линий предыдущего участка сети;
- согласование со ступенчатыми защитами вводов (авто)трансформаторов, либо присоединений на стороне смежного напряжения (авто)трансформаторов, присоединённых на противоположном конце линии;
- обеспечение чувствительности ($K_{ч} \geq 1,2$) при металлическом КЗ в конце зоны резервирования, в качестве которой рассматривается линия (линии) и (авто)трансформаторы предыдущего участка сети;
- обеспечение чувствительности ($K_{ч} \geq 1,5$) при металлическом КЗ в конце защищаемой линии.

6.2.3.1 По условию согласования со вторыми (третьими) ступенями защит линии (линий) предыдущего участка сети (дистанционной защиты и при необходимости - токовой защиты нулевой последовательности):

$$Z_{СЗЛ1}^{III} \leq 0,85(Z_{Л1} + 0,9Z_{СЗЛ2}^{II(III)}), \quad (6.11)$$

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

где $Z_{C.3Л2}^{II(III)}$ – уставка полного сопротивления прямой последовательности второй (третьей) ступени дистанционной защиты линии (линий) предыдущего участка сети (Л2).

Величина дополнительного (понижающего) множителя «0,9» для уставки $Z_{C.3 Л2}^{II(III)}$ определяется учётом коэффициента допустимой погрешности измерения ТТ.

6.2.3.2 По условию согласования с резервными защитами Т (АТ), установленными на смежном напряжении от междуфазных КЗ – по формуле (6.12):

$$Z_{C.3 = Л1}^{III} \leq 0,85(Z_{Л1} + 0,9Z_{C.3 Т}^{II(III)}), \quad (6.12)$$

где $Z_{C.3 Т}^{II(III)}$ – уставка полного сопротивления прямой последовательности второй (третьей) ступени дистанционной защиты (авто)трансформаторов, присоединенных на противоположном конце линии.

6.2.3.3 По условию отстройки от максимального тока нагрузки линии.

На линиях с двусторонним питанием уставка срабатывания РС выбирается по условию отстройки от максимального тока нагрузки линии и выполняется исключением из характеристик РС всех ступеней области, соответствующей максимальным нагрузочным режимам в соответствии с требованиями п. 6.2.6.4.

6.2.3.4 Чувствительность третьей ступени проверяется при металлическом КЗ в конце зоны резервирования:

$$k_{ч} = Z_{C.3}^{III} / (Z_{Л.} + Z_{Л.СМ} / k_{ТОК}) \geq 1,2, \quad (6.13)$$

где $Z_{C.3}^{III}$ – первичное сопротивление срабатывания третьей ступени защиты, Ом;

$Z_{Л.}$ – первичное сопротивление защищаемой линии, Ом;

$Z_{Л.СМ}$ – первичное сопротивление смежной линии, Ом;

$k_{ТОК}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению тока в защите к току на смежной линии при КЗ в конце смежной линии. При определении коэффициента чувствительности рассматриваются такие режимы, при которых значение $k_{ТОК}$ минимально.

Чувствительность третьей ступени проверяется также при металлическом КЗ в конце защищаемой линии:

$$k_{ч} = Z_{C.3}^{III} / Z_{Л.} \geq 1,5.$$

Пример расчёта уставки РС третьей ступени ДЗ приведён в Приложении Ж.

6.2.3.5 Выдержка времени третьей ступени рассматриваемой защиты выбирается исходя из условия согласования с предпоследней ступенью защиты смежного участка.

Последней считается та ступень, которая отстроена от нагрузочного режима линии и выполняет функции дальнего резервирования:

$$t_{С.З}^{III} = t_{С.З.ПРЕДПОСЛ} + \Delta t, \quad (6.14)$$

где $t_{С.З.ПРЕДПОСЛ}$ – выдержка времени предпоследней ступени смежного участка;

$\Delta t = (300 \div 500)$ мс – ступень селективности.

Выдержка времени срабатывания III ступени защиты в файле уставок обозначаются «DT36».

6.2.4 Выбор сопротивления срабатывания $Z_{С.З}^{IV}$ РС IV ступени

Четвертая ступень ДЗ может использоваться для резервирования защит трансформаторов ответвлений при КЗ на шинах низшего (среднего) напряжения.

Выбор уставки РС и выдержки времени четвертой ступени ДЗ зависит от особенностей рассматриваемой сети.

Пример расчёта уставки РС четвёртой ступени ДЗ приведён в Приложении Ж.

6.2.5 Выбор сопротивления срабатывания $Z_{С.З}^V$ РС V ступени

Пятая ступень – резервная. Её назначение чаще всего определяется на этапе проектирования защиты линии. Возможны следующие варианты ее использования:

- а) Для логики схем связи;
- б) Для логики ускорения (автоматическое и оперативное);
- в) Для логики реверса тока;
- г) Для логики отключения конца со слабым питанием;
- д) Для дальнего резервирования.

Выбор уставок зависит от назначения ступени.

Пример расчёта уставки РС пятой ступени ДЗ приведён в Приложении Ж.

6.2.6 Выбор и расчёт собственных уставок РС ДЗ

6.2.6.1 Выбор уставок РС первой ступени по осям X и R

Расчёты, связанные с выбором уставок РС, ведутся по условиям отстройки от КЗ вне зоны действия ступени, отстройки от нагрузочного режима работы и обеспечения чувствительности ДЗ при КЗ в зоне действия ступеней защиты для всех возможных условий работы первичной сети. Расчёты ведутся в соответствии с известными алгоритмами для расчёта уставок электромеханических защит [1-3] или с использованием специализированных программ.

Для характеристик РС I ступени от однофазных и междуфазных КЗ, зоны работы которых не выходят за пределы защищаемой линии, угол между током и напряжением при металлическом КЗ на линии (так называемый "угол максимальной чувствительности") равен углу линии φ_L и определяется параметрами линии:

$$\varphi_L = \arctg(X'_L/R'_L),$$

где X'_L , R'_L - удельные индуктивное и активное сопротивления прямой последовательности линии в Ом/км.

Для РС резервных ступеней ДЗ, зоны работы которых выходят за пределы защищаемой линии, угол между током и напряжением при металлическом КЗ рассчитывается по аналогичному соотношению эквивалентных удельных параметров φ_{Σ} , X_{Σ} и R_{Σ} в зоне действия соответствующих ступеней.

В соответствии с рисунком 6.1 верхняя сторона характеристик РС ДЗ от междуфазных КЗ параллельна оси R и проходит через точки X_N (N – номер ступени).

Выбор уставки X_I РС первой ступени

Для первой ступени ДЗ от междуфазных КЗ уставка РС по оси X в простом случае (при отсутствии отпаек, но и при одностороннем и при двустороннем питании) рассчитывается по формуле:

$$X_I = 0,85 X'_L * l,$$

где 0,85 - коэффициент отстройки от КЗ в конце защищаемой линии [2];

X'_L - удельное индуктивное сопротивление прямой последовательности линии в Ом/км;

l – длина защищаемой линии в км.

В более сложных случаях (при наличии отпаек, тупиковых или с подпиткой) уставка РС первой ступени ДЗ по оси X определяется по существующей методике [1, 2, 10, 16]. В настоящих рекомендациях эта методика не приводится из-за слишком большого её объёма.

Уставка $X_{I(3)}$ первой ступени ДЗ от КЗ на землю рассчитывается аналогично. В простом случае, когда первая ступень ДЗ от КЗ на землю используется для защиты одиночной (без параллельных) воздушной линии без отпаек сопротивление $X_{I(3)}$ равно сопротивлению X_I :

$$X_{I(3)} = X_I.$$

В случае, когда первая ступень ДЗ от КЗ на землю используется для защиты передней кабельной вставки комбинированной линии, желательно выбирать уставку $X_{I(3)}$ больше сопротивления кабельной вставки.

Выбор уставок $R_{I(N)}$ РС ступеней ДЗ по оси R

Правая часть области срабатывания РС предназначена для отстройки от минимально возможного сопротивления нагрузки и обеспечения срабатывания РС при КЗ через активное переходное сопротивление $R_{ПЕР}$ в месте КЗ.

1) Отстройка от минимально возможного активного сопротивления нагрузки.

Минимальное активное сопротивление нагрузки $R_{НАГР\ MIN}$ рассчитывается как минимально возможное из всей области нагрузки (рисунок 6.8):

$$R_{НАГР\ MIN} = \min(Z_H(\cos\varphi_H - \sin\varphi_H * \operatorname{ctg}\varphi_N)).$$

где Z_H – сопротивление нагрузки в расчётном режиме;

φ_H – угол нагрузки в расчётном режиме;

φ_N – угол наклона правой стороны характеристики РС.

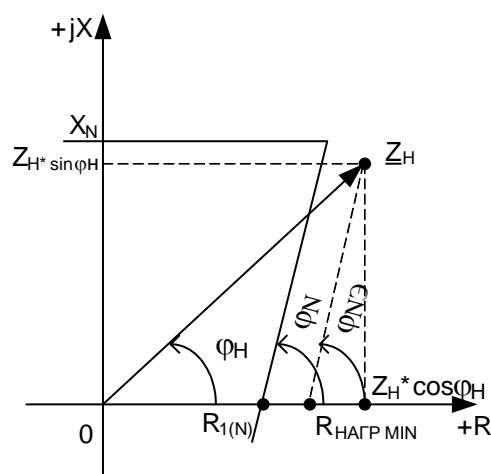


Рисунок 6.8 К расчёту $R_{НАГР\ MIN}$

Уставки срабатывания R_N по оси R междуфазных РС всех ступеней должны быть с запасом отстроены от минимального активного сопротивления нагрузки $R_{НАГР\ MIN}$.

$$R_{I(N)} \leq K_{ОТС} * \min(Z_H(\cos\varphi_H - \sin\varphi_H * \operatorname{ctg}\varphi_N)),$$

где $K_{ОТС} = 0,8$ – коэффициент отстройки;

φ_H – угол нагрузки в расчётном режиме;

φ_1 – угол наклона правой стороны характеристики РС (рисунок 6.1).

Сопротивление нагрузки Z_H рассчитывается по формуле:

$$Z_H = U_H / (\sqrt{3} * I_H),$$

где $U_H = (0,8-0,9)U_{РАБ\ MIN}$ – минимальное допустимое междуфазное рабочее напряжение в месте установки защиты с учётом запуска или самозапуска электродвигателей;

$I_H \geq (1,5-2) * I_{РАБ\ MAX}$ – максимальный ток нагрузки линии с учётом запуска или самозапуска электродвигателей;

В то же время уставки срабатывания R_N по оси R междуфазных РС всех ступеней должны с запасом перекрывать переходное сопротивление:

$$R_N \geq R_{ПЕР} / K_{ЗАП} \quad (6.15)$$

где $R_{ПЕР}$ – переходное сопротивление в месте КЗ, определяется формулой (6.16),

$K_{ЗАП} = (0,8-0,9)$ - коэффициент запаса [7].

Для междуфазных РС при двухфазных КЗ и двухфазных КЗ на землю для линий с односторонним и двусторонним питанием $R_{ПЕР}$ определяется сопротивлением электрической дуги [5] и равно [7]:

$$R_{ПЕР} = 0,5U_D / I_{1MIN}, \quad (6.16)$$

где U_D - напряжение электрической дуги (Приложение В),

I_{1MIN} - ток КЗ в месте КЗ в конце зоны действия ступени при минимальном режиме сети. При этом расчётным режимом является режим одностороннего питания, так как падение напряжения на дуге не зависит от тока через дугу, и при отсутствии подпитки линии с противоположного конца $R_{пер}$ максимально.

В оценочных расчётах можно руководствоваться типичными значениями отношения R_N/X_N для воздушных и кабельных линий [5]:

Таблица 6.5 Типовые значения отношения R_N/X_N

Воздушная линия/кабель	Отношение R_N/X_N
короткие кабели (0,5—3 км)	3—5
длинные кабели > 3 км	2—3
короткие воздушные линии <10 км	2-5
воздушные линии < 100 км	1-2
длинные воздушные линии 100—200 км	0,5-1
длинные линии СВН > 200 км	< 0,5

Значения уставок R_{II} и R_{III} для РС следующих ступеней ДЗ рассчитываются с учётом увеличения за время действия ступени длины дуги под действием электродинамических сил и ветра (Приложение В).

$R_{1(3)}$

Фазные РС действуют на отключение только при однофазных КЗ и выводятся из работы при двухфазных КЗ на землю.

Переходное сопротивление $R_{ПЕР}$ при однофазных КЗ на землю определяется суммой сопротивления дуги и сопротивления опоры и её заземлителя $R_{ОП}$ [5]. Поскольку сопротивление дуги обратно пропорционально току через дугу, а падение напряжения на сопротивлении опоры и её заземлителя – прямо пропорционально току, то $R_{ПЕР}$ следует рассчитать при минимальном и максимальном токе КЗ.

В минимальном режиме ток подпитки КЗ с противоположной стороны линии не учитывается, и $R_{ПЕР}$ рассчитывается по формуле [7]:

$$R_{ПЕР} = (U_D + R_{ОП}I_1) / (I_1(1 + K_R)), \quad (6.17)$$

где U_D – напряжение дуги;

$R_{ОП}$ – сопротивление опоры и её заземлителя;

I_1 – ток в месте установки защиты в минимальном режиме;

$K_R = (R'_0 - R'_1) / 3R'_1$ – коэффициент компенсации тока $3I_0$.

В максимальном режиме учитывается ток I_{II} подпитки КЗ с противоположной стороны линии. Он складывается с током через защиту арифметически, что соответствует КЗ на линии из режима холостого хода (без нагрузки по линии), и $R_{пер}$ рассчитывается по формуле [7]:

$$R_{ПЕР} \cong (U_D + R_{ОП}(I_1 + I_{II})) / (I_1(1 + K_R)), \quad (6.18)$$

где обозначения те же, что и в формуле (6.17), но токи I_1 и I_{II} рассчитываются в максимальном режиме.

Для расчёта $R_{1(3)}$ выбирается большее из полученных по формулам (6.17) и (6.18) значений:

$$R_{1(3)} = R_{ПЕР} / K_{ЗАП}, \quad (6.19)$$

где обозначения те же, что и в формуле (6.16).

6.2.6.2 Выбор уставок по углам наклона сторон характеристики срабатывания РС

6.2.6.2.1 $\varphi_{I(N)}$

Угол $\varphi_{I(N)}$ наклона правой стороны характеристики РС в первом квадранте, в общем случае, отличается от угла линии, так как токи КЗ в начале и в конце зоны срабатывания РС различны, а, значит, различны и величины переходного сопротивления в начале ($R_{\text{пер нач}}$) и в конце ($R_{\text{пер кон}}$) зоны работы срабатывания РС ступени (рисунок 6.9). Угол наклона $\varphi_{I(N)}$ определяется формулой:

$$\varphi_{I(N)} = \arctg(X_N / (X_N \text{ctg}(\varphi_L) + R_{\text{пер кон}} - R_{\text{пер нач}})),$$

где $\varphi_L = \arctg(X_{\text{Iперв}}^0 / R_{\text{Iперв}}^0)$ – угол линии; определяется по удельным сопротивлениям $X_{\text{Iперв}}^0$ и $R_{\text{Iперв}}^0$ прямой последовательности линии (Приложение А Таблицы уставок);

$R_{\text{пер кон}}$ и $R_{\text{пер нач}}$ рассчитываются в соответствии с (6.15) и (6.16).

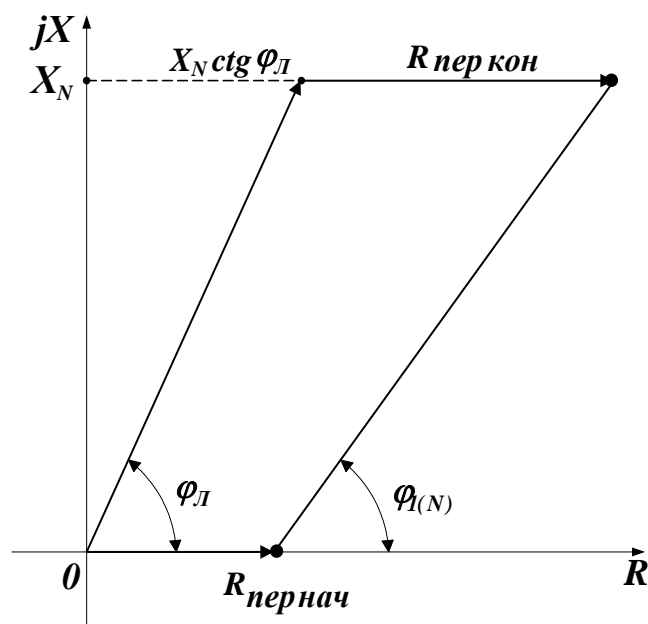


Рисунок 6.9 - Определение угла наклона правой боковой стороны характеристики РС

6.2.6.2.2 $\varphi_{I(3)}$

По аналогичной формуле рассчитывается угол $\varphi_{I(3)}$ для характеристики РС I ступени от КЗ на землю, но величины $R_{\text{пер кон}}$ и $R_{\text{пер нач}}$ рассчитываются при этом в соответствии с (6.17), (6.18).

6.2.6.2.3 φ_2

При передаче нагрузки по линии с двусторонним питанием в предаварийном режиме напряжения по концам линии расходятся по фазе, и фаза падения напряжения от суммарного тока на активном переходном сопротивлении в месте КЗ отличается от фазы тока в месте установки защиты (рисунок 6.10):

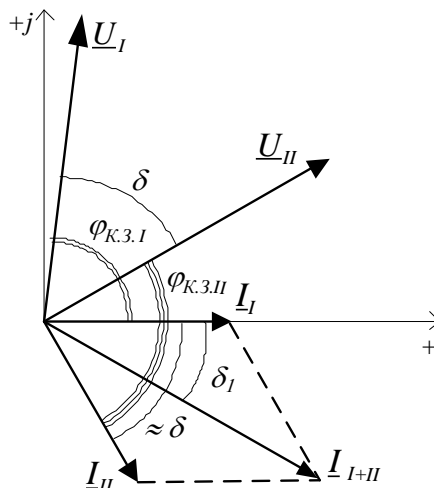


Рисунок 6.10 – Диаграмма токов через переходное сопротивление при двустороннем питании

Переходное сопротивление, измеряемое РС, равно частному от деления этого падения напряжения на ток в месте установки защиты.

Переходное сопротивление в месте повреждения является активным:

$$R_{\text{ПЕР}} = 0,5U_{\text{д}}/I.$$

Для линии с двусторонним питанием ток через реле сопротивления не равен току дуги. Последний равен сумме токов через дугу с двух сторон питания:

$$I_{\text{д}} = I_{\text{I}} + I_{\text{II}},$$

а фаза напряжения на дуге совпадает с фазой суммы токов:

$$U_{\text{д}} = R_{\text{д}}(I_{\text{I}} + I_{\text{II}}).$$

За ось отсчёта углов в комплексной плоскости принята действительная ось. Переходное сопротивление $R_{\text{ПЕР}}$ в месте КЗ носит активный характер, а погрешность в дистанционном замере $Z_{\text{П}}$, обусловленная наличием $R_{\text{ПЕР}}$, двусторонним питанием и доаварийным перетоком мощности по линии, представляет в общем случае комплексную величину [7], Приложение В, формулы (В-1) и (В-3), рисунок 6.11:

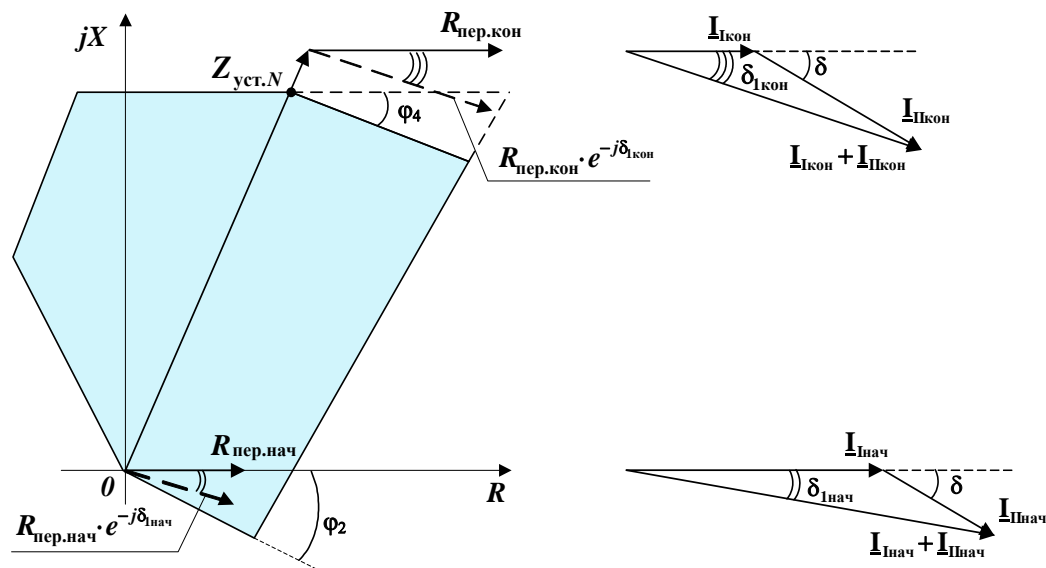


Рисунок 6.11 – Сопротивление на входе РС при КЗ через переходное сопротивление в случае двустороннего питания

Угол φ_2 наклона нижней правой части характеристик РС расширяет зону срабатывания РС и выбирается из условия охвата переходного сопротивления $R_{\text{ПЕР.НАЧ}} \cdot e^{-j\delta_{1\text{нач}}}$ при КЗ в начале линии электропередачи:

- для реле сопротивления от междуфазных КЗ (из В-1):

$$\begin{aligned} \varphi_2 &\geq \arctg(\text{Im}(Z_{\text{ПЕР.НАЧ}})/\text{Re}(Z_{\text{ПЕР.НАЧ}})) = \\ &= \arg(I_{1+II}) - \arg(I_1) = \delta_{1\text{нач}}; \end{aligned} \quad (6/19)$$

- для реле сопротивления от однофазных КЗ (из В-3):

$$\varphi_2 \geq \arctg(\text{tg}(\delta_{1\text{нач}}) * (1 + K_R) / (1 + K_X)), \quad (6/20)$$

где $K_R = (R_0 - R_1) / (3 * R_1)$, $K_X = (X_0 - X_1) / (3 * X_1)$ - коэффициенты компенсации тока $3 * I_0$ по осям R и X.

Так как уставка по φ_2 общая для характеристик реле сопротивления от междуфазных и однофазных КЗ, то должно обеспечиваться выполнение худшего из условий (6.19) и (20).

6.2.6.2.4 φ_4

Угол φ_4 наклона верхней правой части характеристики реле сопротивления используется только для первых ступеней дистанционной защиты. Он, в отличие от угла φ_2 , ограничивает зону срабатывания РС и необходим для отстройки от КЗ в начале предыдущей линии с учётом угла поворота переходного сопротивления $R_{\text{пер.кон}} \cdot e^{-j\delta_{1\text{кон}}}$ (рисунок 6.11). Угол φ_4 может быть рассчитан по формулам, аналогичным (6.19) и (6.20):

- для реле сопротивления от междуфазных КЗ:

$$\varphi_4 \geq \delta_{1кон};$$

- для реле сопротивления от однофазных КЗ:

$$\varphi_4 \geq \arctg(\operatorname{tg} \delta_{1кон} * (1 + K_R) / (1 + K_X)).$$

Для шкафов серии ШЭ2607 угол наклона верхней правой части характеристики реле сопротивления от однофазных КЗ $\varphi_{4(IЗ)}$ задаётся равным 12° , что удовлетворяет большинству расчётных режимов.

6.2.6.2.5 ф3

На некоторых линиях электропередачи с двухсторонним питанием не исключены синхронные качания или асинхронные режимы работы, когда ЭДС $\underline{E}_I, \underline{E}_{II}$ систем по концам линии расходятся на угол δ более 90° (вплоть до 180°). Приблизительно на этот же угол расходятся и токи $\underline{I}_I, \underline{I}_{II}$. Если ЭДС систем по концам линии разошлись на угол, близкий к 180° , а система С2 гораздо мощнее С1, то при КЗ в конце линии, близком к системе С2, направление тока через переходное сопротивление в месте КЗ и падение напряжения на нем практически совпадут с направлением тока \underline{I}_{II} (рисунок 6.12). В результате сопротивление, замеряемое на входе РС, оказывается во втором квадранте комплексной плоскости.

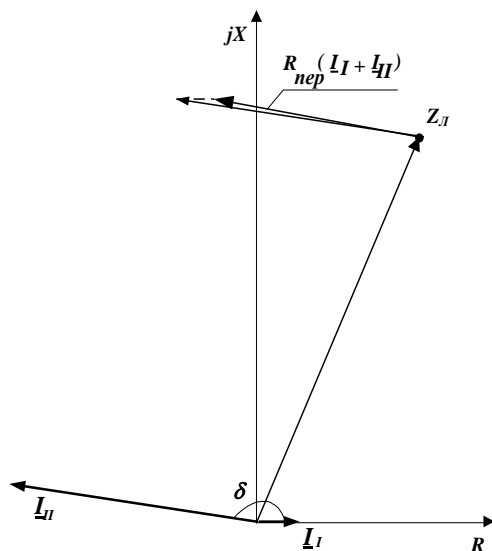


Рисунок 6.12 - Расширение во второй квадрант области измерений ИО сопротивления при КЗ через переходное сопротивление в асинхронном режиме

Так как величина переходного сопротивления в месте КЗ не зависит от угла δ , то базовая характеристика срабатывания реле сопротивления принимается симметричной относительно отрезка, отображающего на комплексной плоскости сопротивление линии при «металлическом КЗ», и левая

боковая грань характеристики находится на одинаковом с правой гранью расстоянии от этого отрезка.

Ограничение области срабатывания реле сопротивления во втором квадранте комплексной плоскости путём задания угла наклона левой части характеристики срабатывания φ_3 требуется для линий с двусторонним питанием для отстройки от КЗ «за спиной» через переходное сопротивление [5], когда ток в месте установки защиты определяется удалённой ЭДС, а напряжение, в значительной мере, ближайшей ЭДС (рисунок 6.13).

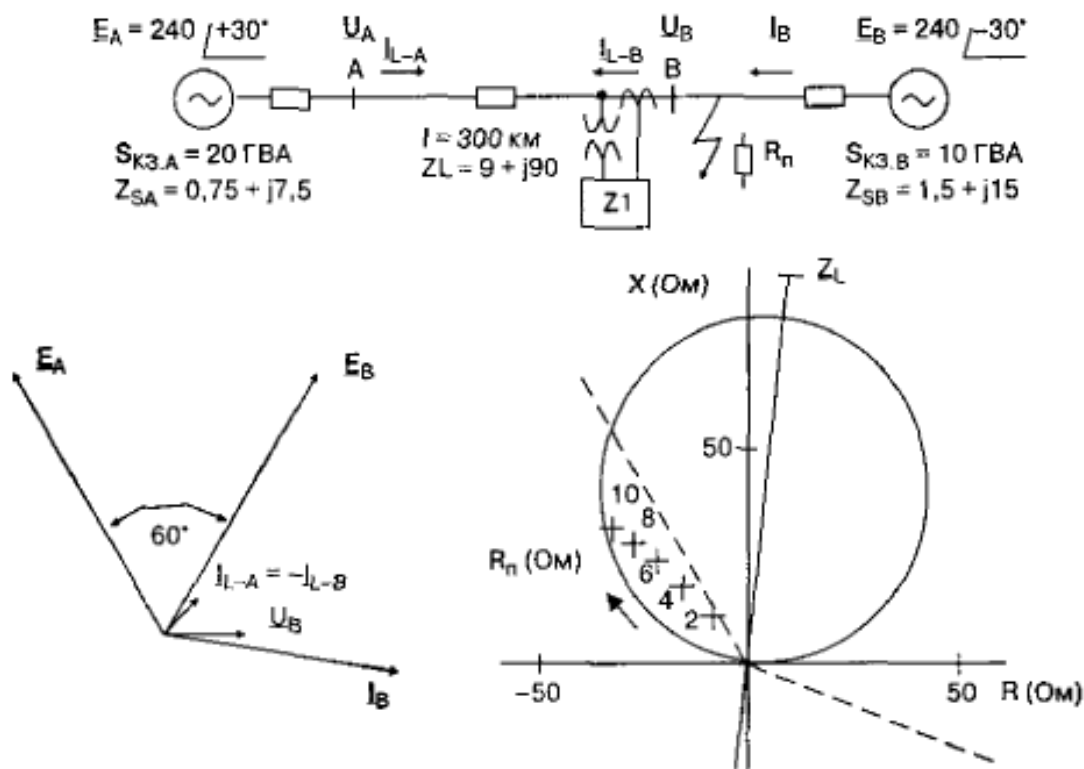


Рисунок 6.13 - Ограничение области измерений ИО сопротивления N ступени ДЗ при КЗ через переходное сопротивление во втором квадранте

Для большинства случаев угол наклона нижней левой части характеристики срабатывания φ_3 может быть принят равным 115° (уточняется при возможности выполнения соответствующих расчётов).

6.2.6.3 Расчёт корректирующих множителей для учёта влияния взаимной индукции параллельной линии на замер РС

KK_R, KK_X

Наличие взаимной индуктивной связи между параллельными линиями электропередачи существенно влияет на измеряемое защитой сопротивление при КЗ на землю [5]. Если ток параллельной линии подводится к защите, то ток нулевой последовательности параллельной линии $I_{0||}$ участвует в расчёте входного сопротивления соответствующей составляющей дифференциального уравнения линии (Б-1), в котором корректирующие множители KK_R, KK_X

принимаются равными единице. В противном случае правильный замер можно обеспечить только в одной расчётной точке (например, в конце линии или в конце зоны работы первой ступени) и для одного из режимов работы:

- параллельная линия отключена,
- параллельная линия включена,
- параллельная линия отключена и заземлена с обеих сторон,

При этом не учитываются другие факторы: сопротивление в месте КЗ, наличие подпитки места КЗ от противоположного конца для линий с двухсторонним питанием и др.

Режим отключённой параллельной линии равносителен её отсутствию, поэтому KK_R , KK_X принимаются равными единице.

Для включённой параллельной линии при КЗ в её конце (рисунок 6.14) токи I_0 и $I_{0//}$ имеют одинаковые направления, и корректирующие множители определяются по формулам (обозначения величин см. в Приложении Б):

$$KK_X = 1 + X_{M||} / (X_0 - X_I),$$

$$KK_R = 1 + R_{M||} / (R_0 - R_I).$$

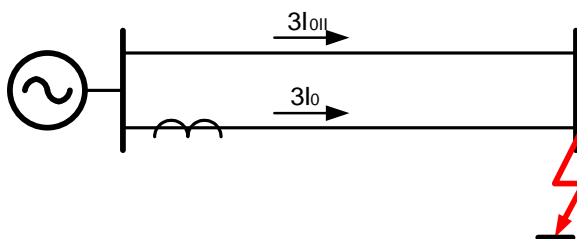


Рисунок 6.14 - Расчётная схема при включённой параллельной линии

Если параллельная линия отключена и заземлена с обеих сторон, что характерно для её ремонтного режима, то при КЗ в конце линии (рисунок 6.15) токи I_0 и $I_{0//}$ имеют противоположные направления и корректирующие множители определяются формулами:

$$KK_X = 1 - X_{M||}^2 / (X_0(X_0 - X_I)),$$

$$KK_R = 1 - R_{M||}^2 / (R_0(R_0 - R_I)).$$

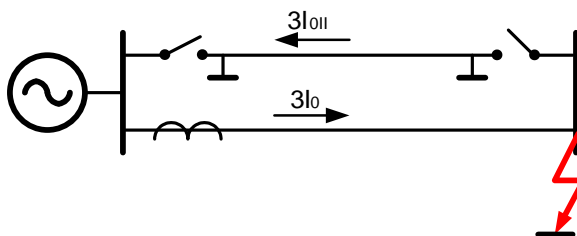


Рисунок 6.15 - Расчётная схема при отключённой и заземлённой параллельной линии

Приведённый в [5] пример расчёта корректирующих множителей KK_R , KK_X с условием обеспечения одинаковых зон срабатывания для междуфазных КЗ и КЗ на землю (0,85 от длины защищаемой линии) при отключённой параллельной линии показывает, что в других состояниях зона срабатывания расширяется или сокращается. Использование единичных значений коэффициентов KK_X , KK_R приемлемо для отключённой и включённой параллельной линии. При этом увеличение зоны срабатывания на повреждённой линии в ремонтном режиме отключённой и заземлённой параллельной линии допустимо из-за того, что этот режим редкий и кратковременный. Кроме того, действие АПВ в таком режиме уменьшает вероятность потери селективности, учитывая, что большинство АПВ бывает успешным. Для полной гарантии селективности рекомендуется уменьшить KK_X на 20%, но за счёт сокращения защищаемой зоны в данном и других состояниях параллельной линии.

Примечание.

При отсутствии параллельной линии удельные величины взаимной индукции линии с параллельной линией $MX^0_{\text{ОПЕРВ}}$ и $MR^0_{\text{ОПЕРВ}}$ в Бланке уставок шкафа (Приложение А, таблица "Удельные сопротивления первичные") должны задаваться минимальными.

6.2.6.4 Выбор уставок $R_{\text{НАГР}}$ по оси R и углу $\varphi_{\text{НАГР}}$ выреза для отстройки от нагрузочного режима

1) Отстройка от нагрузочного режима реле сопротивления дистанционной защиты линий с двусторонним питанием выполняется исключением из характеристик РС всех ступеней области, соответствующей максимальным нагрузочным режимам, и определяемой двумя уставками: $R_{\text{НАГР}}$ и $\varphi_{\text{НАГР}}$ (рисунок 6.1).

$R_{\text{НАГР}}$

Уставка $R_{\text{НАГР}}$ определяется по условиям статической устойчивости электропередачи. Учитывается только на линиях с двусторонним питанием, если на них возможны качания или асинхронный режим.

В этом случае выявляются все нагрузочные режимы работы линии электропередачи (Приложение Г). Из рисунка Г.2 следует, что минимальное сопротивление $R_{\text{НАГР MIN}}$ при максимальной нагрузке может быть рассчитано по формуле:

$$R_{\text{НАГР MIN}} = |Z_1 + Z_2|_{\text{MIN}} / (2 * \text{tg}(\delta/2)),$$

где Z_1 и Z_2 – сопротивления частей энергосистемы, расположенные впереди защиты и "за спиной" соответственно,

$\delta = 90^\circ$ - угол между э.д.с. этих же частей системы в двухмашинной схеме замещения.

При этом уставка по оси R для отстройки от нагрузки $R_{НАГР}$ определяется выражением:

$$R_{НАГР} = k_{ОТС} R_{НАГР\ MIN} = k_{ОТС} |Z_1 + Z_2|_{MIN} / (2 * tg(\delta/2)) \cong 0,85 * Z_{\Sigma} / 2,$$

где $k_{ОТС} = 0,85$ - коэффициент отстройки,

$Z_{\Sigma} = |Z_1 + Z_2|_{MIN}$ - суммарное (за спиной и в сторону защиты) сопротивление энергосистемы в максимальном режиме,

$\delta = 90^\circ$ - угол электропередачи на границе устойчивости.

2) На линиях с односторонним питанием и на линиях с двусторонним питанием, о которых известно, что на них невозможны качания и асинхронный режим, «вырез» не нужен, $R_{НАГР}$ выбирается больше уставки R последней используемой ступени ДЗ, например третьей (R_{III}). В результате вырез нагрузки не будет влиять на срабатывание РС при любой уставке $\varphi_{НАГР}$. Для определённости выбирается минимальная уставка $\varphi_{НАГР}$, равная 1° .

$\varphi_{НАГР}$

При заданном соотношении q ($0,7 = q_1 \leq |q| \leq q_2 = 1,4$) модулей ЭДС E_2 и E_1 в приведённой двухмашинной схеме энергосистемы годограф Z в комплексной плоскости сопротивлений описывает окружность (Приложение Г).

Угол $\varphi_{НАГР}$ определяется как угол наклона касательной, проведенной из начала координат к годографу Z при заданном q (рисунок 6.16) [13]:

$$|\varphi_{НАГР}| = \arccos(R_0/Z_0) = \arccos(2q/(1+q^2)),$$

где $r_0 = Z_{\Sigma} * q / (q^2 - 1)$ – радиус окружности, описываемой годографом Z ,

$Z_0 = Z_{\Sigma} (q^2 + 1) / (2(q^2 - 1))$ – координата центра этой окружности,

q = максимально и минимально допустимые значения отношения модулей эквивалентных э.д.с. частей энергосистемы, расположенных впереди защиты и "за спиной".

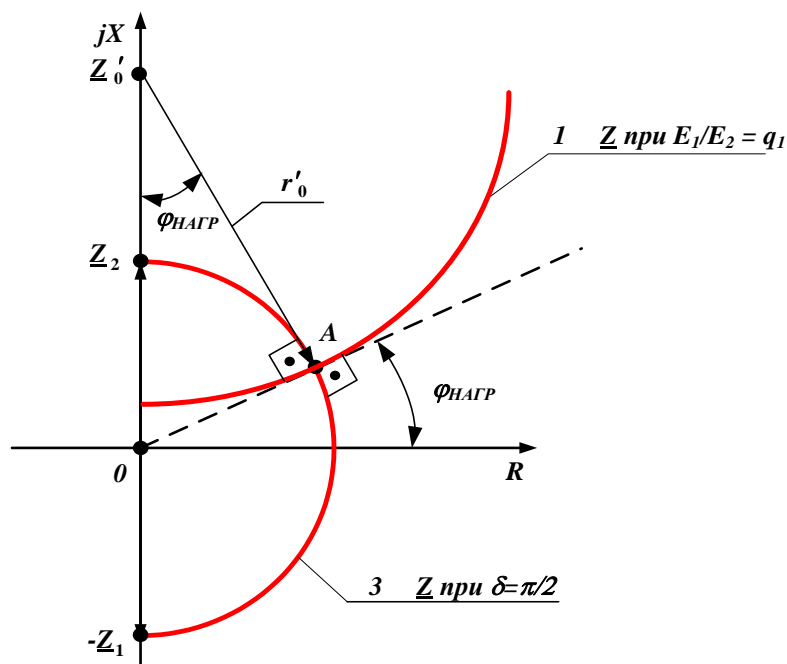


Рисунок 6.16 - К расчёту $\varphi_{\text{НАГР}}$

Например, если q равно 1,4, то значение угла $\varphi_{\text{НАГР}}$ "выреза" нагрузочного режима равно 19° .

Для определённости на линиях с односторонним питанием или на линиях с двусторонним питанием при гарантированном отсутствии качаний и АР выбирается минимальная уставка $\varphi_{\text{НАГР}}$, равная 1° .

6.2.7 Выбор режимов логики ДЗ

Перечень программных накладок ДЗ приведен в п. 1.6 Приложения А.

Назначение большинства программных накладок однозначно определяется их наименованием и возможными вариантами назначения. Выбор положения некоторых из них пояснён ниже.

Подхват срабатывания I ступени от ненаправленной II ступени (ХВ20) в рабочем режиме шкафа должен быть предусмотрен для работы УРОВ при близких 3-фазных КЗ (когда входные напряжения близки к нулю и направленность определяется «работой по памяти» в течение времени 0,06-0,08 с) и при выдержке времени I ступени больше нуля.

Контроль действия I ступени или II ступени с меньшей выдержкой времени (ХВ21, ХВ45) от БК-м допускается только для сетей, в которых качания отсутствуют.

Действие II ступени с меньшей выдержкой времени (ХВ22) должно предусматриваться для случаев, когда эта ступень должна блокироваться при качаниях как быстродействующая (вместе с I ступенью).

Контроль действия III и IV ступеней только от БНН при выборе алгоритма БК по приращению тока (ХВ24, ХВ46) предусмотрен на случай, если чувствительности реле тока $DI_{2\text{чув}}$ недостаточно при КЗ в конце зоны работы ступени.

Контроль действия ступеней ДЗ от БНН (ХВ29) рекомендуется предусматривать во избежание ложной работы при неисправностях в цепях напряжения (выводится только для упрощения операций при наладке).

Ускорение ступеней ДЗ

Ускорение действия ДЗ при включении выключателя (ХВ29) и выбор ускоряемой ступени II (или III). Как правило, укоряется III ступень; II ступень – в случае, если III ступень не используется в защите.

Контроль отсутствия напряжения на линии при ускорении действия ДЗ при включении выключателя (ХВ44): 1) отсутствие контроля, 2) контроль от датчика напряжения, 3) контроль от РКН.

Выбор датчика напряжения при контроле отсутствия напряжения на линии (ХВ4): от ШОН или от ТН (сигнал $U_{\text{мин}}$ шин – независимо от того, где стоит ТН, на шинах или на линии). Если ТН стоит на шинах, то использовать сигнал $U_{\text{мин}}$ от ШОН.

Выбор оперативно ускоряемой ступени (ХВ28): I, II или III ступень. Как правило, укоряется III ступень; II ступень – в случае, если III ступень не используется в защите; I ступень – в случае, если в защите не используются ни II, ни III ступени.

Ускоренный возврат БК при отключении выключателя (ХВ25) предусматривается в случае, если после АПВ этого выключателя не исключена работа быстродействующих ступеней (выводимых после первого отключения на время БК-м).

6.2.8 Уставки ДЗ по времени

Перечень выдержек времени ДЗ приведен в п.1.5 Приложения А и в Приложении Д, рисунки 4; 4.1.

Задержки на срабатывание I-III ступеней ДЗ (DT33, DT34, DT35, DT36) и дополнительных IV-V ступеней (DT46, DT47) согласовываются между собой и с выдержками времени других защит .

Большая выдержка времени II ступени (DT35) должна быть меньше DT36 - выдержки времени III ступени.

Выдержки времени при автоматическом ускорении (АУ) DT28, DT29 предоставляют возможность ускорить действие ступеней ДЗ, охватывающих всю защищаемую линию, в режиме опробования её напряжением (при подаче напряжения на линию включением выключателя со стороны места установки защиты).

Время ввода ускорения выбранной ступени ДЗ при включении выключателя (DT28) определяет интервал времени после подачи команды на включение выключателя, в течение которого действие на отключение от РС этой ступени ДЗ будет выполняться с ускорением. Выдержка времени DT28 должна быть достаточной для действия ДЗ с ускорением.

Задержка на срабатывание ускоряемой при включении выключателя ступени (DT29) должна быть отстроена от выдержки времени основной защиты

и времени работы защиты шин, если используется опробование шин противоположной стороны линии и может также определяться минимальным временем отключения КЗ, задаваемого службой энергетических режимов после расчётов устойчивости.

Задержка на срабатывание выбранной ступени ДЗ при оперативном ускорении (при выводе основной защиты линии, вывод защиты шин и др.) DT45 выбирается с учётом требуемого по условиям устойчивости минимального времени отключения КЗ, определяемого службами электрических режимов Региональных диспетчерских управлений (РДУ).

DT37 и DT38 - время ввода быстродействующих ступеней от чувствительных и грубых ПО БК – выбираются больше суммарного времени $T_{с.з.}$ срабатывания быстродействующих защит и отключения выключателя (ликвидация КЗ):

$$DT37 = DT38 > T_{с.з.}$$

Если при этом ещё выполняется неравенство

$$DT37 = DT38 < T_{КАЧ \min}/4,$$

где $T_{КАЧ \min}$ - минимально возможный период качаний на линии, и уставка ПО БК равна максимальной скорости изменения вектора тока при качаниях, то быстродействующие ступени ДЗ окажутся отстроенными от качаний ещё и по времени ввода в работу, так как в момент $T_{КАЧ \min}/4$ скольжение (разность частот напряжений по концам линии), а с ним и модуль производной вектора тока, на который реагирует ПО БК, имеет максимальное значение.

DT39 - время ввода медленнодействующих ступеней от БК - выбирается больше времени срабатывания самой медленнодействующей из используемых ступеней ДЗ.

При выполнении задержки на срабатывание I ступени ДЗ от КЗ «на землю» DT48 (рисунок 4.1) отличной от нуля, она согласовывается с выдержками времени ступеней ТНЗНП противоположного конца смежной линии, действующих в пределах зоны, защищаемой 1 ст. ДЗ от КЗ на землю.

7 Орган, определяющий вид повреждения (ОВП)

7.1 Описание функции ОВП

7.1.1 При междуфазных замыканиях с землёй предпочтение отдаётся ИО сопротивления, включённым на междуфазные величины. Для блокирования при междуфазных повреждениях на линии ИО сопротивления, включённых на фазные напряжения и компенсированные фазные токи, предусмотрен быстродействующий ПО тока нулевой последовательности РТНП с торможением от одного из фазных токов, предназначенный, совместно с реле напряжения нулевой последовательности РННП, для определения замыканий на землю одной фазы. Торможение (изменение порога срабатывания РТНП) осуществляется от модуля первой гармоники тока $I_{T\Phi}$, являющимся одним из трех фазных токов I_A, I_B, I_C и удовлетворяющим условию:

$$\text{Макс}(I_A, I_B, I_C) > I_{T\Phi} > \text{Мин}(I_A, I_B, I_C), \quad (5)$$

где Φ – фаза А, В, С.

Это условие соответствует использованию для торможения тока фазы, в которой значение тока является средним между максимальным и минимальным значениями тока в остальных двух фазах. При междуфазном КЗ на землю торможение максимально, а при замыкании одной фазы на землю – минимально.

Ток срабатывания по току нулевой последовательности I_{CP}^T ПО РТНП определяется в соответствии с выражением:

$$I_{CP}^T = \text{Макс} [I_{CP}^{(0)}, K_T \cdot (I_{T\Phi} - 1,25 \cdot I_{НОМ})], \quad (6)$$

где k_T - коэффициент торможения, задаваемый в виде уставки и регулируемый в пределах от 0 до 0,15,

$I_{CP}^{(0)}$ – ток срабатывания РТНП при отсутствии торможения.

7.1.1.2 Уставка по параметру $I_{CP}^{(0)}$ регулируется в диапазоне от 0,05 $I_{НОМ}$ до 0,2 $I_{НОМ}$.

В устройстве проверяется превышение модуля первой гармоники тока $I_{T\Phi}$ заданного порогового значения (рисунок А.2, приложение А). Для исключения излишнего срабатывания оно отстроено от несимметрии токов в нормальном режиме и токов небаланса во вторичных цепях трансформаторов тока, возникающих при междуфазном КЗ. Торможение (увеличение порога срабатывания РТНП) осуществляется от модуля первой гармоники тока $I_{T\Phi}$ фазы в которой значение тока является средним между максимальным и минимальным значениями токов трех фаз.

Для использования «земляной» ступени ДЗ в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / I ст."земл."**ДЗ необходимо выбрать состояние **в работе** или в программе ***EKRASMS – ДЗ / ХВ62 I ст. "земл." ДЗ | в работе.***

Зависимость порога срабатывания РТНП от тормозного тока приведена на рисунке А.2.

7.1.1.3 Средняя основная погрешность порога срабатывания РТНП при отсутствии торможения не превышает $\pm 5\%$ от уставки.

7.1.1.4 Коэффициент возврата РТНП - не менее 0,8.

7.1.1.5 Дополнительная погрешность порога срабатывания РТНП от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 3\%$ от среднего значения параметров, измеренных при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$.

7.1.1.6 Время срабатывания РТНП - не более 0,01 с при подаче толчком тока $3 I_{\text{CP}}$.

7.1.1.7 Время возврата РТНП не превышает 0,06 с при сбросе входного тока от $10 I_{\text{CP}}$ до нуля.

7.1.1.8 Уставка срабатывания РННП по напряжению нулевой последовательности $3 U_0$ регулируется в пределах от 6 до 15 В.

7.1.1.9 Средняя основная погрешность порога срабатывания РННП не превышает $\pm 5\%$ от уставки.

7.1.1.10 Коэффициент возврата РННП - не менее 0,9.

7.1.1.11 Дополнительная погрешность порога срабатывания РННП от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 3\%$ от среднего значения параметров, измеренных при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$.

7.1.1.12 Время срабатывания РННП не более 0,01 с при подаче толчком напряжения нулевой последовательности, равного трёхкратному напряжению срабатывания.

7.1.1.13 Ограничение области фиксации однофазных КЗ с помощью РТНП и РННП производится блокирующим ПО максимального тока БТ, реагирующим на величину одного из фазных токов, значение которого является средним между максимальным и минимальным значениями тока в остальных двух фазах (аналогично току торможения по 1.4.1.29). Срабатывание БТ блокирует выходные сигналы РТНП и РННП при многофазных КЗ. Ограничение области фиксации однофазных КЗ показано на рисунке А.2.

7.1.1.14 Уставка срабатывания БТ регулируется в пределах от 3,0 до 6,0 А ($I_{\text{НОМ}} = 1$ А) и от 15,0 до 30,0 А ($I_{\text{НОМ}} = 5$ А).

7.1.1.15 Средняя основная погрешность порога срабатывания БТ не превышает $\pm 5\%$ от уставки.

7.1.1.16 Коэффициент возврата БТ - не менее 0,9.

7.1.1.17 Дополнительная погрешность порога срабатывания БТ от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не

превышает $\pm 3 \%$ от среднего значения параметров, измеренных при температуре $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$.

7.1.1.18 Время срабатывания БТ - не более 0,025 с при подаче толчком тока $1,5 I_{\text{CP}}$.

Время возврата БТ не превышает 0,04 с при сбросе входного тока от $3 I_{\text{CP}}$ до нуля

7.2 Выбор и расчёт уставок ОВП

Определитель вида повреждения (ОВП) предназначен для выявления однофазных КЗ на землю, при которых ДЗ действует на отключение одной повреждённой фазы [9].

При междуфазных КЗ на землю предпочтение отдаётся РС, включённым на междуфазные величины.

При однофазных КЗ на землю разрешается действия фазного РС I ступени от КЗ на землю, для чего предусмотрены быстродействующие пусковые органы: реле напряжения нулевой последовательности (РННП) и реле тока нулевой последовательности (РТНП) с торможением от модуля первой гармоники фазного тока $I_{\text{Тф}}$, значение которого является средним из значений токов фаз.

Для ограничения области фиксации однофазных КЗ с помощью РТНП используется блокирующее реле максимального тока (БТ), включённое также на среднее из значений токов фаз.

Перечень уставок определителя вида повреждения (ОВП), значения которых необходимо определить, приведен в п. 1.2 Приложения А:

- напряжение срабатывания реле напряжения нулевой последовательности – $3U_{(0)\text{CP}}$;
- ток срабатывания реле тока нулевой последовательности – $3 \cdot I_{(0)\text{CP}}$;
- коэффициент торможения реле тока нулевой последовательности с торможением – K_{T} ;
- ток срабатывания блокирующего реле тока – $I_{\text{БТ}}$.

7.2.1 Уставка $U_{(0)\text{CP}}$ РННП

$U_{(0)\text{CP}}$

Значение уставки реле напряжения нулевой последовательности РННП $U_{(0)\text{CP}}$ соответствует значению напряжения нулевой последовательности на обмотке "разомкнутого треугольника" ТН с учётом отношения коэффициентов трансформации обмоток "звезды" и "разомкнутого треугольника" ТН ($\sqrt{3}$ или $1/\sqrt{3}$).

Напряжение $3U_{(0)\text{CP}}$ выбирается по условию отстройки от напряжения небаланса ФННП и напряжения, обусловленного несимметрией в нормальном нагрузочном режиме, и определяется формулой:

$$U_{(0)\text{CP}} = k_{\text{OTC}}(U_{0\text{НБ}} + 3U_{0\text{Н.Р}})/k_{\text{В}},$$

где $k_{отс} = 1,25$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность терминала, ошибки расчёта и необходимый запас;

$U_{0н.б} = (1,5-2) В$ – напряжение небаланса нулевой последовательности в симметричном нагрузочном режиме (учитывающее погрешности ТН, фильтра напряжения нулевой последовательности, отклонение частоты);

$U_{0н.р}$ – расчётное напряжение нулевой последовательности, определяемое допустимой несимметрией в сети (неполнофазный режим работы параллельной линии, допустимая несимметрия нагрузки). При отсутствии несимметрии в сети напряжение $U_{0н.р}$ равно нулю.

$k_B \geq 0,9$ – коэффициент возврата РННП.

Коэффициент чувствительности $K_{ч РННП}$ реле РННП необходимо проверить при однофазном КЗ в конце линии в минимальном режиме системы. Коэффициент чувствительности $K_{ч РННП}$ реле РННП должен быть не менее трёх [9]:

$$K_{ч РННП} = 3U_0/U_{(0)CP} \geq 3,$$

где $3U_0$ – напряжение нулевой последовательности в месте установки защиты в указанном режиме КЗ;

$U_{(0)CP}$ – напряжение срабатывания РННП.

Пример расчёта уставки реле напряжения нулевой последовательности РННП $U_{(0)CP}$ приведён в Приложении Ж.

7.2.2 Уставка $I_{(0)CP}$ РТНП

$I_{(0)CP}$

При выборе характеристики срабатывания реле тока нулевой последовательности РТНП, реагирующего на ток нулевой последовательности ($3 \cdot I_0$), используется зависимость тока небаланса в нулевом проводе защиты $I_{нб}$ от первичного тока I для типовых трансформаторов тока при двухфазных КЗ с коэффициентом отстройки 1,5 – рисунок 7.1 (из материалов Технического задания на разработку устройства АПВ ВЛ сверхвысокого напряжения института «Энергосетьпроект», Москва).

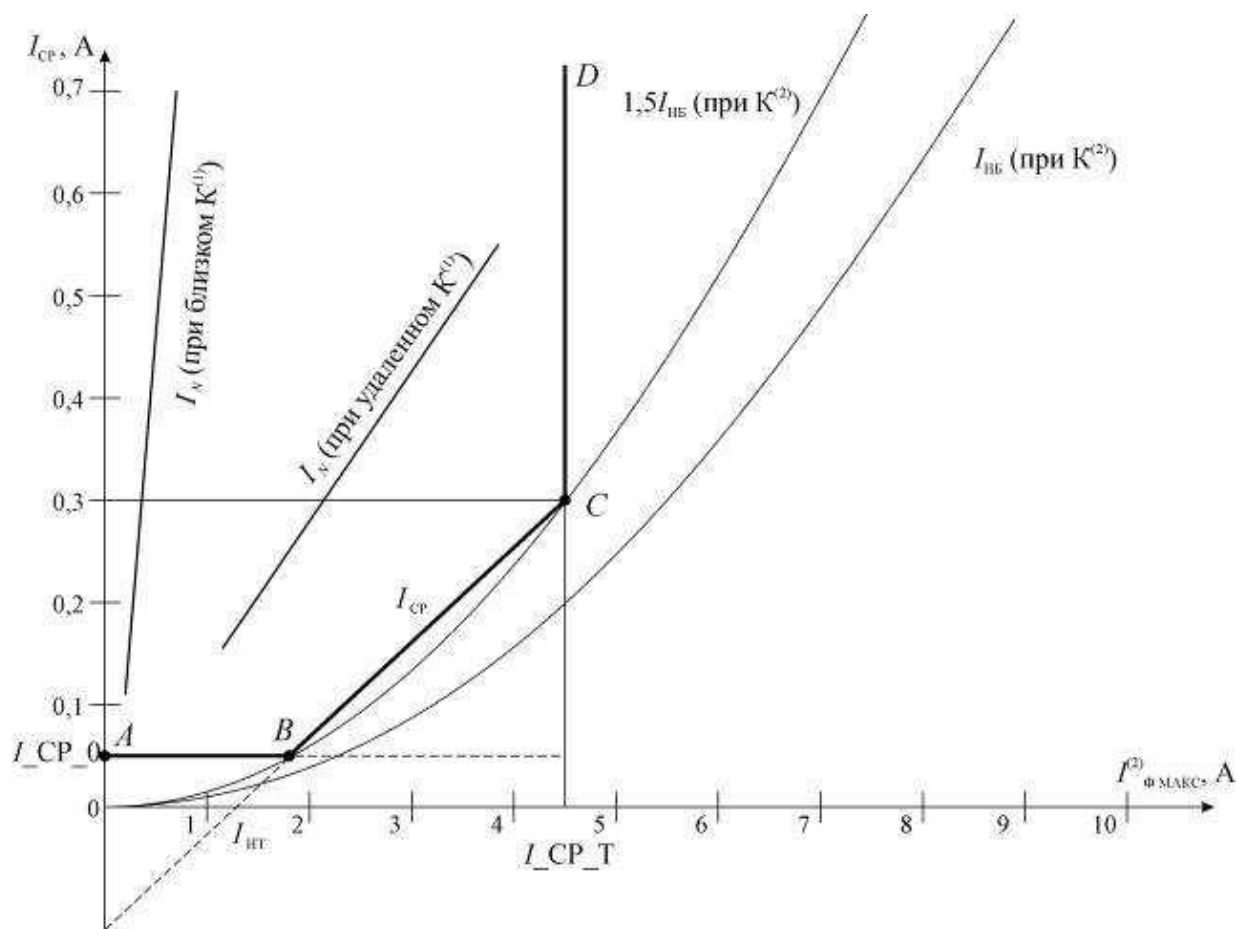


Рисунок 7.1 – зависимость тока небаланса в нулевом проводе от величины тока для типовых трансформаторов тока

В качестве тормозной величины в РТНП используется среднее из значений трёх фазных токов, что определяет сильное торможение при двухфазных КЗ на землю, когда тормозной ток равен одному из токов повреждённых фаз, и слабое торможение - при однофазных КЗ, когда тормозной ток равен одному из токов неповреждённых фаз.

Характеристика срабатывания РТНП с торможением (рисунок 7.2), реагирующего на утроенный ток нулевой последовательности ($3 \cdot I_0$), построена с учётом отстройки от тока небаланса в нулевом проводе, являющегося функцией фазных токов при двухфазных КЗ.

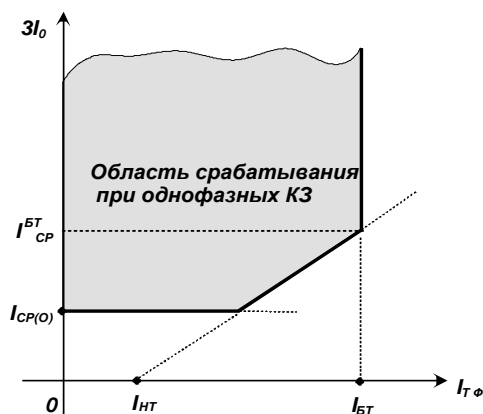


Рисунок 7.2 - Область срабатывания РТНП при однофазных КЗ

Значение уставки РТНП по $3 \cdot I_0$ соответствует значению тока в нулевом проводе трёхтрансформаторного фильтра ТТ.

Начальный ток срабатывания $I_{CP(0)}$ РТНП выбирается по условию отстройки от суммарного тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока, протекающего в максимальном нагрузочном режиме, по выражению:

$$I_{CP(0)} = k_{OTC}(I_{0NB} + 3 \cdot I_{0N.P})/k_B,$$

где $k_{OTC} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

I_{0NB} – ток небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока в рассматриваемом режиме, определяемый по формуле:

$$I_{0NB} = k_{NB} \cdot I_{PACЧ} \quad (7.1)$$

где k_{NB} – коэффициент небаланса, принимаемый равным:

= 0,05 – при небольших кратностях, до $(2-3)I_{НОМ}$;

= 0,05-0,1 - при больших кратностях, но не превосходящих $(0,7 \div 0,8)I_{K10}$ (I_{K10} - предельная кратность первичного тока трансформаторов тока при 10%-ной погрешности);

при кратностях, больших, чем $(0,7 \div 0,8)I_{K10}$, расчёт производится по формуле (ПVII-1) приложения VII [4];

$I_{PACЧ}$ – расчётный фазный ток при качаниях или асинхронном ходе;

$3 \cdot I_{0N.P}$ – утроенный ток нулевой последовательности, определяемый допустимой несимметрией в сети (в пересчёте на вторичный);

$k_B \geq 0,8$ – коэффициент возврата РТНП.

В предварительных расчётах ток $I_{CP(0)}$ принимается равным $0,05 \cdot I_{НОМ}$.

Коэффициент чувствительности $K_{\text{ч РТНП}}$ реле РТНП проверяется при однофазном КЗ в конце линии в минимальном режиме системы, когда средний из токов фаз не превышает номинальный ток ВЛ и торможение отсутствует, и должен быть не меньше трёх:

$$K_{ч\text{ РТНП}} = 3 * I_{0\text{ КЗ MIN}} / I_{СР(0)} \geq 3,$$

где $3 * I_{0\text{ КЗ MIN}}$ – вторичный ток однофазного КЗ в конце линии в минимальном режиме системы;

$I_{СР(0)}$ – начальный ток срабатывания реле РТНП.

Для обеспечения расчётного времени действия органа ОВП хотя бы один из коэффициентов чувствительности $K_{ч\text{ РТНП}}$ или $K_{ч\text{ РННП}}$ должен быть не менее трёх или одновременно обе величины - не менее двух [9].

Пример расчёта уставки реле тока нулевой последовательности РТНП $I_{(0)СР}$ приведён в Приложении Ж.

7.2.3 Уставка срабатывания $I_{БТ}$ реле БТ

$I_{БТ}$

Реле максимального тока БТ предназначено для ограничения области фиксации однофазных КЗ, определяемой характеристикой РТНП. Реле БТ реагирует на величину одного из фазных токов, значение которого является средним между максимальным и минимальным значениями тока в остальных двух фазах:

$$\text{Макс} (I_A, I_B, I_C) > I_{БТ} > \text{Мин} (I_A, I_B, I_C),$$

Ток срабатывания $I_{БТ}$ реле БТ выбирается:

1) по условию отстройки от максимального рабочего тока в месте установки защиты с учётом самозапуска двигателей потребителей, в частности, при успешном АПВ и АВР:

$$I_{БТ} = k_H * k_{САМОЗ} * I_{РАБ.МАХ} / k_B, \quad (7.2)$$

где $k_H = 1,2$ - коэффициент надёжности отстройки;

$k_{САМОЗ} \cong 1,5 \div 2,0$ - коэффициент, учитывающий увеличение тока при самозапуске двигателей;

$k_B \geq 0,9$ - коэффициент возврата БТ;

$I_{РАБ.МАХ}$ - максимальное значение рабочего тока в месте установки защиты.

2) по условию отстройки от максимального тока в неповреждённой фазе при КЗ на землю:

$$I_{БТ} = k_H I_{НЕП.З},$$

где $k_H = 1,2$ - коэффициент надёжности отстройки;

$I_{\text{НЕП.З}}$ - максимальное значение тока в неповреждённой фазе в месте установки защиты при однофазных КЗ на землю.

По оценочным расчётам в сетях 220-750 кВ ток $I_{\text{БТ}}$ может быть принят равным $(4,5-5) \cdot I_{\text{НОМ}}$ [9].

7.2.4 Расчёт коэффициента торможения K_T реле РТНП

K_T

Торможение РТНП предназначено для отстройки от многофазных КЗ.

Тормозной величиной РТНП является модуль первой гармоники тока $I_{\text{ТФ}}$ - среднего между максимальным и минимальным значениями тока в остальных двух фазах, то есть удовлетворяющего условию:

$$\text{Макс}(I_A, I_B, I_C) > I_{\text{ТФ}} > \text{Мин}(I_A, I_B, I_C),$$

где Φ – фаза А, В, С,

Для расчёта коэффициента торможения вначале определяется минимальный ток срабатывания реле РТНП по току нулевой последовательности $I_{\text{СР}}^{\text{БТ}}$ при тормозном токе $I_{\text{ТФ}}$, равном току срабатывания реле БТ - $I_{\text{БТ}}$ (рисунок 7.2). Ток $I_{\text{СР}}^{\text{БТ}}$ рассчитывается по условию отстройки от тока небаланса, возникающего при двухфазном КЗ в конце зоны, защищаемой первой ступенью ДЗ:

$$I_{\text{СР}}^{\text{БТ}} = k_{\text{ОТС}} k_{\text{ПЕР}} I_{\text{ОНБ.У}}, \quad (7.3)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1,25$ - коэффициент отстройки, учитывающий погрешность терминала, ошибки расчёта и необходимый запас;

$k_{\text{ПЕР}} = 2,0$ - коэффициент, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме;

$I_{\text{ОНБ.У}}$ - первичный ток небаланса в нулевом проводе ТТ в установившемся режиме при металлическом двухфазном КЗ в расчётной точке, может быть определён по формуле (7.1).

Коэффициент торможения K_T определяется по формуле:

$$K_T = I_{\text{СР}}^{\text{БТ}} / (I_{\text{БТ}} - I_{\text{НТ}}),$$

где $I_{\text{СР}}^{\text{БТ}}$ - минимальный ток срабатывания реле РТНП по току нулевой последовательности (10) при тормозном токе $I_{\text{ТФ}}$, равном току срабатывания реле БТ - $I_{\text{БТ}}$;

$I_{\text{БТ}}$ - ток срабатывания реле БТ;

$I_{\text{НТ}} = 1,25 \cdot I_{\text{НОМ}}$ ток начала торможения (рисунок 7.2).

Таким образом, логическая формула срабатывания ИО РТНП по току нулевой последовательности I_{CP}^T равна:

$$I_{CP}^T = \text{Макс}[I_{CP(0)}, K_T * (I_{TФ} - I_{HT})],$$

где: K_T - коэффициент торможения, регулируемый в диапазоне от 0 до 0,15;

$I_{CP(0)}$ – ток срабатывания РТНП при отсутствии торможения, регулируемый в диапазоне от $0,05 * I_{НОМ}$ до $0,2 * I_{НОМ}$;

$I_{TФ}$ – тормозной ток;

$I_{HT} = 1,25 * I_{НОМ}$ - ток начала торможения.

Пример расчёта уставок реле максимального тока БТ приведён в Приложении Ж.

8 Блокировка при качаниях (БК)

8.1 Описание функции БК

В ДЗ заложены два варианта БК (Приложение Д, рисунок 4.2):

Первый вариант: БК по скорости изменения во времени векторов токов обратной или прямой последовательности dI/dt ;

Второй вариант: БК по скорости изменения векторов междуфазных сопротивлений dZ/dt .

При выборе варианта вначале рекомендуется выбирать первый вариант, а если он не удовлетворяет по чувствительности или селективности, то проверить применимость второго.

Выбор варианта осуществляется программной накладкой ХВ27, в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / Алгоритм БК | dZ/dt / dI/dt** или в программе ***EKRASMS - ДЗ / Логика работы / ХВ27 Алгоритм БК | dZ/dt / dI/dt .***

1) БК по dI/dt

Узлом БК выдаются два сигнала:

БКб – разрешающего ввод в работу быстродействующих ступеней ДЗ (первой или второй с меньшей выдержкой времени), в течение времени DT37 (552) (DT38 (562)), с последующим их выводом до окончания отработки выдержки времени DT39 (557).

БКм – разрешающего ввод в работу медленнодействующих ступеней (второй или третьей) на время DT39.

Программой накладкой ХВ21 в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / Контроль(Пм)ст | от БКб / от БКм** или в программе ***EKRASMS - ДЗ / Логика работы / ХВ21 Контроль действия I ст.(или II ст.с меньш.выдержкой врем.) | от БКб / от БКм*** имеется возможность разрешить

работу быстродействующих ступеней в течение времени ввода медленнодействующих ступеней.

В нормальном режиме работы при возникновении режима качаний могут сработать ИО сопротивления. При этом не сработают чувствительный и грубый ПО по приращению токов обратной и прямой последовательностей ($DI_{БЛ}$ и $DI_{ОТ}$), заблокировав прохождение отключающего сигнала от ИО сопротивления.

При возникновении КЗ вместе с ИО сопротивления сработают и ПО $DI_{БЛ}$ и $DI_{ОТ}$, разрешающие прохождение сигналов срабатывания:

– от ИО сопротивления быстродействующих ступеней на время, определяемое выдержкой времени $DT37$ при срабатывании чувствительного реле или $DT38$ при срабатывании грубого;

– ИО сопротивления медленнодействующих ступеней – на время $DT39$.

Если КЗ происходит в зоне I и II ступеней и срабатывает ИО сопротивления II ступени в течение времени ввода, то для быстродействующих ступеней разрешающий сигнал от БК удерживается даже по истечении времени ввода и возвращается в исходное состояние при возврате ИО сопротивления II ступени.

Если ИО сопротивления II ступени не срабатывает в течение времени ввода, то повторный ввод быстродействующих ступеней возможен только после отработки выдержки времени $DT39$.

Если после отработки выдержки времени $DT37$ после первого запуска БК происходит срабатывание грубого реле (при повторных КЗ, КЗ на фоне качаний и т.п.), то разрешается повторный ввод быстродействующих ступеней на время $DT38$. В этом случае отсчет выдержки времени окончания вывода быстродействующих ступеней начинается с момента первого запуска БК.

Медленнодействующие ступени ДЗ вводятся в работу разрешающим сигналом БК на время, заданное выдержкой времени $DT39$.

При необходимости (малые расчетные токи КЗ и пр.) программной накладкой ХВ24, в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / Контр.Шст. | от БНН** или в программе **EKRASMS - ДЗ / Логика работы / ХВ24 Контроль действия III ст. | от БНН** можно выбрать режим работы III ступени ДЗ без контроля от БК.

Для обеспечения возможности действия на отключение быстродействующих ступеней ДЗ после включения на КЗ в режиме АПВ, программной накладкой ХВ25, в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / УскоренВозвратБК | не предусмотрен / предусмотрен** или в программе **EKRASMS - ДЗ / Логика работы / ХВ25 Ускоренный возврат БК при отключении выключателя | не предусмотрен / предусмотрен** можно разрешить ускоренный возврат схемы БК при отключении выключателя (по сигналу РПО).

Если выбран режим работы III ступени ДЗ без блокировки при качаниях, то при исчезновении всех фазных напряжений работа этой ступени запрещается.

Схема логики работы блокировки при качаниях приведена на рисунок 4.2 Приложения Д.

Пуск БК выполняется от чувствительного ПО $DI_{\text{ЧУВ}}$ и грубого ПО $DI_{\text{ГР}}$, контролирующих скорость изменения во времени векторов токов обратной или прямой последовательности. Указанные ПО срабатывают при скачкообразном изменении тока обратной или прямой последовательности и отстроены от изменения токов в нормальном режиме работы энергосистемы, от изменения токов при тяговой нагрузке.

Диапазон регулирования уставок ПО указан в таблице 8.1.

Таблица 8.1

ПО	Параметр	Диапазон изменения параметра
DI_2 , чувствительный	$DI_2 \text{ ЧУВ, А}$	0,04 – 1,50 ($I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$) 0,20 – 7,50 ($I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$)
DI_2 , грубый	$DI_2 \text{ ГР, А}$	0,06 – 2,50 ($I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$) 0,30 – 12,50 ($I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$)
DI_1 , чувствительный	$DI_1 \text{ ЧУВ, А}$	0,08 – 3,00 ($I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$) 0,40 – 15,00 ($I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$)
DI_1 , грубый	$DI_1 \text{ ГР, А}$	0,12 – 5,00 ($I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А}$) 0,60 – 25,00 ($I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А}$)

Примечание – За величину тока срабатывания принимается граничное значение изменения тока, при превышении которого срабатывание происходит каждый раз из десяти следующих друг за другом измерений.

8.1.1 Средняя основная погрешность по токам срабатывания ПО DI не превышает $\pm 20 \%$ от уставки.

8.1.4 Дополнительная погрешность по току срабатывания ПО DI от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 10 \%$ от среднего значения, определенного при температуре $(25 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$.

8.1.5 ПО DI отстроен от небаланса по току обратной последовательности при номинальном токе с учетом возможного отклонения частоты и статического небаланса по току обратной последовательности, равном $0,15 I_{\text{НОМ}}$.

8.1.6 Время срабатывания ПО DI - не более 0,025 с

8.1.7 При КЗ БК вводит в работу быстродействующие ступени на время 0,2 до 1,0 с с последующим выводом на время от 3,0 до 16,0 с. Медленнодействующие ступени при КЗ вводятся БК в работу на время от 3,0 до 16,0 с

Предусмотрена возможность ввода в работу быстродействующих ступеней на время от 3,0 до 16,0 с.

8.1.8 Предусмотрена возможность срабатывания третьей ступени ДЗ без контроля от устройства БК. При этом для контроля третьей ступени используется устройство блокировки при неисправностях в цепях напряжения.

8.1.9 Предусмотрена возможность ускоренного возврата БК при отключении выключателя.

8.1.10 В защите имеется возможность использования блокировки дистанционной защиты при качаниях на принципе измерения скорости изменения величины сопротивления $\Delta Z / \Delta t$.

Алгоритм выявления качаний построен на дистанционном принципе. Используются ненаправленные характеристики реле сопротивления. Контролируется положение на комплексной плоскости трёх векторов междуфазных сопротивлений.

Область срабатывания выбирается исходя из максимальной уставки блокируемых ступеней. Программная накладка ХВ26 в пункте меню терминала ДЗ / БК по $dZ/dt / dZ/dt$ относит. | III ступени / II ступени или в программе ***EKRASMS - ДЗ / Логика работы / БК по dZ/dt / ХВ26 Формирование области контроля БК dZ/dt относительно | III ступени / II ступени*** определяет зону срабатывания (рисунок А.1, приложение А).

Порог срабатывания БК по ширине области контроля скорости изменения Z зависит от номинального тока терминала и вычисляется автоматически:

$$\Delta X = \Delta R = 5 \text{ Ом при } I_{\text{НОМ}} = 1 \text{ А, } \Delta X = \Delta R = 1 \text{ Ом при } I_{\text{НОМ}} = 5 \text{ А.}$$

Пуск БК выполняется по логике, контролирующей скорость изменения трех векторов междуфазных сопротивлений. Иными словами, осуществляется контроль времени нахождения векторов в зоне контроля Z .

Логика блокировки при качаниях по скорости изменения междуфазных сопротивлений, реализованная в устройстве, не предусматривает действие на отключение при реверсе активной мощности. Известно, что реверс активной мощности в месте установки защиты возникает при временном наличии в нем электрического центра качаний, что свидетельствует о возникновении асинхронного хода на защищаемом участке. И, так как функции защиты и противоаварийной автоматики разделены в данном конкретном случае, в алгоритм не включен орган определяющий реверс мощности.

При возникновении КЗ (1) (рисунок А.3, приложение А) вектор сопротивления скачкообразно переходит из области нагрузки в область срабатывания. При возникновении синхронных качаний (2) вектор сопротивления появляется в области срабатывания и покидает её. Качания выявляются при прохождении по монотонной траектории. Узел БК по DZ выдаёт при этом запрет на срабатывание ступеней ДЗ. Срабатывание ПО РТ I2 во время качаний приводит к быстрому возврату БК по DZ , и таким образом, делает возможным отключение от дистанционной защиты. Если вектор сопротивления (3) проходит через область срабатывания, охваченную областью

качаний, то части сети стали работать асинхронно

8.1.11 Измерение скорости изменения вектора Z основано на измерении времени прохождения годографом полного сопротивления области между внешней и внутренней характеристиками срабатывания РС (рисунок А.3, приложение А).

8.1.12 Имеется возможность выбора в качестве внутренней области характеристики РС II или III ступени. Внешняя характеристика срабатывания РС отстоит от внутренней характеристики на величины, по оси R - значением уставки $\Delta R_{уст}$, по оси X - значением уставки $\Delta X_{уст}$. Значения параметров $\Delta R_{уст} = \Delta X_{уст}$ равно 1 Ом для $I_{НОМ} = 5$ А и 5 Ом для $I_{НОМ} = 1$ А

Уставка по скорости изменения Z задаётся выдержкой времени DT43, регулируемой в пределах от 0,001 до 1,000 с.

8.1.13 Симметричность изменения Z по всем трем фазам при качаниях контролируется с помощью логической схемы «И» для всех трех выходных сигналов, характеризующих нахождение вектора Z в области между внешней и внутренней характеристиками.

8.1.14 При наличии несимметрии по току производится запрет блокирования ДЗ. Несимметрия по току контролируется реле, реагирующим на отношение модулей токов обратной и прямой последовательности. Диапазон регулирования отношения модулей токов от 1 % до 50 %.

8.1.15 Средняя основная погрешность по параметру срабатывания реле не превышает 5 % от уставки.

8.1.16 Коэффициент возврата реле - не менее 0,9.

8.1.17 Принуждённый возврат схемы блокировки при качаниях по скорости изменения Z задаётся выдержкой времени DT44, регулируемой в пределах от 0,01 до 5,00 с.

8.2 Выбор и расчёт уставок БК

8.2.1 Блокировка ДЗ при качаниях по приращению тока

Пусковой орган устройства БК имеет два органа - чувствительный и грубый.

Чувствительный орган БК по принципу действия отстроен от возможных резких набросов нагрузки.

Грубый орган предусмотрен для обеспечения повторного пуска ДЗ при возникновении КЗ в зоне, если на этот момент защита уже выведена блокировкой после срабатывания чувствительного органа при коммутациях нагрузки, либо при внешних КЗ.

Перечень уставок устройства блокировки ДЗ при качаниях (БК) по приращению тока приведен в п.1.3 Приложения А:

$DI_{2ЧУВ}$ - уставка по приращению чувствительного реле тока обратной последовательности;

$DI_{2ГР}$ - уставка по приращению грубого реле тока обратной последовательности;

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

$DI_{1\text{ЧУВ}}$ - уставка по приращению чувствительного реле тока прямой последовательности;

$DI_{1\text{ГР}}$ - уставка по приращению грубого реле тока прямой последовательности;

$T_{\text{ВВ.Б.ЧУВ}}$ - время ввода быстродействующих ступеней ДЗ от чувствительного реле тока;

$T_{\text{ВВ.Б.ГР}}$ - время ввода быстродействующих ступеней ДЗ от грубого реле тока;

$T_{\text{ВВ.М.ЧУВ}}$ - время ввода медленнодействующих ступеней от чувствительного реле тока.

ПО БК данного типа реагируют на приращение первой гармоники вектора тока DI , измеренное через n периодов: $DI = I_{T(n+1)} - I_{T(n)}$, где $T(n)$ – номер отсчёта тока на n -ном периоде промышленной частоты ($n = 1 \div 4$ [11]).

По принципу действия ПО реагируют на скорость изменения тока за интервал сравнения его значений, который принят равным одному периоду номинальной частоты 50 Гц. При скачкообразном изменении тока, например при КЗ, значение тока изменяется за один период от тока нагрузки до тока КЗ, и уставка ПО $DI_{\text{УСТ}}$ ($DI_{1\text{УСТ}}$ для прямой последовательности и $DI_{2\text{УСТ}}$ - для обратной) как приращение тока измеряется в амперах. При плавном изменении тока, например при качаниях или АР, скорость изменения тока DI/dt , измеряемая в амперах за секунду, зависит не только от амплитуды тока, но и от периода качаний или АР.

Между скоростью изменения тока DI/dt и уставками $DI_{\text{УСТ}}$ существует взаимно-однозначное соответствие с коэффициентом k , равным 50 1/с, что соответствует измерению приращения тока через время, равное 0,02 с (отсчёт значения тока через один период, $n = 1$).

В «Бланке уставок» на шкафы РЗА серии ШЭ2607 приводится значение уставки по приращению тока в амперах $DI_{\text{УСТ}}$, а скорость изменения тока DI/dt получается пересчётом:

$$DI/dt = k * DI_{\text{УСТ}} = 50 * DI_{\text{УСТ}},$$

Кроме рассмотренной отстройки ПО от качаний и АР следует также принимать во внимание необходимость отстройки от близкой тяговой нагрузки, которая также может приводить к излишнему срабатыванию ПО. Тяговая нагрузка может возрасти плавно или толчком, например при смене фазы во время прохождения электровозом дистанции. Значения тяговой нагрузки и скорость изменения её, естественно, должны быть предварительно определены, например, из анализа эксплуатационных режимов линии.

В таблица 8.1 и 8.2 приведена методика выбора уставок и проверки чувствительности чувствительных ПО по приращению вектора тока обратной последовательности и прямой последовательности соответственно.

Таблица 8.1 Методика выбора уставок и проверки чувствительности чувствительных ПО ДЗ по приращению тока обратной последовательности

Расчётная величина	$DI_{2уст}$	DI_2/dt
Выбор уставки	- отстройка от всех небалансов тока обратной последовательности в максимальном рабочем режиме и от тока небаланса ФТОП при максимальном токе качаний и АР; - отстройка от несимметричного наброса тока при смене фазы на дистанции при близкой тяговой нагрузке - пересчётом: $DI_{2уст} = (DI_2/dt)/k$	- отстройка от несимметричного нарастания тока при близкой тяговой нагрузке (плавный пуск мотора)
Проверка Чувствительности	При минимальном токе $K^{(2)}$ в конце зоны дальнего резервирования	

Таблица 8.2 Методика выбора уставок и проверки чувствительности ПО ДЗ по приращению тока прямой последовательности

Расчётная величина	$DI_{1уст}$	DI_1/dt
Выбор уставки	- отстройка от симметричного наброса тока при качаниях; - пересчётом: $DI_{1уст} = (DI_1/dt)/k$	- отстройка от тока качаний и АР с максимальным током и минимальным периодом;
Проверка чувствительности	При минимальном токе $K^{(3)}$ в конце зоны дальнего резервирования	

В случаях, когда на линии невозможны ни качания, ни асинхронный ход и отсутствует влияние тяговой нагрузки, уставки $DI_{2чув}$ и $DI_{1чув}$ выбираются по чувствительности к $K^{(2)}$ и $K^{(3)}$ соответственно.

В тех случаях, когда на линии отсутствует влияние тяговой нагрузки, но возможны качания или асинхронный ход, уставки $DI_{2чув}$ и $DI_{1чув}$ выбираются по условию отстройки от качаний.

В тех случаях, когда на линии отсутствует влияние тяговой нагрузки, но возможны качания или асинхронный ход, уставки $DI_{2чув}$ и $DI_{1чув}$ выбираются по условию отстройки от качаний.

Выбор уставки $DI_{2чув}$

Уставка $DI_{2чув}$ ПО БК по току обратной последовательности выбирается наибольшей из следующих значений:

1) Рассчитанного в соответствии с методикой [9] для отстройки от тока небаланса обратной последовательности при максимальном токе рабочего режима с учётом предшествующего АР. Поскольку основной составляющей тока небаланса обратной последовательности является погрешность ТТ ϵ_1 , расчётный ток небаланса обратной последовательности может быть, пренебрегая погрешностями ФТОП, определён по формуле:

$$I_{2НБ\text{ РАСЧ}} = I_{\text{max РАБ}} * \epsilon_1 / 3,$$

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

где $I_{\max \text{ РАБ}}$ – максимальный рабочий ток линии с учётом возможных качаний и АР, в отличие от условий в [9], где отстройка требуется только от нормального рабочего режима, когда значение тока не превышает номинального;

ε_1 – полная относительная погрешность ТТ. Деление на 3 – это выделение составляющей обратной последовательности тока в режиме, когда один из фазных токов имеет максимальную погрешность, а два другие трансформируются точно.

Полная погрешность ТТ ε_1 зависит от выбранного типа керна ТТ, используемого для релейной защиты, - 5Р или 10Р.

В худшем случае (10Р) ε_1 не более 0,03 при расчётном максимальном токе $I_{\max \text{ РАБ}}$ до номинального, т.е. на линии, на которой не возможен АР.

Если же на линии возможен АР, то ε_1 не более 0,1 при расчётном максимальном токе $I_{\max \text{ РАБ}}$, равном току АР.

Таким образом, максимальное расчётное значение тока небаланса обратной последовательности равно:

$$I_{2\text{НБ РАСЧ}} = 0,03(3) * I_{\max \text{ РАБ}} \quad (8.1)$$

При указанных параметрах уставка « $DI_{2\text{ЧУВ}}$ » рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} DI_{2\text{ЧУВ}} &\geq k_{3\text{АП}} * I_{2\text{НБ РАСЧ}} / k_{\text{ВОЗВ}} / k_{\text{ТТ}} = 1,3 * 0,03(3) * I_{\max \text{ РАБ}} / 0,95 / k_{\text{ТТ}} = \\ &= 0,046 * I_{\max \text{ РАБ}} / k_{\text{ТТ}} \quad , \end{aligned} \quad (8.2)$$

где $k_{3\text{АП}} = 1,3$ – коэффициент запаса;

$I_{2\text{НБ РАСЧ}}$ – расчётный ток небаланса обратной последовательности (10.1);

$k_{\text{ВОЗВ}} = 0,95$ – коэффициент возврата;

$k_{\text{ТТ}}$ – коэффициент трансформации измерительного трансформатора тока.

2) При наличии близкой тяговой нагрузки, влияющей на ток линии, без плавного пуска локомотивов:

$$DI_{2\text{ЧУВ}} = K_{3\text{АП}} * \Delta I_{2\text{max}} / K_{\text{ТТ}},$$

где $K_{3\text{АП}} \geq 1,3$ – коэффициент запаса;

$\Delta I_{2\text{max}}$ – максимальный наблюдаемый или расчётный наброс тока обратной последовательности, например, при смене фазы у электровоза на дистанции;

$K_{\text{ТТ}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

3) При наличии близкой тяговой нагрузки, влияющей на ток линии, с плавным пуском локомотивов:

$$DI_{2\text{ЧУВ}} = K_{3\text{АП}} * (DI_2/dt)_{\text{max}} / k / K_{\text{ТТ}}, \quad (8.3)$$

где $K_{ЗАП} \geq 1,3$ – коэффициент запаса;
 $(DI_2/dt)_{max}$ – максимальная наблюдаемая или расчётная скорость изменения тока обратной последовательности при пуске электровоза;
 $k = 50$ 1/с – коэффициент пересчёта уставки;
 $K_{ТТ}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.
Пример расчёта уставки чувствительного реле обратной последовательности БК приведён в Приложении Ж.

Выбор уставки $DI_{1ЧУВ}$ БК

Уставка $DI_{1ЧУВ}$ ПО БК по току прямой последовательности выбирается наибольшей из следующих расчётных условий:

1) Для отстройки от наброса тока, например при отключении обходной связи противоаварийной автоматикой во время качаний, когда может сработать реле сопротивления ДЗ:

$$DI_{1ЧУВ} = K_{ЗАП} * \Delta I_{max} / K_{ТТ},$$

где $K_{ЗАП} \geq 1,3$ – коэффициент запаса;
 ΔI_{max} – максимальный наброс тока;
 $K_{ТТ}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

2) Для отстройки от качаний и АР (при возможности их появления на линии):

$$DI_{1ЧУВ} = K_{ЗАП} * I'_{Kmax} = K_{ЗАП} * \pi * (I_K / T_S)_{max} / k / K_{ТТ},$$

где $K_{ЗАП} \geq 1,3$ – коэффициент запаса;
 I'_K – скорость изменения тока при качаниях;
 I_K – ток (действующее значение) при качаниях;
 $k = 50$ 1/с – коэффициент пересчёта уставки;
 T_S – период качаний;
 $K_{ТТ}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Для расчёта выбирается режим, при котором отношение I_K / T_S наибольшее.

Пример расчёта уставки чувствительного реле прямой последовательности БК приведён в Приложении Ж.

Выбор уставок $DI_{2ГР}$ и $DI_{1ГР}$

Уставки « $DI_{2ГР}$ » и « $DI_{1ГР}$ » грубых реле по приращению тока обратной и прямой последовательности БК, в соответствии с [9], выбираются в 2÷3 раза большими соответствующих уставок чувствительных реле по приращению тока обратной и прямой последовательности:

$$DI_{2ГР} = (2 \div 3) * DI_{2ЧУВ},$$

$$DI_{1ГР} = (2\div 3) * DI_{1ЧУВ}.$$

Проверка чувствительности ПО БК

Проверка коэффициентов чувствительности $k_{ч}$ ПО БК выполняется в соответствии с формулами [10].

Для уставки « $DI_{2ЧУВ}$ »:

$$k_{ч} = I_{2КЗ \min} / (DI_{2ЧУВ} * K_{ТТ}) \geq 1,2,$$

где $I_{2КЗ \min}$ – минимальный ток обратной последовательности в месте установки защиты при двухфазном КЗ в зоне дальнего резервирования,

$K_{ТТ}$ – коэффициент трансформации трансформаторов тока.

Для уставки « $DI_{1ЧУВ}$ »:

$$K_{ч} = I_{1КЗ \text{ Д } \min} / (DI_{1ЧУВ} * K_{ТТ}) \geq 1,2,$$

где $I_{1КЗ \text{ Д } \min}$ – минимальный ток прямой последовательности в месте установки защиты при трёхфазном КЗ в зоне дальнего резервирования.

Для уставки « $DI_{2ГР}$ »:

$$k_{ч} = I_{2КЗ \text{ БЛ } \min} / (DI_{2ГР} * K_{ТТ}) \geq 1,5,$$

где $I_{2КЗ \text{ БЛ } \min}$ – минимальный ток обратной последовательности в месте установки защиты при двухфазном КЗ в основной зоне ДЗ (в зоне ближнего резервирования).

Для уставки « $DI_{1ГР}$ »:

$$k_{ч} = I_{1КЗ \text{ БЛ } \min} / (DI_{1ГР} * K_{ТТ}) \geq 1,5,$$

где $I_{1КЗ \text{ Д } \min}$ – минимальный ток прямой последовательности в месте установки защиты при трёхфазном КЗ в основной зоне ДЗ (в зоне ближнего резервирования).

В тех случаях, когда уставки ПО БК выбираются по их чувствительности к токам КЗ, для расчёта используются выше приведённые формулы, решённые относительно $DI_{2ЧУВ}$ и $DI_{1ЧУВ}$.

8.2.2 Блокировка ДЗ при качаниях по скорости изменения сопротивления $\Delta Z/\Delta t$

Функциональная схема БК по скорости изменения сопротивления приведена на рисунке 4.2 Приложения Д.

Перечень уставок устройства БК по скорости изменения сопротивления dZ/dt приведён в п. 1.4 Приложения А:

- ток срабатывания реле тока обратной последовательности для $\Delta Z/\Delta t$ – I_2 ;

- время задержки блокировки по $\Delta Z/\Delta t - T_{3AD}$ (DT43);

$$DT43 \leq \frac{2 * (\Delta R) * X_{\Sigma}}{\pi * (\Delta f_{max}) * (1 + ctg \varphi_1 * ctg \varphi_C) * \left(4 * \left(R_a - \frac{X_a + R_a * ctg \varphi_C + (R_{уст} + (\Delta R)) * tg \varphi_1}{tg \varphi_1 + ctg \varphi_C} \right)^2 + X_{\Sigma}^2 \right)}, \quad (8.4)$$

где ΔR – уставка РС БК;

$X_{\Sigma} = X_{2C} + X_{1C}$ – проекция суммарного сопротивления системы Z_{Σ} на ось X.

$\Delta f_{max} = 1/T_{РАСЧ\ МИН}$ – максимальная частота скольжения при качаниях и в асинхронном режиме. Расчётная частота качаний f_{max} выбирается здесь обратно пропорциональной задержке по времени у блокировок с отстройкой от качаний по времени, равной 0,4 с, то есть Δf_{max} выбирается равной 2,5 Гц. При таком выборе БК не срабатывает и блокирует ДЗ также при асинхронном режиме, установившаяся частота которого лежит в диапазоне от 1 до 2 Гц, и не препятствует работе противоаварийной автоматики, действующей с запретом АПВ во избежание тяжёлых системных нарушений;

φ_1 – угол наклона правой части внешней ненаправленной характеристики РС БК;

$\varphi_C = \arctg((X_{2C} + X_{1C}) / (R_{2C} + R_{1C}))$ – аргумент суммарного сопротивления системы Z_{Σ} ;

$X_a = (X_{2C} - X_{1C}) / 2$ – ордината средней точки А системы;

$R_a = (R_{2C} - R_{1C}) / 2$ – абсцисса средней точки А системы (рисунок 7);

$R_{уст}$ – уставка РС БК.

Для примера по формуле (8.4) при параметрах в приведённой ниже таблице получим значение DT43, равное 8 мс.

Таблица расчётных (примерных) параметров

Параметр	X_{1C}	X_{2C}	R_{1C}	R_{2C}	Δf_{max}	ΔR	$R_{уст}$	X_{Σ}	φ_1
Размерность	Ом	Ом	Ом	Ом	Гц	Ом	Ом	Ом	радиан
Значение	5	10	1	4	2	1	8	15	$\pi/4$

DT44 - выдержка времени БК на возврат

Уставка DT44 времени возврата блокировки по $\Delta Z/\Delta t$ должна быть не меньше периода качаний с минимальной частотой f_{min} . Например, при частоте качаний f_{min} , равной 0,25 Гц, выдержка времени на возврат равна 4 с.

I2 dZ/dt

Уставка "I2 dZ/dt" реле тока I2, реагирующего на отношение модулей токов обратной и прямой последовательности и предназначенного для быстрого возврата БК во время несимметричного КЗ (что даёт возможным отключение в этом случае линии от ДЗ), отстраивается:

1) от максимального тока небаланса обратной последовательности, связанного с погрешностями ТТ при максимальном рабочем токе (8.2):

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

$$I_2 dZ/dt_{уст} \geq DI_{2ЧУВ} / (I_{max PAБ} / k_{TT}) = (0,046 * I_{max PAБ} / k_{TT}) / (I_{max PAБ} / k_{TT}) = 0.046.$$

Если $I_{max PAБ}$ линии не превосходит номинальный ток, то уставка ПО "I2 dZ/dt" может быть при необходимости снижена в 3,(3) раза (см. п. 8.2.1).

2) от тока небаланса, связанного с влиянием близких тяговых подстанций (8.3).

Уставка "I2 dZ/dt" реле тока I2 регулируется в диапазоне от 1,0% до 50,0%.

9 Блокировка при неисправности цепей напряжения (БНН)

9.1 Описание функции (БНН)

9.1.1 БНН реагирует на обрыв одной, двух и трех фаз напряжений цепи «звезды» или цепи «разомкнутого треугольника». БНН срабатывает при снижении любого из фазных напряжений на величину 10 В при всех остальных поданных номинальных величинах напряжений цепи «звезды» и цепи «разомкнутого треугольника».

Средняя основная погрешность порога срабатывания БНН не превышает $\pm 10\%$ от уставки.

Обеспечивается возврат устройства БНН в исходное состояние при устранении неисправностей.

9.1.2 Время срабатывания устройства БНН при обрыве одной, двух или трёх фаз «звезды» при предварительном подведении симметричного напряжения, равного 57 В, на входы «звезды» и напряжения 100 В на входы «разомкнутого треугольника», не превышает 0,025 с.

9.1.3 Для исключения отказа БНН при одновременном исчезновении цепей «звезды» и «разомкнутого треугольника» предусмотрены три ПО МН: $U_{\text{мин А}}$, $U_{\text{мин В}}$, $U_{\text{мин С}}$, реагирующие на снижение фазных напряжений «звезды», включённые по логической схеме «И».

При установке измерительных трансформаторов на ВЛ, с целью исключения излишнего действия БНН при отключении линии, предусмотрена возможность блокировки действия ПО МН от контактов РПО.

Алгоритм функционирования БНН в виде векторных диаграмм иллюстрируется приложением Е и реализуется программно по выражению:

$$|\underline{U}_{\text{БНН}}| > U_{\text{уст БНН}},$$

где $\underline{U}_{\text{БНН}} = (\underline{U}_{\text{ВН}} + \underline{U}_{\text{СН}} - \underline{U}_{\text{АН}}) + (\underline{U}_{\text{НИ}} - \underline{U}_{\text{ИК}}) / \sqrt{3}$ – при схеме ТН (особая фаза А);

$\underline{U}_{\text{БНН}} = (\underline{U}_{\text{АН}} + \underline{U}_{\text{СН}} - \underline{U}_{\text{ВН}}) + (\underline{U}_{\text{НИ}} - \underline{U}_{\text{ИК}}) / \sqrt{3}$ – при схеме ТН (особая фаза В);

$\underline{U}_{\text{БНН}} = (\underline{U}_{\text{АН}} + \underline{U}_{\text{ВН}} - \underline{U}_{\text{СН}}) + (\underline{U}_{\text{НИ}} - \underline{U}_{\text{ИК}}) / \sqrt{3}$ – при схеме ТН (особая фаза С);

$\underline{U}_{\text{АН}}$, $\underline{U}_{\text{ВН}}$, $\underline{U}_{\text{СН}}$ - векторы фазных напряжений «звезды»;

$\underline{U}_{\text{НИ}}$, $\underline{U}_{\text{ИК}}$ - векторы напряжений «разомкнутого треугольника».

При подключении к ТН с разными вариантами соединения «разомкнутого треугольника» следует руководствоваться сведениями, приведенными в таблице 9.1.

Таблица 9.1

Номер рисунка схемы ТН*	Номер рисунка с векторной диаграммой БНН	Особая фаза в схеме ТН	Направление векторов особой фазы «звезды» и «треугольника» ТН
Е.1 и Е.2	Е.13	фаза А	совпадает
Е.3 и Е.4			не совпадает
Е.5 и Е.6	Е.14	фаза В	совпадает
Е.7 и Е.8			не совпадает
Е.9 и Е.10	Е.15	фаза С	совпадает
Е.11 и Е.12			не совпадает

* См. приложение Е

Под «особой фазой» понимается вектор фазного напряжения «звезды», совпадающий по направлению с вектором напряжения замыкающей фазы «разомкнутого треугольника» (или противоположный ему).

Изменение состояния программируемых накладок производится в пункте меню терминала **Служ. параметры / Установка ТНиШОН** или в программе ***EKRASMS – Служебные параметры / Установка схемы ТН и ШОН.***

Для формирования векторов напряжений $\underline{U}_{\text{НИ}}$ и $\underline{U}_{\text{ИК}}$ к комплектам шкафа необходимо подвести соответствующие выводы «разомкнутого треугольника» «Н», «И» и «К». При использовании на подстанции вместо вывода «И» ТН вывода «Ф» необходимо соединить:

- вывод «Ф» «разомкнутого треугольника» с клеммой «И» шкафа,
- вывод «Н» «разомкнутого треугольника» с клеммой «К» шкафа,
- вывод «К» «разомкнутого треугольника» с клеммой «Н» шкафа.

Выбор программных накладок в этом случае осуществляется в соответствии с таблицей 9.2.

Таблица 9/2

Номер рисунка схемы ТН*	Номер рисунка с векторной диаграммой БНН	Особая фаза в схеме ТН	Направление векторов особой фазы «звезды» и «треугольника» ТН
Е.1	Е.14	фаза В	не совпадает
Е.2	Е.15	фаза С	
Е.3			Е.14
Е.4	Е.13	фаза А	
Е.5			Е.15
Е.6	Е.13	фаза А	
Е.7			Е.15
Е.8	Е.13	фаза А	
Е.9			Е.14
Е.10	Е.13	фаза А	
Е.11			Е.14
Е.12	Е.13	фаза А	

* См. приложение Е

Для контроля одновременного исчезновения трех фазных напряжений используются три ПО минимального напряжения в фазах А, В и С, включенные по схеме И» (280) (см. рисунок 4 приложения Е).

Если измерительный трансформатор напряжения установлен на ВЛ – в пункте меню терминала **Служ. параметры / Установка ТНиШОН / МестоУстановкиТН | на линии** или в программе **EKRASMS - Службные параметры / Установка схемы ТН и ШОН / ХВ4 Место установки трансформатора напряжения | на линии**, то для исключения ложной работы работы сигнализации неисправности цепей напряжения при отключении линии используется блокировка от реле положения выключателей «Отключено» (РПО) на логическом элементе «И» (251 на рисунке 4 приложения Е).

При исчезновении любого из напряжения «звезды» или «разомкнутого треугольника» появляется напряжение $U_{\text{БНН}}$ и происходит срабатывание БНН.

При возникновении неисправности в цепях напряжения на выходе узла БНН появляется сигнал, блокирующий действие всех ступеней ДЗ. Программной накладкой ХВ29 данную блокировку можно запретить.

Сигнал о неисправности цепей напряжения с задержкой 5 с через выдержку времени DT2 (270) выдаётся также на светодиодную сигнализацию и в цепи внешней сигнализации через выходное реле «Неисправность».

9.2 Выбор и расчёт уставок БНН

БНН не имеет регулируемых уставок. Параметры ИО БНН приведены в разделе 9.1

10 Токовая направленная защита нулевой последовательности (ТНЗНП)

10.1 Описание функции ТНЗНП

10.1.1 ТНЗНП содержит ПО и ИО (Приложение Д, рисунок 5):

– ПО тока нулевой последовательности с выходами $I_{\text{ТНЗНП I ст}}$, $I_{\text{ТНЗНП II ст}}$, $I_{\text{ТНЗНП III ст}}$, $I_{\text{ТНЗНП IV ст}}$, $I_{\text{ТНЗНП V ст}}$, $I_{\text{ТНЗНП VI ст}}$;

– блокирующий $M_{0 \text{ БЛ}}$ и разрешающий $M_{0 \text{ РАЗР}}$ ИО направления мощности нулевой последовательности (РНМНП).

Логическая схема ТНЗНП (Приложение Д, рисунок 5 и 5.1) принимает сигналы от ПО тока нулевой последовательности шести ступеней, разрешающего ($M_{0 \text{ РАЗР}}$) и блокирующего ($M_{0 \text{ БЛ}}$) реле направления мощности нулевой последовательности и сигнал контроля реле положения «отключено» (РПО).

ПО тока ТНЗНП реагируют на ток нулевой последовательности, рассчитываемый по фазным токам.

10.1.2 Диапазоны регулирования уставок всех ступеней ПО ТНЗНП - от $0,05 I_{\text{НОМ}}$ до $30 I_{\text{НОМ}}$.

10.1.3 Средняя основная погрешность по току срабатывания реле тока ТНЗНП составляет не более 5 % от уставки.

10.1.4 Коэффициент возврата реле тока ТНЗНП - не менее 0,9.

10.1.5 Время срабатывания реле тока ТНЗНП всех ступеней при подаче входного тока, равного $2 I_{\text{СР}}$, не превышает 0,025 с.

10.1.6 Время возврата реле тока ТНЗНП всех ступеней при сбросе тока от $10 I_{\text{СР}}$ до нуля не превышает 0,04 с.

10.1.7 Дополнительная погрешность по току срабатывания реле тока ТНЗНП от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определенного при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$.

10.1.8 Для обеспечения направленности ТНЗНП используются два ИО РНМНП: разрешающий $M_{0 \text{ РАЗР}}$ – срабатывает при направлении мощности нулевой последовательности от линии к шинам, и блокирующий $M_{0 \text{ БЛ}}$ – срабатывает при обратном направлении мощности нулевой последовательности. ИО направления мощности реагирует на величины векторов тока и напряжения нулевой последовательности $3\dot{U}_0$, а также угол сдвига между ними.

10.1.9 Порог срабатывания разрешающего и блокирующего реле по току $3 I_0$ ($I_{\text{СР}}$) регулируется в пределах от $0,04 I_{\text{НОМ}}$ до $0,5 I_{\text{НОМ}}$, а по напряжению $3 U_0$ ($U_{\text{СР}}$) – от 0,5 до 5,0 В.

10.1.10 Уставки РНМНП по углу максимальной чувствительности при утроенных по отношению к порогам срабатывания значениях тока и напряжения: 250° – для разрешающего ИО РНМНП ($M_{0 \text{ РАЗР}}$) и 70° – для блокирующего ($M_{0 \text{ БЛ}}$). При этом обеспечивается минимальная угловая ширина

зон срабатывания разрешающего и блокирующего РНМНП не менее 160°.

10.1.11 Средняя основная абсолютная погрешность РНМНП по углу максимальной чувствительности не превышает $\pm 5^\circ$.

10.1.12 Средняя основная погрешность порогов срабатывания РНМНП по току и напряжению нулевой последовательности не превышает 10 % от уставки.

10.1.13 Коэффициент возврата РНМНП по току и напряжению нулевой последовательности не менее 0,9.

10.1.14 Время срабатывания РНМНП при одновременной подаче синусоидальных напряжения $3 U_{CP}$ и тока $3 I_{CP}$ не более 0,04 с.

10.1.15 Время возврата РНМНП при одновременном сбросе входных тока и напряжения от номинальных значений до нуля не более 0,04 с.

10.1.16 Для повышения чувствительности ИО M_0 РАЗР по напряжению предусмотрена возможность искусственного смещения точки подключения ТН в линию на величину коэффициента смещения. Коэффициент смещения регулируется в диапазоне (0 - 0,5).

10.1.17 Обеспечивается отстройка РНМНП от аperiodических бросков намагничивающего тока при включении силового трансформатора на ответвлении с амплитудой, равной шестикратному значению амплитуды номинального тока, и основанием волны тока до 240°.

С помощью программных накладок ХВ156 (ХВ157) в пунктах меню терминала ТНЗНП и ТО / Логика работы / Отстройка III(IV) ст. ТЗ или в программе ***ЕКРАSMS – ТНЗНП и ТО / Логика работы / ХВ53 Отстройка III(IV) ст. ТНЗНП от БТНТ*** имеется возможность отстройки от броска тока намагничивания (БТН) III(IV) ступени ТНЗНП (элементы времени DT69 (345,362) и «И» (346,348)).

Обеспечивается отстройка ИО M_0 от периодических бросков намагничивающего тока с амплитудой, равной двукратному значению амплитуды номинального тока.

10.1.18 Дополнительная погрешность по току и напряжению срабатывания РНМНП от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определенного при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$.

10.1.19 Обеспечивается действие I – VI ступеней ТНЗНП в цепи отключения с выдержками времени указанными в таблице 10.1. Ступени ТНЗНП действуют с выдержками времени DT50 (305), DT51 (308), DT52 (313), DT53 (322), DT59 (354), DT60 (361) для I...IV ступеней, соответственно.

Таблица 10.1

Ступень ТНЗНП	Диапазон времени, с
I	0.01 – 15.0
II	0.05 – 15.0
III	0.05 – 15.0
IV	0.05 – 15.0

V	0.0 – 15.0
VI	0.0 – 15.0

10.1.20 Предусмотрена возможность независимой работы любой ступени ТНЗНП с контролем или без контроля направленности.

10.1.21 Контроль направленности I и II ступеней ТНЗНП осуществляется ИО $M_{0\text{ PАЗР}}$, а III, IV, V и VI ступеней - либо ИО $M_{0\text{ PАЗР}}$, либо ИО $M_{0\text{ PАЗР}}$ или $M_{0\text{ БЛ}}$, объединёнными логической схемой «ИЛИ». Выбор способа контроля направленности осуществляется независимо для каждой из ступеней.

Каждая из ступеней ТНЗНП может работать как направленная, так и ненаправленная, что определяется программными накладками ХВ32, ХВ33, ХВ34, ХВ35, ХВ39 и ХВ40 в пункте меню терминала или в программе ***EKRASMS - ТНЗНП и ТО / Логика работы***, соответственно, для I...VI ступеней.

Направленность I и II ступеней ТНЗНП обеспечивается ИО $M_{0\text{ PАЗР}}$.

Направленность III...VI ступеней обеспечивается ИО $M_{0\text{ PАЗР}}$ либо $M_{0\text{ PАЗР}}$ и $M_{0\text{ БЛ}}$, включенными по схеме «ИЛИ» (при срабатывании разрешающего реле или несрабатывании блокирующего).

10.1.22 Предусмотрена возможность автоматического вывода направленности ТНЗНП:

- при срабатывании ТНЗНП;
- в режиме ускорения при включении выключателя.

Программой накладкой ХВ30 в пункте меню терминала **ТНЗНП и ТО / Логика работы / ВыводНапрСрабТЗ | не предусмотрен / предусмотрен** или в программе ***EKRASMS - ТНЗНП и ТО / Логика работы / ХВ30 Автоматический вывод направленности при срабатывании ТНЗНП | не предусмотрен / предусмотрен*** имеется возможность автоматического вывода направленности всех ступеней ТНЗНП при появлении сигнала срабатывания на выходе элемента «ИЛИ» (331), объединяющего сигналы срабатывания всех ступеней ТНЗНП. При этом обеспечивается устойчивое состояние срабатывания ТНЗНП при неполнофазном отключении выключателя, что необходимо для действия УРОВ.

Имеется возможность вывода направленности в режиме ускорения при включении выключателя с помощью накладки ХВ31 в пункте меню терминала **ТНЗНП и ТО / Логика работы / ВыводНапрУскВклВ | не предусмотрен / предусмотрен** или в программе ***EKRASMS - ТНЗНП и ТО / Логика работы / ХВ31 Автоматический вывод направл. в режиме уск. при вкл. выкл. | не предусмотрен / предусмотрен***. При этом обеспечивается устойчивое состояние срабатывания ТНЗНП при неполнофазном включении выключателя.

Вывод направленности при включении выключателя производится на время, задаваемое выдержкой времени DT28 (236 на рисунке 4 Приложения Д).

Для обеспечения быстрого отключения выключателя при переходе многофазного КЗ, вызвавшего срабатывание ДЗ, в КЗ на землю, предусмотрена

возможность ускорения III ступени ТНЗНП при появлении сигнала «Срабатывание защиты» (Приложение Д, рисунок 4). Данное ускорение осуществляется с контролем направленности от ИО M_0 РАЗР с выдержкой времени DT79 (349).

10.1.23 Предусмотрена возможность ускорения II или III ступени ТНЗНП при включении выключателя.

С использованием программной накладки ХВ36 в пункте меню терминала ТНЗНП и ТО / **Логика работы / Ускор.ст.приВклВ | не предусмотрена / II ступень / III ступень** или в программе **EKRASMS - ТНЗНП и ТО / Логика работы / ХВ36 Ускоряемая ступень ТНЗНП при включении выключателя | не предусмотрена / II ступень / III ступень** имеется возможность выбора режима ускорения второй, третьей ступени ТНЗНП или вывода ускорения при включении выключателя.

Время задержки действия II или III ступени при ускорении определяется выдержкой времени DT49 (343), время ввода ускорения - выдержкой времени DT28 (236).

10.1.24 Диапазон уставок выдержек времени при работе с ускорением - от 0,05 до 5,0 с.

Предусмотрена возможность оперативного ускорения II, III или IV ступени ТНЗНП с выдержкой времени в диапазоне от 0,05 до 5,00 с.

Ускоряемая ступень выбирается программной накладкой ХВ37 в пункте меню терминала ТНЗНП и ТО / **Логика работы / Опер.ускор.ст.ТЗ | II ступень / III ступень / IV ступень** или в программе **EKRASMS - ТНЗНП и ТО / Логика работы / ХВ37 Оперативно ускоряемая ступень ТНЗНП | II ступень / III ступень / IV ступень**.

Время ввода ускорения определяется выдержкой времени DT58 (316).

10.1.25 Предусмотрена возможность вывода I – VI ступени ТНЗНП с помощью дополнительного переключателя.

10.1.26 При приёме сигнала ВЧТО №1 предусмотрено действие на отключение с запретом АПВ с контролем срабатывания реле тока IV ступени ТНЗНП.

10.1.27 При приёме сигнала ВЧТО №3 предусмотрено действие на отключение с контролем срабатывания реле тока III ступени ТНЗНП и ИО M_0 РАЗР с выдержкой времени в диапазоне от 0,05 до 5,00 с.

Предусмотрена выдача сигнала ВЧТО №3 при срабатывании реле тока III или IV ступени ТНЗНП и ИО M_0 РАЗР. Предусмотрена задержка на выдачу сигнала ВЧТО №3 на время 0,2 с после возврата блокирующего РНМНП.

Ввод в работу V (VI) ступени ТНЗНП (Приложение Д, рисунок 5.1) производится выбором в пункте меню терминала ТНЗНП / **Логика работы / Вст. ТНЗНП (VI ст. ТНЗНП) состояния в работе** или в программе **EKRASMS - ТНЗНП / Логика работы / ХВ65 V ст. ТНЗНП (ХВ66 VI ст. ТНЗНП) | в работе**.

С помощью программных накладок XB53(XB54) в пунктах меню терминала ТНЗНП и ТО / **Логика работы / Отстройка V(VI)ст.ТЗ** или в программе **EKRASMS – ТНЗНП и ТО / Логика работы / XB53(XB54) Отстройка V(VI) ст. ТНЗНП от БТНТ** имеется возможность отстройки от броска тока намагничивания (БТН) V(VI) ступени ТНЗНП (элементы времени DT69 (355, 362) и «И» (356, 363)).

Времена задержек срабатывания V и VI ступеней ТНЗНП задаются выдержками времени DT59 (354), DT60 (361), соответственно.

Действие V (VI) ступени ТНЗНП на отключение выключателя производится выбором: в пункте меню терминала **Служ. параметры / Дополнит. логика / Откл.отV(VI)ст.ТЗ** от дискретного сигнала №309 Vст. ТНЗНП (№310 VIст. ТНЗНП) или в программе **EKRASMS - служебные параметры / Дополнительная логика / Прием сигнала V(VI) ст. ТНЗНП на отключение от дискретного сигнала № | 309 V ст. ТНЗНП (310 VI ст. ТНЗНП)**;

По умолчанию V (VI) ступени ТНЗНП выведены и не сконфигурированы на отключение выключателя.

Имеется возможность изменения направленности V (VI) ступени ТНЗНП в пункте меню терминала **ТНЗНП / Логика работы / Направлен. V (VI) ст | вперед / назад** или в программе **EKRASMS - ТНЗНП / Логика работы / XB91 (XB92) Направленность V (VI) ст. ТНЗНП | вперед / назад**.

Если программными накладками XB39 (XB40) выбран режим контроля направленности V (VI) ступеней от ИО $M_{0 \text{ РАЗР}}$ либо $M_{0 \text{ РАЗР}}$ и $M_{0 \text{ БЛ}}$, включёнными по схеме «ИЛИ» (при срабатывании разрешающего реле или несрабатывании блокирующего), то после разворота ступеней в обратную сторону контроль будет осуществляться от ИО $M_{0 \text{ БЛ}}$ либо $M_{0 \text{ БЛ}}$ и $M_{0 \text{ РАЗР}}$, (при срабатывании блокирующего реле или несрабатывании разрешающего).

10.1.28 В дополнительной логике имеется возможность очувствления второй и третьей ступеней ТНЗНП с помощью дополнительных пятой и шестой ступеней ТНЗНП, соответственно.

При работе ТНЗНП с двойной чувствительностью на передней двери шкафа требуется дополнительная установка переключателя SA10 «ТНЗНП с двойной чувствительностью» с тремя положениями «**Параллельная линия включена / Параллельная линия отключена / Автоматическое переключение уставок**».

Для работы ТНЗНП с двойной чувствительностью выполняются следующие действия:

- в меню терминала **Служ. параметры / Конфиг.SA / Вх1реж.ДЧ (Вх2реж.ДЧ)** или в программе **EKRASMS – Служебные параметры / Конфигурирование переключателей SA / Прием сигнала на входе 1(2) двойной чувств. ТНЗНП по входу N** назначить логические входные сигналы **Вх1реж.ДЧ (Вх2реж.ДЧ)** на программируемые дискретные входы,

соединенные электрическим монтажом с переключателем «ТНЗНП двойной чувствительности»;

- в меню терминала **Служ. параметры / Конфиг.дискр.вх / Вх.РТ //** или в программе **EKRASMS – Служебные параметры / Конфигурирование дискретных входов / Прием сигнала от РТ парал. линии по входу N** назначить логический входной сигнал **Вх.РТ //** на свободный программируемый дискретный вход;

- в меню терминала **Служ. параметры / Дополнит. логика / Очув2ст.ТЗ (Очув3ст.ТЗ)** или в программе **EKRASMS – Служебные параметры / Дополнительная логика / Прием сигнала очувствления II (III) ступени ТНЗНП от дискретного сигнала N** для обеих ступеней назначить сигнал **311 Очувств. ТЗ.**

- сконфигурировать V и VI ступени ТНЗНП на отключение выключателя. (п. 10.1.26);

- сконфигурировать сигнал №23 *ПО по IO IV ст. ТНЗНП* на любое свободное выходное реле для выдачи в схему очувствления в аналогичный шкаф, установленный на параллельной линии.

Примечание - Для реализации логики очувствления используются V и VI ступени ТНЗНП. Для удобства эксплуатации имеется возможность подмены имен всех сигналов, уставок и выдержек времени, относящихся к данной функции. Подмена имен выполняется в программе Mix, входящей в состав пакета EKRASMS.

В схеме ускорения от защит параллельной линии используется суммарный сигнал срабатывания блокирующего РНМНП защиты параллельной линии и состояния выключателя (РПВ) параллельной линии, а при установке ШСВ используется также сигнал состояния (РПВ) этого выключателя. Для выбора режима работы ШСВ (в работе или выведен), а также возможности вывода режима ускорения от параллельной линии используются свободные дискретные входы терминала. Соответственно, сигнал срабатывания блокирующего РНМНП и реле положения включения выключателя (КQC) используется в схеме формирования сигнала ускорения защит, установленных на параллельной линии.

Время задержки при ускорении определяется выдержкой времени DT18 (Приложение Д, рисунок 5)

10.2 Выбор и расчёт уставок ТНЗНП

Полный перечень уставок ТНЗНП приведен в пп. 2.1÷2.3 Приложения А.

Пусковыми органами (ПО) ТНЗНП являются шесть реле тока нулевой последовательности для каждой из ступеней, а измерительными (ИО) – два реле направления мощности нулевой последовательности (РНМНП): разрешающее и блокирующее.

Перечень уставок ПО и ИО ТНЗНП:

- ток срабатывания ПО ступени ТНЗНП – $I_{\text{ОСР}}^I$;

- ток срабатывания ПО II ступени ТНЗНП – I_{0CP}^{II} ;
- ток срабатывания ПО III ступени ТНЗНП – I_{0CP}^{III} ;
- ток срабатывания ПО IV ступени ТНЗНП – I_{0CP}^{IV} ;
- ток срабатывания ПО V ступени ТНЗНП – I_{0CP}^{V} ;
- ток срабатывания ПО VI ступени ТНЗНП – I_{0CP}^{VI} ;
- ток срабатывания блокирующего ИО РНМНП – $I_{0CP.БЛ.}$;
- ток срабатывания разрешающего ИО РНМНП – $I_{0CP.РАЗР.}$;
- напряжение срабатывания блокирующего ИО РНМНП – $U_{0CP.БЛ.}$;
- напряжение срабатывания разрешающего ИО РНМНП – $U_{0CP.РАЗР.}$;
- коэффициент выноса (смещения) ТН на линию - $K_{ВЫН.ТН.}$

10.2.1 Выбор параметров срабатывания ПО I ступени ТНЗНП

10.2.1.1 Ток срабатывания I_{0CP}^I ПО первой ступени ТНЗНП при выполнении её без выдержки времени выбирается по условиям отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты:

- а) при замыкании на землю на шинах противоположной подстанции:

$$I_{0CP}^I \geq k_{ОТС} \cdot 3 \cdot I_{0МАКС}, \quad (10.1)$$

где $k_{ОТС} = 1.3$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчётов, влияние апериодической составляющей и необходимый запас;

$3 \cdot I_{0МАКС}$ – максимальное значение периодической составляющей утроенного начального первичного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах противоположной подстанции.

В качестве расчётного замыкания принимается замыкание на землю одной или двух фаз в зависимости от того, при каком виде КЗ ток нулевой последовательности в месте повреждения имеет большее значение.

- б) в кратковременном неполнофазном режиме, возникающем при одновременном включении фаз выключателя:

$$I_{0CP}^I \geq k_{ОТС} \cdot 3 \cdot I_{0НЕП}, \quad (10.2)$$

где $k_{ОТС} = 1.3$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчётов, влияние апериодической составляющей и необходимый запас;

$3 \cdot I_{0НЕП}$ – максимальное значение периодической составляющей утроенного первичного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты в неполнофазном режиме, возникающем при одновременном включении фаз выключателя.

Данное условие не рассматривается, если защита отстроена по времени от неполнофазного режима, возникающего при одновременном включении фаз выключателя.

в) при замыкании на землю на шинах противоположной подстанции, если параллельная отключена и заземлена на обоих концах и взаимной индукцией между линиями пренебречь нельзя (рассчитывается только в случае двухцепной линии дополнительно к пункту а) и б), рисунок 10.1 а)). Расчёт производится по формуле (10.1).

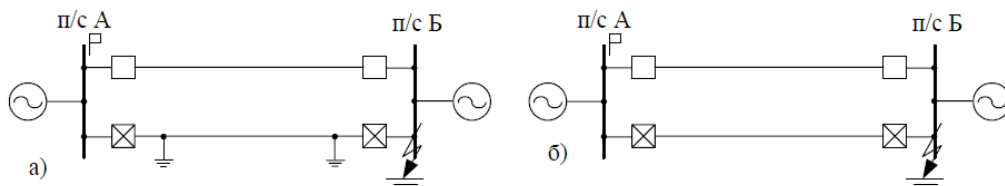


Рисунок 10.1 – Режимы для выбора тока срабатывания защиты параллельных ЛЭП

г) при замыканиях на землю на шинах противоположной подстанции в случае, когда параллельные линии отключены, если взаимной индукцией между линиями можно пренебречь вследствие её малости, рисунок 10.1 б). Расчёт производится по формуле (10.1).

д) при броске намагничивающего тока трансформаторов, присоединённых к ответвлениям от защищаемой линии и имеющих глухозаземлённые нейтрали, в условиях каскадного включения защищаемой линии (рассчитывается дополнительно к пункту а) и б) только в случае линии с ответвлениями или для одиночной линии, если в защищаемой сети возможно включение трансформаторов под напряжение через рассматриваемую линию):

$$I_{0CP}^I \geq C_{\delta}^{(k)} U_{НОМ} / (\sqrt{3} x_{РАСЧ}), \quad (10.3)$$

где $C_{\delta}^{(k)}$ – коэффициент броска, учитывающий зависимость действующего значения тока от изменения при затухании, а также зависимость от сорта стали и вида затухания. Значение определяется по кривым зависимости $C_{\delta}^{(k)}$ от соотношения t/τ согласно [4].

$U_{НОМ}$ – первичное номинальное напряжение сети;

$x_{РАСЧ} = x_{1СИСТ} + x_{1Л} + x_{Т}$ – расчётное сопротивление контура включения трансформатора, приведённое к напряжению сети.

е) в кратковременном неполнофазном режиме, возникающем при одновременном включении фаз выключателя, подающего напряжение на защищаемую линию, и самозапуске двигателей нагрузки, питаемой от трансформаторов, присоединённых к ответвлениям от защищаемой линии, при работе хотя бы одного из этих трансформаторов с глухозаземлённой нейтралью (рассчитывается дополнительно к пункту а) и б) только в случае линии с

ответвлениями). Расчёт производится по выражению (10.2), в котором $3I_{0HEП}$ – максимальное значение утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты в неполнофазном режиме, возникающем при одновременном включении фаз выключателя, подающего напряжение на защищаемую линию, и самозапуске двигателей нагрузки, питаемой от трансформаторов, присоединённых к ответвлениям от защищаемой линии.

Уставка принимается равной наибольшему значению из получившихся.

10.2.1.2 Чувствительность первой ступени ТНЗНП проверяется по выражению:

$$k^I_{\text{ч}} = 3 \cdot I_{03\text{MIN}} / I^I_{0\text{CP}} \geq 1,2, \quad (10.4)$$

где $3 \cdot I_{03\text{MIN}}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при однофазном КЗ (в ряде случаев должно проверяться двухфазное КЗ) в начале защищаемой линии;

$I^I_{0\text{CP}}$ – первичный ток срабатывания первой ступени защиты.

Выдержка времени первой ступени в файле уставок обозначается «DT 50» задаётся в с.

Пример расчёта уставки органа тока первой ступени ТНЗНП приведён в Приложении Ж.

10.2.2 Выбор параметров срабатывания ПО II ступени ТНЗНП

10.2.2.1 Ток срабатывания ПО второй ступени ТНЗНП выбирается по следующим условиям:

а) отстройки от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю за предыдущим автотрансформатором на стороне его смежного напряжения (примыкающей к сети с глухозаземленной нейтралью):

$$I^{\text{II}}_{0\text{CP}} \geq k_{\text{OTC}} 3I_{0\text{PACЧ}}, \quad (10.5)$$

где $k_{\text{OTC}} = 1.2$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчётов, влияние апериодической составляющей и необходимый запас [4];

$3I_{0\text{PACЧ}}$ – максимальное значение периодической составляющей утроенного начального первичного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю за автотрансформатором противоположной подстанции на стороне его, примыкающей к сети с глухозаземленной нейтралью.

б) согласование с первой ступенью защиты предыдущей линии или защиты от замыканий на землю предыдущего автотрансформатора, установленной на стороне смежного напряжения (последнее производится

вместо условия а) в случае, если это необходимо для повышения чувствительности защиты):

$$I_{0\text{С.З}}^{\text{II}} \geq k_{\text{ОТС}} 3I_{\text{ОРАСЧ}}, \quad (10.6)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1.1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчётов, влияние апериодической составляющей и необходимый запас;

$3I_{\text{ОРАСЧ}}$ – расчётный ток – максимальное значение периодической составляющей утроенного начального первичного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки рассматриваемой защиты при замыкании на землю в конце зоны, защищаемой той ступенью защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование.

На рисунке 10.1,а показан пример согласования второй ступени ТНЗНП по току и времени срабатывания с первой ступенью предыдущего участка в типичном случае: одинарные линии с двусторонним питанием и нагрузкой на промежуточной подстанции.

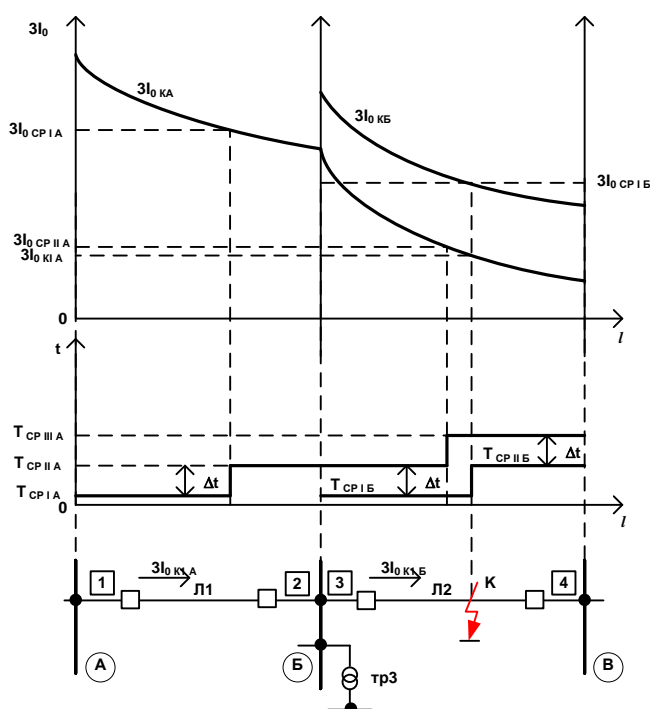


Рисунок 10.1,а – Согласования второй ступени ТНЗНП по току и времени срабатывания с первой ступенью защиты предыдущего участка.

Если рассматриваемая линия – параллельная, согласование производится в режиме, когда вторая параллельная линия рассматриваемого участка отключена и заземлена на обоих концах.

Если линия представляет собой цепочку параллельных линий, согласование необходимо производить при работе обеих параллельных линий на предыдущем участке.

В целях повышения чувствительности иногда вторую ступень согласовывают не с первой ступенью защиты предыдущей линии, а со второй ступенью.

Для сетей радиальной конфигурации и кольцевых сетей с одиночными линиями выражение (10.6) примет вид:

$$I_{0\text{С.З}}^{\text{II}} = k_{\text{ОТС}} k_{\text{ТОК}} I_{0\text{С.З.ПРЕД}}, \quad (10.7)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1.1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчётов, влияние апериодической составляющей и необходимый запас;

$k_{\text{ТОК}}$ – максимальный коэффициент токораспределения (в схеме замещения нулевой последовательности) для защищаемой линии при замыкании на землю в конце зоны, защищаемой той ступенью защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование, равен отношению токов в месте установки рассматриваемой защиты и защиты, с которой производится согласование;

$I_{0\text{С.З.ПРЕД}}$ – ток срабатывания ступени защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование.

- Для выбора тока срабатывания второй ступени защиты, установленной на одиночной линии, при наличии параллельной линии на предыдущем участке сети (рисунок 10.2) расчётным может явиться режим работы как обеих параллельных линий, так и одной из них. Режим работы одной параллельной линии является расчётным, если в режиме работы двух параллельных линий при замыкании в конце зоны, защищаемой первой ступенью защиты 2, ток нулевой последовательности в неповреждённой параллельной линии направлен к шинам п/ст Б; при направлении указанного тока от шин п/ст Б в линию расчётным является режим работы обеих параллельных линий.

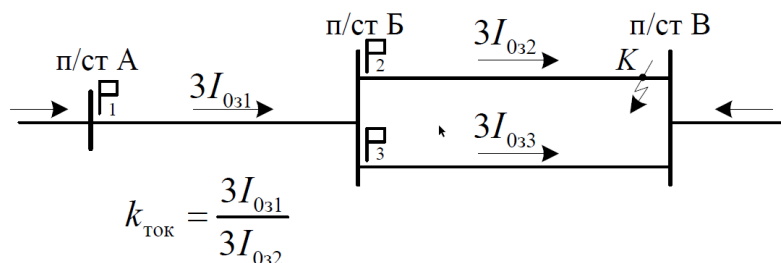


Рисунок 10.2 – Определение коэффициента токораспределения для выбора вторых ступеней защит

в) при наличии ВЛ, параллельной защищаемой, - согласование II ступени ТНЗНП с I ступенью ТНЗНП противоположного конца параллельной линии в условиях её каскадного отключения при отключённом её выключателе со стороны защищаемой подстанции.

Расчёт производится по формуле (10.6), где $3I_{\text{орасч}}$ – расчётный ток – максимальное значение периодической составляющей утроенного начального первичного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки рассматриваемой защиты при замыкании на землю на параллельной линии.

Так как при КЗ на параллельной линии в результате взаимоиндукции токов ток в месте установки рассматриваемой защиты может и уменьшаться и увеличиваться при удалении места КЗ на параллельной линии от шин противоположной подстанции, то расчётное место КЗ на землю в этом случае определяется по-разному.

На рис. 10.2,а приведены три возможных хода графика расчётных токов при перемещении места КЗ на параллельной линии. Для построения зависимости тока от расстояния до места КЗ линия ЛЗ развёрнута вправо.

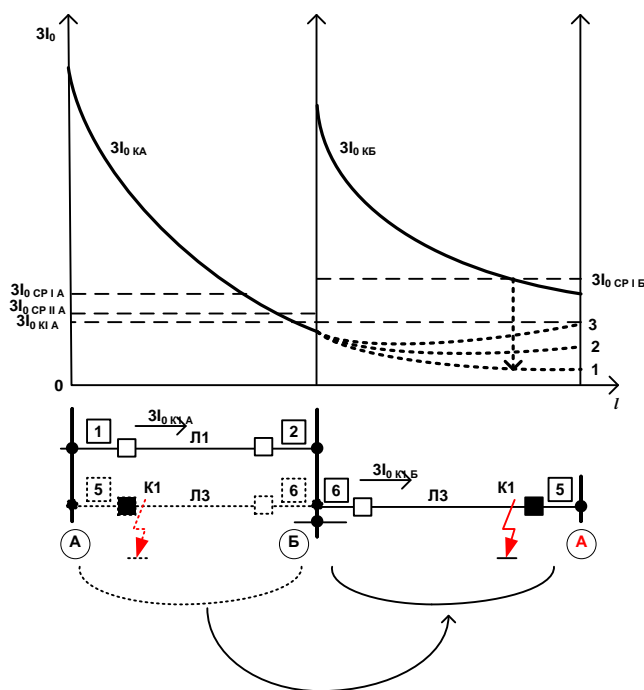


Рисунок 10.2,а – Согласование второй ступени ТНЗНП по току срабатывания с первой ступенью защиты на противоположном конце параллельной ВЛ

- В случае монотонного уменьшения тока (кривая 1) для того, чтобы исключить неселективное срабатывание ТНЗНП, расчётное место КЗ на землю выбирается так, чтобы ток срабатывания II ступени $3I_{0\text{CP II A}}$ (защита 1 на рис. 10.2,а) был меньше (с учётом коэффициента токораспределения) тока срабатывания I ступени $3I_{0\text{CP I B}}$ (защита 6 на рис. 10.2,а) – аналогично п. 10.2.2.1,б.

- В случае изменения тока по кривым 2 и 3 (имеется минимум), в качестве $3I_{\text{ОРАСЧ}}$ следует принимать ток КЗ, протекающий в месте установки защиты 1, при КЗ вблизи отключённого выключателя 5 параллельной линии. При этом в случае кривой 3 необходимо пересчитать уставку первой ступени защиты 1: она должна с запасом быть выше уставки второй ступени этой же защиты. Возможно, это же придётся проделать и при изменении тока по кривой 2.

Зона, защищаемая первой ступенью ТНЗНП при этом, естественно сокращается, поскольку штатно уставка первой ступени (отсечки) отстраивается от тока КЗ на землю на шинах подстанции Б, который, по кривой 3, меньше тока КЗ на землю у отключённого конца линии ЛЗ. Эта зона не должна быть меньше 0,1 длины линии Л1 (иначе она соизмерима с погрешностью расчёта).

- Если первая ступень защиты 6 параллельной ВЛ охватывает всю линию, например, если эта линия короткая, то ток срабатывания второй ступени защиты 1 рассчитывается аналогично п. 10.2.1.2,б по формуле (7), где $I_{\text{ОС.З.ПРЕД}}$ – ток срабатывания первой ступени защиты 6 параллельной ВЛ.

г) отстройка от утроенного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах подстанции, примыкающей к предыдущему участку, состоящему из двух параллельных линий. Согласование производится в режиме, когда вторая параллельная линия рассматриваемого участка отключена и заземлена. Ток срабатывания защиты выбирается по выражению (10.5), в котором $3I_{03}$ – максимальное значение периодической составляющей утроенного начального первичного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при замыкании на землю на шинах подстанции, примыкающей к предыдущему участку, состоящему из двух параллельных линий, в случае, когда вторая параллельная линия рассматриваемого участка отключена и заземлена на обоих концах.

д) проверка по условию отстройки от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока (для магнитных ТТ):

$$I_{\text{ОС.З}}^{\text{II}} \geq k_{\text{ОТС}} k_{\text{ПЕР}} I_{\text{ОНБ.У}}, \quad (10.8)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1.25$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчёта и необходимый запас;

$k_{\text{ПЕР}} = (1 \div 2)$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме, принимается равным: 2 – при выдержке времени ступени до 0,1 с; 1,5 - при выдержке времени до 0,3 с; 1 - при выдержке времени более 0,5-0,6 с;

$I_{\text{ОНБ.У}} = k_{\text{НБ}} I_{\text{РАСЧ}}$ – ток небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока в установившемся режиме при рассматриваемых внешних КЗ между тремя фазами;

$I_{РАСЧ}$ – максимальное значение первичного фазного тока, проходящего в месте установки рассматриваемой защиты при внешнем КЗ между тремя фазами;

$k_{НБ} = (0.05 \div 0.1)$ – коэффициент небаланса зависит от кратности $I_{РАСЧ}$:

$I_{РАСЧ} / I_{НОМ}$	$\leq (2 \div 3)$	$\geq (2 \div 3), \leq (7 \div 8)$	$\geq (7 \div 8)$
$k_{НБ}$	0.05	$0.05 \div 0.1$	$1,4 * 3 * I_{НАМ \max} * (I_3 / I_1)$

где $I_{НАМ \max}$ – максимальный из полных намагничивающих токов ТТ при расчётном значении индукции;

I_3 / I_1 – отношение токов треть ей и первой гармоник в токе намагничивания для расчётного значения индукции $B_{мРАСЧ}$ – рисунок 10,2б:

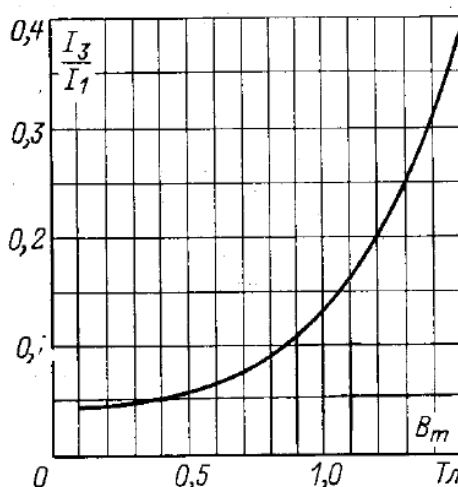


Рисунок 10.2,б Отношение $I_3 / I_1 = f(B_{мРАСЧ})$ для ленточных сердечников ТТ

Уставка $I_{0с.з}^{II}$ принимается равной наибольшему значению из получившихся по расчётам по пп. а) – д).

10.2.2.2 Чувствительность реле тока второй ступени проверяется при металлическом однофазном КЗ в конце защищаемой линии в минимальном режиме:

$$k_{ч}^{II} = 3 \cdot I_{03MIN} / I_{0с.з}^{II}, \quad (10.9)$$

где $3 \cdot I_{03MIN}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при металлическом однофазном КЗ в конце защищаемой линии в минимальном режиме;

$I_{0с.з}^{II}$ – первичный ток срабатывания второй ступени защиты.

Должно обеспечиваться минимальное значение коэффициента чувствительности: при замыкании на землю в конце защищаемой линии без

учёта резервного действия – около 1.5, а при наличии надёжно действующей резервной ступени – около 1.3; при наличии на противоположной подстанции отдельной защиты шин допускается обеспечивать соответствующие коэффициенты чувствительности (около 1,5 и около 1,3) в режиме каскадного отключения.

В случае, если вторая ступень ТЗНП не обеспечивает вышеуказанные коэффициенты чувствительности в минимальном режиме – указанные коэффициенты чувствительности должна обеспечивать третья ступень.

10.2.2.3 Выдержка времени второй ступени защиты согласовывается с выдержками времени ступеней защит предыдущих элементов, с которыми производится согласование: линий или автотрансформаторов – с учетом выдержки времени устройства резервирования при отказе выключателей (УРОВ):

$$t_{с.з}^{II} = t_{с.з.ПРЕД} + t_{УРОВ} + \Delta t, \quad (10.10)$$

где $t_{с.з.ПРЕД}$ – выдержка времени ступени защиты, с которой производится согласование, с;

$t_{УРОВ}$ – время действия УРОВ на предыдущей линии, с;

$\Delta t = (0,25 \div 0,5)$ – степень селективности, с.

Степень селективности $0,25 \div 0,3$ с применима в случаях согласования устройств микропроцессорных защит. В случаях согласования микропроцессорных защит с устройствами РЗА, выполненными на микроэлектронной или электромеханической элементной базе, следует принимать степень селективности $0,4 \div 0,5$ с.

Уставка по времени второй ступени в файле уставок обозначается «DT51».

Пример расчёта уставки органа тока второй ступени ТНЗНП приведён в Приложении Ж.

10.2.3 Выбор параметров срабатывания ПО III ступени ТНЗНП

10.2.3.1 Ток срабатывания ПО третьей ступени ТНЗНП выбирается по условиям:

а) согласования с защитой предыдущей линии (со второй или третьей ступенью) или защитой от замыканий на землю предыдущего автотрансформатора, установленной на стороне смежного напряжения (с первой ее ступенью, если вторая ступень рассматриваемой защиты отстроена от замыкания на землю на шинах этого напряжения, или со второй её ступенью, если вторая ступень рассматриваемой защиты согласована с первой ступенью защиты автотрансформатора). Расчёт производится по выражению (10.7), при этом $k_{ТОК}$ определяется при замыкании на землю на шинах предыдущего элемента (рисунок 10.3).

Если рассматриваемая линия – параллельная, согласование производится в режиме, когда вторая параллельная линия рассматриваемого участка отключена и заземлена на обоих концах. При необходимости повышения чувствительности следует производить указанное согласование в режиме работы обеих параллельных линий на рассматриваемом участке. Если линия представляет собой цепочку параллельных линий, согласование необходимо производить при работе обеих параллельных линий на предыдущем участке (рисунок 10.3).

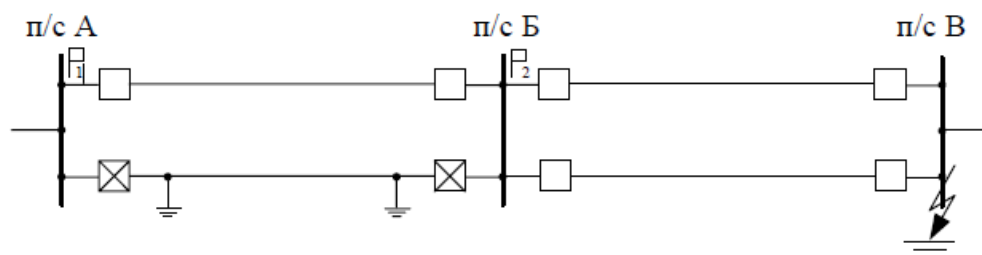


Рисунок 10.3 – Расчётный режим для выбора тока срабатывания третьей ступени

б) проверка по условию отстройки (выражение (10.8)) от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока:

- при КЗ между тремя фазами за трансформаторами (автотрансформаторами) подстанций данного и противоположного концов линий, а также (при наличии ответвлений) - за трансформаторами, присоединёнными к ответвлениям от защищаемой линии;

- при качаниях или асинхронном ходе, если выдержка времени рассматриваемой ступени не превышает 1.5 с, а также и при больших выдержках времени – в случае, когда период качаний превышает выдержку времени рассматриваемой ступени (на межсистемных транзитных связях).

Уставка принимается равной наибольшему значению из получившихся.

10.2.3.2 Чувствительность реле тока третьей ступени проверяется при металлическом однофазном КЗ на землю на шинах противоположной подстанции:

$$k_{\text{ч}}^{\text{III}} = 3 \cdot I_{03\text{MIN}} / I_{0\text{С.З}}^{\text{III}}, \quad (10.11)$$

где $I_{03\text{MIN}}$ – ток при металлическом однофазном КЗ на шинах противоположной подстанции;

$I_{0\text{С.З}}^{\text{III}}$ – первичный ток срабатывания третьей ступени защиты.

Должно обеспечиваться минимальное значение коэффициента чувствительности: при замыкании на землю в конце защищаемой линии без учёта резервного действия – около 1.5, а при наличии надёжно действующей резервной ступени – около 1.3; при наличии на противоположной подстанции

(станции) отдельной защиты шин допускается обеспечивать соответствующие коэффициенты чувствительности (около 1.5 и около 1.3) в режиме каскадного отключения.

10.2.3.3 Выдержка времени третьей ступени защиты должна быть согласована с выдержками времени соответствующих ступеней защит предыдущих элементов (выражение (10.10)). При этом выдержка времени УРОВ учитывается, если ступень защиты, предыдущая по отношению к той, с которой производится согласование, охватывает защищаемый участок с коэффициентом чувствительности менее 1.3. Допускается не учитывать выдержку времени УРОВ при наличии на предыдущем участке основной быстродействующей защиты.

Уставка по времени третьей ступени в файле уставок обозначается «DT52».

Пример расчёта уставки органа тока третьей ступени ТНЗНП приведён в Приложении Ж.

10.2.4 Выбор параметров срабатывания ПО IV ступени ТНЗНП

10.2.4.1 Ток срабатывания ПО четвертой ступени выбирается по условиям:

а) отстройка от тока небаланса (выражение (10.8)) в нулевом проводе трансформаторов тока при внешних замыканиях между фазами, если и рассматриваемая ступень защиты нулевой последовательности имеет выдержку времени, равную или меньшую, чем защита от замыканий между фазами на повреждённом элементе (как правило, эта отстройка соответствует условию отстройки от токов небаланса при КЗ между тремя фазами за трансформаторами и на стороне низшего напряжения автотрансформаторов подстанций данного и противоположного концов линии).

б) отстройка от суммарного тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока, протекающего в максимальном нагрузочном режиме:

$$I_{0С.З}^{IV} \geq k_{ОТС}(I_{0НБ} + 3I_{0Н.Р})/k_B, \quad (10.12)$$

где $k_{ОТС} = 1.25$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибки расчёта и необходимый запас;

$k_B = 0.9$ – коэффициент возврата;

$I_{0НБ} = k_{НБ}I_{РАСЧ}$ – первичный ток небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока в рассматриваемом режиме;

$I_{РАСЧ}$ – расчётный ток нагрузочного режима;

$k_{НБ} = (0.05 \div 0.1)$ – коэффициент небаланса;

$3I_{0Н.Р}$ – утроенный ток нулевой последовательности, обусловленный несимметрией в системе.

в) отстройка от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при трёхфазном КЗ за трансформаторами, присоединёнными к ответвлениям от защищаемой линии (производится только в случае линии с ответвлениями дополнительно к пункту а) и б)).

Уставка принимается равной наибольшему значению из получившихся.

10.2.4.2 Чувствительность защиты проверяется при однофазном КЗ в конце зоны резервирования в режиме каскадного отключения повреждения:

$$k_{\text{ч}}^{\text{IV}} = 3 \cdot I_{03\text{MIN}} / I_{0\text{С.З}}^{\text{IV}} \geq 1,2, \quad (10.13)$$

где $3 \cdot I_{03\text{MIN}}$ – ток при металлическом однофазном КЗ в конце зоны резервирования;

$I_{0\text{С.З}}^{\text{IV}}$ – первичный ток срабатывания четвертой ступени защиты.

10.2.4.3 Выдержка времени четвертой ступени определяется по ступенчатому принципу согласования с выдержками времени соответствующих ступеней защит предыдущих элементов (выражение (10.10)). Для обеспечения селективного действия в сложных сетях ток срабатывания четвертой ступени отдельных защит может дополнительно согласовываться с третьими ступенями защит предыдущих линий. При этом выдержка времени четвертой ступени рассматриваемой защиты согласовывается с выдержками времени третьих ступеней защит предыдущих линий.

Уставка по времени четвертой ступени в файле уставок обозначается «DT53» и задаётся в с.

Пример расчёта уставки органа тока четвёртой ступени ТНЗНП приведён в Приложении Ж.

10.2.5 Выбор параметров срабатывания ПО V и VI ступеней ТНЗНП

Выбор уставок ПО V и VI ступеней ТНЗНП зависит от их назначения. Возможны следующие варианты их использования:

- а) Для логики схем связи;
- б) Для логики ускорения;
- в) Для логики реверса тока;
- г) Для логики отключения конца со слабым питанием;
- д) Для дальнего резервирования.

10.2.6 Уставки реле направления мощности нулевой последовательности

Многие программы расчёта токов КЗ выдают не фазные, а утроенные значения тока и напряжения нулевой последовательности, что облегчает расчёт уставок электромеханических защит, которые физически включаются на ток нулевого провода и напряжение "разомкнутого треугольника". В связи с этим уставки РНМНП в шкафах серии ШЭ2607 также заданы и рассчитываются в

утроенных значениях тока и напряжения нулевой последовательности, причём в первичных величинах. При этом не возникает затруднений при переводе их во вторичные за исключением напряжения нулевой последовательности, о чём пояснено ниже.

Такой подход позволяет избежать трудностей в расчёте и сравнении уставок шкафов и панелей защит различного исполнения.

С учётом направления мощности нулевой последовательности в месте установки защиты относительно места КЗ угол максимальной чувствительности разрешающего реле составляет 250° , а блокирующего - 70° . Минимальная ширина зон работы обоих реле - 160° .

Вольтамперная характеристика РНМНП при угле между током и напряжением, равном углу максимальной чувствительности, показана на рисунке 10.4.

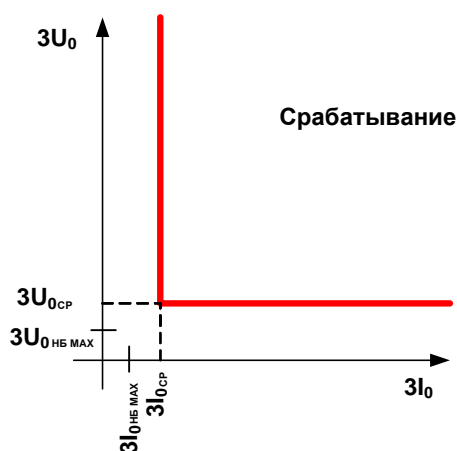


Рисунок 10.4 - Вольтамперная характеристика РНМНП при угле между током и напряжением, равном углу максимальной чувствительности

Разрешающее реле РНМНП

Уставки по току срабатывания ($3I_{0CP}$) и напряжению срабатывания ($3U_{0CP}$) реле направления мощности нулевой последовательности независимы и отстраиваются от небалансов на выходе соответствующих фильтров нулевой последовательности в рабочем режиме.

$3I_{0\text{ CP.РАЗР}}$

Первичный ток срабатывания $3I_{0\text{ CP.РАЗР}}$ разрешающего реле выбирается по условию отстройки от суммарного тока небаланса нулевой последовательности в максимальном нагрузочном режиме, и определяется формулой:

$$3I_{0\text{ CP.РАЗР}} \geq k_{\text{ОТС}} (3I_{0\text{ НБ}} + 3I_{0\text{ НР}}) / k_{\text{В}}, \quad (10.14)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1,25$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности терминала, расчёта и необходимый запас;

$3I_{0\text{ НБ}} = 0,05I_{\text{НАГР.МАХ}}$ – суммарный (утроенный) первичный ток небаланса защищаемой линии в максимальном нагрузочном режиме;

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

$3I_{0HP} = 0,02I_{НОМ}$ - утроенный первичный ток нулевой последовательности, обусловленный несимметрией в системе, например, при работе смежной линии в неполнофазном режиме;

$k_B = 0,9$ - коэффициент возврата реле.

Коэффициент чувствительности по току определяется формулой:

$$k_{ч.т.} = 3I_{03.min} / 3I_{0\text{ СР.РАЗР.}}$$

где $3I_{03.min}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного начального первичного тока нулевой последовательности, проходящего в месте установки защиты при расчётном виде замыкания на землю в расчётном режиме.

$3U_{0\text{ СР.РАЗР.}}$

В шкафах типа ШЭ2607 вектор напряжения нулевой последовательности определяется расчётным путём, поэтому возможно использование как напряжений “разомкнутого треугольника” (аналогично напряжению между выводами «Н» и «К» вторичной обмотки ТН):

$$3\underline{U}_{0\text{ ВТОР}} = \underline{U}_{НК} = \underline{U}_{НИ} + \underline{U}_{ИК},$$

так и напряжений “звезды”:

$$3\underline{U}_{0\text{ ВТОР}} = \sqrt{3} * (\underline{U}_{АО} + \underline{U}_{ВО} + \underline{U}_{СО}),$$

где $3\underline{U}_{0\text{ ВТОР}}$ – увеличенное в $\sqrt{3}$ раз вторичное напряжение нулевой последовательности.

С учётом вышеизложенного, первичное напряжение срабатывания $3U_{0\text{ СР.РАЗР.}}$ разрешающего РНМНП связано со вторичным напряжением срабатывания (установкой ОНМ НП) $3U_{0\text{ СР.РАЗР ВТОР}}$ формулой:

$$3U_{0\text{ СР.РАЗР.}} = 3U_{0\text{ ВТОР}} * n_{ТН} / \sqrt{3}. \quad (10.15)$$

Первичное напряжение срабатывания $3U_{0\text{ СР.РАЗР.}}$ разрешающего РНМНП выбирается вначале без учёта возможности смещения ($K_{\text{ВЫН ТН}} = 0$) по условию отстройки от напряжения небаланса и напряжения, обусловленного несимметрией в нормальном нагрузочном режиме, и определяется формулой:

$$3U_{0\text{ СР.РАЗР.}} \geq k_{\text{ОТС}} (3U_{0\text{ НБ}} n_{ТН} / \sqrt{3} + 3U_{0\text{ НР}}) / k_B, \quad (10.16)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1,25$ [4] – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность терминала, ошибки расчёта и необходимый запас;

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

$3U_{0НБ} = 0,03 \text{ В}$ (3% от $U_{НОМ}$ [26]) – утроенное вторичное напряжение небаланса нулевой последовательности на реле в рассматриваемом режиме, определяемое погрешностью измерения ТН;

$3U_{0НР}$ – утроенное первичное напряжение нулевой последовательности, обусловленное несимметрией в первичной сети;

$n_{ТН}$ – коэффициент трансформации ТН для обмоток "Y/Y";

$k_B = 0,9$ - коэффициент возврата реле.

Коэффициент чувствительности по напряжению определяется формулой:

$$k_{ч.Н.} = 3U_{03.min} / 3U_{0 \text{ СР.РАЗР.}}$$

где $3U_{03.min}$ – утроенное первичное минимальное значение периодической составляющей напряжения нулевой последовательности в месте установки защиты при расчётном виде замыкания на землю в расчётном режиме.

Согласно ПУЭ [6] для органов направления мощности нулевой последовательности должны обеспечиваться следующие наименьшие коэффициенты чувствительности:

- 1) 1,5 по току и напряжению - при КЗ в конце защищаемой линии;
- 2) 1,2 по току и напряжению - при КЗ в конце смежного элемента или наиболее удалённого из нескольких последовательных элементов, входящих в зону резервирования.

Сопротивление смещения

Если чувствительность разрешающего РНМНП по напряжению при удалённом КЗ не обеспечивается, то рассматривается возможность искусственного выноса (смещения) точки подключения ТН в сторону линии на величину сопротивления смещения $Z_{СМ}$. Последнее определяется в бланке уставок коэффициентом выноса $K_{ВЫН \text{ ТН}}$.

$K_{ВЫН \text{ ТН}}$

Коэффициент выноса ТН $K_{ВЫН \text{ ТН}}$ связан с сопротивлением смещения $Z_{СМ}$ формулой:

$$K_{ВЫН \text{ ТН}} = Z_{СМ} / (Z_{0УД \text{ ВЛ ПЕРВ}} * l_{ВЛ}),$$

где $Z_{0УД \text{ ВЛ ПЕРВ}}$ – удельное первичное сопротивление нулевой последовательности линии;

$l_{ВЛ}$ – длина линии.

При вводе смещения первичное напряжение $3U_{0P}$, подаваемое на реле, определяется формулой:

$$3U_{0P} = 3U_{03} + Z_{СМ} * 3I_{03},$$

где $3U_{03}$ – утроенное первичное напряжение нулевой последовательности в месте установки ТН. В соответствии [25] коэффициент несимметрии первичного напряжения по нулевой последовательности не должен превышать 2% в течение 95% времени в одну неделю и 4% 100% - в течение 100% времени в одну неделю;

$3I_{03}$ – утроенный первичный ток нулевой последовательности в защите.

Расчёт необходимой величины Z_{CM} и, соответственно, коэффициента выноса $K_{ВЫН ТН}$ выполняется с учётом обеспечения двух условий:

1. Должна быть обеспечена чувствительность разрешающего РНМНП по напряжению при КЗ в зоне дальнего резервирования при срабатывании самой чувствительной направленной ступени ТНЗНП (рисунок 10.5, КЗ в зоне):

$$3U_{03} + Z_{CM} * 3I_{0\text{ СР.З MIN}} \geq k_{\text{ч}} 3U_{0\text{ СР.РАЗР.}},$$

откуда:

$$Z_{CM} \geq (k_{\text{ч}} 3U_{0\text{ СР.РАЗР.}} - 3U_{03}) / 3I_{0\text{ СР.ПО MIN}}, \quad (10.17)$$

где $k_{\text{ч}} = 1,2$ – коэффициент чувствительности;

$3U_{0\text{ СР.РАЗР.}}$ - утроенное первичное напряжение срабатывания нулевой последовательности (см. формулу 10.15);

$3U_{03}$ – утроенное первичное напряжение нулевой последовательности в месте установки защиты в рассматриваемом режиме;

$3I_{0\text{ СР.ПО MIN}}$ – утроенный первичный ток срабатывания ПО тока самой чувствительной используемой направленной ступени ТНЗНП.

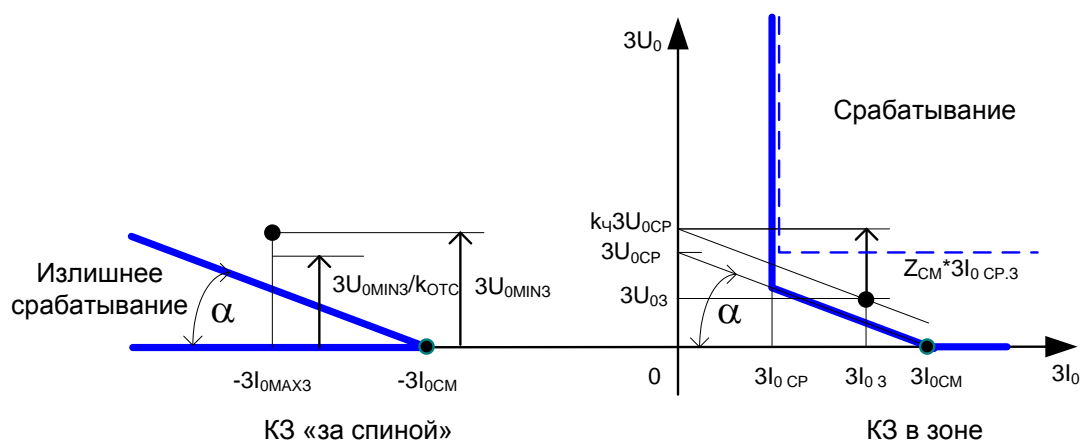


Рисунок 10.5 - Вольтамперная характеристика разрешающего РНМНП со смещением

Вольт-амперная характеристика РНМНП (рисунок 10.5) построена при угле между напряжением и током нулевой последовательности, равном углу максимальной чувствительности разрешающего РНМНП. При КЗ "за спиной"

фаза напряжения остаётся неизменной, а измеренный ток меняет фазу на 180° , поэтому характеристика отображается во втором, а не в четвёртом квадранте.

Сопротивление смещения Z_{CM} равно тангенсу угла α наклона нижней ветви вольт-амперной характеристики:

$$Z_{CM} = \operatorname{tg} \alpha = 3U_{0CP} / 3I_{0CM} = U_{0CP} / I_{0CM},$$

где I_{0CM} – первичный ток смещения – ток, при котором наступает "самоход" разрешающего РНМНП.

2. Должна быть обеспечена селективность (несрабатывание) защиты при КЗ на землю расчётного вида на шинах подстанции, где установлена защита, то есть, "за спиной": утроенное напряжение нулевой последовательности в месте установки защиты $3U_{0MIN3}$ должно быть с запасом больше дополнительной составляющей напряжения от смещения (рисунок 10.5, КЗ "за спиной"):

$$\begin{aligned} 3U_{0MIN3} / k_{OTC} &\geq (3I_{0MAX3} - 3I_{0CM}) Z_{CM} = \\ &= (3I_{0MAX3} - 3U_{0CP.PAZP.} / Z_{CM}) Z_{CM} = \\ &= 3I_{0MAX3} Z_{CM} - 3U_{0CP}, \end{aligned}$$

откуда:

$$Z_{CM} \leq (3U_{0MIN3} / k_{OTC} + 3U_{0CP}) / (3I_{0MAX3}) \quad (10.18)$$

при

$$3I_{0MAX3} \geq 3I_{0CM} = 3U_{0CP} / Z_{CM},$$

где $3U_{0MIN3}$ – утроенное минимальное первичное напряжение нулевой последовательности в месте установки защиты при КЗ «за спиной»;

$k_{OTC} = 1,15$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности АЦП, ТТ и ТН, расчётов;

$3I_{0MAX3}$ – утроенный первичный максимальный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту при КЗ «за спиной».

Если условия (10.17), (10.18) не обеспечиваются, то необходимо рассмотреть вариант использования блокирующего РНМНП для определения направленности.

Примечание. В ранних версиях шкафов ШЭ2607 смещение точки подключения ТН в линию задавалось не коэффициентом выноса, а величиной Z_{CM} в Омах (в первичных или вторичных величинах). В этом случае при расчётах Z_{CM} во вторичных величинах по условиям (10.17), (10.18) необходимо учитывать, что в качестве уставки коэффициента трансформации ТН вводится только величина $n_{ТН}$ для обмоток "Y/Y". Для пересчёта в первичные величины утроенного напряжения нулевой последовательности, измеряемого на вторичной обмотке "разомкнутого треугольника" ТН, используется формула (10.15).

Пересчёт величины Z_{CM} во вторичные величины выполняется по формуле:

$$Z_{CM(2)} = Z_{CM(1)} n_{TT} / n_{TH},$$

где n_{TH} - коэффициент трансформации ТН для обмоток "Y/Y".

Блокирующее реле

$3I_{0\text{ СР.БЛ.}}$

Ток срабатывания $I_{0\text{ СР.БЛ.}}$ блокирующего РНМНП выбирается так же, как и для разрешающего, в соответствии с выражением (10.14). Обычно ток срабатывания блокирующего РНМНП выбирается меньше, чем уставка срабатывания реле тока наиболее чувствительной ступени ТНЗНП:

$$3I_{0\text{ СР.БЛ.}} \leq 3I_{0\text{ СР.З.}} / k_{ОТС},$$

где $I_{0\text{ СР.З.}}$ - уставка срабатывания наиболее чувствительной ступени ТНЗНП;

$k_{ОТС} = 1,2$ - коэффициент отстройки.

$3U_{0\text{ СР.БЛ.}}$

Уставка РНМНП по напряжению $3U_{0\text{ СР.БЛ.}}$ срабатывания выбирается так же, как и для разрешающего, в соответствии с выражением (10.16).

Необходимо проверить селективность блокирующего РНМНП при замыкании на землю "за спиной": при протекании по линии тока, равного току срабатывания реле тока наиболее чувствительной ступени защиты, утроенное первичное напряжение в месте установки защиты $3U_{03}$ должно быть достаточным для срабатывания блокирующего РНМНП:

$$3U_{03} \geq k_{ОТС} 3U_{0\text{ СР.БЛ.}} \quad (10.19)$$

при

$$3I_{03} = k_{ОТС} 3I_{0\text{ СР.РТ}},$$

где $k_{ОТС} = 1,15$ - коэффициент отстройки;

$3U_{0\text{ СР.БЛ.}}$ - напряжение срабатывания блокирующего РНМНП;

$3I_{03}$ – утроенный первичный ток КЗ нулевой последовательности в указанном режиме (КЗ "за спиной");

$3I_{0\text{ СР.РТ}}$ - первичный ток срабатывания реле тока нулевой последовательности наиболее чувствительной ступени защиты.

Если условие (15) не выполняется, то блокирующее РНМНП не может применяться для контроля направленности ступеней ТНЗНП.

10.2.7 Уставки ТНЗНП по времени

Перечень уставок по времени ТНЗНП, значения которых необходимо определить, приведен в п. 2.2 Приложения А, функциональные схемы – в Приложении Д.

Задержка на срабатывание (DT49) ступени ТНЗНП, ускоряемой при включении выключателя, выбирается с запасом больше времени разновременности включения фаз выключателя линии.

Задержки на срабатывание I–IV ступеней ТНЗНП (DT50, DT51, DT52, DT53), а также задержка при оперативном ускорении (DT58) согласовываются между собой и с выдержками времени других защит известными методами [4]. Задержки на срабатывание дополнительных V–VI ступеней ТНЗНП (DT59, DT60), одинаковых по логике работы с III и IV ступеням, задаются по мере необходимости (Приложение Д, рисунки 5; 5.1).

Задержки на срабатывание III ступени ТНЗНП с ускорением при приёме сигнала ВЧТО-3 (DT54) и с ускорением и контролем блокирующего реле РНМНП параллельной линии (DT18) могут выбираться минимальными из предусмотренных диапазонов при выполнении на подстанции необходимых требований по защите от импульсных помех.

Выдержка времени на возврат DT56 (примерно 0,025 с) в цепи действия блокирующего реле РНМНП на пуск сигнала ВЧТО-3 и на отключение при приёме аналогичного сигнала предусмотрена для предотвращения неселективного действия ТНЗНП из-за разновременности переориентации РНМНП по концам защищаемой линии (когда возможен интервал времени, в котором на одном конце линии сработало, а на другом не вернулось разрешающее реле РНМНП) при КЗ на параллельной линии и неодновременном отключении выключателей по её концам.

Для того, чтобы не задерживать отключение КЗ на землю на защищаемой линии, это продление сигнала блокирующего реле РНМНП вводится только тогда, когда КЗ действительно произошло на параллельной линии и блокирующее реле находилось в состоянии срабатывания в течение некоторого времени DT55 (примерно 0,04 с – меньше минимального времени, необходимого для отключения одного конца параллельной линии), а не срабатывало кратковременно во время переходного процесса при КЗ на защищаемой линии.

Элемент задержки на возврат DT80 предусмотрен для продления сигнала пуска ВЧТО №3. Рекомендуемое значение, оно же установленное по умолчанию – 0,04 с (Приложение Д, таблица 18).

Элемент выдержки времени DT77 (Приложение Д, рисунок 4.3) в схеме для защиты линии с двумя выключателями предназначен для отстройки по времени от времени отключения собственного выключателя (если цепи на его ЭМО от защит оборваны, а от данного шкафа целы).

10.2.8 Выбор режимов логики ТНЗНП

Перечень уставок логики работы, определяемой состоянием программных накладок, приведён в п. 2.3 Приложения А, функциональные схемы – в Приложении Д.

Назначение большинства программных накладок определяется их наименованием и конкретными условиями их применения. Некоторые из них пояснены ниже.

10.2.8.1 Применение автоматического вывода направленности (ХВ30, ХВ31) допустимо для присоединений с пофазным управлением или при использовании ЛЭП в неполнофазном режиме.

Автоматический вывод направленности при срабатывании ТНЗНП (ХВ30) обеспечивает сохранение сигнала срабатывания ТНЗНП при неполнофазном отключении выключателя, что необходимо для правильной работы УРОВ.

Возможность неселективного действия РНМНП при одно- или двухфазном КЗ линии на землю в неполнофазном режиме объясняется одновременным существованием в этом режиме двух источников мощности нулевой последовательности: одного в защищаемой зоне, а другого "за спиной" (в случае подключения шкафа к ТТ со стороны ВЛ по отношению к выключателю. В противном случае вывод направленности при ускорении исключается накладкой ХВ30).

Аналогично, автоматический вывод направленности при включении выключателя (ХВ31) необходим в режиме неполнофазного включения выключателя (на время ввода ускорения при включении выключателя ДТ28).

10.2.8.2 Выбор направленности ступеней

Использование РНМНП в цифровых защитах не снижает (в отличие от электромеханических защит) надёжности ТНЗНП, но повышает их селективность. Однако, на случай повреждения цепей напряжения, рекомендуется предусматривать ненаправленность (или направленность от РНМНП_Б) хотя бы одной из ступеней, охватывающей с запасом защищаемую линию.

Выбор направленности ступеней ТНЗНП (ХВ32, ХВ33, ХВ34, ХВ35, ХВ39, ХВ40) – степень направленная или ненаправленная - вводится для обеспечения селективности ступеней ТНЗНП при минимальной задержке на срабатывание [8, п. 3.2]. На каждой линии только одна защита – с меньшей выдержкой времени обязательно должна быть направленной. На подстанции ненаправленной может быть защита с наибольшим временем срабатывания среди защит всех присоединений подстанции.

10.2.8.3 Контроль направленности ступеней ТНЗНП

I и II ступени ТНЗНП могут выполняться ненаправленными и направленными от РМ_Р;

III – VI ступени ТНЗНП могут выполняться ненаправленными, направленными от РМ_Р или от РМ_Б.

Контроль направленности от разрешающего или блокирующего РНМНП означает, что работа ступени разрешается как при наличии разрешающего сигнала от разрешающего РНМНП (срабатывание РМ_Р), так и при отсутствии блокирующего сигнала от блокирующего РНМНП (несрабатывание РМ_Б) вне

зависимости от наличия разрешающего сигнала от разрешающего РНМНП (на случай недостаточной чувствительности разрешающего РНМНП при КЗ в зоне действия защиты), так как разрешающее и блокирующее РНМНП включаются по логической схеме ИЛИ.

10.2.8.4 Контроль сигнала ВЧТО №3 производится от ПО III ступени ТНЗНП (программная накладка ХВ57 в положении «0») за исключением случаев, когда III ступень не охватывает всю защищаемую линию. В этом случае Контроль сигнала ВЧТО №3 производится от ПО VI ступени ТНЗНП (программная накладка ХВ57 в положении «1»).

10.2.8.5 V ступень и VI ступень ТНЗНП применяются в сложных случаях на трёхконцевых линиях, линиях с мощными отпайками, при наличии нескольких параллельных линий. Если эти ступени используются для опробования шин своей подстанции при выведенной ДЗШ или при реконструкции ТТ или ДЗШ, программными накладками ХВ91, ХВ92 устанавливается их обратная направленность.

10.2.8.6 При выборе программными накладками ХВ39 (ХВ40) прямой направленности контроль направленности V (VI) ступеней будет осуществляться от ИО "M₀ РАЗР" либо "M₀ РАЗР и M₀ БЛ", включёнными по схеме «ИЛИ» (при срабатывании разрешающего реле или несрабатывании блокирующего), а при выборе обратной направленности - от ИО "M₀ БЛ" либо "M₀ БЛ и M₀ РАЗР", (при срабатывании блокирующего реле или несрабатывании разрешающего).

10.2.8.7 Времена задержек срабатывания пятой и шестой ступеней ТНЗНП задаются выдержками времени DT59, DT60 соответственно. Установкой программных накладок ХВ53 (ХВ54) в положение «1» («Используется») имеется возможность отстройки V (VI) ступени ТНЗНП от броска тока намагничивания (через элементы времени DT69) – Приложение Д, рисунок 5.1.

Пусковой орган БТНТ блокирует действие реле тока ступеней ТНЗНП, с которыми он действует по логической схеме «И». БТНТ реагирует на величину паузы в токе нулевой последовательности, измеряемой с порогом, соответствующим уставке самого чувствительного из реле тока ступеней ТНЗНП. Кроме того, блокирующее действие самого БТНТ шунтируется (по схеме «ИЛИ») при токе нулевой последовательности, превышающем $6 \cdot I_{НОМ}$, что необходимо при большой кратности тока КЗ, когда во вторичном токе ТТ могут появляться паузы. Таким образом, ПО БТНТ не имеет своей уставки она всегда равна уставке самого чувствительного из реле тока ступеней ТНЗНП.

11 Междофазная токовая отсечка (МТО)

11.1 Описание функции МТО

11.1.1 Трёхфазная ТО (Приложение Д, рисунок 8) содержит:

- три междофазных ПО тока для постоянного ввода в работу;
- три междофазных ПО тока, действующих на ускорение при включении выключателя. Вводятся в работу на время от 0,7 до 2,0 с с момента возврата сигнала контроля цепи включения выключателя (РПО).

Имеется возможность действия токовой отсечки, программной накладкой ХВ38 в пункте меню терминала ТНЗНП и ТО / Логика работы / Уск.ТО при вкл.В | не предусмотрено / предусмотрено или в программе *EKRASMS - ТНЗНП и ТО / Логика работы / ХВ38 Ускорение действия токовой отсечки при включении выключателя* | не предусмотрено / предусмотрено с ускорением при включении выключателя с выдержкой времени DT29 (241).

11.1.2 Диапазон уставок по току срабатывания всех междофазных ПО тока - от $0,35 I_{НОМ}$ до $30,00 I_{НОМ}$

11.1.3 Средняя основная погрешность по току срабатывания междофазных ПО тока не превышает $\pm 5\%$ от уставки.

11.1.4 Коэффициент возврата междофазных ПО тока - не менее 0,9.

11.1.5 Дополнительная погрешность по току срабатывания междофазных ПО тока от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определённого при температуре $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$.

11.1.6 Время срабатывания междофазных ПО тока при подаче входного тока, равного $2 I_{СР}$ не более 0,025 с.

11.1.7 Время возврата междофазных ПО тока при сбросе входного тока от $10 I_{СР}$ до нуля - не более 0,04 с.

11.1.8 Обеспечен диапазон уставок по времени ТО от 0 до 15 с.

11.2 Выбор и расчёт уставок МТО

Полный перечень уставок междофазной токовой отсечки (МТО) разделён на три группы, совмещённые с аналогичными уставками для ДЗ и ТНЗНП (Приложение А):

- уставки по токам срабатывания МТО (п. 2.1);
- уставки МТО по времени (п. 2.2);
- логика работы МТО (п. 2.3).

МТО – это дополнительная защита, предназначенная для срабатывания при включении выключателя линии на близкое трёхфазное КЗ, когда не срабатывают РС дистанционной защиты.

В качестве пускового органа для МТО используются три реле тока, включённые на разности фазных токов (для исключения токов нулевой последовательности) и действующие по схеме ИЛИ.

В модернизированном варианте МТО содержит отдельные пусковые органы для длительного режима работы и работе с ускорением при включении выключателя с независимым заданием уставок (Приложение Д, рисунок 5.2).

$I_{CP\ MTO}$

Ток срабатывания $I_{CP\ MTO}$ ИО МТО без выдержки времени выбирается [12, 16]:

1) по условию отстройки от всех видов КЗ вне защищаемой линии в том числе и от $K^{(3)}$:

$$I_{CP\ MTO} = k_{OTC} \sqrt{3} * I_{K\ MAX}^{(3)} / n_{TT},$$

где: $k_{OTC} = 1,2$ – коэффициент, учитывающий апериодическую составляющую и гармоники в токе.

$I_{K\ MAX}^{(3)}$ – наибольшее значение периодической составляющей первичного фазного тока, протекающего в месте установки защиты, при КЗ на шинах противоположной подстанции или на шинах «за спиной» подстанции, на которой установлена рассматриваемая защита;

n_{TT} – коэффициент трансформации трансформатора тока.

При этом обеспечивается селективность (несрабатывание) ИО МТО при всех видах КЗ вне защищаемой линии.

2) В случае наличия на линии ответвлений

токовая отсечка должна быть дополнительно отстроена от тока, протекающего в месте её установки, посылаемого двигателями ответвлений при трёхфазных коротких замыканиях в сети за шинами подстанции, на которой установлена данная защита.

$$I_{CP\ MTO} \geq k_{OTC} \sqrt{3} I_{K\ ОТВ\ ВЛ},$$

где $k_{OTC} = 1,25$ – коэффициент отстройки,

$I_{K\ ОТВ\ ВЛ}$ – суммарный встречный ток ответвлений линии в месте установки защиты при трёхфазных КЗ на шинах данной подстанции.

3) по условию отстройки от максимального уравнительного тока линии при качаниях в ЭЭС:

$$I_{CP\ MTO} = k_{OTC} \sqrt{3} * I_{УР.\ КАЧ}^{(3)} / n_{TT},$$

где $k_{OTC} = 1,1$ - коэффициент отстройки;

$I_{УР.\ КАЧ}^{(3)}$ – максимальный первичный ток при качаниях или асинхронном ходе;

n_{TT} – коэффициент трансформации трансформатора тока.

Ток срабатывания принимается равным большему из полученных значений в пунктах 1) ÷ 4).

Коэффициент чувствительности $k_{ЧУВ}$ ИО МТО проверяется при $K^{(3)}$ в месте установки защиты и должен удовлетворять условию [6]:

$$k_{ЧУВ} = \sqrt{3} * I_K^{(3)} / (I_{СР МТО} * n_{ТТ}) \geq 1,2,$$

где: $I_K^{(3)}$ – первичный ток трёхфазного КЗ в месте установки защиты в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме;

$I_{СР МТО}$ – ток срабатывания ИО МТО;

$n_{ТТ}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока.

При кратности тока КЗ к уставке ИО МТО больше 2 обеспечивается время срабатывания ИО МТО не более 25 мс.

$I_{СР МТО \text{ вкл в}}$

Ток срабатывания $I_{СР МТО \text{ вкл в}}$ ИО МТО при включении выключателя выбирается так, чтобы обеспечить коэффициент чувствительности $k_{ЧУВ}$ МТО равным 2 при $K^{(3)}$ в месте установки защиты:

$$I_{СР МТО \text{ вкл в}} \leq \sqrt{3} * I_{K \text{ MIN}}^{(3)} / (k_{ЧУВ} * n_{ТТ}) = \sqrt{3} * I_{K \text{ MIN}}^{(3)} / (2 * n_{ТТ})$$

DT57 и DT29

В длительном режиме работы задержка на срабатывание МТО определяется временем DT57, которое нормально устанавливается равной нулю. При наличии трубчатых разрядников на линии задержка может устанавливаться равной 0,1 с [27]. В режиме ускорения при включении выключателя (неселективная отсечка) задержка на срабатывание МТО определяется общей с ДЗ задержкой по времени DT29, а время ввода ускорения ДЗ и токовой отсечки регулируется временем DT28.

XB38

Режимы работы МТО выбираются с помощью XB38. Длительный режим работы МТО не выбирается, если при КЗ в месте установки защиты коэффициент чувствительности МТО меньше 1,2 в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме [6].

12 Устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ)

12.1 Описание функции УРОВ

12.1.1 УРОВ (Приложение Д, рисунок 6) содержит три однофазных ПО тока для контроля тока через выключатель и логические цепи.

12.1.2 Ток срабатывания ПО тока УРОВ регулируется в пределах от $0,04 I_{НОМ}$ до $0,4 I_{НОМ}$.

12.1.3 Средняя основная погрешность по току срабатывания реле тока УРОВ не превышает $\pm 10\%$ от уставки.

12.1.4 Коэффициент возврата ПО тока УРОВ - не менее 0,9.

12.1.5 Время срабатывания ПО тока УРОВ при подаче тока $2 I_{СР}$ не превышает 0,025 с.

12.1.6 Время возврата ПО тока УРОВ при сбросе входного тока от $25 I_{НОМ}$ до нуля не превышает 0,03 с.

12.1.7 ПО тока УРОВ правильно работает при искажении формы вторичного тока трансформатора тока, соответствующей токовой погрешности до 50 % включительно в установившемся режиме, при значении вторичного тока от $4 I_{НОМ}$ до $40 I_{НОМ}$ (для неискажённой формы тока).

12.1.8 Дополнительная погрешность по току срабатывания ПО тока УРОВ при изменении частоты в диапазоне от 0,9 до 1,1 номинальной частоты не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определённого при номинальной частоте.

12.1.9 Дополнительная погрешность по току срабатывания ПО тока УРОВ от изменения температуры по 1.1.3 не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определённого при температуре $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$.

12.1.10 Предусмотрена возможность работы УРОВ в двух режимах:

– с автоматической проверкой исправности выключателя, когда при пуске УРОВ от устройств РЗА формируется сигнал на отключение резервируемого выключателя;

– с дублированным пуском от защит, когда сигнал на отключение смежных выключателей контролируется сигналом РПВ.

12.1.11 УРОВ формирует сигнал без выдержки времени на отключение резервируемого выключателя при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (внешний сигнал);
- действие ДЗШ (внешний сигнал);
- действие защит на отключение (внутренний сигнал);
- протекание тока через выключатель.

Выбор нужного режима работы УРОВ производится программными накладками ХВ5 и ХВ6 в пунктах меню терминала **УРОВ / Логика работы / Подтверждение УРОВ от РПВ | предусмотрено / не предусмотрено** и **УРОВ / Логика работы / УРОВ 'на себя' | не предусмотрено / предусмотрено** или в программе **EKRASMS - УРОВ / Логика работы / ХВ5 Подтверждение пуска**

УРОВ от сигнала РПВ | предусмотрено / не предусмотрено и УРОВ / Логика работы / ХВ6 Действие УРОВ "на себя" | не предусмотрено / предусмотрено.

12.1.12 При наличии тока через выключатель и одновременном действии устройств РЗА логические цепи УРОВ формируют сигнал с выдержкой времени, регулируемой в пределах от 0,1 до 0,6 с.

В части формирования отключающих импульсов УРОВ обеспечивает действие на отключение резервируемого выключателя без выдержки времени, а затем с выдержкой времени действие на отключение смежных выключателей. Предусмотрены задержки:

- продление блокировки от УРОВ присоединения – DT9 (**406**);
- продление блокировки от УРОВ ДЗШ – DT10 (**407**);
- действия УРОВ – DT16 (**409**);
- действия УРОВ на себя – DT17 (**430**).

Обеспечена избирательность действия логики УРОВ. При поступлении пускового сигнала от защиты линии и наличии тока осуществляется формирование выходного сигнала УРОВ в защиту шин «**УРОВ присоединения в ДЗШ**» (дискретный сигнал 353). И, наоборот, при поступлении пускового сигнала от защиты шин и наличии тока осуществляется формирование выходного сигнала УРОВ в защиту линии «**УРОВ ДЗШ в присоединение**» (дискретный сигнал 354).

12.1.13 Функция УРОВ не используется в схеме для двух выключателей на присоединение.

12.2 Выбор и расчёт уставок УРОВ

Полный перечень уставок УРОВ разделён на три группы (Приложение А):

- уставки ПО УРОВ (п. 3.1);
- уставки по времени УРОВ (п. 3.2);
- логика работы УРОВ (п. 3.3).

Пусковой орган по току УРОВ представляет собой три фазных реле тока, действующих по схеме ИЛИ. Он предназначен для возврата схемы УРОВ при отсутствии отказа выключателя и для определения отказавшего выключателя.

12.2.1 Ток срабатывания УРОВ

12.2.1.1 Уставка по току срабатывания I_{CP} ПО УРОВ выбирается меньше минимального тока КЗ, протекающего в месте установки защиты при междуфазных КЗ и КЗ на землю в конце зоны резервирования (практически меньше уставки реле тока четвёртой ступени ТЗНП):

$$I_{CP} \leq I_{K3 \text{ MIN}} / (n_{TT} k_{\text{ч}}),$$

где $I_{K3 \text{ MIN}}$ - минимальный ток, протекающий в месте установки УРОВ, при междуфазных КЗ и КЗ на землю в зоне резервирования защит линии;

n_{TT} – коэффициент трансформации трансформатора тока;

$k_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности, равный 1,5 при КЗ в конце защищаемой линии и равный 1,2 при КЗ в зоне резервирования (в конце предыдущего участка линии).

Обычно в сетях 110-220 кВ токи междуфазных КЗ больше, чем токи КЗ на землю, поэтому ток I_{CP} должен быть меньше уставки реле тока IV ступени ТЗНП:

$$I_{CP} \leq I_{Y \text{ IV ст ТЗНП}},$$

где $I_{Y \text{ IV ст ТЗНП}}$ - уставка реле тока IV ступени ТЗНП.

В то же время, ток срабатывания реле тока УРОВ не следует принимать слишком низким, иначе, в условиях отключения тока КЗ очень большой кратности, переходный процесс во вторичных цепях ТТ может привести к увеличению времени возврата УРОВ.

12.2.1.2 Для выключателей с пофазным приводом необходима также отстройка УРОВ от максимального ёмкостного тока линии.

Ток срабатывания I_{CP} при этом должен быть больше:

$$I_{CP} \geq k_{\text{отс}} I_{\text{Е}} / (n_{TT} k_{\text{вз}}),$$

где $k_{\text{отс}} = 1,5$ - коэффициент отстройки;

$I_{\text{Е}}$ – ёмкостный ток линии, равный удельному ёмкостному току линии $I_{\text{Е}}^{\text{уд}}$, умноженному на длину линии L . Для линий длиной до 200 км ВЛ 220 кВ $I_{\text{Е}}^{\text{уд}}$ можно принять равным 0,35 А/км – для ВЛ 220 кВ, и 0,2 А/км - для ВЛ 110 кВ [3];

$n_{\text{ТТ}}$ - коэффициент трансформации ТТ;

$k_{\text{ВЗ}} = 0,9$ - коэффициент возврата.

Измеряемый ток $I_{\text{И}}$, который, с учётом коэффициента трансформации ТТ $n_{\text{ТТ}}$, сравнивается с уставкой $I_{\text{СР}}$ в РТ УРОВ, в общем случае, рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{И}} = |\underline{I}_{\Phi} - k * \underline{I}_{\text{Е}}| = |\underline{I}_{\Phi} - jk * b_{\text{Л}} * \underline{U}_{\Phi} * L_{\text{Л}}|,$$

где \underline{I}_{Φ} – ток фазы;

$k = (0 \div 1)$ – коэффициент компенсации ёмкостного тока линии. При отсутствии на линии компенсирующих реакторов k принимается равным единице, а при их наличии – пропорциональным не скомпенсированному току линии. На коротких линиях k принимается равным нулю, и тогда измеряемый ток просто равен фазному току в месте установки реле тока УРОВ;

$\underline{I}_{\text{Е}}$ - ёмкостный ток линии;

$b_{\text{Л}}$ - удельная ёмкостная проводимость линии (задаётся в бланке уставок как общий параметр линии в виде удельной проводимости прямой последовательности b_1);

U_{Φ} – первичное напряжение фазы в расчётном режиме;

$L_{\text{Л}}$ – длина линии (задаётся в бланке уставок как общий параметр линии).

Более точно, для линий любой длины, в том числе и больше 200 км, в пренебрежении активными сопротивлениями линии, величина ёмкостного тока линии определяется по формуле [15]:

$$\underline{I}_{\text{Е}} = j \underline{U}_{\Phi} * \text{tg}(\beta l) / Z,$$

где $Z = \sqrt{L' / C'}$ – волновое сопротивление однородной длинной линии без потерь;

L' - удельная продольная индуктивность линии;

C' - удельная поперечная ёмкость индуктивность линии;

$\beta = \sqrt{L' C'}$ - коэффициент фазы однородной длинной линии без потерь;

l – длина линии.

12.2.1.3 На линии, отключённой на противоположном конце, ток неповреждённой фазы $I_{\text{НЕП.Ф}}$ равен ёмкостному току линии $I_{\text{Е}}$. Учитывая коллинеарность ёмкостного тока и составляющей от компенсации ёмкостного

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

тока в токе срабатывания I_{CP} РТ УРОВ, ток возврата I_{B3} РТ УРОВ может быть определён через действительные (не комплексные) величины по формуле:

$$I_{B3} \geq K_{OTC}(I_{HEП.Ф.} - k*b_L*U_{HEП.Ф.}*L_L)/n_{TT},$$

а ток срабатывания I_{CP} :

$$I_{CP} \geq K_{OTC}(I_{HEП.Ф.} - k*U_{HEП.Ф.}*b_L*L_L)/(n_{TT}K_{B3}),$$

где $K_{OTC} = 1,5$ – коэффициент отстройки;

k – коэффициент компенсации ёмкостного тока линии;

$U_{HEП.Ф.}$ – первичное напряжение неповреждённой фазы при отказе выключателя этой фазы в расчётном режиме;

b_L – удельная ёмкостная проводимость линии;

L_L – длина линии;

n_{TT} – коэффициент трансформации ТТ;

K_{B3} – коэффициент возврата РТ УРОВ.

После отключения КЗ с противоположной стороны ёмкостный ток линии в неотключившейся неповреждённой фазе может быть скомпенсирован полностью, то есть, при выборе коэффициента компенсации ёмкостного тока линии k равным 1 значение уставки I_{CP} РТ УРОВ по данному критерию может быть выбрано достаточно малым.

12.2.1.4 Отстройка от тока отсоса в ТТ отключённой фазы

вид привода	учёт распределённой ёмкости линии	использование ОАПВ	расчётный вид КЗ
пофазный	с учётом и без	с использованием	1- или 2- фазный

На линиях, с выключателями с пофазным приводом, оборудованных устройствами однофазного автоматического повторного включения (ОАПВ), ток срабатывания ИО тока УРОВ должен быть, кроме того, отстроен от "тока отсоса", под которым подразумевается ток, протекающий через вторичную обмотку ТТ отключённой фазы под воздействием падения напряжения на сопротивлении Z_0 , включённом в нулевой провод "звезды" ТТ, от суммарного тока фаз, не отключаемых в цикле ОАПВ (рисунок 10).

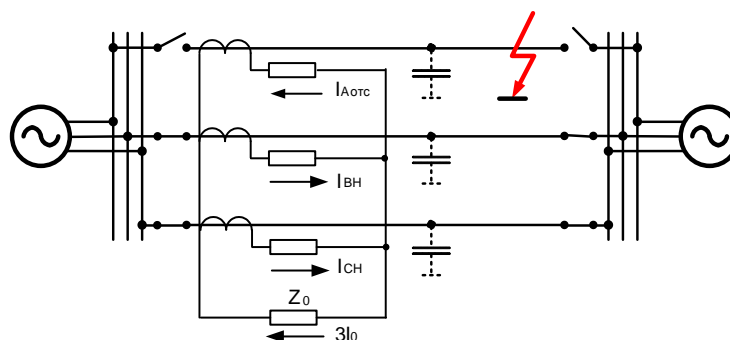


Рисунок 10 - Образование тока "отсоса" в отключённой фазе в цикле ОАПВ

Вторичные токи неповреждённых, оставшихся в работе в цикле ОАПВ фаз, практически полностью замыкаются каждый через сопротивление Z_0 "звезды" ТТ. Эти токи, а, значит, и ток $3 \cdot I_0$, протекающий в нулевом проводе "звезды" ТТ, в цикле ОАПВ не превышают номинального тока линии. Ток через имеющую большое сопротивление вторичную обмотку ТТ отключённой фазы $I_{А\text{ отс}}$ (ток "отсоса") тем больше, чем больше сопротивление Z_0 , и составляет лишь малую часть тока $3 \cdot I_0$ и, во всяком случае, не превышает тока намагничивания ТТ в неповреждённой фазе, то есть $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$ при номинальном первичном токе.

Ток возврата реле тока УРОВ должен быть больше тока "отсоса", следовательно, ток срабатывания $I_{\text{СР}}$ реле тока УРОВ при этом равен:

$$I_{\text{СР}} \geq K_{\text{ЗАП}} \cdot 0,01 \cdot I_{\text{НОМ}} / K_{\text{ВЗ}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{ЗАП}} = 5$ – коэффициент запаса.

12.2.2 Выдержка времени УРОВ

12.2.2.1 Выдержка времени УРОВ должна выбираться минимально допустимой для уменьшения расчётных выдержек времени резервных защит и, в то же время достаточной для обеспечения надёжной, устойчивой работы энергосистемы.

Выдержка времени $T_{\text{СР УРОВ}}$ действия УРОВ через ДЗШ (DT16) должна быть с запасом отстроена от выдержки времени действия УРОВ "на себя", максимального времени отключения своего выключателя, времени возврата реле тока УРОВ и время запаса [17]:

$$T_{\text{СР УРОВ}} = t_{\text{НС}} + t_{\text{ОВ}} + t_{\text{ВЗ РТ}} + \Delta t_{\text{ЗАП}} = (0,13 \div 0,18) \text{ с},$$

где $T_{\text{СР УРОВ}}$ – большая выдержка времени УРОВ (DT16), то есть выдержка времени действия УРОВ на ДЗШ;

$t_{HC} = 0,02$ с - выдержка времени действия УРОВ "на себя" (DT17), то есть выдержка времени действия УРОВ "на себя", на свой ЭМО;

$t_{ОВ} = (0,03 \div 0,08)$ с – максимальное время отключения выключателя, которое определяется типом выключателя;

$t_{ВЗ РТ} = 0,03$ с – время возврата реле контроля протекания тока (РТ УРОВ);

$\Delta t_{ЗАП} = 0,05$ с – время запаса.

12.2.2.2 При использовании режима УРОВ "С дублированным пуском" минимально допустимое время задержки УРОВ может быть уменьшено за счёт исключения отстройки от времени действия "на себя" и исключения времени возврата реле КQC, которое при возврате пускает УРОВ, а начинает возвращаться одновременно с подачей сигнала на ЭМО [7]:

$$T_{CP \text{ УРОВ}} \geq T_{CP \text{ УРОВ МИН}} = t_{ОВ} + t_{ВЗ РТ} - t_{ВЗ КQC} + \Delta t_{ЗАП}$$

где $t_{ВЗ КQC} = 0,01$ с – время возврата реле КQC, то есть минимальное время срабатывания выходного реле терминала, при срабатывании шунтирующего оптрона КQC.

Для того, чтобы исключить нарушение динамической устойчивости работы энергосистемы после близкого трёхфазного КЗ (если такое нарушение возможно при КЗ на данной линии) выдержка времени $T_{CP \text{ УРОВ}}$ должна быть меньше $T_{CP \text{ УРОВ МАКС}}$:

$$T_{CP \text{ УРОВ}} < T_{CP \text{ УРОВ МАКС}} = t_{ДУ} - t_{CP.З} - t_{ОВ}$$

где $t_{ДУ}$ – максимально допустимое по условиям динамической устойчивости расчётное время повторного отключения близкого трёхфазного КЗ при отказе выключателя и действии УРОВ;

$t_{CP.З} = 0,04$ с – время срабатывания защиты;

$t_{ОВ} = 0,08$ с - время отключения выключателя.

12.2.3 Режимы работы УРОВ

Режимы работы УРОВ выбираются программными накладками (Приложение Д, рисунок 6):

- ХВ5 – режим «дублированный пуск», предполагающий одновременно с приёмом сигнала пуска УРОВ контроль возврата дискретного входа КQC (РПВ), который шунтируется выходным реле защиты, действующим на отключение выключателя;

- ХВ6 - режим «автоматическая проверка исправности выключателя» (УРОВ "на себя"), выполняющий действие без выдержки времени на отключение резервируемого выключателя по цепям отключения от УРОВ для случаев, когда прямое действие на отключение выключателя от защит не происходит из-за обрывов в этих цепях.

13 Токовая защита от перегрузки (ТЗП)

13.1 Описание функции ТЗП

13.1.1 ТЗП выдаёт сигналы во внешние цепи при перегрузке присоединения по току, с учётом направления мощности прямой последовательности. В состав ТЗП входят ПО максимального тока прямой последовательности, ИО направления мощности прямой последовательности и цепи логики взаимодействия с другими узлами защиты.

13.1.2 ПО максимального тока ТЗП реагируют на ток прямой последовательности.

13.1.3 Диапазон уставок ПО тока ТЗП - от $0,1 I_{НОМ}$ до $2,0 I_{НОМ}$.

13.1.4 Средняя основная погрешность по току срабатывания ПО тока ТЗП не превышает $\pm 5 \%$ от уставки.

13.1.5 Дополнительная погрешность по току срабатывания ПО тока ТЗП при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5 \%$ от среднего значения, измеренного при температуре $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$.

13.1.6 Коэффициент возврата ПО тока ТЗП - не менее 0,98.

13.1.7 Время срабатывания ПО тока ТЗП при подаче входного тока, равного $2 I_{СР}$, не превышает 0,025 с. Время возврата ПО тока ТЗП при сбросе тока от $10 I_{СР}$ до нуля - не более 0,04 с.

13.1.9 ИО направления мощности прямой последовательности

Для обеспечения направления мощности используются два ИО РНМПП, включённые на ток и напряжение прямой последовательности. Первый (ИО РНМПП в линию) должен срабатывать при направлении мощности прямой последовательности от шин к присоединению, а второй (ИО РНМПП из линии) – от присоединения к шинам.

Контроль направленности для каждой ступени устанавливается программными накладками ХВ67, ХВ68, ХВ69 в пункте меню терминала ТЗП / **Логика работы** или в программе **EKRASMS - ТЗП / Логика работы**.

13.1.10 Схема ТЗП обеспечивает действие:

- на сигнализацию (сигнальной ступени с первой выдержкой времени);
- на программируемое выходное реле, обеспечивающее отключение первой группы потребителей (I ступени со второй выдержкой времени);
- на программируемое выходное реле, обеспечивающее отключение второй группы потребителей (II ступени с третьей выдержкой времени).

Диапазон уставок по выдержкам времени для всех ступеней ТЗП - от 0 до 840 с.

13.1.12 Имеется возможность контроля ступеней ТЗП от ИО РНМПП в линию и РНМПП из линии.

13.2 Выбор и расчёт уставок ТЗП

Полный перечень уставок ТЗП разделён на три группы (Приложение А):

- уставки ПО ТЗП (п. 4.1);
- уставки по времени ТЗП (п. 4.2);
- логика работы ТЗП (п. 4.3).

В состав ТЗП входят три ПО максимального тока прямой последовательности и два ИО направления мощности прямой последовательности (РНМПП) -- Приложение Д, рисунок 6.

Уставки ПО ТЗП выбираются с учётом действия:

- сигнальной ступени - в цепи сигнализации;
- первой ступени - на отключение первой группы потребителей;
- второй ступени - на отключение второй группы потребителей.

С использованием программных накладок ХВ67, ХВ68, ХВ69 каждая из ступеней ТЗП может быть выбрана ненаправленной или направленной в линию или из линии. Уставки РНМПП по току и напряжению не задаются (направленность определяется при величинах тока и напряжения, обеспечивающих их правильную работу с отстройкой от помех и погрешностей цифровой обработки).

Задержки на срабатывание ступеней ТЗП (DT85, DT86, DT87) задаются по местным условиям.

14 Максимальная токовая защита (МТЗ)

14.1 Описание функции МТЗ

14.1.1 Максимальная токовая защита предназначена для резервирования работы основных защит и действия на отключение при внешних многофазных КЗ

Схема максимальной токовой защиты содержит: шесть ПО максимального тока, комбинированный пусковой орган по напряжению, органы выдержек времени, цепи логики.

14.1.2 ПО максимального тока I и II ступеней МТЗ включаются на токи фаз А, В и С и объединяются по схеме ИЛИ.

14.1.3 Уставки по току срабатывания ($I_{\text{CP МТЗ}}$) ПО тока МТЗ регулируются в диапазоне от $0,05 I_{\text{НОМ}}$ до $30 I_{\text{НОМ}}$.

14.1.4 Средняя основная погрешность по току срабатывания ПО тока МТЗ не превышает $\pm 5\%$ от уставки.

14.1.5 Дополнительная погрешность по току срабатывания ПО тока МТЗ от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определённого при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$.

14.1.6 Коэффициент возврата ПО тока МТЗ - не менее 0,9.

14.1.7 Время срабатывания ПО тока МТЗ при подаче $2 I_{\text{CP МТЗ}}$ - не более 0,025 с.

14.1.8 Время возврата ПО тока МТЗ при сбросе тока от $10 I_{\text{CP МТЗ}}$ до нуля - не более 0,04 с.

14.1.9 Комбинированный пусковой орган по напряжению

14.1.10 Пусковой орган по напряжению состоит из трёх ПО минимального напряжения и ПО напряжения обратной последовательности U_2 , подключаемых к ТН шин.

14.1.11 ПО минимального напряжения включены на линейные напряжения (АВ, ВС, СА) и объединены по схеме ИЛИ.

14.1.12 ПО минимального напряжения имеют уставку по напряжению ($U_{\text{CP.МИН}}$), регулируемую в диапазоне от 10 до 80 В.

14.1.13 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ПО минимального напряжения не превышает $\pm 5\%$ от уставки.

14.1.14 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания ПО минимального напряжения от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определённого при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$.

14.1.15 Время срабатывания ПО минимального напряжения при снижении напряжения толчком от $2 U_{CP}$ до нуля составляет не более 0,03 с.

14.1.16 Время возврата ПО минимального напряжения при подаче толчком напряжения $2 U_{CP}$ составляет не более 0,025 с.

14.1.17 Уставка по напряжению срабатывания (U_{2CP}) ПО напряжения обратной последовательности регулируется в диапазоне от 3 до 24 В.

14.1.18 Средняя основная погрешность по напряжению срабатывания ПО U_2 не превышает $\pm 5\%$ от уставки.

14.1.19 Дополнительная погрешность по напряжению срабатывания реле U_2 от изменения температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне не превышает $\pm 5\%$ от среднего значения, определенного при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$.

14.1.20 Время срабатывания ПО U_2 при подаче толчком напряжения обратной последовательности величиной $2U_{2CP}$ составляет не более 0,025 с.

14.1.21 Время возврата ПО U_2 при снижении напряжения обратной последовательности толчком от величины $2U_{2CP}$ до 0 составляет не более 0,04 с.

14.1.22 Цепи логики

14.1.23 Максимальная токовая защита обеспечивает действие-от I или II ступени МТЗ на отключение выключателя.

С использованием программной накладки ХВ88 (ХВ89), в пункте меню терминала МТЗ / **Логика работы / Контр.МТЗ1(2) от U | не предусмотрен / с БНН / с выводом от БНН** или в программе ***EKRASMS - МТЗ / Логика работы / ХВ88 (ХВ89) Контроль I (II) ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения | не предусмотрен / с БНН / с выводом от БНН*** имеется возможность выбора режима контроля ступени МТЗ от комбинированного ПО напряжения с выводом ступени МТЗ при срабатывании БНН или с выводом действия блокировки ступени МТЗ при срабатывании БНН.

С использованием программной накладки ХВ90 имеется возможность выбора пуска по напряжению: только по снижению любого из трёх междуфазных напряжений или в комбинации с увеличением напряжения обратной последовательности.

Имеется возможность вывода действия II ступени МТЗ программной накладкой ХВ87 в пункте меню терминала **МТЗ / Логика работы / Вторая ступень МТЗ | предусмотрена / не предусматрена** или в программе ***EKRASMS - МТЗ / Логика работы / ХВ87 Действие II ступень МТЗ / предусмотрена / не предусмотрена.***

14.1.24 Уставка по времени действия МТЗ в цепь отключения регулируется в диапазоне от 0,05 до 27,00 с.

14.2 Выбор и расчёт уставок МТЗ

Полный перечень уставок МТЗ разделён на три группы (см. Приложение А):

- уставки ПО МТЗ (п. 5.1);
- уставки по времени МТЗ (п. 5.2);
- логика работы МТЗ (п. 5.3).

14.2.1 Расчёт уставок ПО МТЗ

В составе модернизированного варианта ступенчатых защит имеется двухступенчатая МТЗ с возможностью комбинированного пуска по напряжению. Для каждой ступени используются по три фазных ПО тока, действующих по схеме ИЛИ (Приложение Д, рисунок 5.3).

Вариант использования пуска по напряжению ступеней выбирается независимо с учётом выявления неисправностей в цепях напряжения (программными накладками ХВ88, ХВ89):

- пуск не используется;
- пуск используется без вывода при срабатывании БНН;
- пуск используется с выводом при срабатывании БНН.

Предусматривается использование трёх междуфазных реле минимального напряжения и дополнительно реле напряжения обратной последовательности (выбирается с помощью ХВ90), уставки которых задаются.

Каждая ступень МТЗ имеет задержку на срабатывание (DT14, DT15).

Вторая ступень МТЗ может выводиться из работы программной накладкой ХВ87.

МТЗ включает в себя три максимальных реле фазных токов первой ступени ($I_{А}^I, I_{В}^I, I_{С}^I$) и три максимальных реле фазных токов второй ступени ($I_{А}^{II}, I_{В}^{II}, I_{С}^{II}$).

14.2.1.1 Выбор уставок и проверка чувствительности измерительного органа фазного тока первой ступени МТЗ.

Первая ступень МТЗ предназначена для защиты всей линии в целом и резервирует первую ступень защиты смежного участка.

Уставки всех реле фазных токов первой ступени выбираются одинаковыми

$$I_{А\text{ УСТ}}^I = I_{В\text{ УСТ}}^I = I_{С\text{ УСТ}}^I = I_{\text{УСТ}}^I.$$

Ток срабатывания первой ступени МТЗ выбирается исходя из следующих условий:

а) отстройка от максимального тока нагрузки присоединения:

$$I_{С.З}^I = k_{\text{ОТС}} k_{\text{С}} I_{\text{НАГР}} / k_{\text{В}}.$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1.1$ – коэффициент отстройки;

$k_{\text{В}} = 0.95$ – коэффициент возврата;

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

$k_C = (1.0 \div 2.5)$ – коэффициент самозапуска электродвигателей;

$I_{НАГР} = S_T / (\sqrt{3} * 0,9 U_{НОМ})$ – максимальный ток нагрузки.

б) согласование с первыми (вторыми) ступенями защит, установленных на смежных объектах с обеих сторон от защищаемой линии:

$$I_{С.З}^I = k_{ОТС} k_{ТОК} I_{С.З.СМ}^{I(II)} \quad (14.1)$$

где $k_{ОТС} = 1.1$ – коэффициент отстройки

$k_{ТОК}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению тока в рассматриваемой защите к току в защите смежного объекта, при КЗ в конце зоны действия ступени защиты, с которой производится согласование;

$I_{С.З.СМ}^{I(II)}$ – первичный фазный ток срабатывания первой (второй) ступени токовой защиты смежного объекта, с которым производится согласование.

в) отстройка от тока КЗ за трансформатором подстанции данного и противоположного концов линии $I_{К.СМ}$ (при наличии выключателя на стороне высокого напряжения трансформатора):

$$I_{С.З}^I = k_{ОТС} I_{К.СМ} \quad (14.2)$$

где $k_{ОТС} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$I_{К.СМ}$ – первичный максимальный ток, текущий через защиту при КЗ на низшей стороне силового трансформатора приёмной подстанции, А.

Чувствительность данного измерительного органа проверяется при минимальном значении фазного тока при металлическом КЗ в конце защищаемой линии:

$$k_{Ч} = I_{КЗ\text{ МИН}} / I_{УСТ} \geq 1.5. \quad (14.3)$$

где $I_{КЗ\text{ МИН}}$ – минимальное значение тока в месте установки защиты при расчётном виде металлического КЗ в конце защищаемой линии.

В качестве расчётного чаще всего рассматривают междуфазное КЗ.

г) отстройка от броска тока включения трансформаторов и автотрансформаторов (АТ), если возможно их включение под напряжение через защищаемую линию [16]:

$$I_{С.З}^I = (4 \div 5) I_{\Sigma\text{НОМ.ТР.}}$$

где $I_{\Sigma\text{НОМ.ТР.}} = S_{\Sigma\text{НОМ.ТР.}} / (\sqrt{3} U_{НОМ})$ – суммарный номинальный ток подключаемых трансформаторов, АТ ;

$S_{\Sigma\text{НОМ.ТР.}}$ – суммарная номинальная мощность подключаемых трансформаторов, АТ ;

$U_{НОМ}$ – среднее номинальное напряжение сети.

14.2.1.2 Вторая ступень МТЗ предназначена для резервирования защит своего и смежного участка.

Уставки всех реле фазных токов второй ступени выбираются одинаковыми:

$$I_{А\text{ УСТ}}^{\text{II}} = I_{В\text{ УСТ}}^{\text{II}} = I_{С\text{ УСТ}}^{\text{II}} = I_{\text{УСТ}}^{\text{II}}$$

Ток срабатывания второй ступени МТЗ выбирается исходя из следующих условий:

а) согласование со вторыми (третьими) ступенями защит, установленных на смежных объектах с обеих сторон от защищаемой линии»:

$$I_{С.З}^{\text{II}} = k_{\text{ОТС}} * k_{\text{ТОК}} * I_{С.З\text{ СМ}}^{\text{II(III)}} \quad (14.4)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1.1$ – коэффициент отстройки;

$k_{\text{ТОК}}$ – коэффициент токораспределения, равный отношению тока в рассматриваемой защите к току в защите смежного объекта, при КЗ в конце зоны действия ступени защиты, с которой производится согласование;

$I_{С.З\text{ СМ}}^{\text{II(III)}}$ – первичный ток срабатывания вторых (третьих) ступеней токовых (дистанционных) защит, установленных на смежных объектах с обеих сторон от защищаемой линии, с которым производится согласование, А;...»

б) отстройка от максимального тока нагрузки присоединения:

$$I_{С.З}^{\text{II}} = k_{\text{ОТС}} k_{\text{С}} I_{\text{НАГР}} / k_{\text{В}} \quad (14.5)$$

где $k_{\text{ОТС}} = 1.1$ – коэффициент отстройки;

$k_{\text{В}} = 0.95$ – коэффициент возврата;

$k_{\text{С}} = (1.0 \div 2.5)$ – коэффициент самозапуска электродвигателей;

$I_{\text{НАГР}} = S_{\text{T}} / (\sqrt{3} * 0,9 U_{\text{НОМ}})$ – максимальный ток нагрузки

S_{T} – номинальная полная мощность трансформатора присоединения.

Ток срабатывания второй ступени МТЗ принимается равным большему из двух значений, полученных по вышеприведённым условиям.

Чувствительность второй ступени защиты проверяется при минимальном токе КЗ в конце смежного участка:

$$k_{\text{Ч}} = I_{\text{КЗ МИН}} / I_{\text{УСТ}}^{\text{II}} \geq 1.2 \quad (14.6)$$

где $I_{\text{КЗ МИН}}$ – минимальное значение тока в месте установки защиты при расчётном виде металлического КЗ в конце смежного участка.

В качестве расчётного чаще всего рассматривают междуфазное КЗ.

14.2.2 Выбор выдержек времени ступеней МТЗ

14.2.2.1 Время срабатывания первой ступени МТЗ DT14 рекомендуется выбирать по встречно-ступенчатому принципу, из условия согласования со

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

временем срабатывания первой (второй) ступени токовой защиты, установленной на предыдущем элементе:

$$t_{C.3}^I = t_{C.3,CM}^{I(II)} + t_{УРОВ} + \Delta t,$$

где $t_{C.3,CM}^{I(II)}$ – время срабатывания первой (второй) ступени резервной защиты (МТЗ,

ДЗ) смежного элемента, с которой производится согласование, с;

$t_{УРОВ}$ – время действия УРОВ (при его наличии) на смежном присоединении, с;

$\Delta t = 0,3-0,5$ – степень селективности, с.

14.2.2.2 Время срабатывания второй ступени МТЗ DT15 выбирается из условия согласования со временем действия наиболее чувствительных ступеней резервных защит предыдущего элемента:

$$t_{C.3}^{II} = t_{C.3,CM} + \Delta t,$$

где $t_{C.3,CM}$ – выдержка времени наиболее чувствительной ступени резервной защиты (МТЗ, ДЗ) смежного элемента, с которой производится согласование, с;

$\Delta t = 0,3-0,5$ – степень селективности, с.

14.2.3 Выбор режимов логики МТЗ

Назначение программных переключателей ХВ87...ХВ90 ясно из таблицы 17 и рисунка 5.3 Приложения Д.

15 Телеускорение и телеотключение (ТУ и ТО)

15.1 Описание функции ТУ и ТО

15.1.1 Предусмотрено действие при приёме сигнала ВЧТО №1 на отключение с запретом АПВ с возможностью контроля:

- включённого положения выключателя;
- включённого положения выключателя и срабатывания БК;
- срабатывания ИО сопротивления I или II ступеней ДЗ, контролируемых БК и БНН, или реле тока IV ступени ТНЗНП.

15.1.2 Предусмотрено действие на отключение при приеме сигнала ВЧТО № 2 и срабатывании I или II ступеней ДЗ, контролируемых БК и БНН.

ИО сопротивления первой или второй ступени ДЗ, контролируемые БК и БНН и выбираемые, программной накладкой ХВ19 в пункте меню терминала ДЗ / **Логика работы / Контр.ВЧТО2отДЗ | I ступень / II ступень** или в программе **EKRASMS - ДЗ / Логика работы / ХВ19 Контроль от I(II) ст.ДЗ при приёме сигнала ВЧТО №2 | I ступень / II ступень**, действуют в цепи ускорения при приёме сигналов ВЧТО №1 и №2.

15.1.3 Предусмотрено действие ИО сопротивления I ступени ДЗ, контролируемой БК и БНН, на передачу разрешающего сигнала ВЧТО № 2 на другой конец линии.

15.1.4 При приёме сигнала ВЧТО №3 предусмотрено действие на отключение с контролем срабатывания реле тока III ступени ТНЗНП и ИО $M_{0\text{РАЗР}}$ с выдержкой времени в диапазоне от 0,05 до 5,00 с.

При приёме сигнала ВЧТО №3 предусмотрено ускорение действия реле тока III или IV ступени с контролем направленности с выдержкой времени DT54 (327). Выбор ступени осуществляется программной накладкой ХВ57 в пункте меню терминала ТНЗНП и ТО / **Логика работы / Контр.ВЧТО3 отТЗ | III ступень / IV ступень** или в программе **EKRASMS - ТНЗНП и ТО / Логика работы / ХВ57 Контроль ВЧТО N3 от ПО III(IV)ст. ТНЗНП | III ступень / IV ступень**.

Предусмотрена выдача сигнала ВЧТО №3 при срабатывании реле тока III или IV ступени ТНЗНП и ИО $M_{0\text{РАЗР}}$. Выдача сигнала ВЧТО №3 происходит только по истечению выдержки времени DT56 (329) после возврата ИО $M_{0\text{БЛ}}$. Такая задержка необходима для предотвращения излишнего срабатывания ТНЗНП по цепи от сигнала ВЧТО №3 из-за одновременности переориентации РНМНП по обоим концам защищаемой линии.

15.2 Выбор и расчёт уставок ТУ и ТО

Телеотключение и телеускорение резервных защит линии выполняется с помощью устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК) по ВЧ каналам ЛЭП (устройствами типа ВЧТО, АНКА-АВПА, АКАП, ЕТЛ, ЕТ8, УПК-Ц и другими), кабельным каналам (АНКА, РРЛ и другими),

оптоволоконным линиям (ВОЛС). С помощью этих команд резервные защиты превращаются во вторую основную быстродействующую защиту линии.

По первой команде (ВЧТО №1) чаще всего передаётся телеотключение от УРОВ (Приложение Д, рисунок 4). Иногда, при очевидной ненадёжности УПАСК, временно при новом включении УПАСК принимаемая команда телеотключения ВЧТО №1 контролируется срабатыванием БК, 1 ступени ДЗ или IV ступени ТНЗНП

Вторая команда ВЧТО №2 - телеускорение при междуфазных КЗ - формируется и контролируется пусковыми органами I (II) ст. ДЗ (программные накладки ХВ15 - ХВ19).

Третья команда ВЧТО №3 – телеускорение ТНЗНП при КЗ на землю - формируется и контролируется разрешающим реле РНМНП и пусковыми органами III или IV ступеней ТНЗНП (программная накладка ХВ57).

Приложение А Таблицы уставок

Номинальное напряжение переменного тока, В	Оперативное напряжение постоянного тока, В	Номинальный ток $I_{ном}$, А	Дата выпуска	Заводской номер

Название линии _____

Название подстанции (станции) _____

Причина выдачи уставок _____

Коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов

Измерительный трансформатор	Первичная величина	Вторичная величина	Коэффициент трансформации
Трансформаторы тока выключателя ($K_{ТТ}$)			
Трансформаторы напряжения звезды ($K_{ТН}$)			
Трансформатор тока параллельной линии ($K_{ТТ пл}$)			

Длина линии, км (шаг 0,01)	Удельные сопротивления первичные, Ом/км (шаг 0,0001)					
	линии прямой последовательности		линии нулевой последовательности		взаимной индукции линии с параллельной линией	
	$X_{1ПЕРВ}^0$	$R_{1ПЕРВ}^0$	$X_{0ПЕРВ}^0$	$R_{0ПЕРВ}^0$	$MX_{0ПЕРВ}^0$	$MR_{0ПЕРВ}^0$

ХВ4 Место установки ТН (на шинах, на линии)	
Особая фаза в схеме ТН (фаза А, фаза В, фаза С)	
Направление векторов звезды и треугольника ТН (совпадает, не совпадает)	
Напряжение $3U_0$ (от треугольника, от звезды)	
Напряжение сраб. реле мин. напряжения от ШОН, В (10...80 шаг 0,1)	
Напряжение сраб. реле мин. напряжения шин, В (10...80 шаг 0,1)	

Уставки реле тока, напряжения и сопротивления заданы в первичных и вторичных величинах.

Расчёт по формулам:

$$I_{ВТОР} = \frac{I_{ПЕРВ}}{k_{ТТ}}, \quad U_{ВТОР} = \frac{U_{ПЕРВ}}{k_{ТН}}, \quad Z_{ВТОР} = Z_{ПЕРВ} \frac{k_{ТТ}}{k_{ТН}}.$$

Диапазоны регулирования и шаги изменения уставок заданы во вторичных величинах.

УСТАВКИ ЗАЩИТ ШКАФА

1. Уставки дистанционной защиты (ДЗ)

1.1. Уставки реле сопротивления (РС) ДЗ (рисунок А1)

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных
1	Уставка по оси X характеристики РС I ступени при КЗ на землю, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 12/I_{НОМ})		
2	Уставка по оси R характеристики РС I ступени при КЗ на землю, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 6/I_{НОМ})		
3	Угол наклона φ ₁ характеристики РС I при КЗ на землю ступени, ° (45...89 шаг 1) (по умолчанию 70)		
4	Корректирующий множитель КKR коэффициента компенсации тока нулевой последовательности по активному сопротивлению (0,00...3,00 шаг 0,01) (по умолчанию 1,00)		
5	Корректирующий множитель ККХ коэффициента компенсации тока нулевой последовательности по реактивному сопротивлению (0,00...3,00 шаг 0,01) (по умолчанию 1,00)		
6	Уставка по оси X характеристики РС I ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 12/I_{НОМ})		
7	Уставка по оси R характеристики РС I ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 6/I_{НОМ})		
8	Угол наклона φ ₁ характеристики РС I ступени, ° (45...89 шаг 1) (по умолчанию 70)		
9	Угол наклона φ ₄ верхней части характеристики РС I ступени, ° (-45...0 шаг 1) (по умолчанию 0)		
10	Уставка по оси X характеристики РС II ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 20/I_{НОМ})		
11	Уставка по оси R характеристики РС II ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 10/I_{НОМ})		
12	Угол наклона φ ₁ характеристики РС II ступени, ° (45...89 шаг 1) (по умолчанию 70)		
13	Уставка по оси X характеристики РС III ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 20/I_{НОМ})		
14	Уставка по оси R характеристики РС III ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 25/I_{НОМ})		
15	Угол наклона φ ₁ характеристики РС III ступени, ° (45...89 шаг 1) (по умолчанию 70)		
16	Уставка по оси X характеристики РС IV ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 12/I_{НОМ})		
17	Уставка по оси R характеристики РС IV ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 6/I_{НОМ})		
18	Угол наклона φ ₁ характеристики РС IV ступени, ° (45...89 шаг 1) (по умолчанию 70)		
19	Направленность IV ст. (вперёд, назад) (по умолчанию вперёд)		
20	Уставка по оси X характеристики РС V ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 12/I_{НОМ})		
21	Уставка по оси R характеристики РС V ступени, Ом (1/I _{НОМ} ...500/I _{НОМ} шаг 0,01) (по умолчанию 6/I_{НОМ})		
22	Угол наклона φ ₁ характеристики РС V ступени, ° (45...89 шаг 1) (по умолчанию 70)		
23	Направленность V ст.		

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

	(вперёд, назад) (по умолчанию вперёд)	
24	Угол наклона φ_3 нижней левой части характеристики, ° (91...135 шаг 1) (по умолчанию 115)	
25	Угол наклона φ_2 нижней правой части характеристики, ° (-45...0 шаг 1) (по умолчанию -15)	
26	Уставка по оси R нагрузочного режима, Ом (1/ $I_{ном}$...500/ $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 12/$I_{ном}$)	
27	Угол выреза нагрузочного режима, ° (1...70 шаг 1) (по умолчанию 15)	

Отсчёт углов ведётся от оси +R против часовой стрелки.

1.2. Орган определяющий вид повреждения (рисунок А2)

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных
1	Напряжение срабатывания ПО РННП, В (6,00...15,00 шаг 0,01) (по умолчанию 6)		
2	Ток срабатывания $3I_0$ ПО РТНП, А (0,05· $I_{ном}$...0,2· $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,1$I_{ном}$)		
3	Коэффициент торможения ПО РТНП (0,000...0,150 шаг 0,001) (по умолчанию 0,1)		
4	Ток срабатывания ПО БТ, А (1,00...15,00 шаг 0,01) (по умолчанию 5$I_{ном}$)		

1.3. Уставки блокировки при качаниях (БК) по DI

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных
1	Уставка по приращению I_2 чувств. реле тока (РТ) БК, А (0,04· $I_{ном}$...1,5· $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,1$I_{ном}$)		
2	Уставка по приращению I_2 грубого РТ БК, А (0,06· $I_{ном}$...2,5· $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,3$I_{ном}$)		
3	Уставка по приращению I_1 чувствительного РТ БК, А (0,08· $I_{ном}$...3· $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 1,2$I_{ном}$)		
4	Уставка по приращению I_1 грубого РТ БК, А (0,12· $I_{ном}$...5· $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,4$I_{ном}$)		
5	DT37 Время ввода быстродействующих ступеней от чувствительного РТ БК, с (0,2...1 шаг 0,1) (по умолчанию 0,6)		
6	DT38 Время ввода быстродейств. ступеней от грубого РТ БК, с (0,2...1 шаг 0,1) (по умолчанию 0,8)		
7	DT39 Время ввода медленнодейств. ступеней от РТ БК, с (3...16 шаг 1) (по умолчанию 8)		

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

1.4. Уставки блокировки при качаниях (БК) по DZ (рисунок А3)

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных
1	Ток срабатывания РТ I ₂ для dZ/dt, А (1,0-50,0) % I ₁ (по умолчанию 10)		
2	DT43 Время задержки блокировки по DZ, с (0,001-1,000) (по умолчанию 0,05)		
3	DT44 Время возврата БК по DZ, с (0,01-5,00) (по умолчанию 0,2)		
4	XB26 Формирование области контроля DZ/dt относительно, III ступени / II ступени (по умолчанию III ступени)		

1.5. Уставки по времени для ДЗ

№	Наименование	Значение
1	DT28 Время ввода ускорения при включении выключателя, с (0,7...2 шаг 0,1) (по умолчанию 0,7)	
2	DT29 Задержка на сраб-е ускорения при вкл. выключателя от ДЗ и ТО, с (0...1 шаг 0,001) (по умолчанию 0,5)	
3	DT33 Задержка на срабатывание I ступени ДЗ, с (0...15 шаг 0,001) (по умолчанию 0,1)	
4	DT34 Задержка на сраб. II ст. ДЗ с меньшей выдержкой времени, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 1)	
5	DT35 Задержка на срабатывание II ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 2)	
6	DT36 Задержка на срабатывание III ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 4)	
7	DT46 Задержка на срабатывание IV ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 0)	
8	DT47 Задержка на срабатывание V ступени ДЗ, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 0)	
9	DT48 Задержка на срабатывание I ступени ДЗ на землю, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 0)	
10	DT45 Задержка на срабатывание I, II или III ст. ДЗ при опер. ускорении, с (0,05...5 шаг 0,01) (по умолчанию 0,1)	
11	DT42 Продление сигнала пуска ВЧТО №2, с (0,00...0,20 шаг 0,01) (по умолчанию 0,04)	

1.6. Логика работы ДЗ

№	Наименование	Значение
1	XB62 I ступень ДЗ на землю (выведена, в работе) (по умолчанию выведена)	
2	XB63 IV ступень ДЗ (выведена, в работе) (по умолчанию выведена)	
3	XB64 V ступень ДЗ (выведена, в работе) (по умолчанию выведена)	
4	XB20 Подхват срабатывания РС I ступени от ненаправленного РС II ступени (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию предусмотрен)	
5	XB21 Контроль действия I ст. (или II ступени с меньшей выдержкой времени) (от БКб, от БКм) (по умолчанию БКб)	
6	XB22 Действие II ступени с меньшей выдержкой времени (не предусмотрено, предусмотрено) (по умолчанию предусмотрено)	
7	XB23 Ускоряемая ступень ДЗ при включении выключателя (не предусмотрена, II ступень, III ступень) (по умолчанию не предусмотрена)	
8	XB24 Контроль действия III ступени от блокировок (от БК dl/dt, от БНН) (по умолчанию БК dl/dt)	
9	XB25 Ускоренный возврат БК при отключении выключателя (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
10	XB27 Алгоритм БК dZ/dt / dl/dt (по умолчанию dl/dt)	
11	XB28 Оперативно ускоряемая ступень (I ступень, II ступень, III ступень) (по умолчанию II ступень)	
12	XB29 Контроль действия ступеней ДЗ от БНН (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию предусмотрен)	
13	XB44 Контроль ускорения при включении выкл-ля от напряжения на линии (не предусмотрен, ШОН, РН на линии) (по умолчанию не предусмотрен)	
14	XB45 Контроль I ступени ДЗ на землю (от БКб, от БКм) (по умолчанию БКм)	
15	XB46 Контроль IV ступени ДЗ (от БКб, от БКм, нет) (по умолчанию нет)	
16	XB47 Контроль V ступени ДЗ (от БКб, от БКм, нет) (по умолчанию нет)	
17	XB41 Запрет АПВ при ОУ от ДЗ или ТНЗНП (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
18	XB42 Запрет АПВ от ускорения при включении выключателя (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
19	XB43 Запрет АПВ от III ступени ДЗ (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
20	XB15 Действие сигнала ВЧТО №1 (с контролем, без контроля) (по умолчанию с контролем)	
21	XB16 Контроль от КQT при приеме ВЧТО №1 (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
22	XB17 Контроль от БК при приеме ВЧТО №1 (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
23	XB18 Контроль I(II) ст. ДЗ или реле тока IV ст. ТНЗНП при приеме ВЧТО №1 (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
24	XB19 Контроль от I(II,III) ступени ДЗ при приеме ВЧТО №2 (I ступень, II ступень, III ступень) (по умолчанию I ступень)	

2. Уставки ТНЗНП и токовой отсечки

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

2.1. Уставки реле ТНЗНП и токовой отсечки

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных
1	Ток срабатывания I ступени ТНЗНП, А (0,05 $I_{ном}$...30 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 5$I_{ном}$)		
2	Ток срабатывания II ступени ТНЗНП, А (0,05 $I_{ном}$...30 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 1,5$I_{ном}$)		
3	Ток срабатывания III ступени ТНЗНП, А (0,05 $I_{ном}$...30 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,5$I_{ном}$)		
4	Ток срабатывания IV ступени ТНЗНП, А (0,05 $I_{ном}$...30 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,25$I_{ном}$)		
5	Ток срабатывания V ступени ТНЗНП, А (0,05 $I_{ном}$...30 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,25$I_{ном}$)		
6	Ток срабатывания VI ступени ТНЗНП, А (0,05 $I_{ном}$...30 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,25$I_{ном}$)		
7	Ток срабатывания блокирующего РНМ, А (0,04 $I_{ном}$...0,5 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,1$I_{ном}$)		
8	Ток срабатывания разрешающего РНМ, А (0,04 $I_{ном}$...0,5 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,2$I_{ном}$)		
9	Напряжение срабатывания блокирующего РНМ, В (0,5...5 шаг 0,1) (по умолчанию 2)	-	
10	Напряжение срабатывания разрешающего РНМ, В (0,5...5 шаг 0,1) (по умолчанию 4)	-	
11	Коэффициент выноса ТН на линию (0,00...0,50 шаг 0,01) (по умолчанию 0)		
12	Ток срабатывания токовой отсечки, А (0,05...50 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 6$I_{ном}$)		
13	Ток срабатывания ПО токовой отсечки при включении выключателя, А (0,05...50 $I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 3$I_{ном}$)		

2.2. Уставки по времени для ТНЗНП и токовой отсечки

№	Наименование	Значение
1	DT49 Задержка на сраб-е ускорения при включении выключателя от ТНЗНП, с (0,05...5 шаг 0,01) (по умолчанию 0,5)	
2	DT50 Задержка на срабатывание I ступени ТНЗНП, с (0,01...15 шаг 0,01) (по умолчанию 0,1)	
3	DT51 Задержка на срабатывание II ступени ТНЗНП, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 1)	
4	DT52 Задержка на срабатывание III ступени ТНЗНП, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 2)	
5	DT53 Задержка на срабатывание IV ступени ТНЗНП, с (0,05...15 шаг 0,01) (по умолчанию 3)	
6	DT59 Задержка на срабатывание V ступени ТНЗНП, с (0,00...15 шаг 0,01) (по умолчанию 0)	
7	DT60 Задержка на срабатывание VI ступени ТНЗНП, с (0,00...15 шаг 0,01) (по умолчанию 0)	
8	DT54 Задержка на срабатывание ускорения ТНЗНП при приеме сигнала ВЧТО №3, с (0,05...5 шаг 0,01) (по умолчанию 0,05)	
9	DT55 Время ожидания при внешних повреждениях, с (0,01...0,20 шаг 0,01) (по умолчанию 0,04)	
10	DT56 Задержка пуска ВЧТО №3 при реверсе мощности, с (0,01...0,20 шаг 0,01) (по умолчанию 0,04)	
11	DT57 Задержка на срабатывание токовой отсечки, с (0...1 шаг 0,001) (по умолчанию 0,1)	
12	DT58 Задержка на срабатывание II, III или IV ст.ТНЗНП при опер. ускорении, с (0,05...5 шаг 0,01) (по умолчанию 0,1)	
13	DT80 Продление сигнала пуска ВЧТО №3, с (0,00...0,60 шаг 0,01) (по умолчанию 0,04)	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

14	DT18 Задержка на срабатывание ускор. ТНЗНП от защиты парал. линии, с (0,05...5,00 шаг 0,01) (по умолчанию 5)	
15	DT77 Задержка на срабатывание ЗНФР, с (для схемы на 2 выключателя) (0,25...0,80 шаг 0,01) (по умолчанию 0,1)	

2.3. Логика работы ТНЗНП и токовой отсечки

№	Наименование	Значение
1	XB65 V ступень ТНЗНП (выведена, в работе) (по умолчанию выведена)	
2	XB66 VI ступень ТНЗНП (выведена, в работе) (по умолчанию выведена)	
3	XB30 Автоматический вывод направленности при срабатывании ТНЗНП (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
4	XB31 Автоматический вывод направленности в режиме ускорения при включении выключателя (не предусмотрен, предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
5	XB32 Контроль направленности I ступени ТНЗНП (предусмотрен, не предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
6	XB33 Контроль направленности II ступени ТНЗНП (предусмотрен, не предусмотрен) (по умолчанию не предусмотрен)	
7	XB34 Контроль направленности III ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р или РНМ-б) (по умолчанию не предусмотрен)	
8	XB35 Контроль направленности IV ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р или РНМ-б) (по умолчанию не предусмотрен)	
9	XB39 Контроль направленности V ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р или РНМ-б) (по умолчанию не предусмотрен)	
10	XB91 Направленность V ступени ТНЗНП (вперед,назад) (по умолчанию вперёд)	
11	XB40 Контроль направленности VI ступени ТНЗНП (не предусмотрен, от РНМ-р, от РНМ-р или РНМ-б) (по умолчанию не предусмотрен)	
12	XB92 Направленность VI ступени ТНЗНП (вперед,назад) (по умолчанию вперёд)	
13	XB36 Ускоряемая ступень ТНЗНП при включении выключателя (не предусмотрена, II ступень, III ступень) (по умолчанию не предусмотрена)	
14	XB37 Оперативно ускоряемая ступень ТНЗНП (II ступень, III ступень, IV ступень) (по умолчанию III ступень)	
15	XB38 Ускорение действия токовой отсечки при включении выключателя (не предусмотрено, предусмотрено) (по умолчанию предусмотрено)	
16	XB156 Отстройка III ст. ТНЗНП от БТНТ (не предусмотрена, предусмотрена) (по умолчанию не предусмотрена)	
17	XB157 Отстройка IV ст. ТНЗНП от БТНТ (не предусмотрена, предусмотрена) (по умолчанию не предусмотрена)	
18	XB53 Отстройка V ст. ТНЗНП от БТНТ (не предусмотрена, предусмотрена) (по умолчанию не предусмотрена)	
19	XB54 Отстройка VI ст. ТНЗНП от БТНТ (не предусмотрена, предусмотрена) (по умолчанию не предусмотрена)	
20	XB57 Контроль ВЧТО №3 от III(IV)ст. ТНЗНП (III ступень, IV ступень) (по умолчанию III ступень)	

3. Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

3.1. Уставки реле тока УРОВ

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

1	Ток срабатывания реле тока УРОВ, А ($0,04 \cdot I_{ном} \dots 0,40 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,25I_{ном})		
---	--	--	--

3.2. Уставки по времени УРОВ

№	Наименование	Значение
1	DT16 Задержка на срабатывание УРОВ, с (0,1...0,6 шаг 0,01) (по умолчанию 0,3)	

3.3. Логика работы УРОВ

№	Наименование	Значение
1	XB5 Подтверждение пуска УРОВ от сигнала КQC (предусмотрено, не предусмотрено) (по умолчанию не предусмотрено)	
2	XB6 Действие УРОВ "на себя" (не предусмотрено, предусмотрено) (по умолчанию не предусмотрено)	

4. Автоматика разгрузки при перегрузке по току (ТЗП)

4.1. Уставки ПО ТЗП

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных
1	Ток срабатывания ПО ТЗП ступени на сигнализацию, А ($0,1 \cdot I_{ном} \dots 2 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,2I_{ном})		
2	Ток срабатывания ПО ТЗП I ступени, А ($0,1 \cdot I_{ном} \dots 2 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,2I_{ном})		
3	Ток срабатывания ПО ТЗП II ступени, А ($0,1 \cdot I_{ном} \dots 2 \cdot I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию 0,2I_{ном})		

4.2. Уставки по времени ТЗП

№	Наименование	Значение
1	DT85 Задержка на срабатывание ст. ТЗП на сигнализацию, с (0...840 шаг 0,1) (по умолчанию 20)	
2	DT86 Задержка на срабатывание I ступени ТЗП, с (0...840 шаг 0,1) (по умолчанию 20)	
3	DT87 Задержка на срабатывание II ступени ТЗП, с (0...840 шаг 0,1) (по умолчанию 20)	

4.3. Логика работы ТЗП

№	Наименование	Значение
1	XB67 Контроль направленности ступени ТЗП на сигнал от РНМПП (не предусмотрен, в линию, из линии) (по умолчанию не предусмотрен)	
2	XB68 Контроль направленности I ступени ТЗП от РНМПП (не предусмотрен, в линию, из линии) (по умолчанию не предусмотрен)	
3	XB69 Контроль направленности II ступени ТЗП от РНМПП (не предусмотрен, в линию, из линии) (по умолчанию не предусмотрен)	

5. Максимальная токовая защита (МТЗ)

5.1. Уставки ПО МТЗ

№	Наименование	Значение	
		в первичных	во вторичных
1	Ток срабатывания ПО I ступени МТЗ, А ($0,05 I_{ном} \dots 30 I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию $6 I_{ном}$)		
2	Ток срабатывания ПО II ступени МТЗ, А ($0,05 I_{ном} \dots 30 I_{ном}$ шаг 0,01) (по умолчанию $6 I_{ном}$)		
3	Напряжение срабатывания ПО макс. напряжения по U2, В (3...40 шаг 0,01) (по умолчанию 2)		
4	Напряжение срабатывания реле мин. напряжения МТЗ, В (10...80 шаг 0,01) (по умолчанию 40)		

5.2. Уставки по времени МТЗ

№	Наименование	Значение
1	DT14 Задержка на срабатывание I ступени МТЗ, с (0,05...27 шаг 0,01)	
2	DT15 Задержка на срабатывание II ступени МТЗ, с (0,05...27 шаг 0,01) (по умолчанию 0,2)	

5.3. Логика работы МТЗ

№	Наименование	Значение
1	XB87 Вторая ступень МТЗ (не предусмотрена, предусмотрена) (по умолчанию не предусмотрена)	
2	XB88 Контроль I ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения (не предусмотрен, с БНН, с выводом от БНН) (по умолчанию не предусмотрена)	
3	XB89 Контроль II ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения (не предусмотрен, с БНН, с выводом от БНН) (по умолчанию не предусмотрена)	
4	XB90 Режим пуска по напряжению (по Умин, по Умин или U2) (по умолчанию по Умин)	

Уставки ОМП

№	Наименование	Значение
1	Функция ОМП (выведена, введена) (по умолчанию введена)	
2	Время задержки подготовки данных ОМП, с (0.02-0.06 шаг 0,01) (по умолчанию 0,2)	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Перечень осциллографируемых и регистрируемых дискретных сигналов (по умолчанию)

№ сигнала	Наименование сигнала на дисплее терминала и осциллограммах	Наименование сигнала в SMS и в регистраторе событий	Не использовать для регистрации	Не использовать для пуска осциллограф	Уставки по умолчанию			
					Пуск осциллографа с 0/1	Пуск осциллографа с 1/0	Осциллографирование	Регистрация сигналов
1	ИО Z Iст.АВ	ИО сопротивления Z I ст. АВ					√	√
2	ИО Z Iст.ВС	ИО сопротивления Z I ст. ВС					√	√
3	ИО Z Iст.СА	ИО сопротивления Z I ст. СА					√	√
4	ИО Z IIст.АВ	ИО сопротивления Z II ст. АВ			√		√	√
5	ИО Z IIст.ВС	ИО сопротивления Z II ст. ВС			√		√	√
6	ИО Z IIст.СА	ИО сопротивления Z II ст. СА			√		√	√
7	ИО Z IIIст.АВ	ИО сопротивления Z III ст. АВ					√	√
8	ИО Z IIIст.ВС	ИО сопротивления Z III ст. ВС					√	√
9	ИО Z IIIст.СА	ИО сопротивления Z III ст. СА					√	√
10	ИО Z IVст.АВ	ИО сопротивления Z IV ст. АВ					√	√
11	ИО Z IVст.ВС	ИО сопротивления Z IV ст. ВС					√	√
12	ИО Z IVст.СА	ИО сопротивления Z IV ст. СА					√	√
13	ИО Z Vст.АВ	ИО сопротивления Z V ст. АВ					√	√
14	ИО Z Vст.ВС	ИО сопротивления Z V ст. ВС					√	√
15	ИО Z Vст.СА	ИО сопротивления Z V ст. СА					√	√
16	ИО Z ABC IIст.	ИО сопротивления Z ABC II ст.					√	√
17	ИО Z Iст.АН	ИО сопротивления Z I ст. АН					√	√
18	ИО Z Iст.ВН	ИО сопротивления Z I ст. ВН					√	√
19	ИО Z Iст.СН	ИО сопротивления Z I ст. СН					√	√
20	ПО Iо Iст.	ПО по Iо I ст. ТНЗНП					√	√
21	ПО Iо IIст.	ПО по Iо II ст. ТНЗНП			√		√	√
22	ПО Iо IIIст.	ПО по Iо III ст. ТНЗНП					√	√
23	ПО Iо IVст.	ПО по Iо IV ст. ТНЗНП					√	√
24	ПО Iо Vст.	ПО по Iо V ст. ТНЗНП					√	√
25	ПО Iо VIст.	ПО по Iо VI ст. ТНЗНП					√	√
26	ИО Мо разреш.	ИО Мо. разрешающий					√	√
27	ИО Мо блокир.	ИО Мо. блокирующий					√	√
28	ПО БТНТ	ПО БТНТ					√	√
29	ПО РТНП	ПО по Iо для выявления однофазных КЗ					√	√
30	ПО БТ	ПО блокирования области однофазных КЗ (БТ)					√	√
31	ПО РННП	ПО по Uо для выявления однофазных КЗ					√	√
33	ПО ТО АВ	ПО токовой отсечки АВ			√		√	√
34	ПО ТО ВС	ПО токовой отсечки ВС			√		√	√
35	ПО ТО СА	ПО токовой отсечки СА			√		√	√
36	ПО БНН	ПО блокировки при неискр.в цепях напряжения					√	√
37	ПО Uмин.А	ПО минимального напряжения фазы А					√	√
38	ПО Uмин.В	ПО минимального напряжения фазы В					√	√
39	ПО Uмин.С	ПО минимального напряжения фазы С					√	√
40	ПО U ШОН мин.	ПО минимального напряжения от ШОН						√
41	ИО dZ/dt	ИО dZ/dt						√
42	ПО I2 для dZ/dt	ПО по I2 для БК dZ/dt						√
43	ПО DI1 бл	ПО по приращению вектора I1, блокирующий					√	√
44	ПО DI1 от	ПО по приращению вектора I1, отключающий			√		√	√
45	ПО DI2 бл	ПО по приращению вектора I2, блокирующий					√	√
46	ПО DI2 от	ПО по приращению вектора I2, отключающий			√		√	√
55	ПО U2 от	ПО напряжения обратной последовательности						√
60	ПО ТО вкл.В АВ	ПО ТО при вкл.выключателя АВ					√	√
61	ПО ТО вкл.В ВС	ПО ТО при вкл.выключателя ВС					√	√
62	ПО ТО вкл.В СА	ПО ТО при вкл.выключателя СА					√	√
65	УРОВ от защ.	Пуск УРОВ от защит (вход)						√
67	УРОВ от ДЗШ	Пуск УРОВ от ДЗШ (вход)						√

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

№ сигнала	Наименование сигнала на дисплее терминала и осциллограммах	Наименование сигнала в SMS и в регистраторе событий	Не использовать для регистрации	Не использовать для пуска осциллограф	Уставки по умолчанию			
					Пуск осциллографа с 0/1	Пуск осциллографа с 1/0	Осциллографирование	Регистрация сигналов
68	Вывод ТНЗНП	Вывод ТНЗНП из действия (вход)						V
69	Вывод ДЗ	Вывод ДЗ из действия (вход)						V
70	Вывод УРОВ	Вывод УРОВ (вход)						V
71	Вывод ТО	Вывод ТО из действия (вход)						V
72	Вывод термин.	Вывод терминала (вход)						V
73	Съем сигнализ.	Съем сигнализации (вход)						V
74	РПО (вход)	РПО (вход)						V
75	РПВ (вход)	РПВ (инв) (вход)						V
76	ПРМ ВЧТО N1	Прием ВЧТО N1 (вход)						V
77	ПРМ ВЧТО N2	Прием ВЧТО N2 (вход)						V
78	ПРМ ВЧТО N3	Прием ВЧТО N3 (вход)						V
79	Ввод ОУ ДЗ	Ввод оперативного ускорения ДЗ (вход)						V
80	Ввод ОУ ТНЗНП	Ввод оперативного ускорения ТНЗНП (вход)						V
81	РКН линии	Реле контроля напряжения на линии (вход)						V
82	РПВиРНМб ПЛ	РПВ и РНМ блокирующее параллельной линии (вход)						V
83	РПВ ШСВ	РПВ ШСВ (вход)						V
84	Вх.1 режУПЛ	Сигнал на входе 1 ввода уск.от защит пар. линии(вход)						V
85	Вх.2 режУПЛ	Сигнал на входе 2 ввода уск.от защит пар. линии(вход)						V
86	Вход 22 X:4	Вход 22 X:4						V
87	Вход 23 X:4	Вход 23 X:4						V
88	Вход 24 X:4	Вход 24 X:4						V
89	Вход 25 X:4	Вход 25 X:4						V
90	Вход 26 X:4	Вход 26 X:4						V
91	Вход 27 X:5	Вход N27 X:5						V
92	Вход 28 X:5	Вход N28 X:5						V
93	Вход 29 X:5	Вход N29 X:5						V
94	Вход 30 X:5	Вход N30 X:5						V
95	Вход 31 X:5	Вход N31 X:5						V
96	Вход 32 X:5	Вход N32 X:5						V
97	ОтключениеВыкл	Отключение выключателя (реле)					V	V
98	СрабатывЗащиты	Срабатывание защиты (реле)					V	V
99	Запрет пускаВЧ	Запрет пуска ВЧ (реле)						V
100	СрабатывЗащиты	Срабатывание защиты (реле)						V
101	Запрет АПВ	Запрет АПВ выключателя						V
102	Пуск ВЧТО N1	Пуск ВЧТО N1 (реле)						V
103	Пуск ВЧТО N2	Пуск ВЧТО N2 (реле)						V
104	Действие УРОВ	Действие УРОВ (реле)						V
105	АРПТ I ст.	АРПТ I ст. (реле)						V
106	K10:X7	K10:X7 (реле)						V
107	K11:X7	K11:X7 (реле)						V
108	ОтключениеВыкл	Отключение выключателя (реле) (реле)					V	V
109	Пуск ВЧТО N3	Пуск ВЧТО N3 (реле)						V
110	АРПТ II ст.	АРПТ II ст. (реле)						V
111	УскПарЛин	К защите параллельной линии						V

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

№ сигнала	Наименование сигнала на дисплее терминала и осциллограммах	Наименование сигнала в SMS и в регистраторе событий	Не использовать для регистрации	Не использовать для пуска осциллографа	Уставки по умолчанию			
					Пуск осциллографа с 0/1	Пуск осциллографа с 1/0	Осциллографирование	Регистрация сигналов
112	СрабатывЗащиты	Срабатывание защиты (реле)						
139	ПО тока ф.А	ПО тока ф.А						
140	ПО тока ф.В	ПО тока ф.В						
141	ПО тока ф.С	ПО тока ф.С						
145	ПО АРПТсигн.ст	ПО тока АРПТ сигнальной ст.						
146	ПО АРПТ I ст.	ПО тока АРПТ I ст.						
147	ПО АРПТ II ст.	ПО тока АРПТ II ст.						
148	РНМПП в линию	ИО РНМПП в линию						
149	РНМПП из линии	ИО РНМПП из линии						
150	ПО МТЗ I ст. А	ПО МТЗ I ступени фазы А						
152	ПО МТЗ I ст. С	ПО МТЗ I ступени фазы С						
153	ПО МТЗ II ст. А	ПО МТЗ II ступени фазы А						
154	ПО МТЗ II ст. В	ПО МТЗ II ступени фазы В						
155	ПО МТЗ II ст. С	ПО МТЗ II ступени фазы С						
156	ПО U шин мин.АВ	ПО минимального напряжения шин АВ						
157	ПО U шин мин.ВС	ПО минимального напряжения шин ВС						
158	ПО U шин мин.СА	ПО минимального напряжения шин СА						V
159	ПО U2 МТЗ	ПО по U2 МТЗ						
167	ПО УРОВ А	ПО тока УРОВ фазы А						
168	ПО УРОВ В	ПО тока УРОВ фазы В						
169	ПО УРОВ С	ПО тока УРОВ фазы С						
175	ПО U шин мин	ПО минимального напряжения шин					V	V
220	Пуск ОМП	Пуск ОМП					V	V
221	Готовность ОМП	Готовность данных ОМП					V	V
222	СигналСрабат.	Сигнал "Срабатывание".						V
223	СигналНеиспр.	Сигнал "Неисправность"					V	V
224	Пуск осцилогр.	Пуск аварийного осциллографа						V
225	GOOSEIN 1	GOOSEIN 1					V	V
226	GOOSEIN 2	GOOSEIN 2						
227	GOOSEIN 3	GOOSEIN 3					V	V
228	GOOSEIN 4	GOOSEIN 4					V	V
229	GOOSEIN 5	GOOSEIN 5					V	V
230	GOOSEIN 6	GOOSEIN 6					V	V
231	GOOSEIN 7	GOOSEIN 7					V	V
232	GOOSEIN 8	GOOSEIN 8						V
233	GOOSEIN 9	GOOSEIN 9						V
234	GOOSEIN 10	GOOSEIN 10						V
235	GOOSEIN 11	GOOSEIN 11					V	V
236	GOOSEIN 12	GOOSEIN 12					V	V
237	GOOSEIN 13	GOOSEIN 13					V	V
238	GOOSEIN 14	GOOSEIN 14					V	V
239	GOOSEIN 15	GOOSEIN 15					V	V
240	GOOSEIN 16	GOOSEIN 16					V	V
241	GOOSEOUT 1	GOOSEOUT 1						V
242	GOOSEOUT 2	GOOSEOUT 2					V	V

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

№ сигнала	Наименование сигнала на дисплее терминала и осциллограммах	Наименование сигнала в SMS и в регистраторе событий	Не использовать для регистрации	Не использовать для пуска осциллограф	Уставки по умолчанию			
					Пуск осциллографа с 0/1	Пуск осциллографа с 1/0	Осциллографирование	Регистрация сигналов
243	GOOSEOUT 3	GOOSEOUT 3						
244	GOOSEOUT 4	GOOSEOUT 4						
245	GOOSEOUT 5	GOOSEOUT 5						
246	GOOSEOUT 6	GOOSEOUT 6						
247	GOOSEOUT 7	GOOSEOUT 7						
248	GOOSEOUT 8	GOOSEOUT 8						
249	GOOSEOUT_9	GOOSEOUT_9						
250	GOOSEOUT_10	GOOSEOUT_10						
251	GOOSEOUT_11	GOOSEOUT_11						
252	GOOSEOUT_12	GOOSEOUT_12						
253	GOOSEOUT_13	GOOSEOUT_13						
254	GOOSEOUT_14	GOOSEOUT_14						
255	GOOSEOUT_15	GOOSEOUT_15						
256	GOOSEOUT_16	GOOSEOUT_16						
273	Запрет пускаВЧ	Запрет пуска ВЧ						
280	НеиспЦепНапряж	Неисправность цепей напряжения						
283	Режим теста	Режим теста						V
285	Прогр наклад 1	Программная накладка 1						
286	Прогр наклад 2	Программная накладка 2						
287	ПеревHадl/dt	Перевод на dl/dt						
288	Вывод и БНН	Вывод и БНН						
289	Iст. ДЗ	I ст. ДЗ					V	V
290	IIст. ДЗ	II ст. ДЗ					V	V
291	IIIст. ДЗ	III ст. ДЗ					V	V
292	IVст.ДЗвсехКЗ	IVст. ДЗ от всех видов КЗ						V
293	IVст. ДЗ	IV ст. ДЗ					V	V
294	Vст.ДЗвсехКЗ	V ст. ДЗ от всех видов КЗ						V
295	Vст. ДЗ	V ст. ДЗ					V	V
296	III-Vст.ДЗ	III-V ст. ДЗ						
297	Iст. ДЗ земл	I ст. ДЗ "на землю"					V	V
298	Iст. ДЗ земл А	I ст. ДЗ "на землю" фаза А					V	V
299	Iст. ДЗ земл В	I ст. ДЗ "на землю" фаза В					V	V
300	Iст. ДЗ земл С	I ст. ДЗ "на землю" фаза С					V	V
301	ОУ ДЗ	Оперативное ускорение ДЗ					V	V
302	Выход БКб	Выход БКб						V
303	Выход БКм	Выход БКм						V
304	Выход БКz	Выход БКz						V
305	Iст. ТНЗНП	I ст. ТНЗНП					V	V
306	IIст. ТНЗНП	II ст. ТНЗНП					V	V
307	IIIст. ТНЗНП	III ст. ТНЗНП					V	V
308	IVст. ТНЗНП	IV ст. ТНЗНП					V	V
309	Vст. ТНЗНП	V ст. ТНЗНП					V	V
310	VIст. ТНЗНП	VI ст. ТНЗНП					V	V
311	Очувств.ТЗ	Очувствление 2,3 ст.ТНЗНП						V
312	ОУ ТНЗНП	Оперативное ускорение ТНЗНП					V	V
313	ТО	Токовая отсечка					V	V
314	Направленность	Направленность	V	V				
315	Сраб.РТ4стТЗ	Срабатывание РТ IVст. ТНЗНП						

№ СИГН	Наименование	Наименование сигнала в SMS	зават для	зават для пуск	Уставки по умолчанию
--------	--------------	----------------------------	-----------	----------------	----------------------

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

	сигнала на дисплее терминала и осциллограммах	и в регистраторе событий			Пуск осциллографа с 0/1	Пуск осциллографа с 1/0	Осциллографирование	Регистрация сигналов
316	К защПарЛин	К защите параллельной линии						
317	КQT Q1 и Q2	КQT Q1 и Q2 (для схемы с 2 выключателями)						
318	РКН Q1 и Q2	РКН на линии Q1 и Q2 (для схемы с 2 выключателями)						
319	Внутр.ПО УРОВ	Внутренний ПО УРОВ						
320	Пуск ПО УРОВ	Пуск ПО УРОВ						
322	Отключен.отДЗ	Отключение от ДЗ						
323	Отключен.отТЗ	Отключение от ТНЗНП						
326	СрабатывЗащиты	Срабатывание защиты						
327	ОтключениеВыкл	Отключение выключателя						
328	Действие УРОВ	Действие УРОВ						
329	УРОВ 'на себя'	Действие УРОВ "на себя"						
331	Запрет АПВ	Запрет АПВ выключателя						
332	Пуск ВЧТО N1	Пуск ВЧТО N1						
333	Пуск ВЧТО N2	Пуск ВЧТО N2						
334	Пуск ВЧТО N3	Пуск ВЧТО N3						
337	ВводУскВклВ	Ввод ускорения при включении выключателя						
338	УскПриВключВДЗ	Ускорение при включении выключателя от ДЗ						
339	УскПриВключВТЗ	Ускорение при включении выключателя от ТНЗНП						
340	УскПриВключВТО	Ускорение при включении выключателя от ТО						
341	УскВклВ_ТНлин	Ускорение при включении выключателя с ТН на линии						
342	УскорПриВключВ	Ускорение при включении выключателя						
343	Уск.при ВЧТО1	Ускорение при приеме ВЧТО N1						
344	Уск.при ВЧТО2	Ускорение при приеме ВЧТО N2						
345	Уск.при ВЧТО3	Ускорение при приеме ВЧТО N3						
346	УскоренОтВЧТО	Ускорение от ВЧТО						
347	УскЗащитПарЛин	Ускорение от защит параллельной линии						
349	Пуск ОМП 2стДЗ	Пуск ОМП от Iст. ДЗ						
350	Пуск ОМП 3стДЗ	Пуск ОМП от IIIст. ДЗ						
351	Пуск ОМП 2стТЗ	Пуск ОМП от Iст. ТЗ						
352	Пуск ОМП 3стТЗ	Пуск ОМП от IIIст. ТЗ						
353	УРОВ Пр в ДЗШ	УРОВ присоединения в ДЗШ						
354	УРОВ ДЗШ в Пр	УРОВ ДЗШ в присоединение						
355	АРПТ I ст.	АРПТ I ст.						
356	АРПТ II ст.	АРПТ II ст.						
357	АРПТ сигн.	АРПТ сигнальная ст.						
358	МТЗ I ст.	МТЗ I ступени						
359	МТЗ II ст.	МТЗ II ступени						
360	Работа МТЗ	Работа МТЗ						
361	Пуск ВЧТО N4	Пуск ВЧТО N4						
362	Уск.при ВЧТО4	Ускорение при приеме ВЧТО N4						
363	ВВ до 840с	Задержка на срабатывание до 840 сек						
364	ВВ до 27с	Задержка на срабатывание до 27 сек						
365	ВВ до 210с	Задержка на срабатывание до 210 сек						
366	ВВ возврат	Задержка на возврат						
383	АварияТТ	Аварийное давление элегаза в ТТ						

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

№ сигнала	Наименование сигнала на дисплее терминала и осциллограммах	Наименование сигнала в SMS и в регистраторе событий	Не использовать для регистрации	Не использовать для пуска осциллограф	Уставки по умолчанию			
					Пуск осциллографа с 0/1	Пуск осциллографа с 1/0	Осциллографирование	Регистрация сигналов
385	НизДавлТТ	Низкое давление элегаза в ТТ						
398	ЗНФР	ЗНФР (для схемы с 2 выключателями)						
399	Местное управл.	Местное управление						
400	ВывФункции	Вывод функции						
433	VIRT20_01	VIRT20_01						
434	VIRT20_02	VIRT20_02						
435	VIRT20_03	VIRT20_03						
436	VIRT20_04	VIRT20_04						
437	VIRT20_05	VIRT20_05						
438	VIRT20_06	VIRT20_06						
439	VIRT20_07	VIRT20_07						
440	VIRT20_08	VIRT20_08						
441	VIRT20_09	VIRT20_09						
442	VIRT20_10	VIRT20_10						
443	VIRT20_11	VIRT20_11						
444	VIRT20_12	VIRT20_12						
445	VIRT20_13	VIRT20_13						
446	VIRT20_14	VIRT20_14						
447	VIRT20_15	VIRT20_15						
448	VIRT20_16	VIRT20_16						
449	Местное управл.	Местное управление						
450	Эл.ключ 1_shift	Электронный ключ 1_shift						
451	Вывод ТНЗНП	Вывод ТНЗНП						
452	Вывод ДЗ	Вывод ДЗ						
453	Вывод УРОВ	Вывод УРОВ						
454	Вывод ТО	Вывод ТО						
455	Ввод ОУ ДЗ	Ввод ОУ ДЗ						
456	Ввод ОУ ТНЗНП	Ввод ОУ ТНЗНП						
457	Вывод АРПТ	Вывод АРПТ						
458	Вывод МТЗ	Вывод МТЗ						
459	Эл.ключ 6	Электронный ключ 6						
460	Эл.ключ 6_shift	Электронный ключ 6_shift						
461	Эл.ключ 7	Электронный ключ 7						
462	Эл.ключ 7_shift	Электронный ключ 7_shift						
463	Эл.ключ 8	Электронный ключ 8						
464	Эл.ключ 8_shift	Электронный ключ 8_shift						
465	Iст. ДЗ земл	I ст. ДЗ "на землю" (светодиод)						
466	Iст. ДЗ	I ст. ДЗ (светодиод)						
467	IIст. ДЗ	II ст. ДЗ (светодиод)						
468	IIIст.ДЗ	III ст. ДЗ (светодиод)						
469	Iст. ТНЗНП	I ст. ТНЗНП (светодиод)						
470	IIст. ТНЗНП	II ст. ТНЗНП (светодиод)						
471	IIIст.ТНЗНП	III ст. ТНЗНП (светодиод)						
472	IVст.ТНЗНП	IV ст. ТНЗНП (светодиод)						
473	Vст.ТНЗНП	V ст. ТНЗНП (светодиод)						

Только при
использовании
электронных ключей

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

№ сигнала	Наименование сигнала на дисплее терминала и осциллограммах	Наименование сигнала в SMS и в регистраторе событий	Не использовать для регистрации	Не использовать для пуска осциллографа	Уставки по умолчанию			
					Пуск осциллографа с 0/1	Пуск осциллографа с 1/0	Осциллографирование	Регистрация сигналов
47	VIст.ТНЗНП	VI ст. ТНЗНП (светодиод)						
47	ОУ ДЗ	Оперативное ускорение ДЗ (светодиод)						
47	ОУ ТНЗНП	Оперативное ускорение ТНЗНП (светодиод)						
47	УскорПриВключВ	Ускорение при включении выключателя (светодиод)						
47	УскПарЛинии	Ускорение ТНЗНП от защит парал. линии (светодиод)						
47	ТО	Токовая отсечка (светодиод)						
48	Режим теста	Режим теста (светодиод)						
48	Уск.при ВЧТО2	Ускорение при приеме ВЧТО N2 (светодиод)						
48	Уск.при ВЧТО3	Ускорение при приеме ВЧТО N3 (светодиод)						
48	Пуск ВЧТО N2	Пуск ВЧТО N2 (светодиод)						
48	Пуск ВЧТО N3	Пуск ВЧТО N3 (светодиод)						
48	УРОВ 'на себя'	Действие УРОВ "на себя" (светодиод)						
48	Действие УРОВ	Действие УРОВ (светодиод)						
48	Iст. МТЗ	I ст. МТЗ (светодиод)						
48	IIст. МТЗ	II ст. МТЗ (светодиод)						
48	НеиспЦепНапряж	Неисправность цепей напряжения (светодиод)						
49	АРПТ сигнал	АРПТ сигнал						
49	Светодиод 27	Светодиод 27						
49	Светодиод 28	Светодиод 28						
49	Светодиод 29	Светодиод 29						
49	Светодиод 30	Светодиод 30						
49	Светодиод 31	Светодиод 31						
49	Светодиод 32	Светодиод 32						
49	Светодиод 33	Светодиод 33						
49	Светодиод 34	Светодиод 34						
49	Светодиод 35	Светодиод 35						
50	Светодиод 36	Светодиод 36						
50	Светодиод 37	Светодиод 37						
50	Светодиод 38	Светодиод 38						
50	Светодиод 39	Светодиод 39						
50	Светодиод 40	Светодиод 40						
50	Светодиод 41	Светодиод 41						
50	Светодиод 42	Светодиод 42						
50	Светодиод 43	Светодиод 43						
50	Светодиод 44	Светодиод 44						
50	Светодиод 45	Светодиод 45						
51	Светодиод 46	Светодиод 46						
51	Светодиод 47	Светодиод 47						
51	Светодиод 48	Светодиод 48						

Во избежание переполнения базы данных регистратора и базы данных аварийных осциллограмм, сигналы, отмеченные «√» в соответствующих графах, не выводить на регистрацию дискретных сигналов и не осуществлять от этих сигналов пуск аварийного осциллографа.

Выводить на аварийное осциллографирование можно до 128 сигналов из приведенных в таблице Д.1 без ограничений.

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Конфигурирование дискретных входов, выходных реле и светодиодов
сигнализации терминала

Служебные параметры / Конфигурирование переключателей SA

Логические сигналы	Логический сигнал по умолчанию назначен на дискретный вход № ()	Ввести № дискретного входа
Прием сигнала на вывод ТНЗНП по входу №	68 Вывод ТНЗНП	
Прием сигнала на вывод ДЗ по входу №	69 Вывод ДЗ	
Прием сигнала вывода УРОВ по входу №	70 Вывод УРОВ	
Прием сигнала на вывод МТО по входу №	71 Вывод МТО	
Прием сигнала ввода оперативного ускорения ДЗ по входу №	79 Ввод ОУ ДЗ	
Прием сигнала ввода оперативного ускорения ТНЗНП по входу №	80 Ввод ОУ ТНЗНП	
Прием сигнала на входе 1 уск. от защит парал. линии №	84 Вх1реж.УПЛ	
Прием сигнала на входе 2 уск. от защит парал. линии №	85 Вх2реж.УПЛ	
Прием сигнала вывода МТЗ по входу №	400 Вывод функции	
Прием сигнала вывода ТЗП по входу №	400 Вывод функции	
Прием сигнала на входе 1 двойной чувств.ТНЗНП по входу N	-	
Прием сигнала на входе 2 двойной чувств.ТНЗНП по входу N	-	

Служебные параметры / Конфигурирование дискретных входов

Логические сигналы	Логический сигнал по умолчанию назначен на дискретный вход № ()	Ввести № дискретного входа
Приём сигнала РПВ (инверсный)по входу №	75 РПВ	
Прием сигнала пуска УРОВ от ДЗШ по входу №	67 Пуск УРОВ ДЗШ	
Прием сигнала пуска УРОВ от внешних защит по входу №	65 Пуск УРОВ ВЗ	
Прием сигнала ВЧТО №1 по входу №	76 ПРМ ВЧТО N1	
Прием сигнала ВЧТО №2 по входу №	77 ПРМ ВЧТО N2	
Прием сигнала ВЧТО №3 по входу №	78 ПРМ ВЧТО N3	
Прием сигнала РПО по входу №	74 РПО	
Прием сигнала РКН на линии по входу №	81 РКН на линии	
Прием сигнала "РНМб и КQC параллельной линии" по входу №	-	
Прием сигнала "РПВ ШСВ" по входу №	-	

Служебные параметры / Конфигурирование ступеней ДЗ и ТНЗНП

Логические сигналы	Логический сигнал по умолчанию назначен на дискретный вход № ()	Ввести № дискретного входа
Прием сигнала вывода I ступени ДЗ “на землю” по входу №	-	
Прием сигнала вывода I ступени ДЗ по входу №	-	
Прием сигнала вывода II ступени ДЗ по входу №	-	
Прием сигнала вывода III ступени ДЗ по входу №	-	
Прием сигнала вывода IV ступени ДЗ по входу №	-	
Прием сигнала вывода V ступени ДЗ по входу №	-	
Прием сигнала вывода I ступени ТНЗНП по входу №	-	
Прием сигнала вывода II ступени ТНЗНП по входу №	-	
Прием сигнала вывода III ступени ТНЗНП по входу №	-	
Прием сигнала вывода IV ступени ТНЗНП по входу №	-	
Прием сигнала вывода V ступени ТНЗНП по входу №	-	
Прием сигнала вывода VI ступени ТНЗНП по входу №	-	

Если логический сигнал не используется – из списка сигналов выбрать значение «–». Дополнительная логика

Служебные параметры / Дополнительная логика

Логические сигналы	Дискретный сигнал (по умолчанию)	Ввести № дискретного сигнала
Приём сигнала на I ст. ДЗ от дискретного сигнала №	-	
Приём сигнала запрета АПВ от дискретного сигнала №	-	
Приём сигнала на отключение 1 от дискретного сигнала №	-	
Приём сигнала на отключение 2 от дискретного сигнала №	-	
Приём сигнала на IV ст. ДЗ от дискретного сигнала №	-	
Приём сигнала на V ст. ДЗ от дискретного сигнала №	-	
Приём сигнала V ст. ТНЗНП на отключение от дискр. сигнала №	-	
Приём сигнала VI ст. ТНЗНП на отключение от дискр. сигнала №	-	
ПО УРОВ от дискретного сигнала №	319 Внутр. ПО УРОВ	

**Назначение дискретных логических сигналов на выходные реле
Служебные параметры / Конфигурирование выходных реле**

Логические сигналы	Дискретный сигнал (по умолчанию)	Ввести № дискретного сигнала
Вывод на выходное реле К1 дискретного сигнала №	327 ОтключениеВыкл	
Вывод на выходное реле К2 дискретного сигнала №	326 СрабатывЗащиты	
Вывод на выходное реле К3 дискретного сигнала №	273 Запрет пуска ВЧ	
Вывод на выходное реле К4 дискретного сигнала №	326 СрабатывЗащиты	
Вывод на выходное реле К5 дискретного сигнала №	331 Запрет АПВ	
Вывод на выходное реле К6 дискретного сигнала №	332 Действие УРОВ	
Вывод на выходное реле К7 дискретного сигнала №	333 Пуск ВЧТО N2	
Вывод на выходное реле К8 дискретного сигнала №	328 Действие УРОВ	
Вывод на выходное реле К9 дискретного сигнала №	355 ТЗП I ст.	
Вывод на выходное реле К10 дискретного сигнала №	-	
Вывод на выходное реле К11 дискретного сигнала №	-	
Вывод на выходное реле К12 дискретного сигнала №	327 ОтключениеВыкл	
Вывод на выходное реле К13 дискретного сигнала №	334 Пуск ВЧТО N3	
Вывод на выходное реле К14 дискретного сигнала №	356 ТЗП II ст.	
Вывод на выходное реле К15 дискретного сигнала №	318 К защПарЛинии	
Вывод на выходное реле К16 дискретного сигнала №	326 СрабатывЗащиты	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Назначение логических дискретных сигналов на светодиоды Служебные параметры / Конфигурирование светодиодов

Логические сигналы	Дискретный сигнал (по умолчанию)	Ввести № дискретного сигнала
Светодиод 1 от дискретного сигнала №	297 I ст. ДЗ «на землю»	
Светодиод 2 от дискретного сигнала №	289 I ст. ДЗ	
Светодиод 3 от дискретного сигнала №	290 II ст. ДЗ	
Светодиод 4 от дискретного сигнала №	291 III ст. ДЗ	
Светодиод 5 от дискретного сигнала №	305 I ст. ТНЗНП	
Светодиод 6 от дискретного сигнала №	306 II ст. ТНЗНП	
Светодиод 7 от дискретного сигнала №	307 III ст. ТНЗНП	
Светодиод 8 от дискретного сигнала №	308 IV ст. ТНЗНП	
Светодиод 9 от дискретного сигнала №	301 ОУ ДЗ	
Светодиод 10 от дискретного сигнала №	312 ОУ ТНЗНП	
Светодиод 11 от дискретного сигнала №	342 УскорПриВключВ	
Светодиод 12 от дискретного сигнала №	347 УскПарЛинии	
Светодиод 13 от дискретного сигнала №	313 ТО	
Светодиод 14 от дискретного сигнала №	358 I ст МТЗ	
Светодиод 15 от дискретного сигнала №	358 II ст МТЗ	
Светодиод 17 от дискретного сигнала №	344 Ускорение от ВЧТО2	
Светодиод 18 от дискретного сигнала №	345 Ускорение от ВЧТО3	
Светодиод 19 от дискретного сигнала №	333 Пуск ВЧТО N2	
Светодиод 20 от дискретного сигнала №	334 Пуск ВЧТО N3	
Светодиод 21 от дискретного сигнала №	329 Действие УРОВ «на себя»	
Светодиод 22 от дискретного сигнала №	328 Действие УРОВ	
Светодиод 23 от дискретного сигнала №	280 Неисправность цепей напряжения	
Светодиод 24 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 25 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 26 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 27 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 28 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 29 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 30 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 31 от дискретного сигнала №	-	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Логические сигналы	Дискретный сигнал (по умолчанию)	Ввести № дискретного сигнала
Светодиод 32 от дискретного сигнала №	-	
Светодиод 35 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 36 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 37 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 38 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 39 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 40 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 41 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 42 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 43 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 44 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 45 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 46 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 47 от дискретного сигнала N	-	
Светодиод 48 от дискретного сигнала N	-	

Настройка светодиодов терминала
Служебные параметры / Фиксация состояния светодиода;
Служебные параметры / Маска сигнализации срабатывания
(неисправности)

№ светодиода	Настройка светодиодов (по умолчанию)			Настройка светодиодов		
	фиксации	срабаты- вания	неисправно сти	фиксации	срабаты- вания	неисправно сти
Светодиод 1	V	V	-			
Светодиод 2	V	V	-			
Светодиод 3	V	V	-			
Светодиод 4	V	V	-			
Светодиод 5	V	V	-			
Светодиод 6	V	V	-			
Светодиод 7	V	V	-			
Светодиод 8	V	V	-			
Светодиод 9	V	V	-			
Светодиод 10	V	V	-			
Светодиод 11	V	V	-			
Светодиод 12	V	V	-			
Светодиод 13	V	V	-			
Светодиод 14	V	V	-			
Светодиод 15	V	-	-			
Светодиод 17	V	V	-			
Светодиод 18	V	V	-			
Светодиод 19	V	V	-			
Светодиод 20	V	V	-			
Светодиод 21	V	V	-			

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Светодиод 22	V	V	-			
Светодиод 23	V	-	V			
Светодиод 24	V	-	-			
Светодиод 25	V	-	-			
Светодиод 26	V	-	-			
Светодиод 27	V	-	-			
Светодиод 28	V	-	-			
Светодиод 29	V	-	-			
Светодиод 30	V	-	-			
Светодиод 31	V	-	-			
Светодиод 32	V	-	-			
Светодиод 33	V	-	-			
Светодиод 34	V	-	-			
Светодиод 35	V					
Светодиод 36	V					
Светодиод 37	V	V	-			
Светодиод 38	V	V	-			
Светодиод 39	V	V	-			
Светодиод 40	V	V	-			
Светодиод 41	V	V	-			
Светодиод 42	V	V	-			
Светодиод 43	V	V	-			
Светодиод 44	V	V	-			
Светодиод 45	V	V	-			
Светодиод 46	V	V	-			
Светодиод 47	V	V	-			
Светодиод 48	V	V	-			

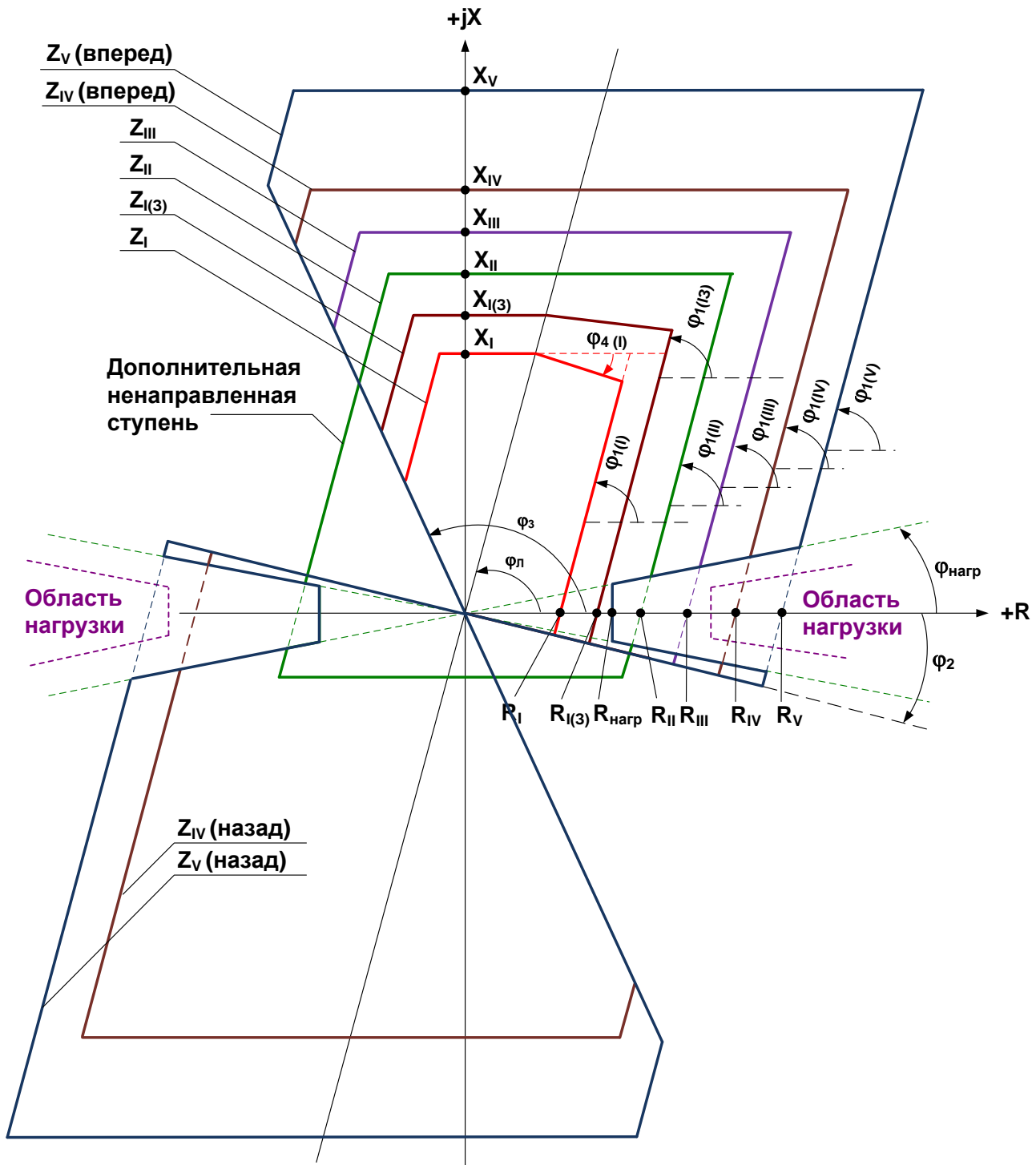


Рисунок А.1 – Характеристики РС

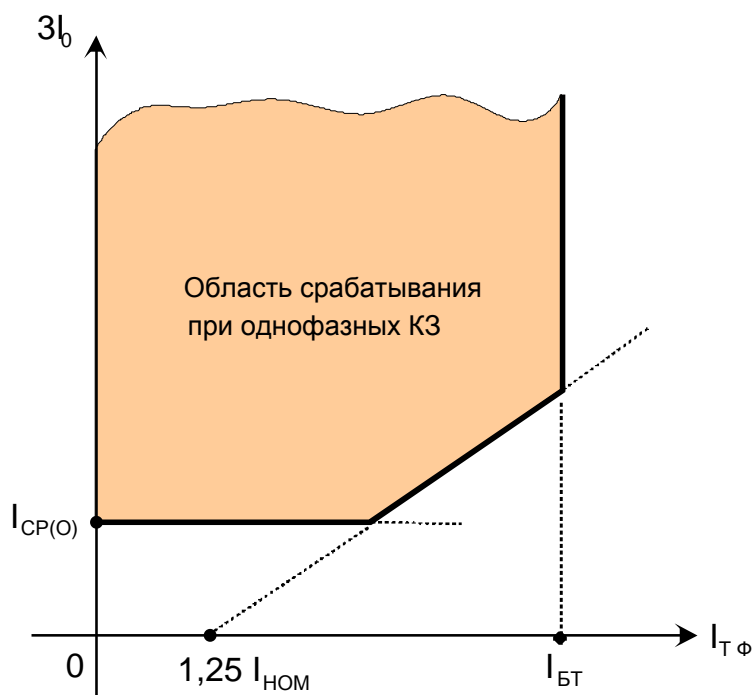


Рисунок А.2 – Область срабатывания при однофазных КЗ

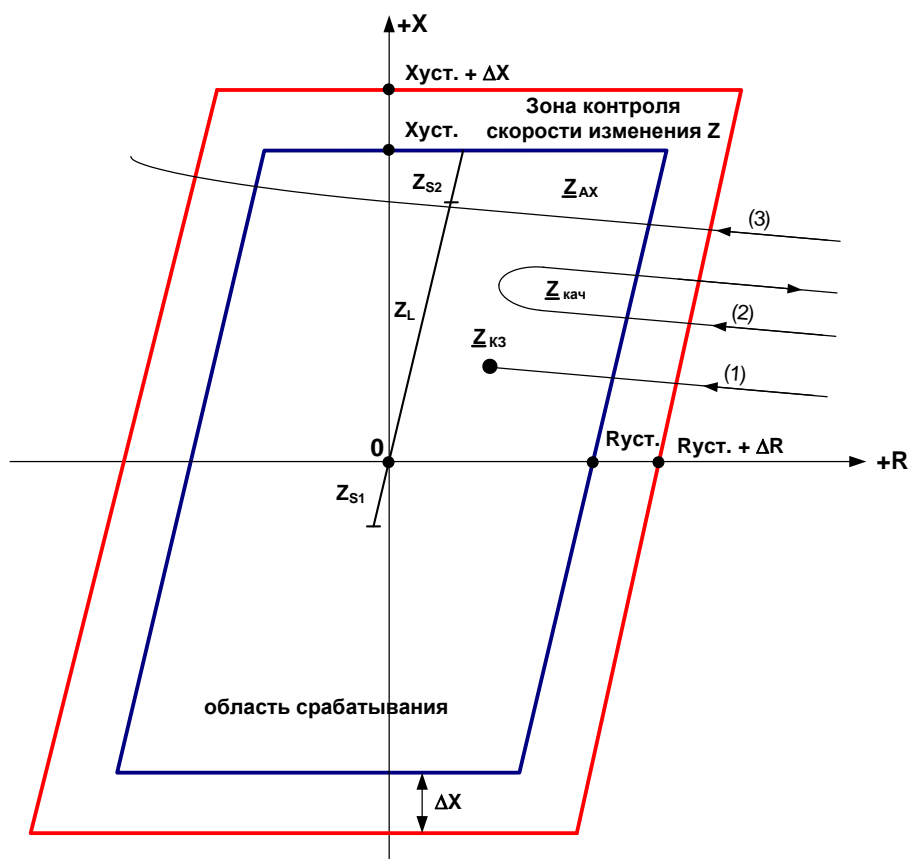


Рисунок А.3 – Область срабатывания при качаниях (БК по DZ)

Приложение Б Характеристики реле сопротивления ДЗ

В модифицированном варианте ДЗ содержит пять ступеней от междуфазных КЗ, одну ступень от КЗ на землю и дополнительную ненаправленную ступень от междуфазных КЗ.

Характеристика РС дополнительной ненаправленной ступени имеет форму параллелограмма, смещённого вдоль направления металлического КЗ на линии в третий и четвёртый квадрант на величину не более $0,25 \cdot X_{уст}$, а её уставки по осям R, X и по углу наклона ϕ_1 правой стороны характеристики совпадают с аналогичными уставками для РС направленной II ступени.

Четвёртая и пятая ступени ДЗ от междуфазных КЗ могут иметь направленность вперёд и назад (рисунок А.1).

Каждая из ступеней ДЗ от междуфазных КЗ содержит по три РС, включённых на разности фазных токов ($I_A - I_B$, $I_B - I_C$, $I_C - I_A$) и соответствующие им междуфазные напряжения (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}). Реактивное сопротивление соответствующей петли КЗ $X_{\phi_1\phi_2}$, равно $\omega \cdot L_{\phi_1\phi_2}$, и активное сопротивление $R_{\phi_1\phi_2}$ рассчитываются на основе решения дифференциального уравнения линии для металлического замыкания между фазами:

$$u_{\phi_1 - \phi_2} = R_{\phi_1\phi_2}(i_{\phi_1} - i_{\phi_2}) + L_{\phi_1\phi_2}(di_{\phi_1}/dt - di_{\phi_2}/dt),$$

где: ϕ_1, ϕ_2 – фаза А, В, С;

$R_{\phi_1\phi_2}$ - активное сопротивление петли при междуфазном КЗ;

$L_{\phi_1\phi_2}$ - индуктивность петли при междуфазном КЗ.

Первая ступень ДЗ от замыканий на землю содержит три РС, включённые на фазные напряжения (U_{AN} , U_{BN} , U_{CN}) и соответствующие им фазные токи (I_A , I_B , I_C) с учётом компенсации тока нулевой последовательности своей линии (I_0) и параллельной линии ($I_0 //$). Реактивное сопротивление в схеме замещения прямой последовательности соответствующей петли замыкания на землю X_ϕ , равно $\omega \cdot L_\phi$, и активное сопротивление R_ϕ также рассчитываются на основе решения дифференциального уравнения линии:

$$u_\phi = R_\phi(i_\phi + k_R \cdot 3i_0 + k_{MR} \cdot 3i_{0//}) + L_\phi(di_\phi/dt + k_X d(3i_0)/dt + k_{MX} d(3i_{0//})/dt), \quad (Б-1)$$

где $k_R = KK_R(R_0 - R_1)/3R_1$; $k_{MR} = R_{M//}/3R_1$; $k_X = KK_X(X_0 - X_1)/3X_1$; $k_{MX} = X_{M//}/3X_1$

где ϕ – фаза А, В, С;

K_R - коэффициент компенсации тока I_0 по R;

KK_R - корректирующий множитель коэффициента компенсации тока I_0 по R;

K_X – коэффициент компенсации тока I_0 по X;

KK_X - корректирующий множитель коэффициента компенсации тока I_0 по X;

R_0 , R_1 , X_0 , X_1 , $X_{M//}$, $R_{M//}$ - (удельные) активные и индуктивные сопротивления линии нулевой и прямой последовательностей, и сопротивления взаимоиндукции с параллельной линией соответственно.

В соответствии с (Б-1) при наличии параллельной линии необходим подвод к защите тока параллельной линии $I_{0//}$. Если ток параллельной линии к защите не подводится, учёт её влияния производится корректирующими множителями KK_R , KK_X (п. 6.2.6.3).

Для предотвращения неселективного срабатывания РС неповреждённой линии компенсация влияния тока параллельной линии блокируется, если ток параллельной линии $I_{0//}$ превышает 75% от тока нулевой последовательности защищаемой линии I_0 .

Характеристика срабатывания каждого из РС является частью параллелограмма. Верхняя сторона параллелограмма параллельна оси R и пересекает ось X в точке с координатой $X_{уст}$, а правая сторона - имеет угол наклона φ_1 относительно оси R и пересекает её в точке с координатой $R_{уст}$ ($X_{уст}$ и $R_{уст}$ - уставки соответствующей ступени по реактивному и активному сопротивлениям: X_I , X_{II} , X_{III} , X_{IV} , X_V , $X_{I(3)}$ и R_I , R_{II} , R_{III} , R_{IV} , R_V , $R_{I(3)}$). Противоположные боковые стороны параллелограмма расположены симметрично относительно начала координат. Параллелограмм ограничен в четвёртом и втором квадрантах двумя лучами, исходящими из начала координат.

Угол наклона луча, ограничивающего характеристики в четвёртом квадранте, равен φ_2 , а луча во втором квадранте - φ_3 (все углы отсчитываются относительно от оси R против часовой стрелки).

Направленность РС IV, V ступеней (прямая или обратная) может выбираться. При выборе обратной направленности IV и V ступеней их характеристики срабатывания отображаются центрально относительно начала координат.

У характеристик РС I ступени от междуфазных и однофазных КЗ область срабатывания дополнительно ограничивается лучом, исходящим под углом φ_4 из точки на верхней стороне характеристики, соответствующей углу линии φ_L (определяется удельными параметрами линии). Указанное ограничение позволяет предотвратить возможную неселективную работу первых ступеней на линиях с двухсторонним питанием при КЗ в конце линии через переходное сопротивление. Угол наклона φ_4 этого луча задаётся постоянным (-12°) для РС I ступени от однофазных КЗ и регулируемым - для РС I ступени от междуфазных КЗ.

Для характеристик срабатывания всех РС имеется возможность исключения области, соответствующей нагрузочным режимам. Эта область определяется двумя уставками: $R_{нагр}$ по оси активных сопротивлений и углом нагрузки φ_H . Исключаемая область симметрична относительно осей R и X.

Приложение В Методика расчёта переходного сопротивления

Междуфазные КЗ

При междуфазных КЗ переходное сопротивление $R_{\text{пер}}$ в месте КЗ - это только сопротивление электрической дуги $R_{\text{д}}$, возникающей между проводами двух фаз (рисунок В.1):

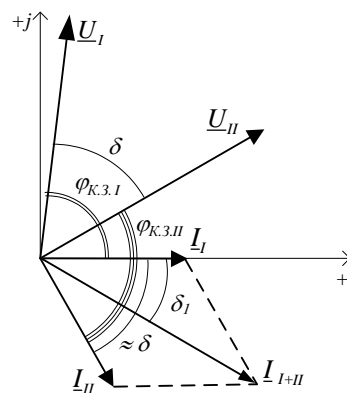
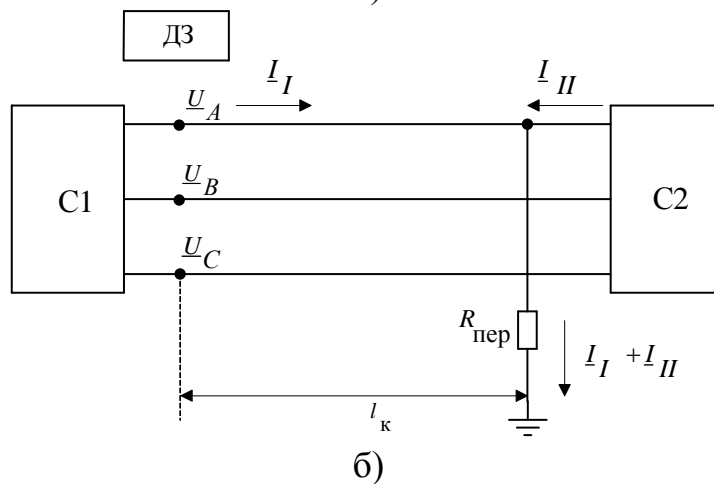
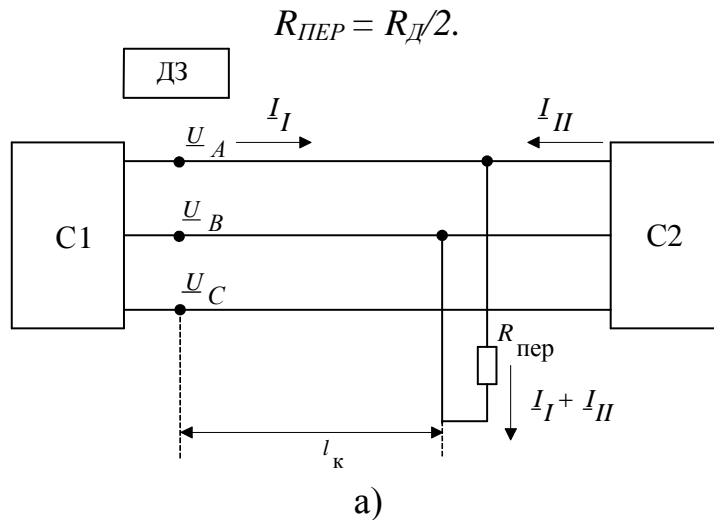


Рисунок В.1 - Короткое замыкание через переходное сопротивление на ВЛ с двухсторонним питанием: а) междуфазное КЗ; б) однофазное КЗ;

в) диаграмма токов и ЭДС: \underline{U}_I – системы С1, \underline{U}_II – системы С2.

Сопротивление дуги R_d определяется формулой:

$$R_d = U_{д.уд} l_d / I_d,$$

где $U_{д.уд}$ – удельное (на единицу длины) падение напряжения на дуге, В/м;

l_d – длина дуги, м;

I_d – ток через дугу, А.

Удельное падение напряжения на дуге $U_{д.уд}$ принимается постоянным и не зависящим от тока дуги I_d . Действующее значение $U_{д.уд}$, принимается в пределах 1000...3000 В/м. В отечественной практике используют значение $U_{д.уд} = 1050$ В/м [8], сопротивление дуги при этом равно:

$$R_d = 1050 \cdot l_d / I_d,$$

Длина дуги определяется расстоянием провод – провод или провод – опора с коэффициентом, который принимают равным 1,5 и который учитывает динамический изгиб дуги.

Для ступеней резервной защиты, действующих с выдержками времени, необходимо учитывать увеличение длины дуги l_d под действием ветра и динамических усилий в самой дуге. В этом случае для нахождения результирующего сопротивления дуги $R_{д.рез}$ может быть использовано соотношение [7]:

$$R_{д.рез} = R_d (1 + 5Vt/l_d),$$

где R_d (Ом), l_d (м) – сопротивление и длина дуги в начальный момент времени;

V – скорость ветра, м/с;

t – выдержка времени ступени (время горения дуги), с.

При междуфазных КЗ полное сопротивление, замеряемое на входе реле сопротивления, \underline{Z}_P равно:

$$\underline{Z}_P = \underline{Z}_{IK} + 0,5 \underline{U}_d / \underline{I}$$

где \underline{Z}_{IK} – сопротивление прямой последовательности от места установки ДЗ до места КЗ;

$\underline{U}_d = U_{д.уд} l_d$ – напряжение на дуге, совпадающее по фазе с током через дугу;

\underline{I} – фазный ток на входе реле сопротивления; $U_{д.уд}$ – удельное напряжение дуги;

l_d – длина дуги.

Для линии с односторонним питанием (система С2 на рисунке В.1,а отсутствует) ток через реле сопротивления равен току через дугу:

$$\underline{I} = \underline{I}_d.$$

Переходное сопротивление в месте повреждения является активным:

$$R_{ПЕР} = 0,5U_{д}/I.$$

Для линии с двусторонним питанием ток через реле сопротивления не равен току дуги. Последний равен сумме токов через дугу с двух сторон питания:

$$I_{д} = \underline{I}_I + \underline{I}_{II},$$

а фаза напряжения на дуге совпадает с фазой суммы токов:

$$\underline{U}_{д} = R_{д}(\underline{I}_I + \underline{I}_{II}).$$

Если в предаварийном режиме нагрузка не равна нулю и токи \underline{I}_I и \underline{I}_{II} не совпадают по фазе, то переходное сопротивление в месте КЗ является комплексным:

$$\underline{Z}_{ПЕР} = 0,5\underline{U}_{д}/I_I = 0,5R_{д}(\underline{I}_I + \underline{I}_{II})/I_I = 0,5R_{д}\underline{I}_{д}/I_I$$

или

$$\underline{Z}_{ПЕР} = 0,5R_{д}I_{д}(\cos\delta_1 + j\sin\delta_1)/I_I = (0,5U_{д}/I_I)(\cos\delta_1 + j\sin\delta_1), \quad (B-1)$$

где δ_1 – угол между фазой тока \underline{I}_I в реле сопротивления и фазой суммарного тока \underline{I}_{I+II} через дугу (здесь и далее в формулах Приложения В фаза тока \underline{I}_I через РС принимается равной нулю, и $I_I = |\underline{I}_I|$).

Однофазные КЗ

Однофазные КЗ на землю возникают чаще всего при пробое изоляторов между проводом и опорой, поэтому переходное сопротивление $R_{ПЕР}$ при однофазных КЗ кроме сопротивления электрической дуги $R_{д}$ между проводом и опорой включает также суммарное сопротивление опоры относительно земли $R_{ОП}$ (т. е. сопротивление самой опоры и сопротивление заземления опоры):

$$R_{ПЕР} = R_{д} + R_{ОП}.$$

Согласно ПУЭ сопротивление заземляющего устройства опоры, измеренное при токах промышленной частоты в период их наибольших значений в летнее время, находится в диапазоне (10-30) Ом в зависимости от значения удельного эквивалентного сопротивления грунта.

Для линии с односторонним питанием, на приёмном конце которой отсутствуют трансформаторы с заземлённой нейтралью, при однофазном КЗ

справедливы следующие формулы для активного R_Φ и реактивного X_Φ сопротивлений прямой последовательности [7]:

$$\begin{aligned} R_\Phi &= \operatorname{Re}(\underline{U}_\Phi/\underline{I}_\Phi)/(1+K_R) = R_{IK}+(R_D+R_{OP})/(1+K_R), \quad (\text{В-2}) \\ X_\Phi &= \operatorname{Im}(\underline{U}_\Phi/\underline{I}_\Phi)/(1+K_X) = X_{IK}, \end{aligned}$$

где: $\underline{U}_\Phi, \underline{I}_\Phi$ - напряжение и ток на входе реле сопротивления;

R_{IK}, X_{IK} - активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности от места установки защиты до места КЗ;

$K_R = (R_0-R_I)/3R_I, K_X = (X_0-X_I)/3X_I$ - коэффициенты компенсации тока $3 \cdot I_0$ по R и X.

Таким образом, переходное сопротивление в месте КЗ представляет собой активное сопротивление, которое определяется из (В-2):

$$R_{\text{ПЕР}} = (R_D+R_{OP})/(1+K_R).$$

На линии с двусторонним питанием напряжение на дуге \underline{U}_D при однофазных КЗ, также как и падение напряжения на сопротивлении R_{OP} , совпадает по фазе с суммарным током $\underline{I}_D = \underline{I}_I + \underline{I}_{II}$. Считая, как это принято (рисунок В.1, в), ток \underline{I}_I в месте КЗ направленным по действительной оси в комплексной плоскости, переходное сопротивление при однофазном КЗ на линии с двусторонним питанием можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{\text{ПЕР}} &= (U_D/I_I + R_{OP} \cdot |\underline{I}_I + \underline{I}_{II}|/I_I) \cdot \cos\delta_I / (1+K_R) + \\ &+ j(U_D/I_I + R_{OP} \cdot |\underline{I}_I + \underline{I}_{II}|/I_I) \cdot \sin\delta_I / (1+K_X), \quad (\text{В-3}) \end{aligned}$$

откуда:

$$\begin{aligned} R_\Phi &= R_{IK} + (U_D/I_I + R_{OP} \cdot |\underline{I}_I + \underline{I}_{II}|/I_I) \cos\delta_I / (1+K_R), \\ X_\Phi &= X_{IK} + (U_D/I_I + R_{OP} \cdot |\underline{I}_I + \underline{I}_{II}|/I_I) \sin\delta_I / (1+K_X). \end{aligned}$$

Приложение Г Построение областей нагрузочных режимов

Построение областей нагрузочных (симметричных) режимов энергосистемы рассмотрено на примере эквивалентной схемы линии с двухсторонним питанием (рисунок Г.1), где \underline{E}_1 , \underline{E}_2 и \underline{Z}_1 , \underline{Z}_2 - эквивалентные ЭДС и сопротивления систем 1 и 2 по обеим сторонам от места установки защиты, 1 – место установки дистанционной защиты.

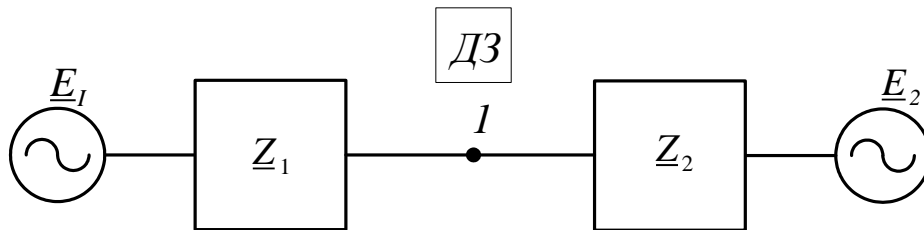


Рисунок Г.1 - Эквивалентная схема системы в нагрузочном режиме

Область нагрузки в плоскости \underline{Z} определяется ограничениями:

1) соотношение ЭДС \underline{E}_1 и \underline{E}_2 по модулю не выходит за пределы:

$$q_1 \leq |q| \leq q_2,$$

где $q = \underline{E}_2/\underline{E}_1$, $q_1 = 0.7$, $q_2 = 1.4$;

2) угол δ между ЭДС \underline{E}_1 и \underline{E}_2 (угол передачи), равный $\arg(q)$, по условиям статической устойчивости работы энергосистемы не должен превышать 90° :

$$\delta = \arg(q) \leq 90^\circ \quad (\text{Г-1})$$

Первое ограничение представляет собой в плоскости Z две окружности (для q_1 и q_2) [7] с центрами в точках:

$$\underline{Z}'_0 = (\underline{Z}_2 + q_1^2 \underline{Z}_1) / (1 - q_1^2) \text{ и } \underline{Z}''_0 = (\underline{Z}_2 + q_2^2 \underline{Z}_1) / (1 - q_2^2)$$

и радиусами:

$$r'_0 = |\underline{Z}_2 + \underline{Z}_1| * q_1 / (1 - q_1^2) \text{ и } r''_0 = |\underline{Z}_2 + \underline{Z}_1| * q_2 / (1 - q_2^2).$$

Эти окружности представлены на рисунке Г.2 в плоскости сопротивлений. Здесь для упрощения рассмотрения сопротивления Z_1 и Z_2 систем 1 и 2 равны по модулю (ДЗ расположена в электрическом центре объединённой энергосистемы), а их активные составляющие не учитываются. Эквивалентное сопротивление системы 1 отображается со знаком минус: "- Z_1 ". Дуга окружности, соответствующая q_1 , обозначена индексом «1», а q_2 – индексом «2». Область возможного расположения входного сопротивления защиты Z_H в нагрузочном режиме располагается вне окружностей «1», «2».

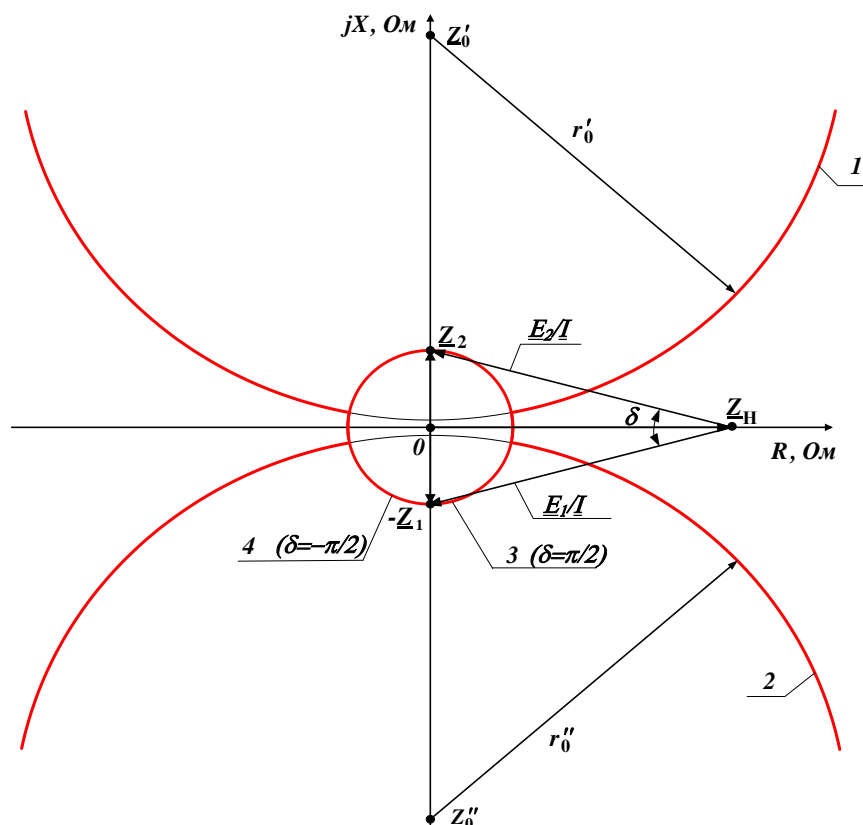


Рисунок Г.2 - Области расположения нагрузочных режимов

Ограничение, определяемое условием статической устойчивости (Г-1) преобразуется к виду:

$$\delta = \arg(q) = \arg(|Z_H - Z_2| / |Z_H + Z_1|) \leq 90^\circ.$$

На рисунке Г.2 это – область вне окружности «3».

Результирующая область нагрузочных режимов находится вне окружностей «1», «2» и «3».

Приложение Д Функциональные схемы логики резервных защит

В Приложении Д приведены функциональные схемы логики резервных защит в шкафах типа ШЭ2607 021_200 (номера рисунков – в соответствии с Руководством по эксплуатации шкафа).

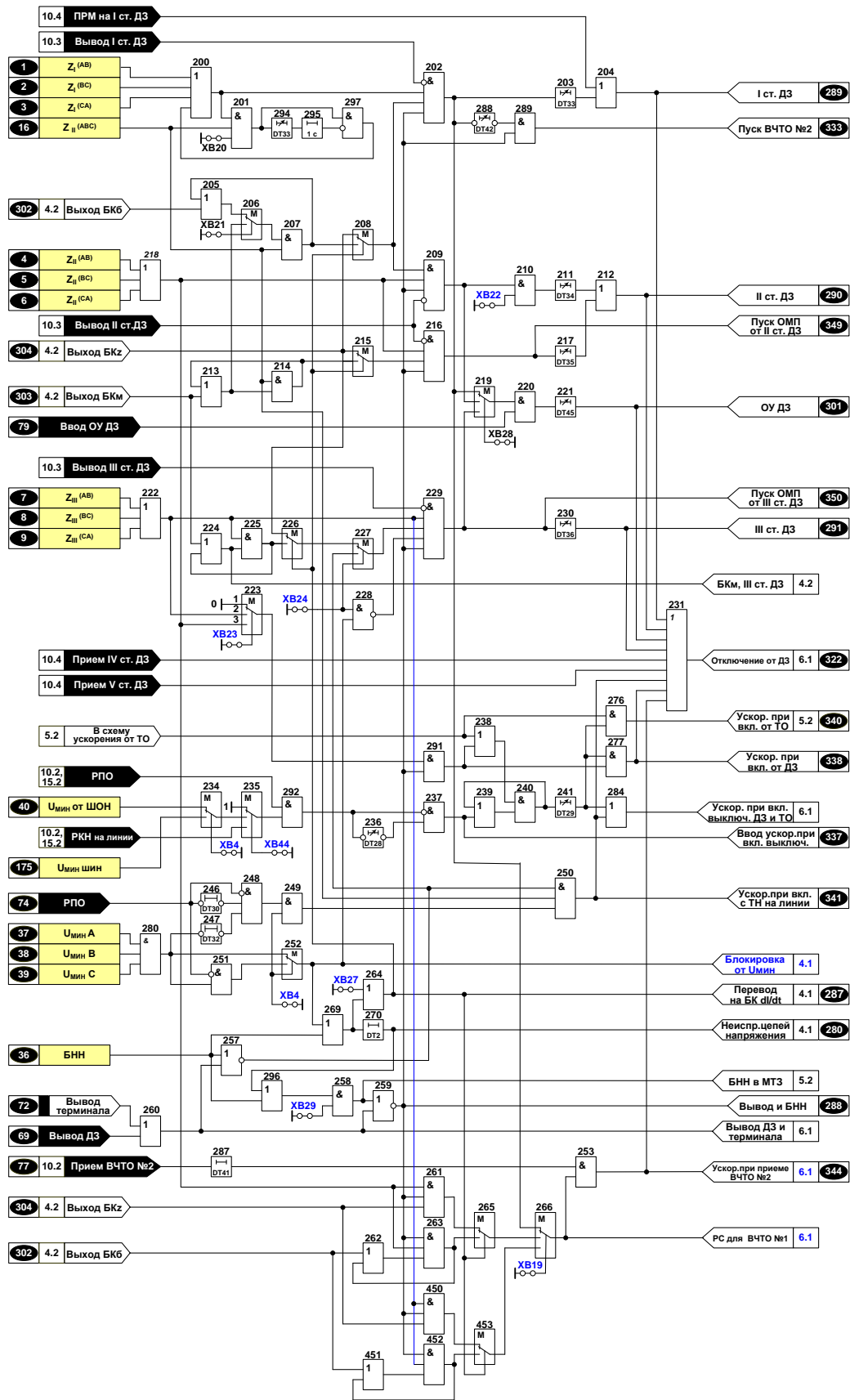


Рисунок 4 Функциональная схема логической части ДЗ терминала БЭ2704 V021

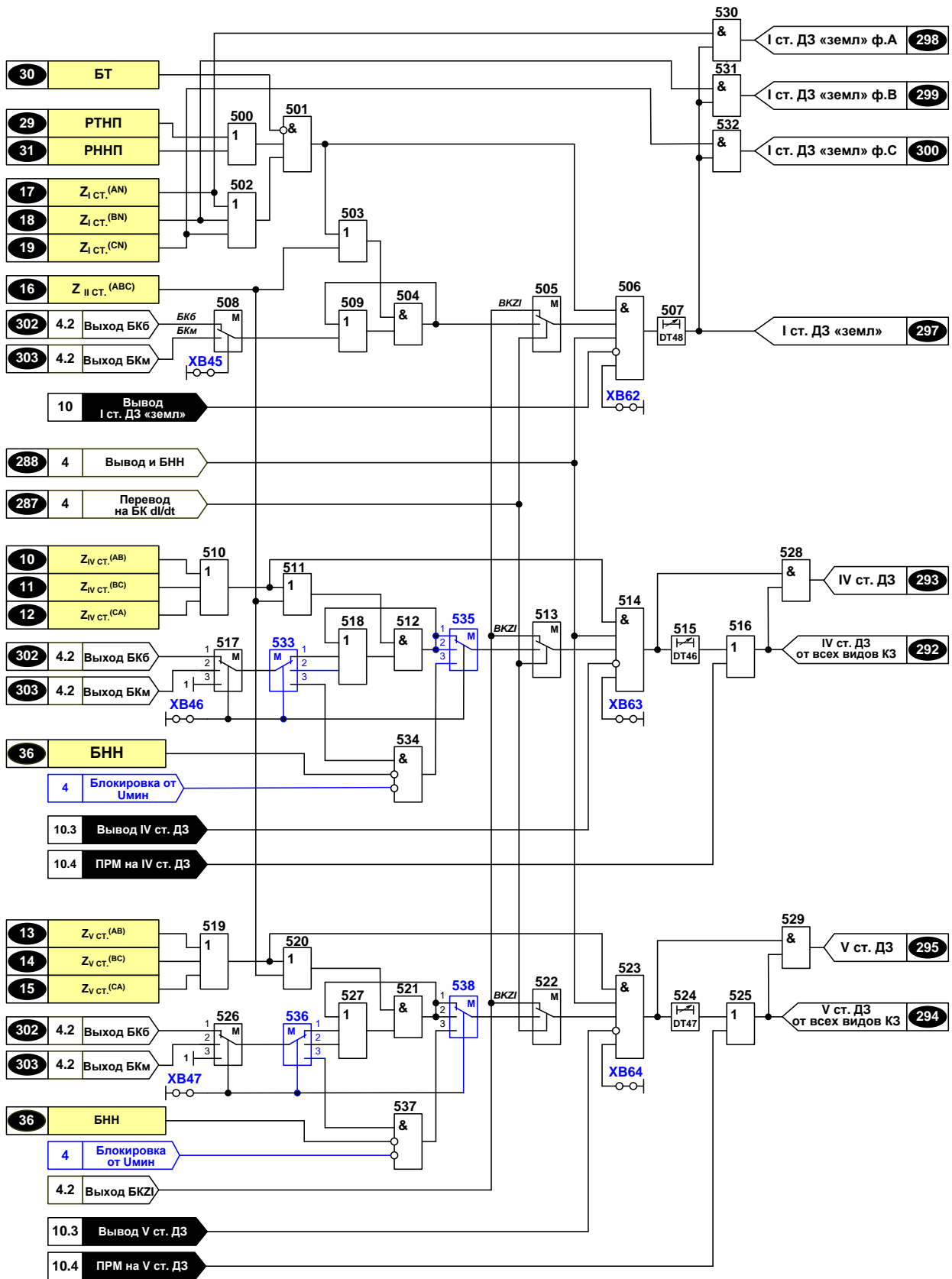


Рисунок 4.1 Функциональная схема логической части ДЗ терминала БЭ2704 V021 (дополнительная логика)

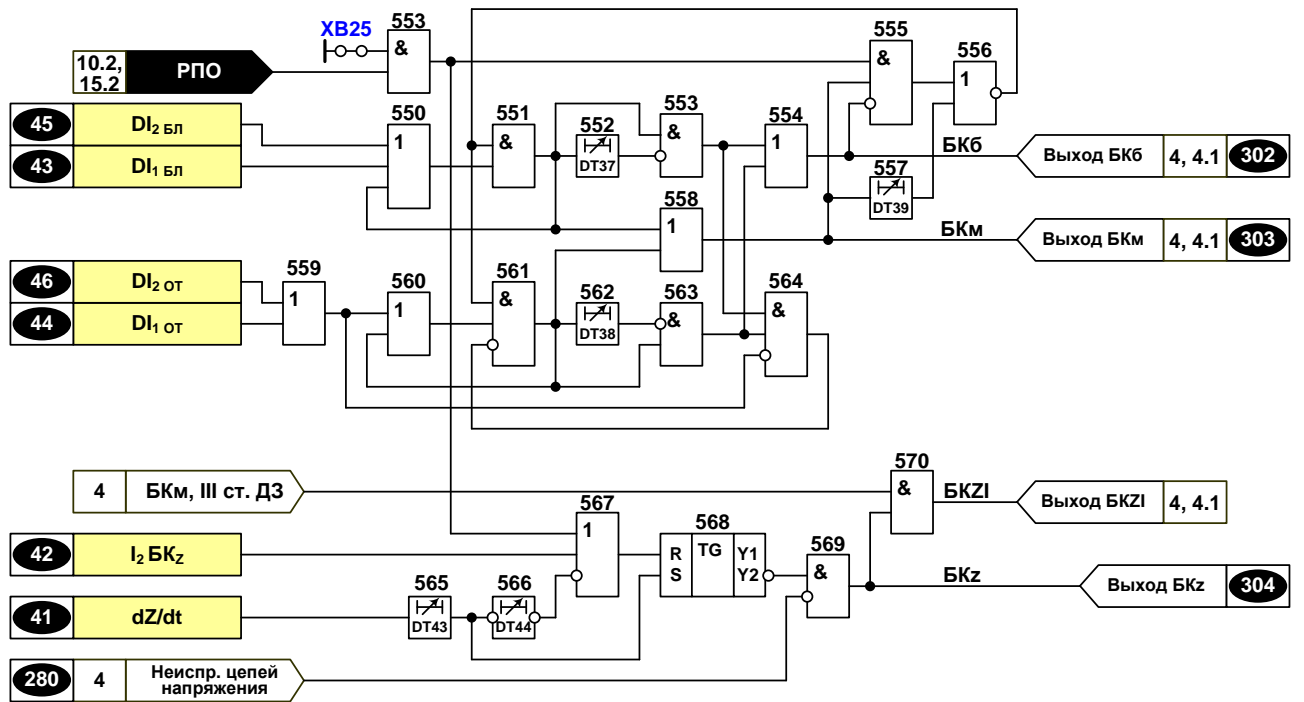


Рисунок 4.2 Функциональная схема логической части блокировки при качаниях терминала БЭ2704

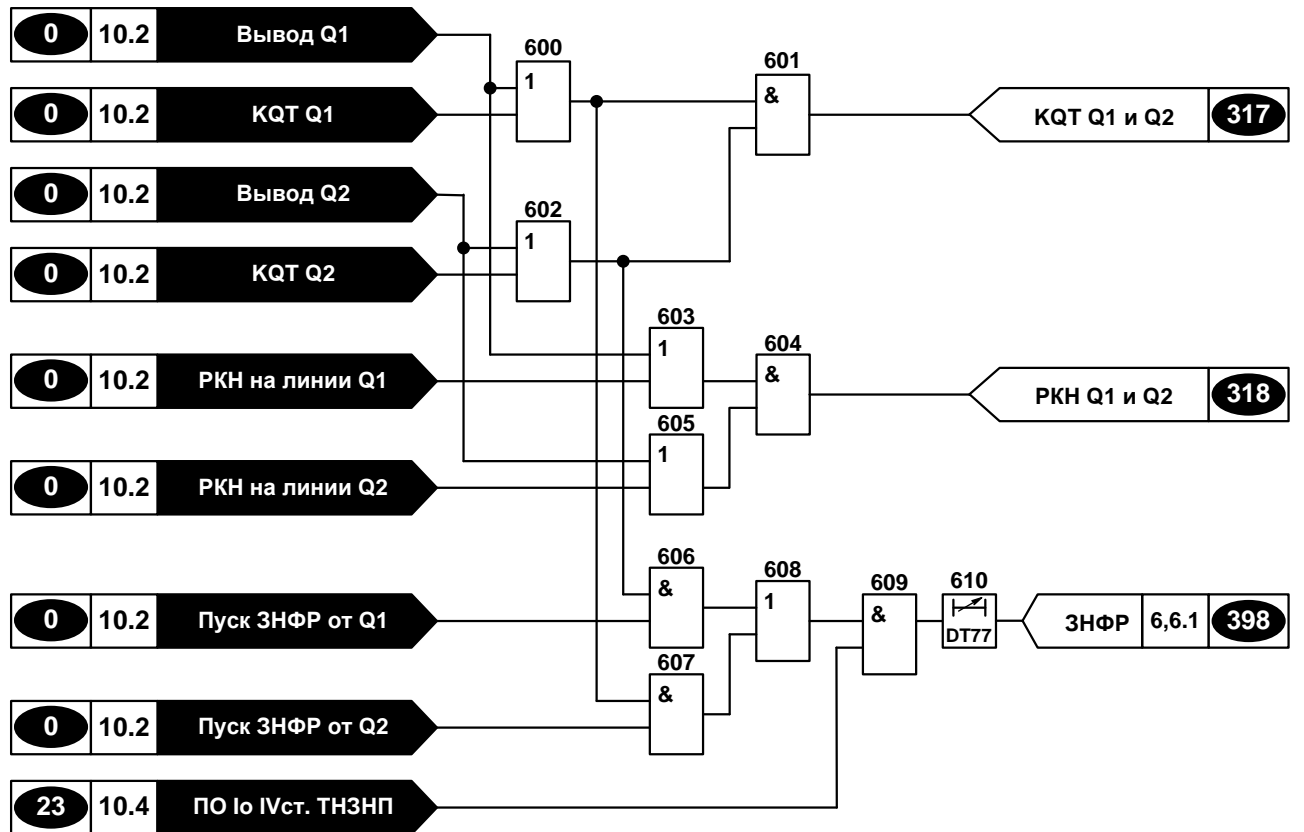


Рисунок 4.3 Дополнительная логика терминала БЭ2704 V021 для схемы с двумя выключателями на присоединение (в схеме с двумя выключателями на присоединение выполняется конфигурирование данной логики)

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафу ШЭ2607 021

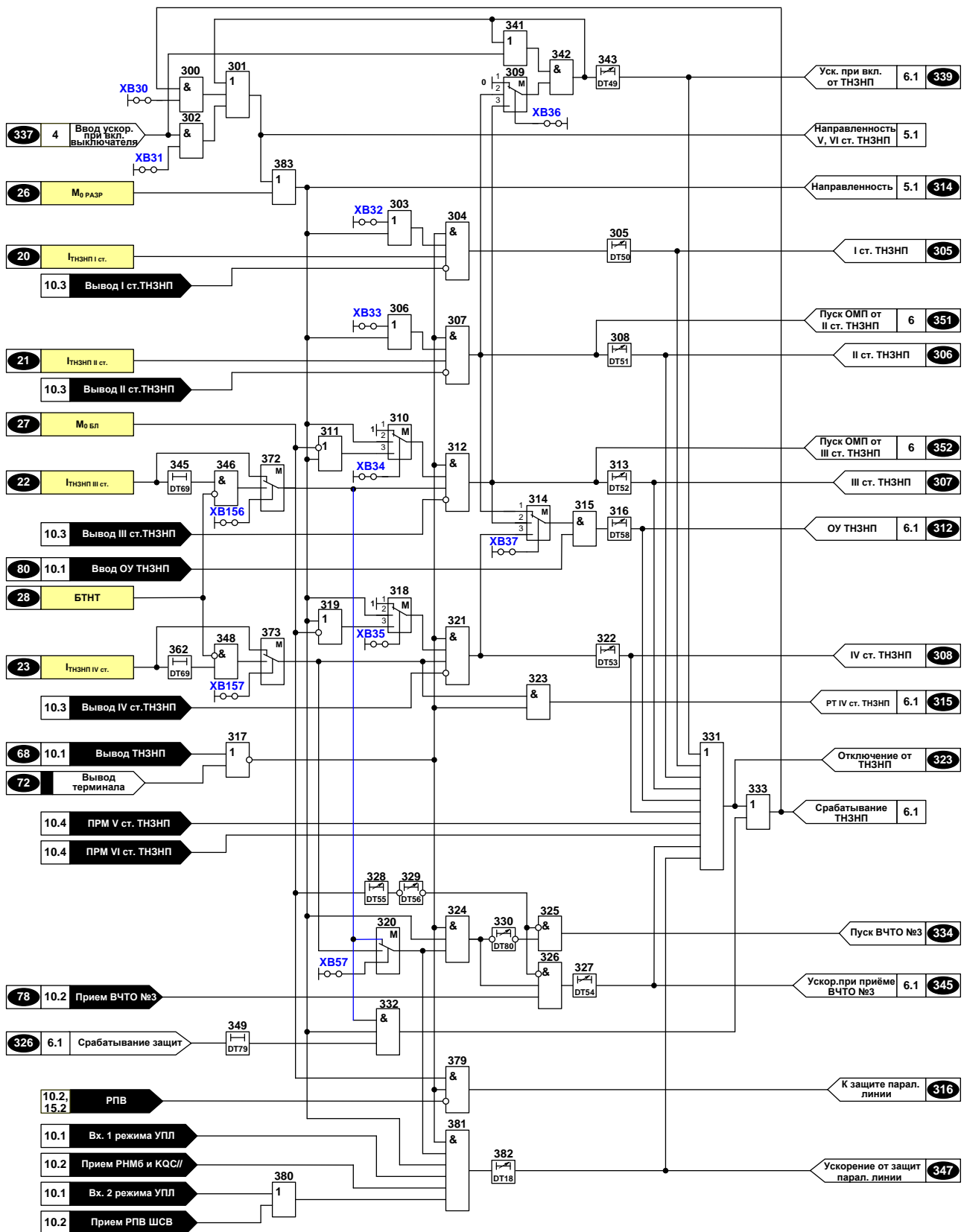


Рисунок 5 Функциональная схема логической части ТНЗНП терминала БЭ2704 V021

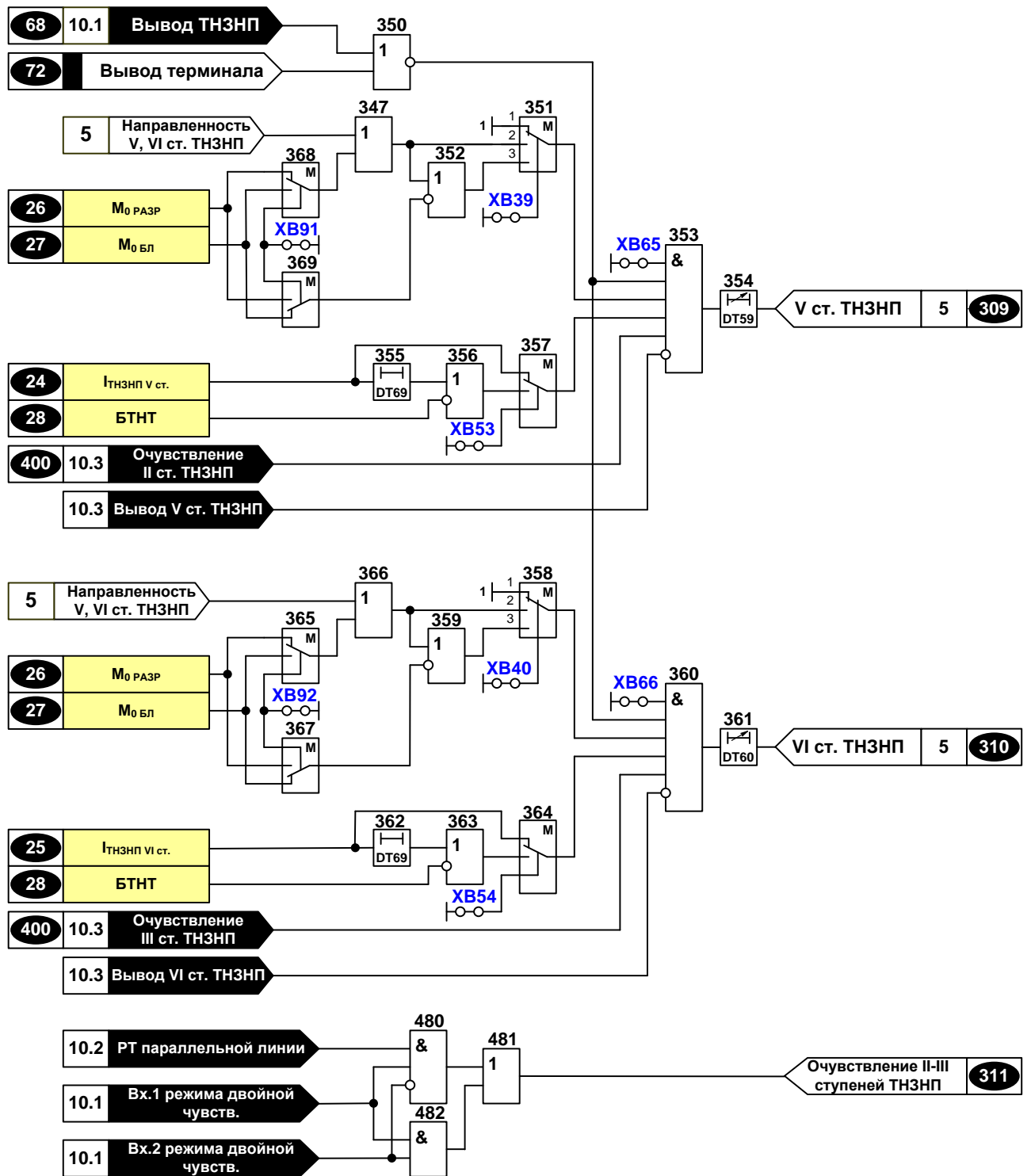


Рисунок 5.1 Функциональная схема логической части ТНЗНП терминала БЭ2704 (дополнительная логика)

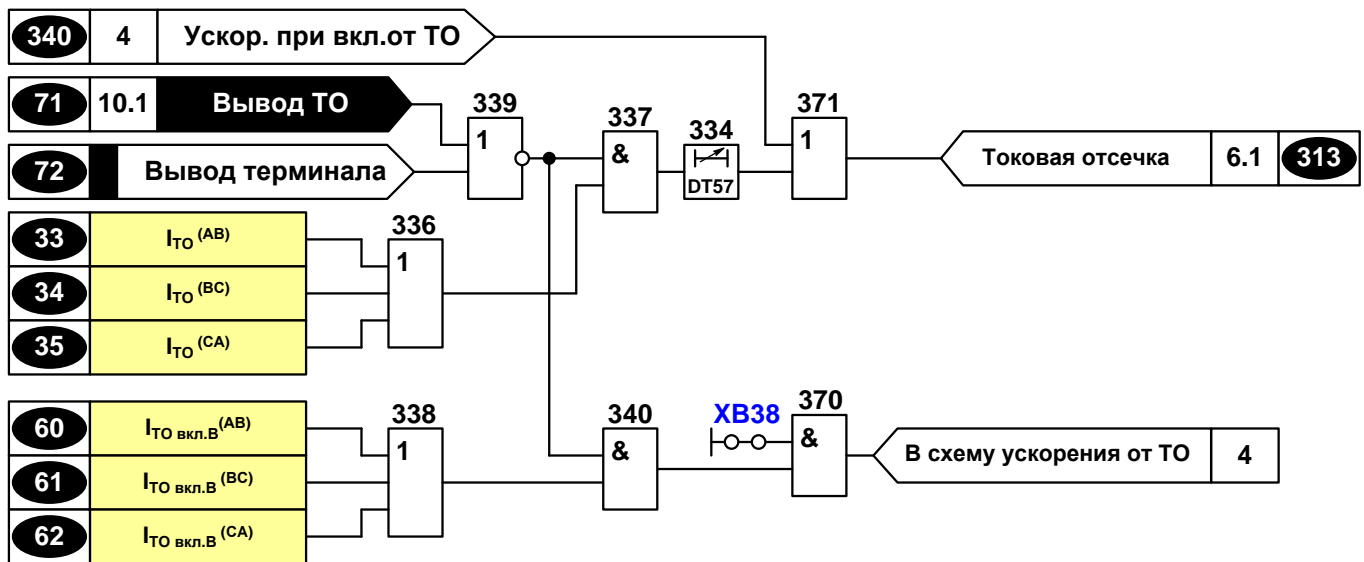


Рисунок 5.2 - Функциональная схема ТО терминала БЭ2704 021

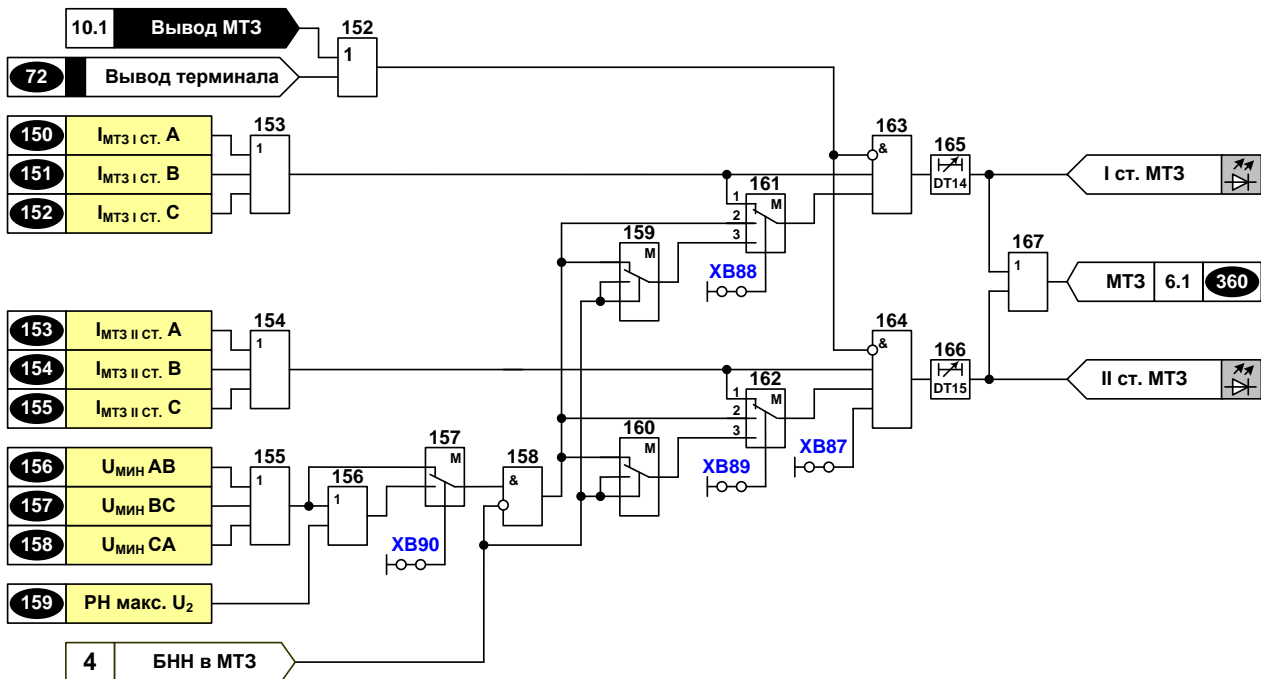


Рисунок 5.3 - Функциональная схема МТЗ терминала БЭ2704 021

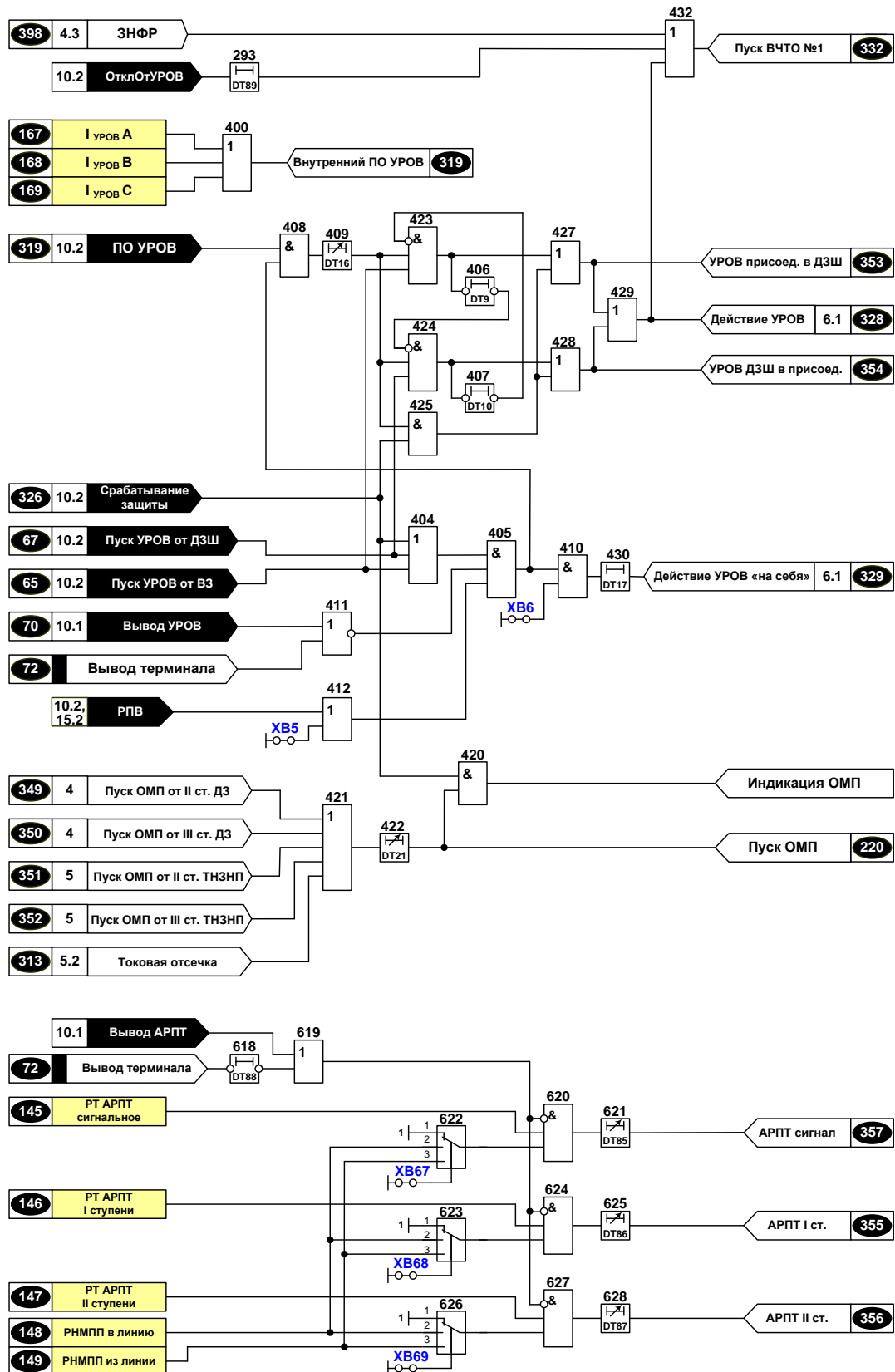


Рисунок 6 - Функциональная схема логической части УРОВ, АРПТ и ОМП терминала БЭ2704 021

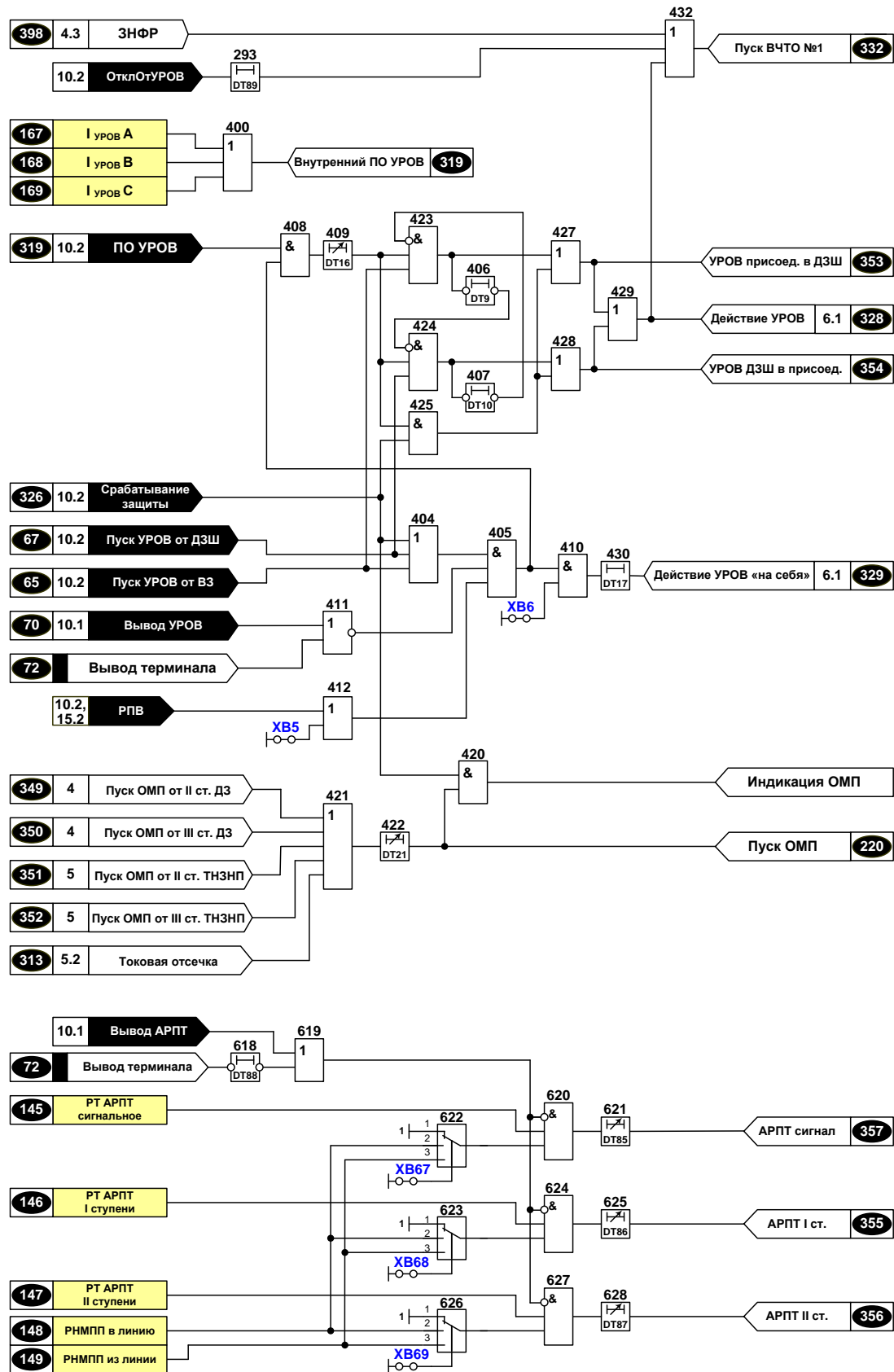


Рисунок 6 - Функциональная схема логической части УРОВ, АРПТ и ОМП терминала БЭ2704 021

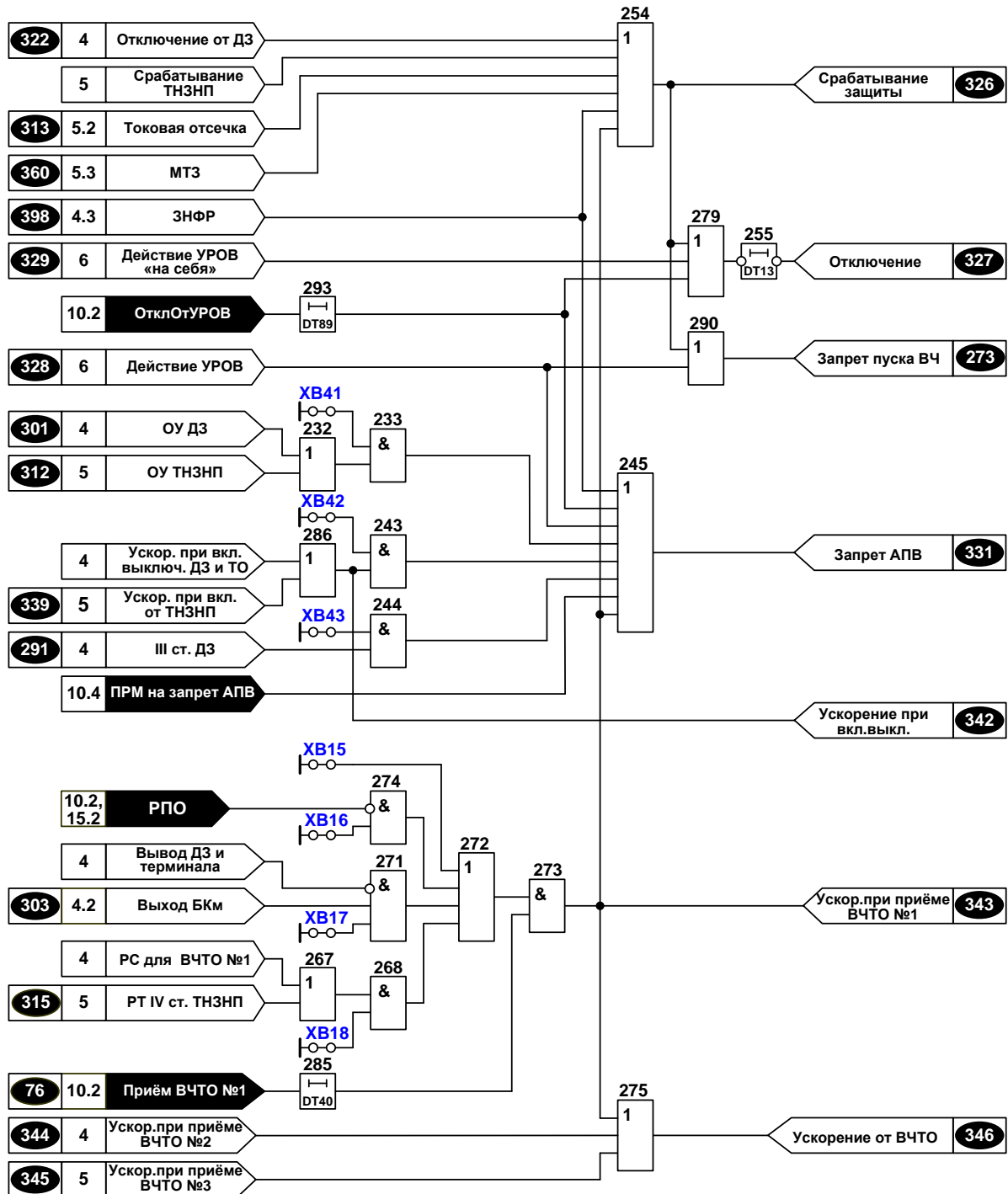


Рисунок 6.1 - Функциональная схема логической части защит терминала БЭ2704 021

Таблица Д.1 - Назначение программных переключателей ХВ

Обозн	Назначение	Положение	Полож по умолч.	Рис
ХВ4	Трансформатор напряжения	0 – на шинах	на шинах	4
		1 – на линии		
ХВ5	Подтверждение пуска УРОВ от РПВ	0 – предусмотрено	предусмотрено	6
		1 – не предусмотрено		
ХВ6	Действие УРОВ «на себя»	0 – не предусмотрено	не предусмотрено	
		1 – предусмотрено		
ХВ15	Действие сигнала ВЧТО №1	0 – с контролем	с контролем	
		1 – без контроля		
ХВ16	Контроль от сигнала РПО при приеме сигнала ВЧТО №1	0 – не предусмотрен	не предусмотрен	6.1
		1 – предусмотрен		
ХВ17	Контроль от сигнала БК при приеме сигнала ВЧТО №1	0 – не предусмотрен	не предусмотрен	
		1 – предусмотрен		
ХВ18	Контроль пуска от I(II,III) ст. ДЗ или IVст. ТНЗНП при приеме сигнала ВЧТО №1	0 – не предусмотрен	не предусмотрен	
		1 – предусмотрен		
ХВ19	Контроль от I(II,III) ступени ДЗ при приеме сигнала ВЧТО №1,2	1 – I ступень	I ступень	
		2 – II ступень		
		3 – III ступень		
ХВ20	Подхват срабатывания ИО Z I ст. от ненаправленного ИО Z II ст	0 – не предусмотрен	предусмотрен	
		1 – предусмотрен		
ХВ21	Контроль действия I ст. (или II ст. с меньшей выдержкой времени)	0 – от БКб	от БКб	4
		1 – от БКм		
ХВ22	Действие II ст. с меньшей выдержкой времени	0 – не предусмотрено	предусмотрено	
		1 – предусмотрено		
ХВ23	Ускоряемая ступень при включении выключателя	1 – не предусмотрена	не предусмотрена	
		2 – II ступень		
		3 – III ступень		
ХВ24	Контроль действия III ст.	0 – от БК по dI/dt	от БК по dI/dt	
		1 – от БНН		
ХВ25	Ускоренный возврат БК при отключении выключателя	0 – не предусмотрен	не предусмотрен	4.2
		1 – предусмотрен		
ХВ26	Формирование области контроля dZ/dt относительно	0 – III ступени	III ступени	-
		1 – II ступени		
ХВ27	Алгоритм БК	0 – dZ/dt	dI/dt	
		1 – dI/dt		
ХВ28	Оперативно ускоряемая ступень ДЗ	1 – I ступень	II ступень	4
		2 – II ступень		
		3 – III ступень		
ХВ29	Контроль действия ступеней от БНН	0 – не предусмотрен	предусмотрен	
		1 – предусмотрен		
ХВ30	Автоматический вывод направленности при срабатывании ТНЗНП	0 – не предусмотрен	не предусмотрен	5
		1 – предусмотрен		
ХВ31	Автоматический вывод направл. в режиме ускорения при включ.В	0 – не предусмотрен	не предусмотрен	
		1 – предусмотрен		
ХВ32	Контроль направленности I ст. ТНЗНП	0 – предусмотрен	не предусмотрен	
		1 – не предусмотрен		

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Обозн.	Назначение	Положение	Полож по умолч.	Рис	
ХВ33	Контроль направленности II ст. ТНЗНП	0 – предусмотрен	не предусмотрен	5	
		1 – не предусмотрен			
ХВ34	Контроль направленности III ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	не предусмотрен		
		2 – РНМр			
		3 – РНМр или РНМб			
ХВ35	Контроль направленности IV ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	не предусмотрен		
		2 – РНМр			
		3 – РНМр или РНМб			
ХВ36	Ускоряемая ступень ТНЗНП при включении выключателя	1 – не предусмотрена	не предусмотрена		
		2 – II ступень			
		3 – III ступень			
ХВ37	Оперативно ускоряемая ступень ТНЗНП	1 – II ступень	III ступень		
		2 – III ступень			
		3 – IV ступень			
ХВ38	Ускорение действия токовой отсечки при вкл. выключателя	0 – не предусмотрено	не предусмотрено		
		1 – предусмотрено			
ХВ39	Контроль направленности V ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	не предусмотрен		5.1
		2 – РНМр			
		3 – РНМр или РНМб			
ХВ40	Контроль направленности VI ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	не предусмотрен		
		2 – РНМр			
		3 – РНМр или РНМб			
ХВ41	Запрет АПВ при ОУ от ДЗ или ТНЗНП	0 – не предусмотрен	не предусмотрен	6.1	
		1 – предусмотрен			
ХВ42	Запрет АПВ от ускорения при включении выключателя	0 – не предусмотрен	не предусмотрен		
		1 – предусмотрен			
ХВ43	Запрет АПВ от III ст. ДЗ	0 – не предусмотрен	не предусмотрен		
		1 – предусмотрен			
ХВ44	Контроль ускорения при включении выключателя от напряжения на линии	1 – не предусмотрен	не предусмотрен	4	
		2 – ШОН			
		3 – РН на линии			
ХВ45	Контроль действия I ст. «земл.» ДЗ	0 – от БКб	от БКм	4.1	
		1 – от БКм			
ХВ46	Контроль действия IV ст ДЗ	1 – от БКб	нет		
		2 – от БКм			
		3 – нет			
ХВ47	Контроль действия V ст ДЗ	1 – от БКб	нет		
		2 – от БКм			
		3 – нет			
ХВ53	Отстройка ПО V ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	не предусмотрена		5.1
		1 – предусмотрена			
ХВ54	Отстройка ПО VI ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	не предусмотрена		
		1 – предусмотрена			
ХВ57	Контроль ВЧТО №3 от ПО III(IV) ст. ТНЗНП	0 – III ступень	III ступень	5	
		1 – IV ступень			
ХВ62	I ст. "земл." ДЗ	0 – выведена	выведена	4.1	
		1 – в работе			
ХВ63	IV ст. ДЗ	0 – выведена	выведена		
		1 – в работе			

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Обозн.	Назначение	Положение	Полож по умолч.	Рис
XB64	V ст. ДЗ	0 – выведена	выведена	
		1 – в работе		
XB65	V ст. ТНЗНП	0 – выведена	выведена	5.1
		1 – в работе		
XB66	VI ст. ТНЗНП	0 – выведена	выведена	
		1 – в работе		
XB67	Контроль направленности ст. АРПТ сигнал. от РНМПП	1 – не предусмотрен	не предусмотрен	
		2 – в линию		
		3 – из линии		
XB68	Контроль направленности I ст. АРПТ от РНМПП	1 – не предусмотрен	не предусмотрен	5
		2 – в линию		
		3 – из линии		
XB69	Контроль направленности II ст. АРПТ от РНМПП	1 – не предусмотрен	не предусмотрен	
		2 – в линию		
		3 – из линии		
XB87	Вторая ступень МТЗ	0 – не предусмотрена	не предусмотрена	
		1 – предусмотрена		
XB88	Контроль I ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения	1 – не предусмотрен	не предусмотрен	5.3
		2 – с БНН		
		3 – с выводом от БНН		
XB89	Контроль II ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения	1 – не предусмотрен	не предусмотрен	
		2 – с БНН		
		3 – с выводом от БНН		
XB90	Режим пуска по напряжению	0 – по U _{мин}	по U _{мин}	
		1 – по U _{мин} или U ₂		
XB91	Направленность V ст. ТНЗНП	0 – вперед	вперед	5.1
		1 – назад		
XB92	Направленность VI ст. ТНЗНП	0 – вперед	вперед	
		1 – назад		
XB146	Программная накладка 1	0 – не предусмотрена	не предусмотрена	10.5
		1 – предусмотрена		
XB147	Программная накладка 2	0 – не предусмотрена	не предусмотрена	
		1 – предусмотрена		
XB156	Отстройка ПО III ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	не предусмотрена	5
		1 – предусмотрена		
XB157	Отстройка ПО IV ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	не предусмотрена	
		1 – предусмотрена		

Таблица Д.2 – Рекомендации по выбору положения программных переключателей ХВ

Обозн.	Назначение	Положение	Рекомендации
ХВ4	Трансформатор напряжения	0 – на шинах	П. 9.1.1
		1 – на линии	
ХВ5	Подтверждение пуска УРОВ от РПВ	0 – предусмотрено	П. 12.2.3
		1 – не предусмотр.	
ХВ6	Действие УРОВ «на себя»	0 – не предусмотр.	П. 12.2.3
		1 – предусмотрено	
ХВ15	Действие сигнала ВЧТО №1	0 – с контролем	с контролем. Вводится для исключения случаев отключения линии при приёме ложного сигнала от аппаратуры ВЧТО
		1 – без контроля	
ХВ16	Контроль от сигнала РПО при приёме сигнала ВЧТО №1	0 – не предусмотр.	не предусмотрен. Вводится для прекращения действия сигнала ВЧТО №1 после отключения выключателя, если не используется
		1 – предусмотр.	
ХВ17	Контроль от сигнала БК при приёме сигнала ВЧТО №1	0 – не предусмотр.	не предусмотрен. Вводится для прекращения действия сигнала ВЧТО №1 после отключения выключателя, если не используется контроль от РС I (II или III) ступени или
		1 – предусмотрен	
ХВ18	Контроль пуска от I ст. ДЗ или IV ст. ТНЗНП при приёме сигнала ВЧТО 1	0 – не предусмотр.	Предусмотрен. Вводится для исключения случаев отключения линии при приёме ложного сигнала от аппаратуры ВЧТО
		1 – предусмотрен	
ХВ19	Контроль ускорения ДЗ от I(II, III) ступени ДЗ при приёме сигнала ВЧТО №2	1 – I ступень	П. 15.1.1 Характеристика используемой ступени должна перекрывать сопротивление защищаемой линии
		2 – II ступень	
		3 – III ступень	
ХВ20	Подхват срабатывания ИО Z I ст. от ненаправленного ИО Z II ст.	0 - не предусмотр.	П. 6.2.7 Предусмотреть: при выполнении I ст ДЗ с выдержкой времени сопротивление при КЗ через дугу может выйти из характеристики ИО Z I ст.
		1 – предусмотр.	
ХВ21	Контроль действия I ст. (или II ст.) ДЗ с меньшей выдержкой времени)	0 – от БКб	П. 6.2.7
		1 – от БКм	
ХВ22	Действие II ст. ДЗ с меньшей выдержкой времени	0 - не предусмотр.	П. 6.2.7
		1 – предусмотрено	
ХВ23	Ускоряемая ступень ДЗ при включении выключателя	1 - не предусмотр.	II ступень. Если II ступень не охватывает сопротивление защищаемой линии, - то III ступень
		2 – II ступень	
		3 – III ступень	
ХВ24	Контроль действия III ст. ДЗ от блокировок	0 – от БК по dI/dt	П. 6.2.7
		1 – от БНН	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Обозн.	Назначение	Положение	Рекомендации
XB25	Ускоренный возврат БК при отключении выключателя	0 - не предусмотр.	П. 6.2.7 Предусматривается для быстрого ввода в работу быстродействующих ступеней ДЗ на случай, если при отключении выключателя во время КЗ предусмотрено АПВ, а быстродействующие ступени заблокированы БК на время БКм.
		1 – предусмотрен.	
XB26	Формирование области контроля dZ/dt относительно	0 – III ступени	Относительно III ступени. Относительно II ступени, - если III ступень в ДЗ не используется
		1 – II ступени	
XB27	Алгоритм БК	0 – dZ/dt	dI/dt . dZ/dt , - если dI/dt не проходит по чувствительности
		1 – dI/dt	
XB28	Оперативно ускоряемая ступень ДЗ	1 – I ступень	II ступень. III ступень, - если II ступень не охватывает сопротивление защищаемой ВЛ.
		2 – II ступень	
		3 – III ступень	
XB29	Контроль действия ступеней от БНН	0 - не предусмотр.	П. 6.2.7
		1 – предусмотрен	
XB30	Автоматический вывод направленности при срабатывании ТНЗНП	0 - не предусмотр.	П. 10.2.8
		1 – предусмотрен	
XB31	Автоматический вывод направл. в режиме ускорения при вкл. В	0 - не предусмотр.	П. 10.2.8
		1 – предусмотрен	
XB32	Контроль направленности	0 – предусмотрен	П. 10.2.8.3
		1 – не предусмотрен	
XB33	Контроль направленности II ст. ТНЗНП	0 – предусмотрен	П. 10.2.8.3
		1 – не предусмотрен	
XB34	Контроль направленности III ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	П. 10.2.8.3
		2 – РНМр	
		3 – РНМр или РНМб	
XB35	Контроль направленности IV ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	П. 10.2.8.3
		2 – РНМр	
		3 – РНМр или РНМб	
XB36	Ускоряемая ступень ТНЗНП при включении выключателя	1 – не предусмотрена	10.1.23 Ускоряемая при включении выключателя ступень должна перекрывать сопротивление защищаемой линии
		2 – II ступень	
		3 – III ступень	
XB37	Оперативно ускоряемая ступень ТНЗНП	1 – II ступень	10.1.24 Оперативно ускоряемая ступень должна перекрывать сопротивление защищаемой линии
		2 – III ступень	
		3 – IV ступень	
XB38	Ускорение действия токовой отсечки при вкл. выключателя	0 – не предусмотрено	П. 11.2.
		1 – предусмотрено	
XB39	Контроль направленности V ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	П. 10.2.8.3
		2 – РНМр	
		3 – РНМр или РНМб	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Обозн.	Назначение	Положение	Рекомендации
XB40	Контроль направленности VI ст. ТНЗНП	1 – не предусмотрен	П. 10.2.8.3
		2 – РНМр	
		3 – РНМр или РНМб	
XB41	Запрет АПВ при ОУ от ДЗ или ТНЗНП	0 – не предусмотрен	Не предусмотрен. Отказ от АПВ должен быть в каждом конкретном случае обоснован
		1 – предусмотрен	
XB42	Запрет АПВ от ускорения при включении выключателя	0 – не предусмотрен	Предусмотреть, так как при ручном включении выключателя есть вероятность его включения на оставленную ремонтную закоротку
		1 – предусмотрен	
XB43	Запрет АПВ от III ст. ДЗ	0 – не предусмотрен	Предусмотреть, так как срабатывание III ст. ДЗ может быть связано с отказом выключателя
		1 – предусмотрен	
XB44	Контроль ускорения при включении выключателя от напряжения на линии	1 – не предусмотрен	Не предусмотрен: - для конца линии, включаемого первым при АПВ; для конца линии, включаемого вторым при АПВ с контролем синхронизма для предотвращения излишнего срабатывания ДЗ в переходном режиме при включении выключателя: ШОН – при отсутствии ТН на линии, РН на линии – при установке ТН на линии
		2 – ШОН	
		3 – РН на линии	
XB45	Контроль действия I ст. «земл.» ДЗ	0 – от БКб	6.2.7
		1 – от БКм	
XB46	Контроль действия IV ст ДЗ	1 – от БКб	6.2.7
		2 – от БКм	
		3 – нет	
XB47	Контроль действия V ст ДЗ	1 – от БКб	6.2.7
		2 – от БКм	
		3 – нет	
XB53	Отстройка ПО V ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	П. 10.2.8
		1 – предусмотрена	
XB54	Отстройка ПО VI ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	П. 10.2.8
		1 – предусмотрена	
XB57	Контроль ВЧТО №3 от ПО III(IV) ст. ТНЗНП	0 – III ступень	П. 15.1.4 III ступень. IV ступень, - если III ступень не охватывает сопротивление защищаемой ВЛ
		1 – IV ступень	
XB62	I ст. "земл." ДЗ	0 – выведена	В работе
		1 – в работе	
XB63	IV ст. ДЗ	0 – выведена	Может быть «в работе» – на ВЛ с питанием с двух и более сторон
		1 – в работе	
XB64	V ст. ДЗ	0 – выведена	Может быть «в работе» – на ВЛ с питанием с двух и более сторон
		1 – в работе	
XB65	V ст. ТНЗНП	0 – выведена	Может быть «в работе» – на ВЛ с питанием с двух и более сторон
		1 – в работе	

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Обозн.	Назначение	Положение	Рекомендации
ХВ66	VI ст. ТНЗНП	0 – выведена	Может быть «в работе» – на ВЛ с питанием с двух и более сторон
		1 – в работе	
ХВ67	Контроль направленности I ст. ТЗП сигнал. от РНМПП	1 – не предусмотрен	П. 13.1.9
		2 – в линию	
		3 – из линии	
ХВ68	Контроль направленности I ст. ТЗП от РНМПП	1 – не предусмотрен	П. 13.1.9
		2 – в линию	
		3 – из линии	
ХВ69	Контроль направленности II ст. ТЗП от РНМПП	1 – не предусмотрен	П. 13.1.9
		2 – в линию	
		3 – из линии	
ХВ87	Вторая ступень МТЗ	0 – не предусмотрена	П. 14.1.23
		1 – предусмотрена	
ХВ88	Контроль I ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения	1 – не предусмотрен	П. 14.1.23
		2 – с БНН	
		3 – с выводом от БНН	
ХВ89	Контроль II ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения	1 – не предусмотрен	П. 14.1.23
		2 – с БНН	
		3 – с выводом от БНН	
ХВ90	Режим пуска МТЗ по напряжению	0 – по Умин	П. 14.1.23
		1 – по Умин или U2	
ХВ91	Направленность V ст. ТНЗНП	0 – вперёд	П. 10.2.8
		1 – назад	
ХВ92	Направленность VI ст. ТНЗНП	0 – вперёд	П. 10.2.8
		1 – назад	
ХВ146	Программная накладка 1	0 – не предусмотрена	Резерв
		1 – предусмотрена	
ХВ147	Программная накладка 2	0 – не предусмотрена	Резерв
		1 – предусмотрена	
ХВ156	Отстройка ПО III ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	Предусмотреть, если на защищаемой ВЛ есть ответвления или на шинах противоположной п/ст. есть трансформатор
		1 – предусмотрена	
ХВ157	Отстройка ПО IV ст. ТНЗНП от БТНТ	0 – не предусмотрена	Предусмотреть, если на защищаемой ВЛ есть ответвления или на шинах противоположной п/ст. есть трансформатор
		1 – предусмотрена	

Таблица Д.3 - Назначение и параметры элементов времени

Обоз.	Назначение	t (t по умолч), с	Рисунок
DT2	Действие БНН	5,0	4
DT8	Задержка отключения от внешних защит	0,02	4
DT9	Продление блокировки от УРОВ присоединения	0,02	6
DT10	Продление блокировки от УРОВ ДЗШ	0,02	
DT13	Продление сигнала отключения	0,025	4
DT14	Задержка на срабатывание I ст. МТЗ	0,05 – 27,0 (0,1)	5.2
DT15	Задержка на срабатывание II ст. МТЗ	0,05 – 27,0 (0,2)	
DT16	Задержка действия УРОВ	0,1 – 0,6 (0,3)	6
DT17	Задержка действия УРОВ на себя	0,02	
DT18	Задержка срабатывание ускорения ТНЗНП от защит параллельной линии	0,01 – 5,00 (5,00)	5
DT21	Задержка взятия данных для ОМП	0,01 – 0,06 (0,04)	6
DT22	Время проверки светодиодов	3,0	10
DT28	Время ввода ускорения при включении выключателя	0,7 – 2,0 (0,7)	4
DT29	Задержка на срабатывание ускорения от ДЗ и МТО при включении В	0,000 – 1,000 (0,5)	
DT30	Время ввода ускорения с ТН на линии при включении В	1,0	
DT32	Время ввода ускорения с ТН на линии при междуфазных КЗ	0,1	
DT33	Задержка на срабатывание I ст. ДЗ	0,0 – 15,0 (0,1)	
DT34	Задержка на срабатывание II ст. ДЗ с меньшей выдержкой	0,05 – 15,0 (1,0)	
DT35	Задержка на срабатывание II ст. ДЗ	0,05 – 15,0 (2,0)	
DT36	Задержка на срабатывание III ст. ДЗ	0,05 – 15,0 (4,0)	
DT37	Время ввода быстродействующих ступеней от чувств. ПО БК	0,2 – 1,0 (0,6)	4.2
DT38	Время ввода быстродействующих ступеней от груб. ПО БК	0,2 – 1,0 (0,8)	
DT39	Время ввода медленнодействующих ступеней от БК	3,0 – 16,0 (8,0)	
DT40	Отстройка от помех	0,02	4
DT41	Отстройка от помех	0,02	
DT42	Продление сигнала пуска ВЧТО №2	0,00 – 0,20 (0,04)	
DT43	Время задержки блокировки БК dZ/dt	0,001 – 1,000 (0,05)	4.2
DT44	Время возврата БК dZ/dt	0,01 – 5,00 (0,20)	4
DT45	Задержка на срабатывание I, II или III ступени ДЗ при оперативном ускорении	0,05 – 5,00 (0,10)	
DT46	Задержка на срабатывание IV ст. ДЗ	0,0 – 15,0 (0,0)	
DT47	Задержка на срабатывание V ст. ДЗ	0,0 – 15,0 (0,0)	4.1
DT48	Задержка на срабатывание I ст. ДЗ «земл.»	0,0 – 15,0 (0,0)	
DT49	Задержка на срабатывание ускорения от ТНЗНП при включении В	0,05 – 5,00 (0,5)	5
DT50	Задержка на срабатывание I ст. ТНЗНП	0,01 – 15,0 (0,1)	
DT51	Задержка на срабатывание II ст. ТНЗНП	0,05 – 15,0 (1,0)	
DT52	Задержка на срабатывание III ст. ТНЗНП	0,05 – 15,0 (2,0)	
DT53	Задержка на срабатывание IV ст. ТНЗНП	0,05 – 15,0 (3,0)	
DT54	Задержка на сраб. уск. ТНЗНП при приёме сигнала ВЧТО №3	0,05 – 5,00 (0,05)	5
DT55	Время ожидания при внешних повреждениях	0,01 - 0,2 (0,04)	5
DT56	Задержка пуска сигнала ВЧТО №3 при реверсе мощности	0,01 - 0,2 (0,04)	
DT57	Задержка на срабатывание токовой отсечки	0,000 – 15,0 (0,1)	
DT58	Задержка на срабатывание II,III или IVст. ТНЗНП при оперативном ускорении	0,05 – 5,00 (0,1)	5
DT59	Задержка на срабатывание V ст. ТНЗНП	0,05 – 15,0 (0,0)	5.1
DT60	Задержка на срабатывание VI ст. ТНЗНП	0,05 – 15,0 (0,0)	
DT69	Задержка на срабатывание для отстройки от БТН	0,02	5, 5.1
DT77	Задержка на срабатывание ЗНФР (для схемы с 2-мя выкл.)	0,25 – 0,8 (0,25)	4.3

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Обоз.	Назначение	t (t по умолч), с	Рисунок
DT79	Задержка на подхват ТНЗНП при срабатывании защит	0,005	5
DT80	Продление сигнала пуска ВЧТО №3	0,00 – 0,60 (0,04)	
DT85	Задержка на срабатывание ст. ТЗП на сигнал	0,00 – 840,00 (25,00)	6
DT86	Задержка на срабатывание I ст. ТЗП	0,00 – 840,00 (25,00)	
DT87	Задержка на срабатывание II ст. ТЗП	0,00 – 840,00 (25,0)	
DT88	Продление сигнала вывода ТЗП	1,0	

Приложение Е Векторные диаграммы трансформаторов напряжения

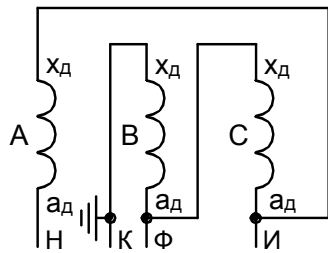
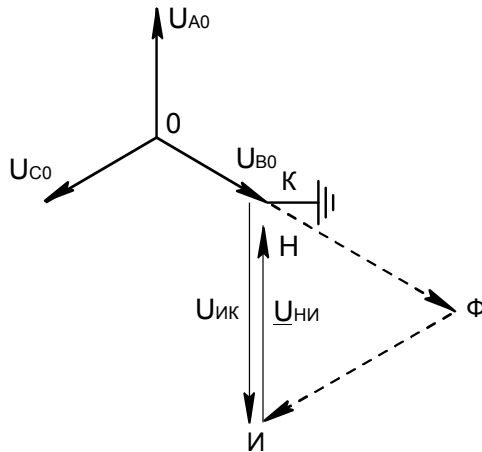


Рисунок Е.1

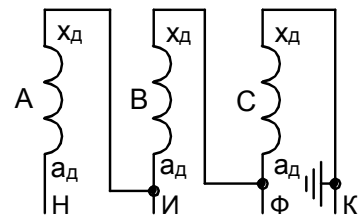
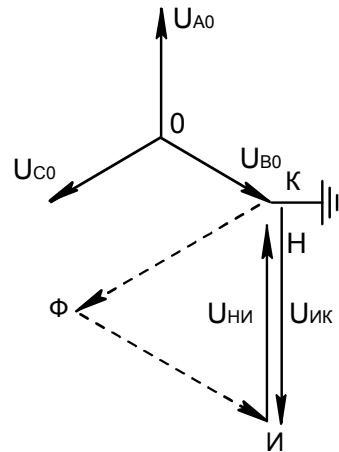


Рисунок Е.2

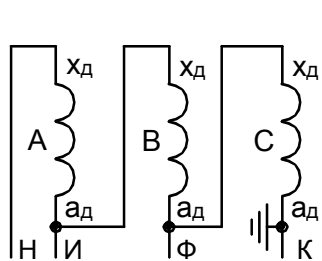
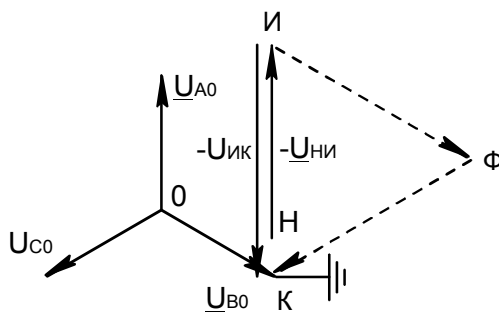


Рисунок Е.3

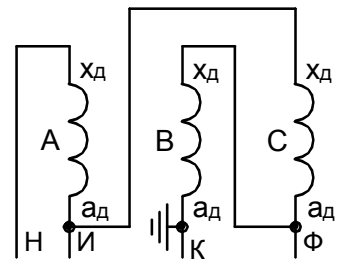
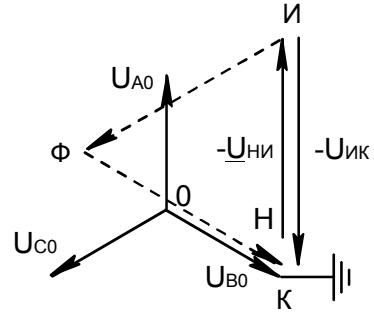


Рисунок Е.4

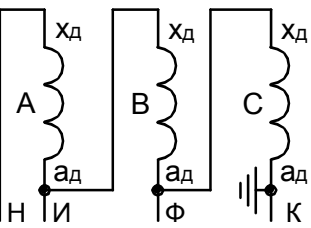
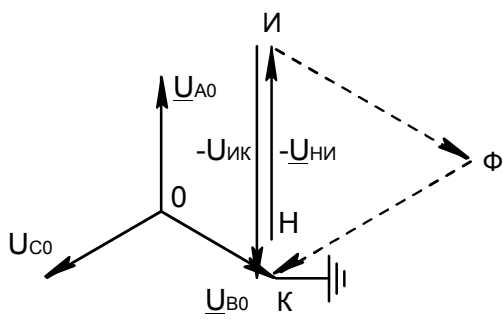


Рисунок Е.5

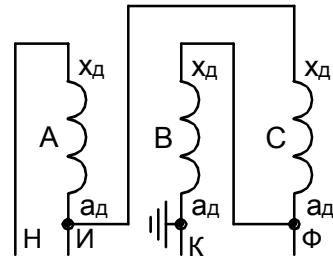
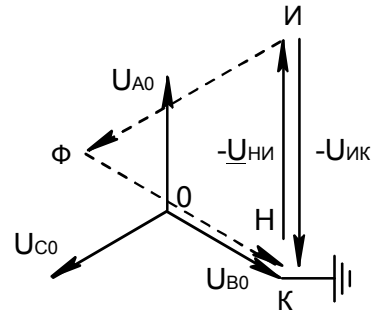


Рисунок Е.6

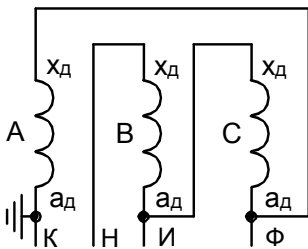
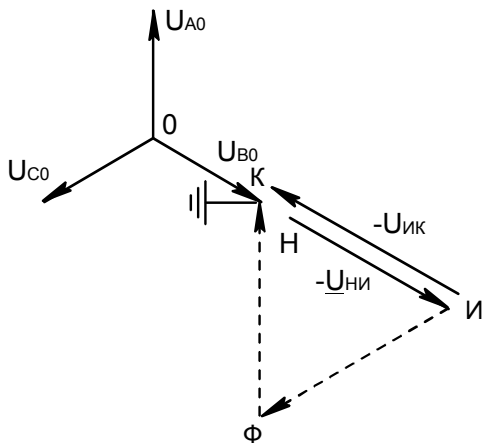


Рисунок Е.7

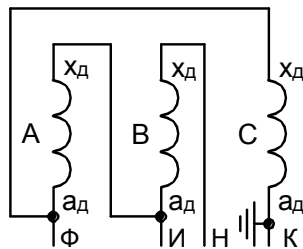
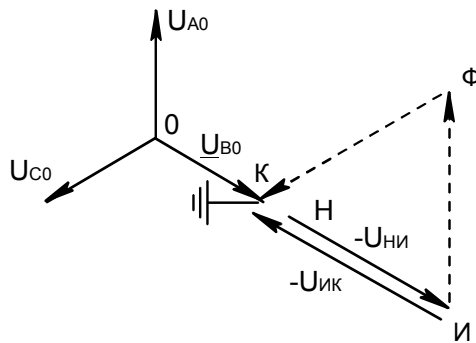


Рисунок Е.8

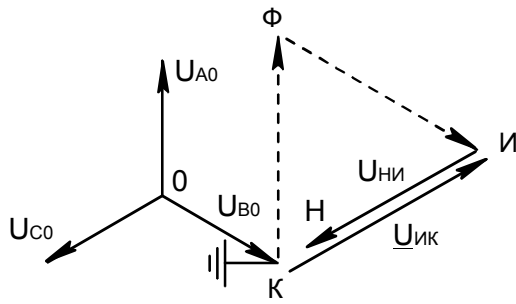


Рисунок Е.9

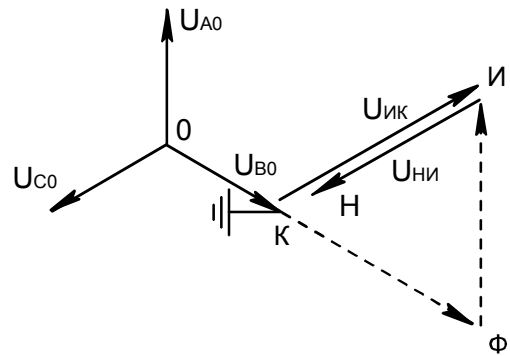


Рисунок Е.10

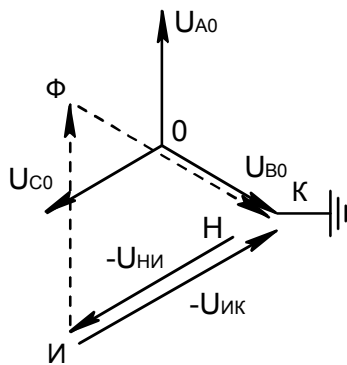
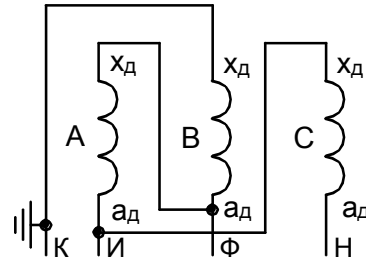
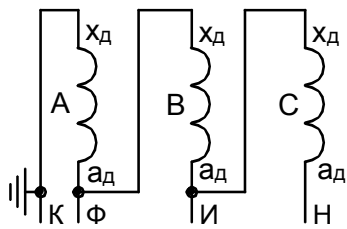


Рисунок Е.11

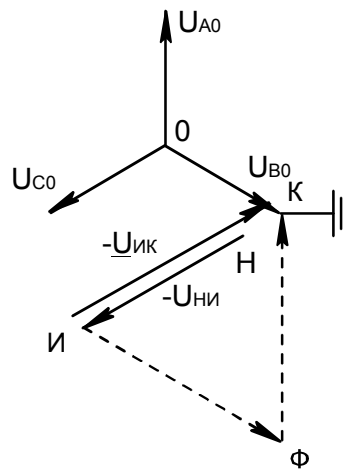
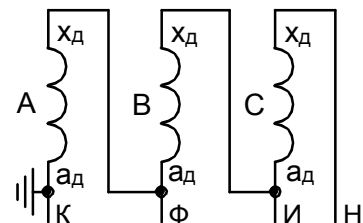
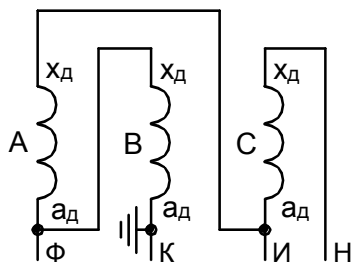


Рисунок Е.12



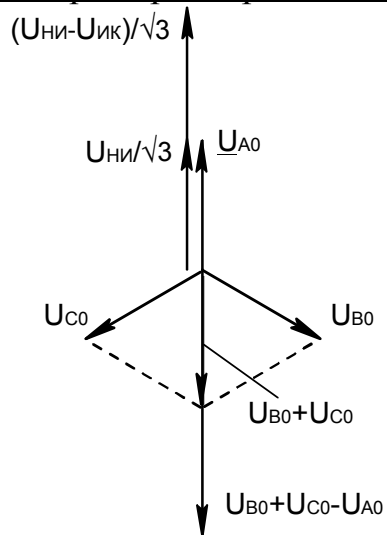


Рисунок Е.13 Векторные диаграммы к алгоритму функционирования БНН при типовой схеме ТН (особая фаза А)

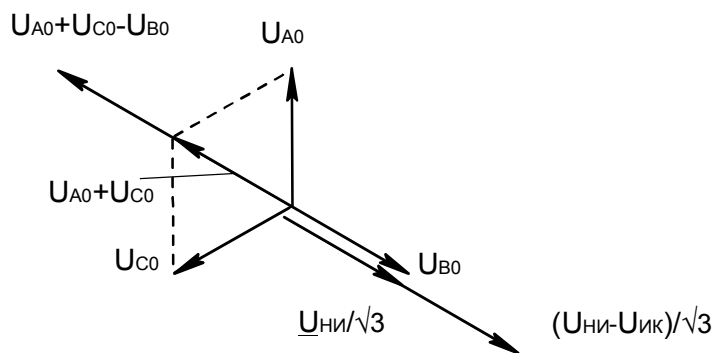
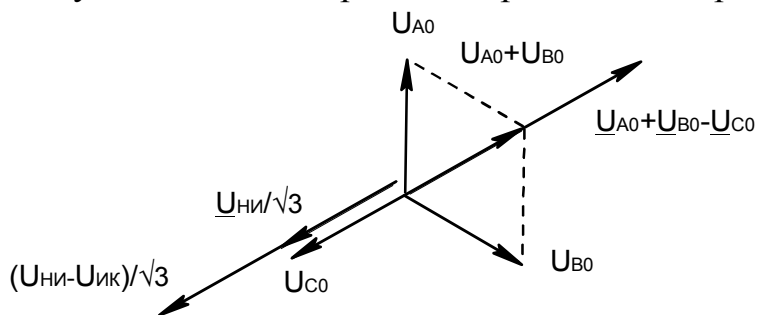


Рисунок Е.14 Векторные диаграммы к алгоритму функционирования БНН при нетиповой схеме ТН (особая фаза В)

Рисунок Е.15 Векторные диаграммы к алгоритму



функционирования БНН при нетиповой схеме ТН (особая фаза С)

Приложение Ж Примеры расчёта уставок ДЗ и ТНЗНП

В Приложении Ж приведен пример расчёта уставок ступенчатых (дистанционной и токовой нулевой последовательности) защит для линий с односторонним питанием при наличии ответвлений.

Исходные данные.

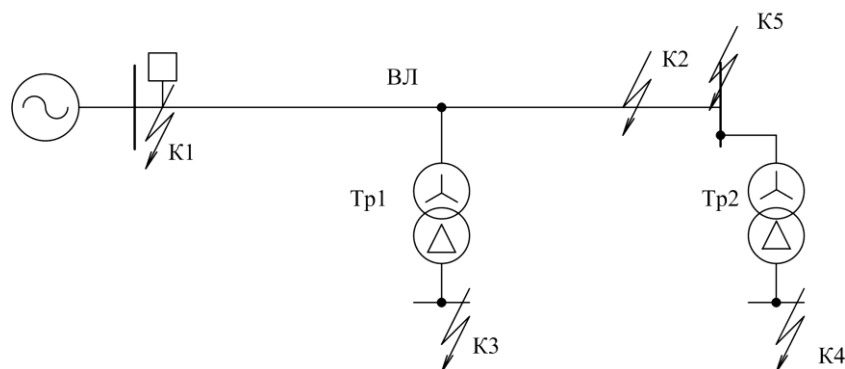


Рисунок Ж.1 – Расчётная линия

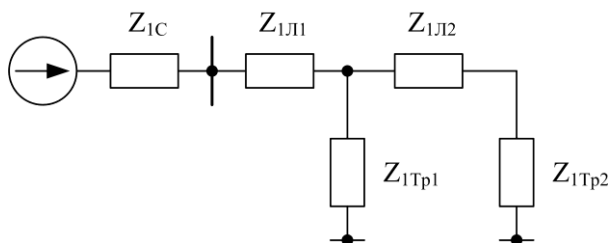


Рисунок Ж.2 – Схема замещения прямой (обратной) последовательности

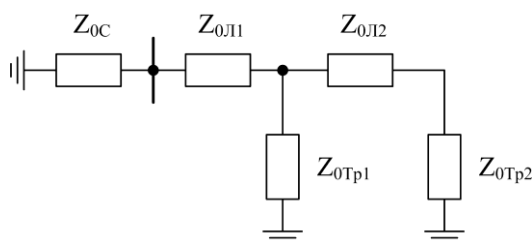


Рисунок Ж.3 – Схема замещения нулевой последовательности

Система:

$U_{НОМ} = 110,0$ кВ; $\varphi = 35,0^\circ$.

Максимальный режим:

$X = 7,0$ Ом; $X_0 = 10,0$ Ом; $R = 1,0$ Ом; $R_0 = 1,0$ Ом;

Методика расчёта и выбора параметров защит в шкафе ШЭ2607 021

Минимальный режим:

$$X = 10,0 \text{ Ом}; X_0 = 14,0 \text{ Ом}; R = 2,0 \text{ Ом}; R_0 = 2,0 \text{ Ом};$$

Линия:

$$X = 40,0 \text{ Ом}; X_0 = 140,0 \text{ Ом}; R = 10,0 \text{ Ом}; R_0 = 40,0 \text{ Ом};$$

$$Z_{1Л1}: X = 16,0 \text{ Ом}; R = 4,0 \text{ Ом};$$

$$Z_{1Л2}: X = 24,0 \text{ Ом}; R = 6,0 \text{ Ом};$$

$$Z_{0Л1}: X_0 = 56,0 \text{ Ом}; R_0 = 16,0 \text{ Ом};$$

$$Z_{0Л2}: X_0 = 84,0 \text{ Ом}; R_0 = 24,0 \text{ Ом}.$$

Трансформаторы двухобмоточные Y-Δ:

Тр1: $S_{НОМ} = 16,0 \text{ МВА}; U_{НОМ.ВН} = 110,0 \text{ кВ}; U_{НОМ.НН} = 10,5 \text{ кВ}; Uk = 12,0\%;$

$$K_{РЕГ} = \pm 10\%.$$

Сопротивление трансформатора ($Z_{1ТР1} = Z_{0ТР1}$):

– в максимальном режиме: $X = 90,75 \text{ Ом}; R = 9,075 \text{ Ом};$

– в минимальном режиме: $X = 73,5 \text{ Ом}; R = 7,35 \text{ Ом}.$

Тр2: $S_{НОМ} = 32,0 \text{ МВА}; U_{НОМ.ВН} = 110,0 \text{ кВ}; U_{НОМ.НН} = 10,5 \text{ кВ}; Uk = 12,0\%;$

$$K_{РЕГ} = \pm 10\%.$$

Сопротивление трансформатора ($Z_{1ТР2} = Z_{0ТР2}$):

– в максимальном режиме: $X = 45,375 \text{ Ом}; R = 4,538 \text{ Ом};$

– в минимальном режиме: $X = 36,8 \text{ Ом}; R = 3,67 \text{ Ом}.$

Максимальный нагрузочный режим:

$$U = 105,9 \text{ кВ}, \varphi_{НАГР} = 35,0^\circ, I_{НАГР} = 344 \text{ А}.$$

Минимальный нагрузочный режим:

$$U = 102,9 \text{ кВ}, \varphi_{НАГР} = 35,0^\circ, I_{НАГР} = 401 \text{ А}.$$

ТТ: $K_{ТТ} = 500/1.$

ТН: $K_{ТН} = 1100.$

Расчёт ТКЗ для примера:

Место КЗ	Максимальный режим	Минимальный режим
К1, место установки защиты	$I_{КЗ(3)} = 8981 \text{ А}$ $I_{КЗ(2)} = 7817 \text{ А}$ $I_{КЗ(1,1)} = 8634 \text{ А}$ $I_{КЗ(1)} = 7894 \text{ А}$	$I_{КЗ(3)} = 6228 \text{ А}$ $I_{КЗ(2)} = 5428 \text{ А}$ $I_{КЗ(1,1)} = 6029 \text{ А}$ $I_{КЗ(1)} = 5537 \text{ А}$
К2, 85% ВЛ	$I_{КЗ(3)} = 1545 \text{ А}$ $I_{КЗ(2)} = 1371 \text{ А}$ $I_{КЗ(1,1)} = 1420 \text{ А}$ $I_{КЗ(1)} = 1016 \text{ А}$	$I_{КЗ(3)} = 1442 \text{ А}$ $I_{КЗ(2)} = 1288 \text{ А}$ $I_{КЗ(1,1)} = 1335 \text{ А}$ $I_{КЗ(1)} = 993 \text{ А}$
К3, КЗ за Тр1	$I_{КЗ(3)} = 671 \text{ А}$	$I_{КЗ(3)} = 751 \text{ А}$

К4, КЗ за Тр2	$I_{КЗ(3)} = 778 \text{ A}$	$I_{КЗ(3)} = 826 \text{ A}$
К5, КЗ в конце ВЛ	$I_{КЗ(3)} = 1364 \text{ A}$ $I_{КЗ(2)} = 1215 \text{ A}$ $I_{КЗ(1,1)} = 1258 \text{ A}$ $I_{КЗ(1)} = 908 \text{ A}$	$I_{КЗ(3)} = 1287 \text{ A}$ $I_{КЗ(2)} = 1155 \text{ A}$ $I_{КЗ(1,1)} = 1196 \text{ A}$ $I_{КЗ(1)} = 898 \text{ A}$

Общие примечания.

1 Значения уставок максимальных токовых защит по току (напряжению) и по времени срабатывания рассчитываются в именованных единицах, приведенных для вторичной величины расчетного параметра.

2 Значения уставок дистанционных защит по сопротивлению и времени срабатывания рассчитываются в именованных единицах, приведенных для вторичной величины расчетного параметра.

Принимаем уставки:

Угол наклона характеристик ИО I ст (II ст, III ст, V ст), $\varphi_1 = 75^\circ$,

Угол наклона верхней части характеристики ИО, $\varphi_4 = 0^\circ$;

Угол наклона левой части характеристики ИО, $\varphi_3 = 115^\circ$;

Угол наклона нижней части характеристики ИО, $\varphi_2 = -15^\circ$.

Ж.1 Дистанционная защита

Ж.1.1 Выбор уставок по сопротивлению первой ступени ДЗ ВЛ

Ж.1.1.1 Выбор уставки X1

Расчетная формула для определения уставки по реактивной составляющей сопротивления прямой последовательности:

$$X_1 = K_{\text{ОТС}} X_{1 \text{ РАС.ЭКВ}},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 0,85$ – коэффициент отстройки;

$X_{1 \text{ РАС.ЭКВ}}$ - эквивалентное полное сопротивление прямой последовательности расчетной зоны первой ступени защиты, определяется по условиям:

$$X_1 = K_{\text{ОТС}} \cdot X_{1 \text{ РАС.ЭКВ}},$$

Принимаем наименьшее из сопротивлений, полученные по расчетным условиям:

$$X_{1 \text{ РАС.ЭКВ}} = X_{\text{ЛЛ1}} + X_{\text{ЛЛ2}} + X_{\text{ТР2}} = 16 + 24 + 36,8 = 76,8 \text{ Ом};$$

$$X_{1 \text{ РАС.ЭКВ}} = X_{\text{ЛЛ1}} + X_{\text{ТР1}} = 16 + 73,5 = 89,5 \text{ Ом}.$$

Тогда:

$$X1 = 0,85 \cdot 76,8 \cdot (500/1100) = 65,28 \cdot (500/1100) = 29,67 \text{ Ом.}$$

Примечание – Преобразование из первичных величин во вторичные производится по общему выражению (для полного сопротивления Z):

$$Z_{\text{ВТОР}} = \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТН}}} Z_{\text{ПЕРВ.}}$$

Принимаем: уставка по реактивной составляющей сопротивления ИО I ст., X I ст. = 30 Ом.

Ж.1.1.2 Выбор уставки R1, п.Б1.4.5.1 МУ.

Уставка активного сопротивления при междуфазных КЗ для линии определяется как:

$$R1_{(\text{мин})} \geq 0,6 \cdot R_{\text{ДУГИ.РАСЧ}}$$

где $R_{\text{ДУГИ.РАСЧ}}$ – переходное сопротивление дуги в месте КЗ.

Сопротивление $R_{\text{ДУГИ.РАСЧ}}$ линии определяется по выражению (в первичных величинах):

$$R_{\text{ДУГИ.РАСЧ}} = U_{\text{ДУГИ}} \frac{l}{I} = 2500 \cdot \frac{5}{1288} \cdot \left(\frac{500}{1100} \right) = 9,70 \cdot \left(\frac{500}{1100} \right) = 4,41 \text{ Ом,}$$

где $l = 5$ м – длина дуги, определяется как расстояние между изоляторами (или, при КЗ на землю – между изолятором и опорой);

$I = 1288$ А – минимальный ток, протекающий от места установки защиты до точки короткого замыкания в конце зоны чувствительности первой ступени дистанционной защиты.

$$\text{Напряжение дуги принимается – } U_{\text{ДУГИ}} = 2500 \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

Получаем уставку активного переходного сопротивления при междуфазных КЗ:

$$R1 \geq 0,6 \cdot 4,41 = 2,65 \text{ Ом.}$$

Принимаем (по соотношению $X/R=2$): уставка по активной составляющей сопротивления ИО I ст, R I ст. = 15 Ом.

Ж.1.1.3 Выдержка времени срабатывания первой ступени.

Задаётся минимально возможная выдержка времени срабатывания первой ступени:

$$T_{\text{CP}} = 0 \text{ с .}$$

Принимаем: уставка DT33 Задержка на срабатывание I ступени, $t_{\text{cp I ст.}} = 0 \text{ с.}$

**Ж.2 Токовая направленная защита нулевой
последовательности**

Список использованной литературы

1. Руководящие указания по релейной защите. Вып.7. Дистанционная защита линий 35- 330 кВ. – М. Энергия, 1966.
2. Руководящие указания по релейной защите. Вып.7 (дополнение). Дистанционная защита линий 35-330 кВ. – М.: Энергия, 1968.
3. Руководящие указания по релейной защите. Вып.10. Высокочастотная блокировка дистанционной и токовой направленной нулевой последовательности защит линий 110-220 кВ. – М.: Энергия, 1975.
4. Руководящие указания по релейной защите. Вып.12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. – М.: Энергия, 1980.
5. Циглер Г. Цифровая дистанционная защита: принципы и применение. Перевод с англ. Под ред. Дьякова А. Ф. – М.: Энергоиздат, 2005.
6. Правила устройства электроустановок (7-е издание). – М.: ЗАО "Энергосервис", 2008.
7. Шнеерсон Э. М. Цифровая релейная защита. - М.: Энергоатомиздат, 2007.
8. Федосеев А. М. Релейная защита электрических систем. - М.: Энергия, 1976.
9. Методические указания по выбору параметров срабатывания дифференциально-фазной и высокочастотной микропроцессорных защит сетей 220 кВ и выше, устройств АПВ сетей 330 кВ и выше производства ООО НПП "ЭКРА". ОАО "ФСК ЕЭС". СТО 56947007-29.120.70.032-2009.
10. Разработка рекомендаций по расчёту и выбору параметров срабатывания защит на микроэлектронной элементной базе ВЛ 110-750 кВ. Том 1. Рекомендации по расчёту защит ВЛ 110-220 (330) кВ. №11735тм-т1. – М: Энргосетьпроект, 1985.
11. Дони К.Н., Дони Н.А. Частотные свойства цифровых фильтров симметричных составляющих. «Электричество», №5, 2003 г. - с. 13-18.
12. Справочник по релейной защите. Под общей редакцией М.А. Берковича. М.-Л., Госэнергоиздат, 1963.
13. Дони Н.А., Малый А.П., Шурупов А.А. Расчёт предельного угла нагрузки для характеристики реле сопротивления. "Цифровая электротехника: проблемы и достижения". Сб. научных трудов НПП "ЭКРА". Выпуск II. – Чебоксары: РИЦ "СРЗАУ", 2013, – с. 5-11.
14. Малый А.П., Дони Н.А., Шурупов А.А. Расчёт уставки блокировки при качаниях дистанционной защиты при качаниях по скорости изменения сопротивления. Релейная защита и автоматизация, №03, 2014 – с. 36-39.
15. Малый А.П., Шурупов А.А., Дони Н.А., Кошельков И.А. Расчёт эквивалентной длины односторонне включённой длинной линии с отпайками. Сб. научных трудов НПП "ЭКРА". Выпуск IV. – Чебоксары: РИЦ "СРЗАУ", 2015, – с. 5-13.

16. СТО 56947007- 29.120.70.200-2015 Методические указания по расчёту и выбору параметров настройки (уставок) микропроцессорных устройств защиты и автоматики производства ООО НПП "ЭКРА", "ABB", для воздушных и кабельных линий с односторонним питанием напряжением 110-330 кВ, ОАО "ФСК ЕЭС".

17. Разработка рекомендаций по расчёту и выбору параметров срабатывания защит на микроэлектронной элементной базе ВЛ 110-750 кВ. Том 2. Рекомендации по расчёту защит ВЛ 500-750 кВ. №11735ТМ-Т2. – М: Энергосетьпроект, 1985.

18. Трансформаторы тока. Общие технические условия: ГОСТ 7746-2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001.

19. Дони Н.А., Иванов А.В., Малый А.А., Малый А.П., Шурупов А.А. Расчёт параметров тока при качаниях и в асинхронном режиме. Цифровая электротехника: проблемы и достижения. Сб. научных трудов НПП "ЭКРА". Выпуск V. – Чебоксары: РИЦ "СРЗАУ", 2016, – с. 45-53.

20. Шабад М.А. Расчёты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. 3-е изд. – М. Энергоатомиздат, 1985.

21. Королев Е.П., Либерзон Э.М. Расчёты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты. – М.: Энергия, 1980.

22. Разработка универсальных характеристик для расчёта трансформаторов тока со спрямлённой характеристикой намагничивания (инв. № 3746ТМ-Т1). Горьковское отделение института «Энергосетьпроект».

23. Указания по расчету сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях релейной защиты, №5916ТМ-Т1, Горьковское отделение института «Энергосетьпроект», 1972г.

24. Дополнительные требования к трансформатором тока: ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015 ТТ, часть 2. – М.: Стандартинформ, 2016.

25. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ Р 54149-2010 . – М.: Стандартинформ, 2012.

26. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия: ГОСТ 1983-2015. – М.: Стандартинформ, 2016.

27. Чернобровов Н.В. Релейная защита. – М.: Энергия, 1974.

