

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «РЗА СИСТЕМЗ»



Приходько В.С.

Согласовано:
Заместитель директора по
оперативному управлению-
главный диспетчер
ГП «НЭК «Укрэнерго»



Зайченко В.Б.

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫБОРУ УСТАВОК ДИСТАНЦИОННЫХ ЗАЩИТ ОТ ВСЕХ ВИДОВ
К.З. И ТОКОВЫХ ЗАЩИТ**

**ТЕРМИНАЛА РС830-ДЗ «РЗА СИСТЕМЗ»,
при использовании их в качестве основной/резервной защиты от всех видов
КЗ на ВЛ 110-150 кВ**

Разработал:
Технический директор
ООО «РЗА СИСТЕМЗ»



Волянский В. Н.

Проверил:
Начальник Управления Релейной
защиты и электроавтоматики
ГП «НЭК «Укрэнерго»



Усатый Р.А.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О УСТРОЙСТВЕ РС830-ДЗ.....	6
1.1	Функциональные возможности устройства РС830-ДЗ	6
1.1.1	Основная защита (ОЗ).....	6
1.1.2	Защита от замыканий на землю (ЗНЗ) и другие защитные функции.....	7
1.2	Особенности применения защитных функций устройства РС830-ДЗ	9
1.2.1	Рекомендации по использованию защитных функций на дистанционном принципе.....	9
1.2.2	Рекомендации по использованию токовых защит.....	10
2	ВЫБОР УСТАВОК ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ВСЕХ ВИДОВ К.З. С ПОЛИГОНАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ УСТРОЙСТВА РС830-ДЗ.....	11
2.1	Общие положения по выбору уставок дистанционной защиты.....	11
2.1.1	Характеристики зон срабатывания защиты	11
2.1.2	Рекомендуемое использование ступеней дистанционной защиты	15
2.1.3	Принцип измерения	15
2.1.4	Основные подходы и допущения при выборе уставок	18
2.2	Выбор коэффициентов компенсации по $3I_0$ для однофазных дистанционных органов	19
2.3	Выбор уставок первой ступени дистанционной защиты	19
2.3.1	Требования к первой ступени	19
2.3.2	Выбор уставки $X1$	20
2.3.3	Выбор уставки $R1$	21
2.3.4	Выбор уставок $\varphi_{мч}$, $\varphi_{шз}$, $T1$	22
2.4	Выбор уставок второй ступени дистанционной защиты	23
2.4.1	Требования ко второй ступени	23
2.4.2	Выбор уставки $X2$	23
2.4.3	Выбор уставки $R2$	25
2.4.4	Выбор уставок $T2$	26
2.5	Выбор уставок третьей ступени дистанционной защиты	27
2.5.1	Требования к третьей ступени	27
2.5.2	Выбор уставки $X3$	27
2.5.3	Выбор уставок времен срабатывания третьей ступени	28
2.6	Выбор уставок четвертой ступени дистанционной защиты	28
2.6.1	Требования к четвертой ступени.....	28
2.6.2	Выбор уставок дистанционных измерительных органов 4-ой ступени	28
2.7	Выбор уставок пятой ступени дистанционной защиты	29
2.7.1	Требования к пятой ступени	29
2.7.2	Выбор уставок дистанционных измерительных органов 5-ой ступени	29
2.8	Выбор уставок функции выреза от нагрузки.....	32
2.9	Выбор уставки по току срабатывания при работе ЗОЦН	33
3	ВЫБОР УСТАВОК МОДУЛЯ БЛОКИРОВКИ ОТ КАЧАНИЙ (БК)	34
3.1	Назначение и принцип выполнения блокировки при качаниях мощности	34

3.2	Выбор параметров срабатывания органа прямой последовательности блокировки при качаниях мощности	37
3.3	Выбор параметров срабатывания органа обратной последовательности блокировки при качаниях мощности	38
3.4	Выбор уставок по времени блокировки при качаниях мощности	40
4	КОНТРОЛЬ ЦЕПЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ	40
5	ВЫБОР УСТАВОК МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ УСТРОЙСТВА РС830-ДЗ	43
5.1	Назначение и функциональные возможности МТО.....	43
5.2	Выбор уставок максимальной токовой отсечки	44
6	ВЫБОР УСТАВОК ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОТ КЗ НА ЗЕМЛЮ.....	45
6.1	Назначение и функциональные возможности модуля ТЗНП	45
6.2	Ускорение при включении ВЛ на повреждение	46
6.3	Функция определения направления	46
6.4	Выбор уставок	47
6.4.1	Выбор уставок 1-ой ступени $IN1>$, $T1$	47
6.4.2	Выбор уставок 2-ой ступени $IN2>$ $T2$ (ступень высокого тока).....	48
6.4.3	Выбор уставок 3-ей ступени $IN3>$, $T3$	49
6.4.4	Выбор уставок 4-ой ступени $IN4>$, $T4$	51
6.4.5	Направленность отдельных ступеней	52

ВВЕДЕНИЕ

1. В настоящих рекомендациях рассмотрены вопросы выбора уставок функций РЗА, содержащихся в Устройстве РС830-ДЗ производства «РЗА СИСТЕМЗ», при использовании их в качестве основной/резервной защиты от всех видов КЗ на ВЛ 110-150 кВ.

2. Выбор уставок дистанционных защит от многофазных КЗ регламентируется «Руководящими указаниями по релейной защите. Выпуск 7. Дистанционная защита линий 35-330 кВ», Москва, 1966 г. и работами ЭСП (Москва): «Разработка схем и методики расчетов характеристик дистанционных защит линий 110-750 кВ объединенных энергосистем», 1981 г. ; «Разработка рекомендаций по расчету и выбору параметров срабатывания защит на микроэлектронной элементной базе ВЛ 110-750 кВ», т. 1, 2, 1985 г. Основные подходы и требования указанных материалов распространяются и на дистанционную защиту от междуфазных КЗ устройства РС830-ДЗ (далее РС830-ДЗ), но с учетом особенностей характеристик срабатывания и принципов работы.

3. Рекомендации по выбору уставок дистанционных защит от всех видов КЗ на микропроцессорной базе разработаны на основе опыта выбора уставок защит фирмы АВВ, "Siemens", "GE" и "Alstom", используемых в сетях ОЭС Украины.

4. Выбор уставок токовых защит, входящих в состав устройства РС830-ДЗ, разработан на основе подходов, изложенных в «Руководящих указаниях по релейной защите. Выпуск 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ», Москва, 1980 г. и работе ЭСП (Москва) «Разработка рекомендаций по расчету и выбору параметров срабатывания защит на микроэлектронной элементной базе ВЛ 110-750 кВ», т. 1, 2, 1985 г. с учетом особенностей и принципов работы указанных защит в устройстве РС830-ДЗ.

5. В отечественной практике для схем релейной защиты используется принцип обеспечения дальнего/ближнего резервирования, что предполагает максимальное использование всех имеющихся ступеней защит в устройстве РС830-ДЗ.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ РС830-ДЗ

Устройство РС830-ДЗ – многофункциональное цифровое устройство на современной элементной базе, объединяющее различные функции защиты, контроля, управления и сигнализации. Предназначено для использования в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики линий напряжением 110 – 150 кВ.

В своем составе содержит следующие защитные функции:

- восемь ступеней основной защиты (ОЗ);
- восемь ступеней защиты от замыканий на землю (ЗНЗ);
- две ступени защиты по току обратной последовательности (ОБР);
- две ступени защиты по напряжению (ЗН);
- восемь ступеней дополнительной функции (Дф);
- две ступени двукратного АПВ;
- две ступени ЧАПВ;
- две ступени АЧР;
- две ступени УРОВ;
- одна ступень блокировки при обрыве цепей напряжения (ЗОЦН);
- блокировка при качаниях;
- встроенный осциллограф, обеспечивающий запись осциллограмм первичных значений общей длительностью до 1 минуты, входных аналоговых сигналов, положения дискретных входов, выходных реле и логических сигналов защит.

В устройстве предусмотрено шесть групп уставок, которые могут переключаться из меню или по дискретным входам.

Уставки и параметры устройства РС830-ДЗ задаются с помощью программного обеспечения «*MONITOR- PC830-DZ*»

1.1 Функциональные возможности устройства РС830-ДЗ

1.1.1 Основная защита (ОЗ)

Каждая из восьми ступеней «Основной защиты» (**ОЗ**) может работать в соответствии с выбранным режимом: как МТЗ или как ДЗ. Перечень возможных параметров срабатывания имеет одинаковый состав для каждой из ступеней **ОЗ**.

В режиме работы «МТЗ» измерительный орган реагирует на превышение фазных токов. Для любой ступени МТЗ может выбираться разрешение направленности, разрешение автоматического ускорения, разрешение блокировки по уровню второй гармоники, блокировки по защите минимального напряжения (по логике «ИЛИ») или по напряжению обратной последовательности.

Направленность ступени **ОЗ** в режиме МТЗ реализуется органом направления мощности, выполненным по «девятиугоградусной схеме». При обрыве цепей напряжения направленные ступени МТЗ автоматически переводятся в ненаправленные.

В режиме ДЗ измерительный орган **ОЗ** работает по сопротивлению. Для каждой из ступеней ДЗ есть возможность выбора типа характеристики срабатывания с возможностью блокировки в секторе нагрузки:

- круговая с центром в начале координат;
- эллиптическая, проходящая через начало координат;
- полигональная.

Для каждого типа характеристики ДЗ может контролировать:

- межфазные замеры АВ, ВС, СА (параметр «*Разрешение работы ступени*» задается как «*ДЗ фаза-фаза*»). Сопротивления вычисляются по формуле:

$$Z_{\Phi1\Phi2} = (U_{\Phi1\Phi2}) / (I_{\Phi1\Phi2}) \quad (1.1)$$

- фазные замеры $A0, B0, C0$ (параметр «*Разрешение работы ступени*» как «*ДЗ фаза-N*»). Сопротивления вычисляются по формуле:

$$Z_{\Phi0} = U_{\Phi} / (I_{\Phi} + k I_0) \quad (1.2)$$

- все замеры: как межфазные так и фазные (параметр «*Разрешение работы ступени*» как «*ДЗ фаза-фаза-N*»). Сопротивления вычисляются по формулам (1.1), (1.2).

Зона срабатывания ступени ДЗ может ограничиваться выбором режима направленности, выреза нагрузки, блокировкой при качаниях и неисправности цепей напряжения (ЗОЦН).

При использовании блокировки от качаний ступень ДЗ всегда заблокирована. Ее работа разрешается только по условию срабатывания заданной ступени блокировки от качаний: БКБ или БКМ (быстродействующей/медленнодействующей) на заданное время.

Каждая из двух ступеней БК имеет чувствительный и грубый орган. Измерительный орган ступеней БК реагирует на приращение токов прямой и обратной последовательностей. Блокировка разрешает работу дистанционной защиты только при определении режима короткого замыкания на заданное время, если за это время дистанционная защита не отработала, то блокировка при качаниях ее блокирует.

По факту определения неисправности цепей напряжения ступень **ОЗ** в режиме ДЗ автоматически блокируется, работа дистанционного измерительного органа переводится в режим ненаправленной токовой защиты по фазному току, с отдельной уставкой **I сраб.**

1.1.2 Защита от замыканий на землю (ЗНЗ) и другие защитные функции

Защита от замыканий на землю (**ЗНЗ**) может работать по расчетному току нулевой последовательности (по **3I0**), по измеренному напряжению нулевой последовательности (по **3U0**) или, как дистанционная защита, по сопротивлению нулевой последовательности (по Z_{0P}). Выбранный режим работы определяется уставкой «*Разрешение работы ступени*». Дополнительно, для любой из ступеней, может задаваться режим работы по направлению мощности нулевой последовательности и режим блокировки по уровню напряжения нулевой последовательности.

Устройство содержит восемь ступеней **ЗНЗ**, каждая из которых имеет одинаковый перечень возможных параметров срабатывания.

В режиме работы по **3I0** измерительный орган ЗНЗ реагирует на превышение тока нулевой последовательности **3I0**, значение которого определяется как

$$3I0 = I_a + I_b + I_c \quad (1.3)$$

В режиме работы по работам по $3U0$ измерительный орган ЗНЗ реагирует на превышение напряжения нулевой последовательности.

В режиме ДЗ функция защиты от КЗ на землю работает по сопротивлению Z_{0_P} , которое определяется по формуле:

$$Z_{0_P} = 3U0 / 3I0 \quad (1.4)$$

В режиме работы по сопротивлению есть возможность выбора трех типов характеристик срабатывания с возможностью выреза сектора нагрузки: круговая с центром в начале координат; эллиптическая, проходящая через начало координат; полигональная. Как и для ступеней $0З$ определяется режим по направлению мощности.

Работа $ЗНЗ$ в режиме по $3I0$ отличается от режима работы по напряжению или сопротивлению только работой измерительного органа. Остальная логика работы одинаковая.

Среди других защитных функций имеются:

Защита по току обратной последовательности (ОБР) может работать по току обратной последовательности или по отношению тока обратной к току прямой последовательности. Устройство содержит две ступени ОБР, каждая ступень имеет одинаковый набор уставок.

Защита по напряжению (ЗН) может работать как защита от понижения напряжения (ЗМН), так и защита от повышения напряжения (ЗПН). В обоих режимах работы защита может работать по логике «И» или «ИЛИ». Измерительный орган $ЗН$ реагирует на межфазные напряжения. Устройство содержит две ступени $ЗН$, каждая из которых имеет одинаковый набор уставок.

В режиме работы ЗМН по логике «И» измерительный орган функции реагирует на снижение всех трех межфазных напряжений ниже уставки. В режиме работы ЗМН по логике «ИЛИ» компаратор функции реагирует на снижение хотя бы одного из трех межфазных напряжений ниже уставки. В режиме работы ЗПН по логике «И» измерительный орган функции реагирует на превышение всех трех межфазных напряжений уставки. В режиме работы ЗПН по логике «ИЛИ» компаратор функции реагирует на превышение хотя бы одного из трех межфазных напряжений уставки.

На блоке **дополнительных функций (Д.ф.)** могут быть назначены выходы защит, дискретные входы или логические выходы выходных реле. Устройство содержит восемь ступеней **Д.ф.**, у каждой ступени предусмотрено до шестнадцати входов, каждый вход может работать прямо или с инверсией. Все входы могут быть объединены по логике «И» или по логике «ИЛИ». Входы, на которые сигнал не назначен, не участвуют в алгоритме работы **Д.ф.**

По результатам работы **Д.ф.** могут быть сформированы сигналы: «Пуск Дф», «Работа Дф».

Устройство содержит две ступени **АПВ**. Две ступени предусмотрены для того, чтобы была возможность использовать одну ступень (со своими уставками) в одну сторону линии с двусторонним питанием, а вторую ступень (со своими уставками) в другую сторону линии. Каждая ступень АПВ может быть одно- или двукратной

В устройстве предусмотрено две ступени **АЧР/ЧАПВ**. Две ступени предусмотрены для того, чтобы была возможность использовать одну ступень (со своими уставками) в одну сторону линии с двусторонним питанием, а вторую ступень (со своими уставками) в другую сторону линии.

В устройстве предусмотрено две ступени **УРОВ**. Две ступени предусмотрены для того, чтобы была возможность использовать одну ступень (со своими уставками) в одну сторону линии с двусторонним питанием, а вторую ступень (со своими уставками) в другую сторону линии.

АУВ – это функция автоматики управления выключателем. Данная функция позволяет управлять выключателем, реализовывает блокировку многократных включений и позволяет организовать включение выключателя с контролем напряжения на секции шин и на вводе и с контролем синхронизма.

Определение расстояния до места повреждения происходит в момент срабатывания ОЗ исходя из следующих допущений:

- место повреждения определяется только для короткого замыкания (КЗ) на воздушных и кабельных линиях электропередач путем расчета расстояния от места установки терминала релейной защиты с функцией ОМП до точки КЗ;
- расстояние до точки КЗ определяется путем фиксации сопротивления петли КЗ в момент срабатывания пускового органа защиты от КЗ с последующим перерасчетом расстояния с учетом удельного сопротивления на каждом участке линии;
- вычисление фиксируемого сопротивления выполняется по различным соотношениям в зависимости от вида КЗ;
- вид КЗ ($A0, B0, C0, AB, BC, CA$) определяется по числу фаз, обтекаемых током КЗ.

1.2 Особенности применения защитных функций устройства РС830-ДЗ

Использование конкретных защитных функций, из перечисленных в п.1.1, обусловлено:

- требованиями к защите воздушных линий 110-150 кВ согласно ПУЭ раздел 3, пп.3.2.106-3.2.116;
- опытом выбора уставок и эксплуатации микропроцессорных защит в ОЭС Украины;
- особенностями конкретного защищаемого присоединения, конфигурацией прилегающей сети, типом установленных защит на смежных присоединениях;
- требованиями к обеспечению селективности, чувствительности, дальнего резервирования, которые применяются в отечественной практике выбора уставок микропроцессорных устройств РЗА.

1.2.1 Рекомендации по использованию защитных функций на дистанционном принципе

Рекомендуется, из имеющихся в составе РС830-ДЗ защитных функций **ОЗ**, в качестве основной/резервной защиты линий 110-150 кВ использовать 5-ти ступенчатую дистанционную защиту от всех видов КЗ с полигональной характеристикой. Это обусловлено тем, что эксплуатируемые в ОЭС Украины терминалы GE, 7SA522, REL670, REL650 имеют в своем составе дистанционные защиты с таким же количеством ступеней, подобными полигональными характеристиками, что позволяет обеспечить общий подход к защитах разных произ-

водителей. Выбор полигональной характеристики дистанционной защиты вызван большей гибкостью при построении зоны срабатывания (по сравнению с круговыми характеристиками), что позволяет добиться баланса между требованиями по обеспечению селективности (согласования) и чувствительности.

Окончательное решение по количеству ступеней, а также вопрос применения ДЗ при КЗ на землю - решается для каждого конкретного случая после проведения расчетов.

Для исключения ложной работы дистанционной защиты при возникновении качаний мощности в энергосистеме рекомендуется использовать функцию блокировки при качаниях (**БК**).

Использование выреза от нагрузки в характеристиках ДЗ позволит обеспечить отстройку от нагрузки без уменьшения зоны срабатывания.

Рекомендации по применению и выбору уставок ДЗ с круговой и эллиптической характеристикой в данной работе не рассматриваются, т.к. устройство РС830-ДЗ является близким функциональным аналогом панелей защит серии ЭПЗ-1636, выбор уставок которых регламентирован Руководящими указаниями по релейной защите Выпуск 7 «Дистанционная защита линий 35-330 кВ».

1.2.2 Рекомендации по использованию токовых защит

Для ликвидации близких к.з, сопровождающихся большими токами, рекомендуется в функции **ОЗ** одну из ступеней применять, как быстродействующую максимальную токовую отсечку, используя режим МТЗ. Токовая отсечка хотя имеет небольшую зону охвата защищаемой линии, но обладает высоким быстродействием, что важно для сохранения устойчивости системы.

Для ликвидации КЗ на землю в сетях с заземленной нейтралью в функции **ЗНЗ** рекомендуется использовать ступени в режиме по **3I₀**, как четырёхступенчатую токовую защиту нулевой последовательности (ТЗНП).

Применение в функции **ОБР** токовых защит обратной последовательности, а также других функциональных блоков устройства РС830-ДЗ должно рассматриваться для каждого конкретного случая, исходя из особенностей защищаемого объекта, конкретных условий режимов работы сети, количества и типов терминалов, устанавливаемых на защищаемом присоединении.

2 ВЫБОР УСТАВОК ДИСТАНЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ВСЕХ ВИДОВ К.З. С ПОЛИГОНАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ УСТРОЙСТВА РС830-ДЗ

2.1 Общие положения по выбору уставок дистанционной защиты

2.1.1 Характеристики зон срабатывания защиты

На рис. 2.1. представлены ступени ДЗ с полигональными характеристиками. Каждая из ступеней имеет набор задаваемых параметров, которые являются общими для измерительных органов от междуфазных к.з. и от к.з. на землю.

Зона срабатывания (характеристика) «впереднаправленной» ступени ДЗ (рис.2.1,а) по оси реактивных сопротивлений ограничена уставкой X_y .

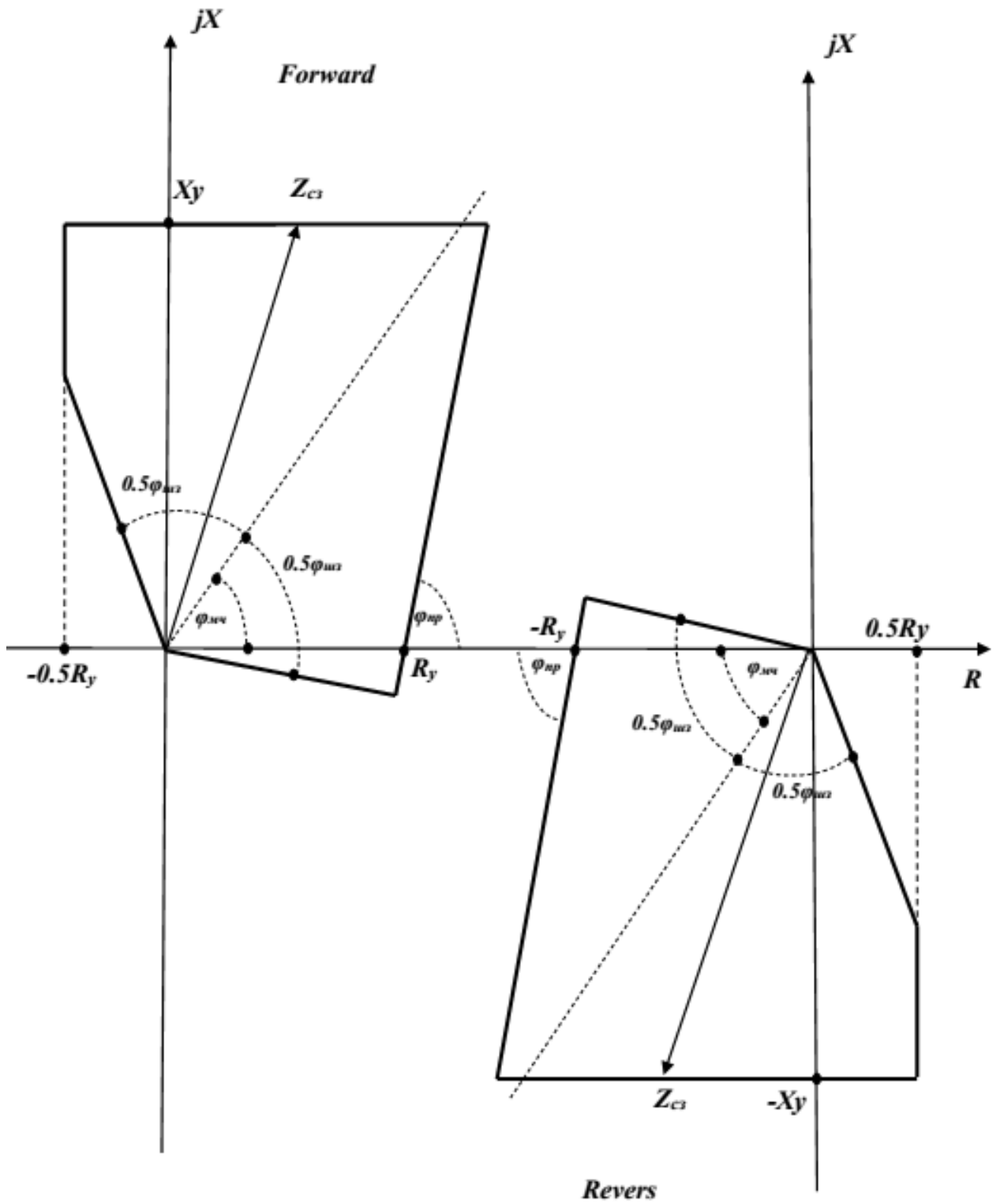
В I и III-ем квадрантах в направлении активных сопротивлений область действия защиты ограничена прямой линией, образующей с осью R угол φ_{np} - характеристический угол линии, и находящейся от начала координат на расстоянии R_y – уставки по активному сопротивлению.

Во II -м квадранте область действия ограничена прямой линией параллельной оси jX и находящейся от начала координат на расстоянии $0.5 R_y$.

Направленное действие характеристики задается прямой линией, проходящей через начало координат под углом $\varphi_{мч} = 0 \div 179^\circ$ к оси R , и двумя линиями, располагающимися под углом $\varphi_{мз}$ по отношению к оси $\varphi_{мч}$ во 2-м и 4-м квадрантах. Угол максимальной чувствительности для полигональной характеристики является величиной условной, предназначенной совместно с уставкой по ширине зоны срабатывания $\varphi_{мз}$ только для задания необходимого положения границ направленности характеристики.

Для «впереднаправленных» ступеней ДЗ рекомендуется задавать $\varphi_{мч} = 50^\circ$, $\varphi_{мз} = 130^\circ$, что соответствует зоне направленности большинства микропроцессорных ДЗ, используемых в сети ОЕС Украины.

Для «обратнонаправленных» ступеней, характеристика представлена на рис.2.1,б, граничные линии направленности совпадают с линиями направленности в прямом направлении, повернутой на 180 градусов.



а) полигональная характеристика
впереднаправленной ступени ДЗ
при $\varphi_{мч}=0 \div 179^\circ$

б) полигональная характеристика
обратнонаправленной ступени ДЗ для
при $\varphi_{мч}=180 \div 359^\circ$

Рис.2.1. Полигональные характеристики ДЗ

Каждая из ступеней ДЗ путем задания уставки «*Разрешение работы ступени*»:

- может быть отключена;
- работать только при м.ф.КЗ:
- работать только при КЗ на землю;
- работать при всех видах КЗ.

Возможно автоматическое ускорение любой из ступеней дистанционной защиты (по выбору) при АПВ и ручном включении.

Каждая из ступеней ДЗ имеет возможность «блокировки по нагрузке». Зона «выреза от нагрузки» определяется параметрами Z_n и ϕ_n (рис.2.2), которые являются общими для всех ступеней. Использование «блокировки по нагрузке» для конкретной ступени необходимо, когда нет возможности параметр R_y отстроить от нагрузки при соблюдении требований чувствительности.

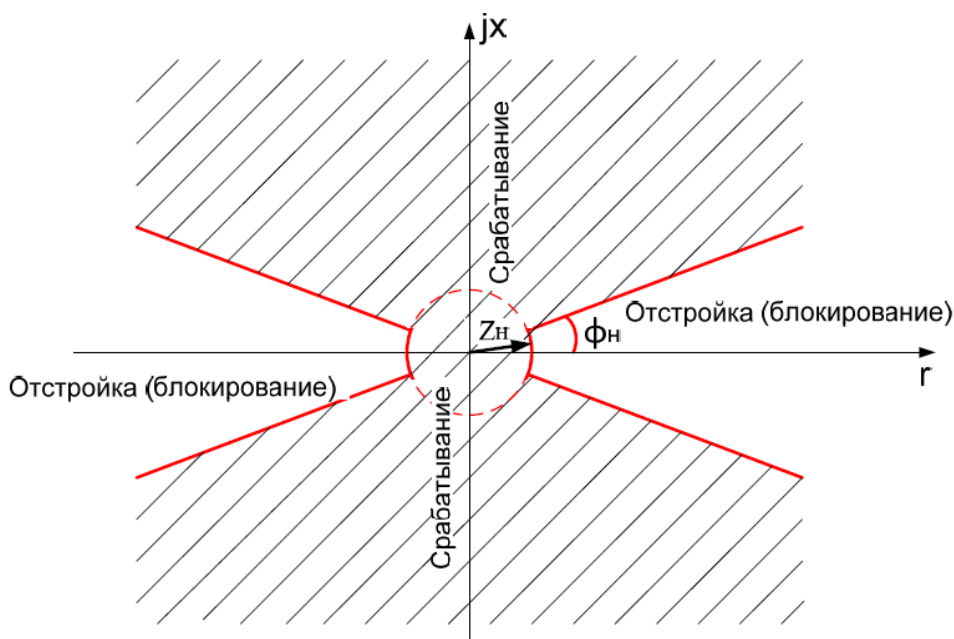


Рис 2.2. Область отстройки от нагрузки

При потере или неисправности цепей напряжения, чтобы исключить ложное действие дистанционной защиты, функция ЗОЦН («Защита от обрыва в цепях напряжения») автоматически переводит срабатывание ступени с дистанционных органов на максимально-токовые с отдельными уставками по току срабатывания $I_{сз}$, но без изменения уставок по времени. МТЗ является менее универсальной чем ДЗ и не может во всех случаях обеспечить такую же селективную работу. Следовательно, основным требованием к организации такой МТЗ является сведение к возможному минимуму случаев ее неселективной работы, поэтому уставки по току ступеней МТЗ целесообразно выбирать так, чтобы их зоны действия в реальной сети с ее распределением токов КЗ максимально совпадали с зонами действия заменяемых ступеней ДЗ.

Для исключения возможного ложного действия ДЗ при качаниях в энергосистеме в терминалах РС830-ДЗ предусмотрена функция блокировки защиты при качаниях. Для ступеней, не отстроенных от режима качаний по времени (выдержки времени которых не пре-

вышают значений 1,5-2 с), с помощью уставки **«Разрешение блокировки при качаниях»** применяется алгоритм блокирования защиты при качаниях. Если эта уставка задана как **«Откл»** - то ступень работает не зависимо с установленной выдержкой времени. В нормальном режиме работы энергосистемы и при качаниях реле сопротивления ступеней, для которых включена блокировка при качаниях, заблокированы. Блокировка разрешает работу дистанционной защиты только в момент короткого замыкания на время достаточное для ее срабатывания. Если за это время дистанционная защита не отработала, то блокировка при качаниях ее блокирует.

Если на защищаемой линии имеется основная защита (диффазная, продольная дифференциальная), то ДЗ выполняет функцию резервной защиты. В режимах вывода основной защиты необходимо выполнять оперативное ускорение одной из ступеней резервной защиты, имеющей достаточную чувствительность при КЗ в конце ВЛ, с целью быстрого отключения повреждения на всей длине. В задаваемых параметрах предусмотрена уставка $T_{3\text{ }ou}$ – определяющая время срабатывания ступени при выводе основной защиты.

Для каждой из ступеней ДЗ задаются параметры:

Режим работы:

- **«Откл»;**
- **«ДЗ фаза-фаза»** - работает как ДЗ от м.ф.КЗ;
- **«ДЗ фаза-N»** - работает как ДЗ от КЗ на землю;
- **«ДЗ фаза-фаза-N»** - работает как ДЗ от всех видов КЗ.

Тип характеристики :

- **«круговая»;**
- **«эллиптическая»;**
- **«полигональная».**

X_u - уставка по реактивному сопротивлению срабатывания, определяет величину зоны охвата характеристики ступени дистанционной защиты, в диапазоне **$0,1 \div 100 \text{ Ом}$, с шагом $0,01 \text{ Ом}$**

$\Phi_{мч}$ - уставка по углу максимальной чувствительности, задается характеристический угол для формирования направленной полигональной характеристики, в диапазоне **$0 \div 359^\circ$, с шагом 1°**

$\Phi_{шз}$ – уставка по углу ширины зоны, определяет положение линий направленности во 2-м и 4-м квадрантах комплексной плоскости, в диапазоне **$10 \div 180^\circ$, с шагом 1°**

$R_{пр}$ - уставка по активному сопротивлению срабатывания, определяет положение правой ветви прямоугольной характеристики вдоль оси активного сопротивления на комплексной плоскости, в диапазоне **$0,1 \div 100 \text{ Ом}$, с шагом $0,01 \text{ Ом}$**

$\Phi_{пр}$ - определяет угол наклона правой боковой стороны характеристики к оси активных сопротивлений, в диапазоне **$30 \div 90^\circ$, с шагом 1°**

T_3 - уставка по времени срабатывания ступени, в диапазоне **$0 \div 60 \text{ с}$, шагом $0,01 \text{ с}$**

Разрешение автоматического ускорения ступени - **«Вкл», «Откл»**

$T_{3\text{ }AU}$ - уставка по времени срабатывания ступени с автоматическим ускорением, в диапазоне **$0 \div 1 \text{ с}$, с шагом $0,01 \text{ с}$**

$T_{3\text{ }ou}$ – уставка по времени срабатывания ступени, если она используется для оперативного ускорения, в диапазоне **$0 \div 60 \text{ с}$, шагом $0,01 \text{ с}$**

Разрешение блокировки ступени в области выреза от нагрузки – «Откл», «Вкл»

Z_n - уставка по сопротивлению выреза по нагрузке, определяет область, в которой располагаются замеры сопротивлений возможных нагрузочных режимов. Уставка общая для всех ступеней ДЗ, в диапазоне $10 \div 500 \text{ Ом}$, с шагом $0,1 \text{ Ом}$

φ_n - уставка по углу нагрузки. Уставка общая для всех ступеней ДЗ, в диапазоне $0 \div 60^\circ$, с шагом 1°

Разрешение блокировки при качаниях :

- «Откл»-ступень работает без блокировки при качаниях;
- «Вкл. БКб» - ввод в работу быстродействующих ступеней ДЗ по сигналу блокировки «БКб»;
- «Вкл.БКм» - ввод в работу медленнодействующих ступеней ДЗ по сигналу блокировки «БКм».

$I_{сз}$ - уставка по току срабатывания ступени при повреждениях в цепях напряжения и срабатывании ЗОЦН, в диапазоне $0,1 \div 125 \text{ А}$, с шагом $0,01 \text{ А}$

K_0 – уставка коэффициента компенсации тока нулевой последовательности, в диапазоне $0 \div 3$, с шагом $0,01$

K_v - коэффициент возврата $1,05$

Примечание: параметры задаются во вторичных величинах.

2.1.2 Рекомендованное использование ступеней дистанционной защиты

Как было рассмотрено в п.1.2.1., рекомендуется следующее использование ступеней дистанционной защиты:

I ступень – без выдержки времени, уставки $Xy1$, $Ry1$ выбираются по условию отстройки от шин противоположного конца ВЛ;

II ступень – с выдержкой времени, уставки $Xy2$, $Ry2$ выбираются по условию обеспечения чувствительности к к.з. (в том числе и через $R_{нер.рас}$) в конце защищаемой ВЛ; если чувствительность к к.з. всех видов на защищаемой ВЛ обеспечивается, то данная ступень ДЗ используется также для автоматического ускорения при АПВ и ручном включении, в случае невозможности обеспечения чувствительности ко всем видам к.з. (с учетом $R_{нер.рас}$) на защищаемой ВЛ с приемлемой выдержкой времени действия, то указанные выше функции возлагаются на III ступень;

III ступень – с выдержкой времени, уставка $Xy3$, $Ry3$ выбирается по условию обеспечения чувствительности к к.з. всех видов через $R_{нер.рас}$ на защищаемой ВЛ; если указанное обеспечивается II ступенью, то на III ступень возлагаются функции дальнего резервирования;

IV ступень - с выдержкой времени, уставка $Xy4$, $Ry4$, ступень с выдержкой времени может использоваться для дальнего резервирования смежных присоединений;

V ступень - с выдержкой времени, ненаправлена. Используется для обеспечения резервирования защиты шин "за спиной", а также для резервирования быстродействующих направленных ступеней защиты при КЗ в «мертвой зоне» по направленности.

2.1.3 Принцип измерения

В уравнениях контура повреждения используются комплексные значения величин напряжения, тока и изменения тока. Сопротивление на зажимах реле дистанционных органов вычисляются и проверяются по заданным предельным значениям.

Устройство постоянно по соотношению токов определяет тип КЗ ($A0, B0, C0, AB, BC, CA, ABC$).

ДЗ работает по определенному контуру КЗ. Тип КЗ определяется по следующим условиям:

- КЗ на землю фазы А, если $((I_a > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_b < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_c < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)))$
- КЗ на землю фазы В, если $((I_b < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_b > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_c < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)))$
- КЗ на землю фазы С, если $((I_a < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_b < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_c > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)))$
- 2-фазное КЗ фаз АВ, если $((I_a > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_b > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_c < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)))$
- 2-фазное КЗ фаз ВС, если $((I_a < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_b > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_c > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)))$
- 2-фазное КЗ фаз СА, если $((I_a > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_b < 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_c > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)))$
- 3-фазное КЗ ABC Тип КЗ = ABC, если $((I_a > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_b > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)) \text{ И } (I_c > 0,9 \max(I_a, I_b, I_c)))$

По измеренным величинам фазных токов, тока нулевой последовательности и напряжений в устройстве РС830-ДЗ производится расчет сопротивлений для соответствующего вида повреждения.

Расчет значений импеданса при междуфазных к.з. выполняется согласно уравнению

$$\bar{Z}_{расч} = \frac{\bar{U}_{L1} - \bar{U}_{L2}}{\bar{I}_{L1} - \bar{I}_{L2}} \quad (2.1)$$

где переменные $\bar{U}_{L1}, \bar{U}_{L2}, \bar{I}_{L1}, \bar{I}_{L2}$ представляют собой значения векторов напряжений и токов соответствующих фаз в месте установки защиты. По полученному комплексному значению $\bar{Z}_{расч}$ определяются ортогональные составляющие R и X .

Дистанционные органы от к.з. на землю выполнены с компенсацией от тока нулевой последовательности. Расчет значений сопротивлений при КЗ на землю определяется по выражению

$$\bar{Z}_{расч} = \frac{\bar{U}_{L1}}{\bar{I}_{L1} + k \cdot \bar{I}_0} \quad (2.2)$$

где \bar{I}_{L1}, \bar{I}_0 - действующие значения фазного тока и тока нулевой последовательности (не утроенного) в месте установки защиты;

\bar{U}_{L1} - действующее значения фазного напряжения в месте установки защиты;

k - коэффициент компенсации тока нулевой последовательности, используемый в терминале.

Традиционно при определении значения сопротивления при КЗ на землю используется значение утроенного тока нулевой последовательности $3\bar{I}_0$, и комплексный коэффициент компенсации, который можно рассчитать по параметрам защищаемой линии:

$$\frac{1}{3} \left(\frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_1} - 1 \right) = \bar{K}_k \quad (2.3)$$

Где \bar{Z}_1, \bar{Z}_0 - вектор полного сопротивления прямой и нулевой последовательности, защищаемой линии

Т.о. коэффициент компенсации k , используемый устройством для определения замера сопротивления при КЗ на землю согласно (2.2) и задаваемый в виде уставки, будет равен :

$$k = 3|\bar{K}_k| \quad (2.4)$$

Подставляя полученное выражение в (2.2) имеем :

$$\bar{Z}_{расч} = \frac{\bar{U}_{LI}}{\bar{I}_{LI} + (3|\bar{K}_k|) \cdot \bar{I}_0} = \frac{\bar{U}_{LI}}{\bar{I}_{LI} + |\bar{K}_k| \cdot 3\bar{I}_0} \quad (2.5)$$

Следовательно, в дальнейшем, при выборе уставок для определения $Z_{расч}$ при однофазных КЗ можно использовать традиционное выражение (2.5) с модулем коэффициента компенсации \bar{K}_k , определяемым по (2.3).

Срабатывание дистанционных органов имеет место, когда измеряемые ими сопротивления $\bar{Z}_{расч}$ находятся внутри характеристики рис. 2.1 для междуфазных к.з. и для однофазных к.з. Так как характеристика представляет собой параллелограмм, то указанное обеспечивается, когда проекции вектора замера $\bar{Z}_{расч}$ на оси, ортогональные сторонам параллелограмма X_1, Y_1 меньше расстояния этих сторон до начала координат.

Т.к. в качестве уставок используются параметры X_y и R_y , условия срабатывания дистанционных органов при междуфазных к.з. и к.з. на землю определяются согласно выражений:

$$X_y \geq |Z_{расч} \cdot \sin \varphi_{расч}| \quad (2.6)$$

и

$$R_y \geq \left| Z_{расч} \cdot \cos \varphi_{расч} - \frac{Z_{расч} \cdot \sin \varphi_{расч}}{\operatorname{tg} \varphi_{np}} \right| \quad (2.7)$$

Где $Z_{расч}$ и $\varphi_{расч}$ - модуль и угол сопротивления, измеряемого в месте установки защиты при трехфазном и однофазном к.з. соответственно. Для определения условий срабатывания замеры учитываются как при металлических КЗ, так и при к.з. через $R_{нер.рас.}$;

$X_y, R_y=R_{np}$ - уставки дистанционного органа по реактивному и активному сопротивлению;

φ_{np} - угол наклона правой боковой стороны характеристики к оси активных сопротивлений, рекомендуется принимать равным углу защищаемой линии:

$$\varphi_{np} = \varphi_L = \operatorname{arctg} \frac{X_1}{R_1} \quad (2.8)$$

где X_1 и R_1 - реактивное и активное сопротивление прямой последовательности защищаемой ВЛ

2.1.4 Основные подходы и допущения при выборе уставок

2.1.4.1 Дистанционная защита должна действовать при наличии переходных сопротивлений в месте к.з. Для определения величин расчетных $R_{пер.}$ были приняты следующие допущения:

2.1.4.1.1 При междуфазных к.з. переходное сопротивление определяется сопротивлением дуги между фазами в месте к.з., значение которого в отечественной практике рассчитывается по формуле:

$$R_d = 1050 \frac{l}{I} \quad (2.9)$$

где l – длина дуги, м; I – ток дуги, А.

В момент возникновения к.з., т.е. для быстродействующих ступеней защит длина дуги принимается равной расстоянию между фазными проводами.

Для практических расчетов расстояние между проводами и соответствующее R_d для ВЛ разных классов напряжений может быть взято из приведенной таблицы.

Таблица 1

Расстояние между проводами (м)	Напряжение ВЛ (кВ)	Ток дуги I=1 кА	Ток дуги I=5 кА	Ток дуги I=10 кА
3,5	110	3,675 Ом	0,735 Ом	0,37 Ом
4,0	150	4,2 Ом	0,84 Ом	0,42 Ом

Для ступеней действующих с выдержкой времени необходимо учитывать увеличение дуги под влиянием электродинамических усилий ветра, по некоторым данным за 2 с в 5-6 раз.

Переходное сопротивление в месте к.з. на фазу составляет половину значения R_d .

2.1.4.2 При однофазных к.з. переходное сопротивление определяется многими факторами: классом напряжения ВЛ, величиной тока к.з., сопротивлением возникающей дуги, допустимым сопротивлением заземления опоры, условиями заземления грозозащитных тросов, сопротивлением растеканию токов нулевой последовательности в грунте и др.

Для линий напряжением 110-150 кВ с заземлением грозозащитного троса на каждой опоре принимается $R_{пер.} = 5$ Ом первичных.

При однофазных к.з. на шинах ПС (в зоне контура заземления ПС) $R_{пер} = 0 \div 5$ Ом перв.

2.1.4.3 Расчеты аварийных режимов должны выполняться по схемам замещения прямой и нулевой последовательности, учитывающих активные сопротивления элементов схемы.

2.1.4.4 Уставки активного сопротивления R_y , вычисленные по (2.7) для дистанционных органов от междуфазных и однофазных к.з. соответственно, должны выбираться по условию обеспечения чувствительности с учетом нагрузочных режимов и принятого $R_{пер.рас.}$ а отстройка от нагрузки обеспечивается функцией выреза от нагрузки. При не использовании функции выреза от нагрузки, R_y не должна быть больше 80% R нагрузки. В этом случае для повышения эффективности дальнего резервирования ступенями дистанционной защиты рекомендуется для пятой ступени принимать угол наклона характеристики к оси R меньше

φ_L , что способствует повышению чувствительности к к.з. с переходным сопротивлением в конце зоны резервирования.

2.1.4.5 При выборе уставок с учетом нагрузочных режимов должны учитываться максимальные аварийные перетоки мощности по линии в прямом и обратном направлении. Указанные перетоки рассчитываются службой (группой) электрических режимов и в качестве расчетных, должны приниматься реальные максимальные перетоки мощности по линии, т.е. максимальный аварийный переток по условиям статической устойчивости с учетом регламентируемых запасов, либо по условию допустимых перегрузок элементов сети в трехфазных режимах.

2.1.4.6 Расчет уставок защиты производится в первичных величинах, задание уставок предусмотрено во вторичных величинах.

2.2 Выбор коэффициентов компенсации по ZI_0 для однофазных дистанционных органов

В п.2.1.3 была рассмотрена возможность использования в расчетах коэффициента компенсации K_k , который является согласующим для обеспечения приближения замера дистанционного органа при однофазных КЗ на землю к замерам при м.ф.КЗ до места повреждения.

Вычисление значения коэффициента компенсации K_k для расчетов по выбору уставок производится согласно выражения (2.3) по параметрам линии – сопротивлениям прямой и нулевой последовательности Z_1 и Z_0 , которые можно рассчитать как:

$$Z_1 = z_{1y0} \cdot l, \quad Z_0 = z_{0y0} \cdot l \quad (2.10)$$

Где z_{1y0}, z_{0y0} - удельные сопротивления защищаемой линии соответственно прямой и нулевой последовательности, Ом/км;

l - длина защищаемой линии, км.

В устройстве при задании уставок каждой отдельной ступени ДЗ для вычисления устройством по измеренным токам и напряжениям сопротивления повреждения задается значение коэффициента компенсации k согласно выражения (2.4).

Однако, если нет других ограничений (например, по условиям чувствительности ступеней к однофазным К.З., либо условиям отстройки), рекомендуется использовать для всех ступеней тот же коэффициент компенсации, что и для первой ступени. Указанное обуславливается тем, что следует отдавать приоритет в части обеспечения точности замеров измерительных органов применительно к КЗ на своей линии. Расчет коэффициентов компенсации по условиям выбора уставок ступеней дальнего резервирования не однозначен, ввиду различия параметров по разным присоединениям и поэтому обеспечить оптимальный коэффициент компенсации для них крайне затруднительно.

2.3 Выбор уставок первой ступени дистанционной защиты

2.3.1 Требования к первой ступени

Обеспечение надежности селективного отключения всех видов к.з. на линии без выдержки времени, в том числе через $R_{пер}$.

2.3.2 Выбор уставки XI

Выбор уставки реактивного сопротивления XI производится по следующим условиям:

2.3.2.1 По условию отстройки действия защиты от всех видов КЗ за пределами линии (месте установки предыдущих защит) через $R_{пер.} = 0 \div R_{пер.рас.}$:

$$XI \leq k_{отс.} \cdot X_{рас.} \quad (2.11)$$

где $k_{отс.} = (0,8 \div 0,9)$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешности измерительных трансформаторов, дистанционных органов, параметров сети;

$X_{рас.}$ – реактивная составляющая минимального значения $Z_{расч}$ при м.ф.КЗ и КЗ на землю (с учетом коэффициентов компенсации принятых согласно п.2.2) за пределами линии через $R_{пер.} = 0 \div R_{пер.рас.}$, согласно выражений (2.1), (2.2) соответственно, определяемое как

$$X_{рас.} = Z_{расч} \cdot \sin \varphi_{расч} \quad (2.12)$$

В общем случае, при металлическом к.з. $Z_{расч}$ равно сопротивлению защищаемой линии: $Z_{расч} = Z_L$ и $\varphi_{расч} = \varphi_L$.

Для первой ступени тупиковых линий, в целях повышения чувствительности, уставку XI целесообразно выбирать из условия отстройки от КЗ на шинах низшего(среднего) напряжения подстанции, примыкающей к противоположному концу линии.

Для защит одиночных и параллельных линий с ответвлениями должно учитываться условие отстройки от замыкания на шинах низшего(среднего) напряжения подстанции на ответвлении. При этом должны рассматриваться замыкания за трансформаторами с наименьшими реактансами и расположенными ближе к месту установки рассматриваемой защиты.

При выборе сопротивления срабатывания XI первой ступени дистанционной защиты двух параллельных линий, а также одиночных и параллельных линий с ответвлениями следует учитывать рекомендации, изложенные в Руководящих указаниях по релейной защите «Дистанционная защита линий 35-330кВ», глава V, п.Б,В.

2.3.2.2 По условию обеспечения выбираемой уставкой зоны охвата защищаемой ВЛ $k_{охв.} = 0,7 \div 0,85$

$$XI \geq k_{охв.} \cdot X_{Iрас.} \quad (2.13)$$

где $k_{охв.} = (0,7 \div 0,85)$ – коэффициент, определяющий значение зоны действия I ступени защиты, с учетом погрешностей измерительных трансформаторов, дистанционных органов и параметров сети.

$X_{Iрас.}$ – реактивная составляющая минимального значения $Z_{расч}$ при м.ф.КЗ и КЗ на землю (с учетом принятых коэффициентов компенсации согласно п.2.2) через $R_{пер.} = 0 \div R_{пер.рас.}$ в конце защищаемой ВЛ

В случае, когда отстройка по (2.11) от замера $X_{расч}$ с учетом принятого $R_{пер.} = R_{пер.рас.}$ приводит к существенному укорачиванию зоны XI по сравнению с отстройкой при металлических к.з, и последнее может привести к необеспечению зоны охвата защищаемой ВЛ, вычисленной по (2.13), тогда уставка XI принимается по (2.11) с учетом:

$$k_{отс.} = 0,7 \div 0,85;$$

$X_{расч}$ – то же, что и в (2.11) при металлическом к.з.

Отстройку от к.з. через $R_{пер.рас.}$ в конце защищаемой ВЛ, в режимах где XI не удовлетворяет выражению (2.13), необходимо произвести по RI .

2.3.3 Выбор уставки $R1$

2.3.3.1 Уставка по активному сопротивлению первой ступени выбирается по условию обеспечения чувствительности при КЗ соответствующего вида через $R_{нер.рас.}$ в конце зоны действия уставки $X1$:

$$R1 \geq k_q \cdot (R_{рас.} - X_{рас.} \cdot ctg \varphi_L) \quad (2.14)$$

Где: $k_q \geq 1,1$ – в режиме транзита;

$k_q \geq 1,5$ – в режиме каскадного отключения ВЛ с противоположной стороны. В случае затруднений с обеспечением $k_q = 1,1$ в режиме транзита, допускается принимать уставку по $R1$ из условий обеспечения чувствительности в каскаде $k_q \geq 1,5$;

φ_L – угол наклона правой боковой стороны характеристики к оси активных сопротивлений, определяется по (2.8)

$R_{рас.} = Z_{рас.} \cdot \cos \varphi_{рас.}$ – максимальное значение активного сопротивления в защите при междуфазных КЗ и КЗ на землю через $R_{нер.рас.}$ в конце зоны действия первой ступени, соответствующей принятому коэффициенту охвата согласно п. 2.3.1.2;

$X_{1рас.} = Z_{1рас.} \cdot \sin \varphi_{рас.}$, – значение реактивного сопротивления соответствующее условиям КЗ в которых получены значения $R_{1рас.}$.

2.3.3.2 По условию отстройки действия защиты от КЗ за пределами линии через $R_{нер.рас.}$:

а) в том случае, когда уставка по $X1$, выбранная по условию 2.3.2.1 удовлетворяет условию 2.3.2.2, отстройка по $R1$ не производится;

б) в тех режимах, когда отстройка от КЗ в конце ВЛ через $R_{нер.рас.}$ по $X1$ приводит к уменьшению зоны охвата - $k_{охв} < 0,7$ (а отстройка при металлических КЗ выполняется), необходимо предусмотреть отстройку по $R1$: уменьшая $R_{нер.расч}$ до $R_{нер.}^*$, обеспечить условия отстройки по $X1$ и произвести отстройку по $R1$ согласно выражению:

$$R1 \leq k_{отс.} \cdot [R_{расч.} - X_{расч.} \cdot ctg \varphi_L] \quad (2.15)$$

где $k_{отс.} = (0,9-0,95)$ – коэффициент отстройки;

$R_{расч.}$ – минимальное значение активной составляющей сопротивления, замеряемое при КЗ через $R_{нер.} = R_{нер.}^*$ за пределами защищаемой линии для режимов, в которых не выполнялась отстройка по $X1$;

$X_{расч.}$ – значение реактивной составляющей замера соответствующее минимальному замеру $R_{расч.}$, для расчетного режима.

На рис. 2.3 в качестве примера приведено графическое отображение изменения $X_{расч.}$ и $R_{расч.}$ при к.з. на шинах противоположной ПС в зависимости от изменения $R_{нер.}$. Зона отстройки по X лежит в диапазоне значений $R_{нер.} = 0 \div R_{нер.}^*$, а зона отстройки по R , в пределах значений $R_{нер.} = R_{нер.}^* \div R_{нер.расч.}$.

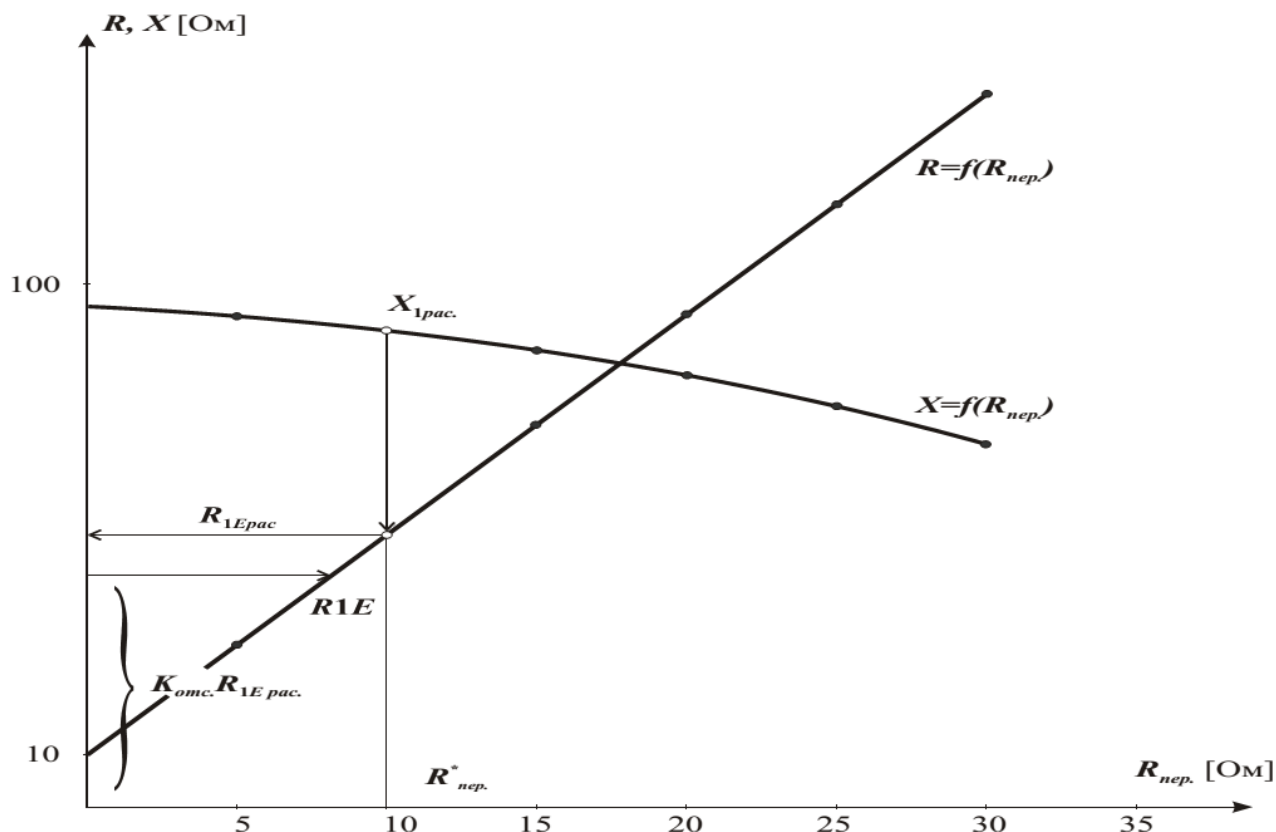


Рис. 2.3 Изменение значений X_{1P} и R_y замеряемых защитой при к.з. на шинах противоположной ПС в зависимости от значений $R_{неp.}$

2.3.3.3 Условие отстройки от нагрузки для уставки $R1$ не проверяем, т.к. рекомендуется использовать функцию выреза от нагрузки.

2.3.4 Выбор уставок $\varphi_{мч}$, $\varphi_{шз}$, $T1$

$\varphi_{мч}$ - уставка по углу максимальной чувствительности, определяет характеристический угол для формирования направленной полигональной характеристики

$\varphi_{шз}$ – уставка по углу ширины зоны, определяет положение линий направленности полигональной характеристики во 2-м и 4-м квадрантах комплексной плоскости.

Так как первая ступень дистанционной защиты, как правило, действует без выдержки времени, то при выборе уставок, определяющих зону направленности, приоритетным должно быть требование обеспечения селективности, а также обеспечение чувствительности к КЗ через $R_{неp}$ в начале линии.

Рекомендуется, принять направленность характеристики для дистанционных органов подобно характеристикам терминалов REL670(650), 7SA-522, применяющихся в ОЭС Украины. Для этого, выбираются уставки $\varphi_{мч}I=50^\circ$, $\varphi_{шз}I=130^\circ$.

Время действия защиты в первой зоне $T1$ принимается равным нулю.

Примечание : С целью обеспечения правильной работы при близких металлических КЗ, сопровождающихся просадкой рабочих напряжений ниже уровня, при котором обеспечивается измерение углов между токами и напряжениями, для первой ступени должна вводиться работа по памяти. Значение напряжения, при котором включается работа по памяти, определяется параметрами устройства и не требует ввода уставкой.

При снижении фазных (линейных) напряжений ниже порога $0,01U_n$ ($0,02U_n$), наличии тока выше $0,02I_n$ и не срабатывании ЗОЦН ступени ДЗ на время $0,5$ с, переводятся на работу по памяти. При этом, для определения фаз рабочих напряжений в момент их снижения (исчезновения) с частотой 50 Гц, моделируется продолжение на $0,5$ с изменения синусоиды каждого из указанных напряжений.

2.4 Выбор уставок второй ступени дистанционной защиты

2.4.1 Требования ко второй ступени

Обеспечение надежного отключения к.з. всех видов по всей длине линии, в т.ч. при $R_{пер.рас.}$, обеспечение селективности действия при к.з. за пределами линии, а также возможное использование ступени в качестве ускоряемой автоматически в режимах опробования линии при ручном включении и АПВ.

2.4.2 Выбор уставки X2

2.4.2.1 По условию обеспечения чувствительности к КЗ всех видов, по всей длине линии при переходном сопротивлении $R_{пер.} = 0 \div R_{пер.рас.}$

$$X2 = k_{\chi} \cdot X_{1рас. м} \quad (2.16)$$

где $k_{\chi} \geq 1,25$ – коэффициент чувствительности при КЗ любого вида на шинах противоположного конца ВЛ;

$X_{1рас. м}$ – максимальное значение реактивного сопротивления, определяемого при трехфазном и однофазном КЗ в конце защищаемой линии при $R_{пер.} = 0 \div R_{пер.рас.}$ с учетом принятых коэффициентов компенсации по (2.12).

2.4.2.2 По условию отстройки от КЗ на шинах низшего(среднего) напряжения подстанции, примыкающей к противоположному концу линии при $R_{пер.} = 0 \div R_{пер.рас.}$ по (2.11), в котором:

$k_{отс.} \leq 0,85$. коэффициент отстройки ;

$X_{1рас.}$ – минимальное значение реактивного сопротивления, замеряемое в месте установки рассматриваемой защиты. Определяется при трехфазном и однофазном КЗ на шинах за трансформатором при $R_{пер.} = R_{пер.рас.} = 0 \div 5$ Ом, с учетом принятых коэффициентов компенсации по (2.12).

В общем случае необходимо учитывать наименьшее сопротивление трансформаторов, которое может иметь место при регулировании напряжения.

В качестве расчетного режима следует рассматривать максимальное число работающих трансформаторов на шинах смежного напряжения, при коэффициенте токораспределения, которому соответствует наименьшее значение сопротивления в месте установки рассматриваемой защиты.

2.4.2.3 Если от шин ПС, примыкающей к противоположной стороне рассматриваемой ВЛ, отходят две параллельные линии, необходимо произвести отстройку согласно рис.2.4 а,б от м.ф. КЗ и КЗ на землю на шинах ПС В по выражению (2.11), в котором:

$k_{отс.} \leq 0,85$. коэффициент отстройки ;

$X_{1рас.}$ – минимальное значение реактивного сопротивления, замеряемое в месте установки рассматриваемой защиты в расчетном режиме.

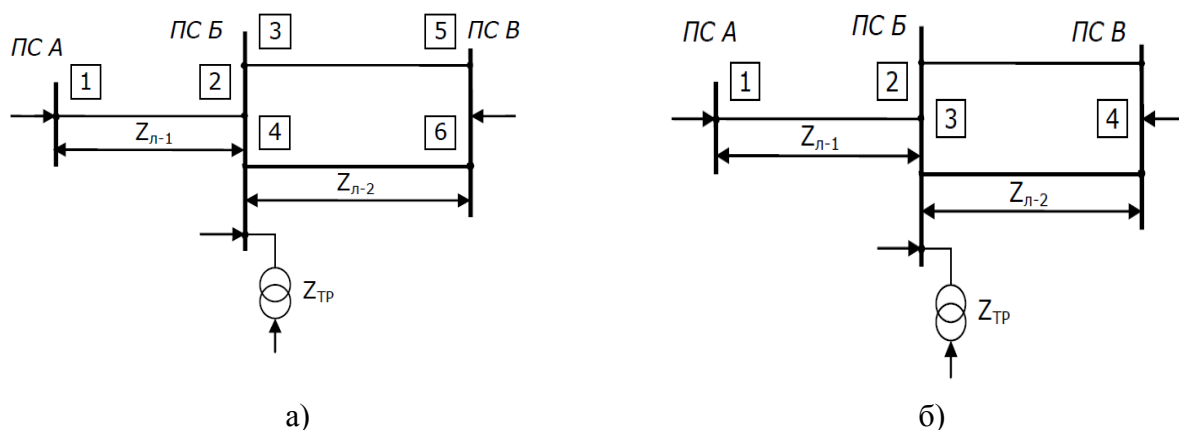


Рис.2.4 Примеры схем участков сети

2.4.2.4 По условию согласования с I(II) ступенями защит смежных присоединений.

Согласование производится, как с однотипными защитами на дистанционном принципе для всех видов КЗ, так и с резервными защитами: дистанционной от междуфазных КЗ и токовой защитой нулевой последовательности, если они установлены на линии или трансформаторе, с которыми ведется согласование. Согласование с аварийными токовыми защитами не производится, а с резервными токовыми защитами, входящими в состав терминалов дистанционных защит от всех видов КЗ выполняется только в том случае, если это не приводит к ограничению чувствительности ступени к КЗ на защищаемой ВЛ.

Согласование ведется отдельно для междуфазных и однофазных повреждений, каждого типа защиты. Если согласование при данном виде повреждения ведется с несколькими (двумя) разнотипными защитами, то определяющим для выбора уставки X_2 , будет меньшее значение.

Согласование ведется методом поиска конца зоны действия, соответствующих ступеней защит линий, с которыми ведется согласование, без учета переходного сопротивления, по выражению (2.11), где:

$k_{отс.}$ – коэффициент отстройки при согласовании, учитывающий погрешности измерительных трансформаторов, измерительных органов защиты, параметров схем замещения, $k_{отс.} = 0,8 \div 0,9$ – в зависимости от типов согласуемых защит, в случае согласования защит, имеющих однотипные характеристики.

$X_{расч}$ – минимальное значение реактивного сопротивления, измеряемое защитой при КЗ ($R_{пер.} = 0$) в конце зоны действия той ступени защиты, с которой ведется согласование в расчетном режиме.

При согласовании защит, имеющих многоугольные характеристики с дистанционными защитами, имеющими круговые характеристики срабатывания, принимать $k_{отс.} = 0,7$. Отмечается принципиальная возможность неселективного действия защиты при междуфазных КЗ в указанном случае, для исключения которой рекомендуется согласование по R производить с «вписанной» характеристикой многоугольника защиты РС580-ДЗ в окружность (рис.2.5).

При согласовании с дистанционными защитами необходимо учесть (с помощью $k_{сокр.} = 0,9$) возможное сокращение их зон, вызванное погрешностями измерительных трансформаторов, измерительных органов защиты, параметров схем замещения.

При согласовании дистанционных защит, имеющих однотипные характеристики срабатывания, вероятность этого неправильного действия мала. Согласование производится с учетом $k_{омс} = 0,9$ и $k_{сокр.} = 0,9$.

Согласование с токовыми защитами нулевой последовательности должно производиться во всех случаях как при металлическом КЗ, так и при КЗ через $R_{пер.рас.}$, поскольку наличие переходных сопротивлений в различной степени влияет на работу токовых и дистанционных органов в зависимости не только от величины $R_{пер.}$, но и от места КЗ. Рекомендуется в этом случае принимать $k_{омс} = 0,8$.

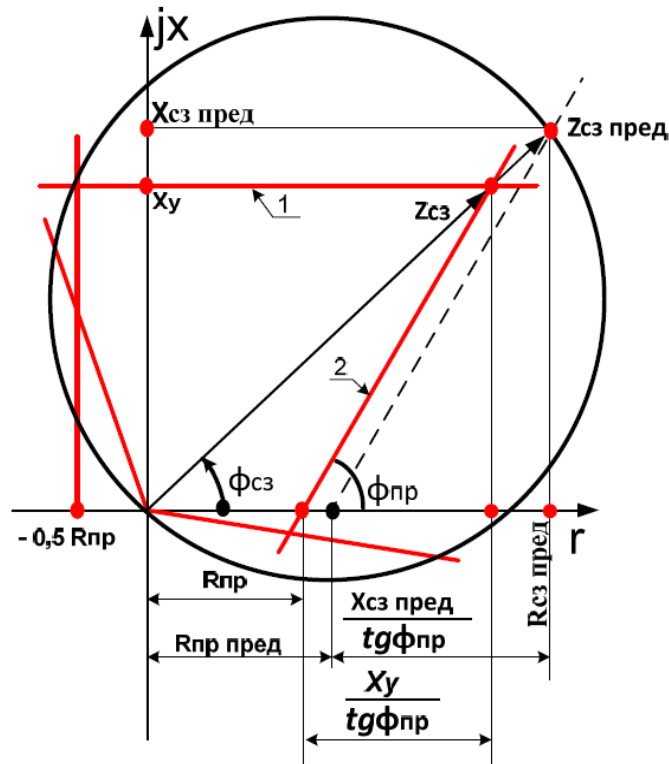


Рис.2.5 Согласование по чувствительности дистанционной защиты с полигональными характеристиками с дистанционной защитой с круговой характеристикой.

При выборе сопротивления срабатывания $X2$ второй ступени дистанционной защиты двух параллельных линий, а также одиночных и параллельных линий с ответвлениями, следует учитывать рекомендации, изложенные в Руководящих указаниях по релейной защите «Дистанционная защита линий 35-330кВ », глава V, п.Б,В.

2.4.3 Выбор уставки $R2$

2.4.3.1 По условию обеспечения чувствительности к КЗ соответствующего вида в конце линии через $R_{пер.} = R_{пер.рас.}$ по (2.14), где:

Коэффициент чувствительности:

$k_u \geq 1,1$ – в режиме транзита;

$k_u \geq 1,5$ – в режиме каскадного отключения противоположного конца линии;

R_{1pac} – максимальное значение активного сопротивления, измеряемое защитой при трехфазном и соответственно однофазном КЗ в конце линии через $R_{пер.} = R_{пер.рас.}$;

$X_{1рас.}$ – значения замеров реактивного сопротивления, соответствующие условиям КЗ, в которых получены значения замеров $R_{1рас.}$.

Расчетный режим для этого условия - минимальный режим энергосистем со стороны установки защиты, максимальный - на противоположном конце линии.

2.4.3.2 В случае использования функции выреза от нагрузки отстройка уставки $R2$ от сопротивления нагрузки не производится.

2.4.4 Выбор уставок $T2$

$$T2 \geq t_{с.з.} + t_{УРОВ} + \Delta t \quad (2.17)$$

Где $t_{с.з.}$ – время срабатывания ступени защиты, с которой производится согласование, принимается большее из времен срабатывания;

$t_{УРОВ}$ - наибольшее время действия УРОВ на противоположной стороне линии по отходящим присоединениям, с учетом отключения смежных выключателей; для цифровых УРОВ принимать $t_{УРОВ} = 0,2 \div 0,25$ с (в зависимости от типа выключателей). Для электромеханических УРОВ рассматриваются конкретные схемы и уставки УРОВ.

Δt – степень селективности, которая должна приниматься:
при согласовании с цифровыми защитами $\Delta t = 0,1$ с;
при согласовании с защитами с электронными реле времени $\Delta t \geq 0,2$ с;
при согласовании с защитами с электромеханическими реле $\Delta t \geq 0,3$ с.

Примечание 1: С целью уменьшения времени ликвидации КЗ рекомендуется уставку $X2$ второй ступени выбирать по отстройке от КЗ на смежных шинах за трансформатором согласно п. 2.4.2.2 и согласовывать с первыми ступенями защит смежных ВЛ с противоположной стороны защищаемой линии в соответствии с п. 2.4.2.4. После этого проверить чувствительность выбранной уставки $X2$ режиме транзита или каскада. Для обеспечения надежного отключения КЗ по всей длине линии (в т.ч. при $R_{пер.рас.}$) необходимо использовать третью ступень.

Примечание 2 : Вторую ступень, при условии, что она обеспечивает чувствительность к к.з. всех видов (в т.ч. при $R_{пер.рас.}$) по всей длине линии, рекомендуется использовать в качестве автоматически ускоряемой ступени при АПВ и ручном включении.

Примечание 3 : Работа по памяти для второй ступени должна вводиться только если остаточное напряжение при КЗ в месте окончания первой зоны меньше напряжения включения работы по памяти (соответственно 0,02 номинального при работе по межфазным и 0,01 при работе по фазным напряжениям). Работа по памяти для второй ступе-

ни также не вводится, если суммарное время действия ступени защиты и выключателя превышает время сохранения возможности работы по памяти, составляющее 0.5с.

2.5 Выбор уставок третьей ступени дистанционной защиты

2.5.1 Требования к третьей ступени

Отключение к.з. всех видов на своей линии с $Kч \geq 1.5$

Обеспечение селективности действия при к.з. за пределами линии.

Обеспечение дальнего резервирования действия защит смежных элементов сети (по возможности).

2.5.2 Выбор уставки X3

Если дистанционные измерительные органы II ступени не обеспечивают требуемую чувствительность ко всем видам КЗ, в том числе с $R_{нер.рас}$, в пределах защищаемой линии, то указанные функции возлагаются на III ступень. Условия выбора уставок измерительных органов ступени по условиям чувствительности, согласования, а также их использования при АПВ, ручном включении определяются разделом 2.4, п.п.2.4.2, 2.4.3.

2.5.2.1 По условию согласования с защитами смежных элементов сети.

Согласование производится по тем же условиям, что и для второй ступени, но со вторыми, а в случае неудовлетворительного результата - с третьими ступенями защит смежных элементов сети.

При переходе зоны согласуемой защиты смежного элемента за пределы своей линии последующее согласование ведется в режиме каскадного отключения противоположного конца следующего смежного элемента (на котором рассматривается к.з.).

2.5.2.2 По условию обеспечения дальнего резервирования.

Обеспечение дальнего резервирования 3-ей ступенью рекомендуется рассматривать, если 2-ая ступень обеспечивает требуемую чувствительность ($Kч \geq 1.5$) при КЗ в конце линии. Необходимо также учитывать возможность реализации дальнего резервирования для конкретной схемы сети, в конкретных режимах и с требуемым временем действия.

В части уставки X3, выбранной по п.2.5.2.1 расчет сводится к проверке чувствительности как при металлических к.з., так и к к.з. через $R_{нер.рас}$ в зоне дальнего резервирования

$$k_{\text{ч}} = \frac{X3}{Z_{\text{расч}} \cdot \cos \varphi_{\text{расч}}} \quad (2.18)$$

Где $Kч \geq 1.2$ – требуемый коэффициент чувствительности при КЗ в зоне дальнего резервирования;

$Z_{\text{расч}}$, $\varphi_{\text{расч}}$ – модуль и угол измеренного сопротивления в месте установки защиты при м.ф.КЗ и КЗ на землю в зоне дальнего резервирования с учетом каскадного отключения к.з. на смежных ВЛ

В части уставок R3 расчет сводится к вычислению требуемых значений по условиям чувствительности к к.з. через $R_{нер.рас}$ в зоне дальнего резервирования с учетом каскадного отключения к.з. на смежных ВЛ, в режимах выбора уставок по X3 по (2.14), где $Kч \geq 1.1$

2.5.2.3 По условию отстройки от максимальных нагрузочных режимов.

В случае использования функции выреза от нагрузки отстройка от нагрузки не производится.

2.5.3 Выбор уставок времен срабатывания третьей ступени

2.5.3.1 По условиям согласования с защитами смежных элементов сети:

$$t_3 \geq t_{c.з} + \Delta t \quad (2.19)$$

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

$\Delta t = (0,1 \div 0,4)с$ – степень селективности, в зависимости от собственного времени отключения выключателей и типа согласуемых защит, принимается согласно п.2.4.4

2.6 Выбор уставок четвертой ступени дистанционной защиты

2.6.1 Требования к четвертой ступени

Обеспечение дальнего резервирования действия защит смежных элементов сети (по возможности).

Обеспечение селективности действия при КЗ за пределами линии.

2.6.2 Выбор уставок дистанционных измерительных органов 4-ой ступени

Проводится по тем же условиям, что и для третьей ступени.

Определяющим условием при выборе уставок измерительных органов является обеспечение чувствительности к КЗ в зоне дальнего резервирования, если 3-я ступень выбрана по чувствительности в конце защищаемой ВЛ.

2.6.2.1 По условию обеспечения дальнего резервирования.

Обеспечение дальнего резервирования рекомендуется рассматривать по возможности его реализации для конкретной схемы сети, в конкретных режимах и с требуемым временем действия. Выбор уставки по X_4 производится по выражению (2.16), по R_4 – по (2.14), где

Где $K_{ч} \geq 1.2$ – требуемый коэффициент чувствительности при КЗ в зоне дальнего резервирования;

$X_{расч}$, $R_{расч}$ – реактивная и активная составляющие измеренного сопротивления в месте установки защиты при м.ф.КЗ и КЗ на землю в зоне дальнего резервирования с учетом каскадного отключения к.з. на смежных ВЛ

Расчеты по обеспечению дальнего резервирования выполняются без учета нагрузочного режима, в минимальном режиме системы со стороны места установки защиты, максимальном режиме системы с противоположного конца данной ВЛ; при наличии линий параллельных данной и смежной (с КЗ в зоне дальнего резервирования) – они должны быть в работе.

Должна быть проверена практическая возможность обеспечения дальнего резервирования через шины мощных станций и ПС до их полного погашения, в т.ч. возможность обес-

печения дальнего резервирования элементов сети в режиме последовательных каскадов действием защит смежных элементов.

2.6.2.2 По условию согласования с действием защит смежных элементов сети.

Согласование производится по тем же условиям, что и для третьей ступени, но со следующими особенностями:

2.6.2.2.1 Согласование производится с третьими (четвертыми), а в случае неудовлетворительного результата, с последними ступенями защит смежных элементов сети по (2.11). При проверке согласования с защитами, с учетом КЗ через $R_{пер.рас}$, следует принимать во внимание возможное увеличение сопротивления дуги, а также возможную корректировку значений уставки **X4**.

2.6.2.2.2 Как правило, выбор уставок четвертой ступени из условий обеспечения дальнего резервирования приводит к необходимости ее согласования с последними ступенями защит смежных элементов сети. В сложных разветвленных сетях это приводит к цепочному увеличению времени действия защит до недопустимых величин. Поэтому если указанное приводит к большому времени срабатывания четвертой ступени, то допускается ее не согласовывать с последними ступенями защит смежных элементов сети, с оформлением карты неселективности в установленном порядке.

2.6.2.3 По условию отстройки от максимальных нагрузочных режимов.

В случае использования функции выреза от нагрузки отстройка от нагрузки не производится.

2.6.2.4 Уставка времени срабатывания четвертой ступени рассчитывается по условиям согласования с защитами смежных элементов сети по (2.19)

2.7 Выбор уставок пятой ступени дистанционной защиты

2.7.1 Требования к пятой ступени

Обеспечение резервирования защиты шин "за спиной".

Обеспечение резервирования быстродействующих направленных ступеней защиты при КЗ в «мертвой зоне» по направленности.

Для выполнения вышеказанных требований рекомендуется использовать ненаправленную ступень с круговой характеристикой. Это обеспечит надежную работу 5-ой ступени независимо от величины рабочего напряжения, которое при КЗ в этой зоне может приближаться к нулю и не позволять правильно работать направленным ступеням ДЗ.

2.7.2 Выбор уставок дистанционных измерительных органов 5-ой ступени

2.7.2.1 По условию согласования по чувствительности с уставками первой зоны защит «За спиной».

С учетом того, что характеристика 5-ой ст. ненаправлена, выбираемая уставка **Z5** должна согласовываться как по реактивному так и по активному сопротивлению с 1-ой ступенью дистанционной защиты «за спиной». Согласование с максимальными токовыми отсечками не производим.

В зависимости от типов защит присоединений «за спиной» выбор уставки **Z5** осуществляется согласно выражений:

▪ если 1-ая ст.защиты «за спиной» - дистанционная с полигональной характеристикой (рис.2.6), то

$$Z5 \leq k_{омс} \frac{k_{сокр} \cdot X1}{k_T} \quad \text{и} \quad Z5 \leq k_{омс} \frac{k_{сокр} \cdot R1}{k_T} \quad (2.20)$$

где : $X1, R1$ – уставки соответственно по реактивному и активному сопротивлению 1-ой ст, с которой согласуемся;

$k_{омс}=0.85$ – коэффициент отстройки;

$k_{сокр}=0.9$ – коэффициент, учитывающий возможное сокращение зоны защиты, с которой ведется согласование, вызванное погрешностями измерительных трансформаторов, измерительных органов защиты, параметров схем замещения;

k_T - коэффициент токораспределения, равен отношению тока, протекающего в месте установки защиты, к току в месте установки защиты, с которой производится согласование, в расчетном режиме при расчетном виде КЗ.

▪ если 1-ая ст.защиты «за спиной» - дистанционная с круговой характеристикой (рис.2.7), или с характеристикой другого вида, то

$$Z5 \leq k_{омс} \frac{k_{сокр} \cdot X'}{k_T} \quad \text{и} \quad Z5 \leq k_{омс} \frac{k_{сокр} \cdot R'}{k_T} \quad (2.21)$$

Где X', R' - значения соответственно реактивного и активного сопротивлений в точках пересечения осей (R) и (jX) с характеристикой первой зоны защиты «за спиной»;

$k_{омс}, k_{сокр}, k_T$ – то же, что в (2.20).

▪ если 1-ая ст.защиты «за спиной» -максимально-токовая от КЗ на землю (или от м.ф.КЗ)

$$Z5 \leq k_{омс} \cdot Z_{расч} \quad (2.22)$$

Где $k_{омс}=0.8$ - коэффициент отстройки;

$Z_{расч}$ - минимальное значение полного сопротивления, измеряемое защитой, при КЗ на землю через $R_{пер}=0 \div R_{пер.рас}$ в конце зоны действия 1-ой ступени защиты, с которой ведется согласование в расчетном режиме.

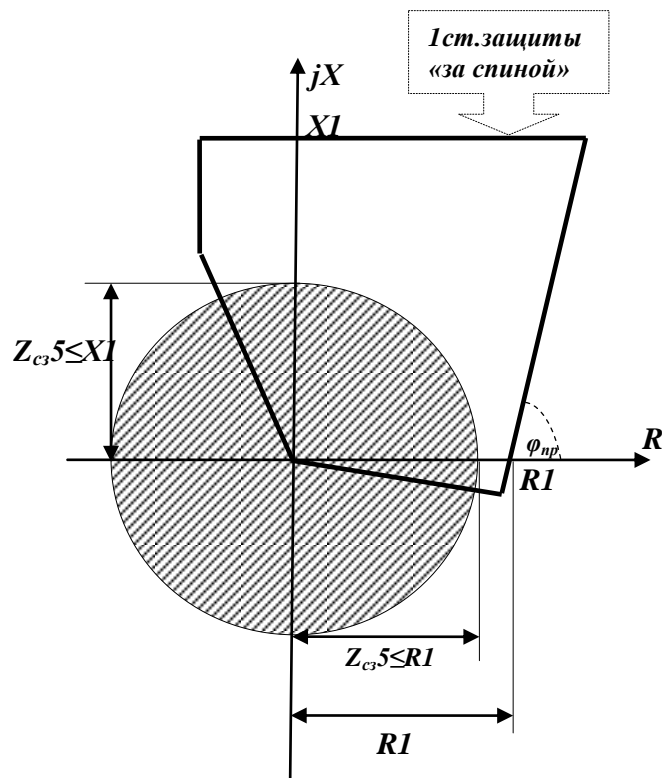


Рис.2.6 Согласование по чувствительности 5-ой ст.ДЗ с круговой ненаправленной характеристикой с 1-ой ст. дистанционной защитой с полигональной характеристикой «за спиной»

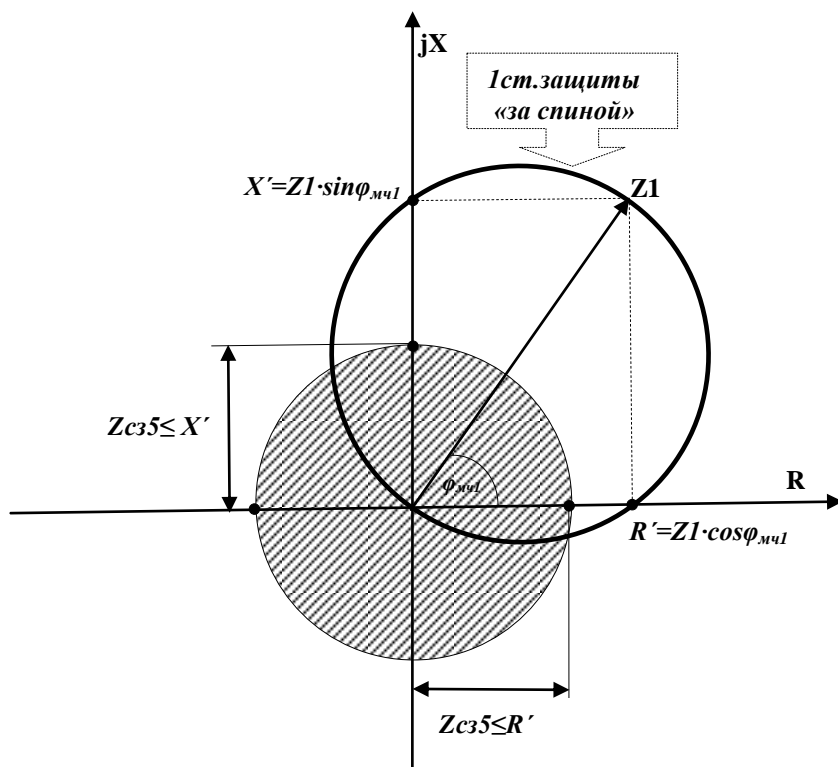


Рис.2.7 Согласование по чувствительности 5-ой ст.ДЗ с круговой ненаправленной характеристикой с 1-ой ст. дистанционной защиты с круговой характеристикой «за спиной»

2.7.2.2 По условию согласования по чувствительности с уставками первой дистанционной ступени «своей» защиты .

Поскольку первая ступень «своей» защиты имеет полигональную характеристику, согласование с ней выполняется аналогично рис.2.6, согласно выражений:

$$Z5 \leq k_{отс}(k_{сокр} \cdot X1) \quad \text{и} \quad Z5 \leq k_{отс}(k_{сокр} \cdot R1) \quad (2.23)$$

Где : $k_{отс}, k_{сокр}$ – то же, что в (2.20)

$X1, R1$ – уставки соответственно по реактивному и активному сопротивлению 1-ой ст, с которой согласуемся

2.7.2.3 По условию согласования по чувствительности с уставками первой ступени «своей» максимально-токовой защиты от КЗ на землю . Производится по (2.22)

2.7.2.4 Уставка времени срабатывания пятой ступени рассчитывается по условиям согласования с 1-ми ступенями защит присоединений «за спиной» по (2.17)

Условие обеспечения чувствительности рассматриваемой 5-ой ступени при КЗ в начале защищаемой линии, а также при КЗ на шинах «за спиной», как правило, выполняется.

2.8 Выбор уставок функции выреза от нагрузки

Функция отстройки от нагрузки, образует „вырез” в характеристике ступени дистанционной защиты, который определяется параметрами Z_n и ϕ_n (рис. 2.8) - общими для всех ступеней.

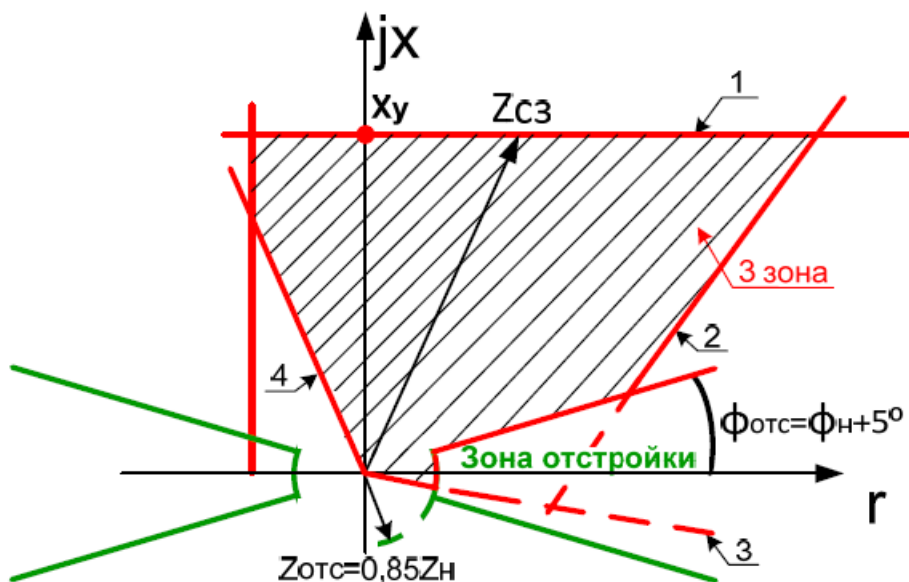


Рис.2.8 Характеристика ступени ДЗ при включенной функции выреза от нагрузки.

Уставка по сопротивлению выреза нагрузки, определяет область, в которой располагаются замеры сопротивлений возможных нагрузочных режимов. При попадании замера сопротивления в эту область блокируется действие ступени ДЗ, для которой функция выреза от нагрузки включена. Уставку можно определить по:

$$Z_n = k_{отс} \frac{\bar{U}_{\min}}{\sqrt{3} \cdot \bar{I}_{n\max}} \quad (2.24)$$

где \bar{U}_{\min} – действующее значение минимального рабочего напряжения междуфазного в кВ

$\bar{I}_{n\max}$ – действующее значение максимального нагрузочного тока линии в кА;

$\varphi_{нагр}$ – угол полного сопротивления нагрузки, в режиме определения $\bar{I}_{n\max}$

$k_{отс}=0.85$ – коэффициент отстройки

Уставка по углу нагрузки равна:

$$\varphi_n = \varphi_{нагр.\max} + 5^\circ \quad (2.25)$$

где $\varphi_{нагр}$ – максимальновозможный угол полного сопротивления нагрузки по защищаемой ВЛ

Указанная функция может быть активизирована для конкретной ступени путем задания уставки «*Разрешение блокировки ступени в области выреза от нагрузки*». Рекомендуется использовать вырез нагрузки для тех ступеней ДЗ, которые не отстроены по уставке активного сопротивления от сопротивления нагрузки, т.е.

$$R1(2,3,4) \geq Z_n \cdot \cos\varphi_n \quad (2.26)$$

Где $R1(2,3,4)$ – уставка по активному сопротивлению соответствующей ступени.

2.9 Выбор уставки по току срабатывания при работе ЗОЦН

Работа дистанционной защиты при потере или неисправности цепей напряжения невозможна.

В устройстве РС830-ДЗ выявление неисправности цепей напряжения осуществляется специальной защитой от обрывов цепей напряжения - **ЗОЦН**, которая автоматически переводит дистанционные ступени в максимально-токовые без изменения уставок по времени и с отдельными уставками по фазному току.

Для совпадения зон срабатывания ступеней ДЗ и МТЗ уставку по току следует выбирать при металлических КЗ в конце зоны чувствительности соответствующей ступени дистанционной защиты. Расчетным режимом является режим выбора уставки по реактивному сопротивлению рассматриваемой ступени ДЗ. Если ступень ДЗ используется при всех видах КЗ, то уставка по току при потере цепей напряжения определяется как :

$$I_{сз1(2,3,4)} = \max\{I_{\phi\text{кз}}^{(3)}; I_{\phi\text{кз}}^{(1)}\} \quad (2.27)$$

Где $I_{\phi\text{кз}}^{(3)}$ - фазный ток при 3-ф металлическом КЗ в конце зоны чувствительности 1(2,3,4) ступени ДЗ. 2-фазные КЗ не рассматриваются: т.к. это может привести к неселективной работе (хотя возможно снижение чувствительности ступени при работе в режиме МТЗ по сравнению с режимом ДЗ).

$I_{\phi\text{кз}}^{(1)}$ - фазный ток при 1-ф металлическом КЗ на землю в конце зоны чувствительности 1(2,3,4) ступени ДЗ

3 ВЫБОР УСТАВОК МОДУЛЯ БЛОКИРОВКИ ОТ КАЧАНИЙ (БК)

3.1 Назначение и принцип выполнения блокировки при качаниях мощности

Как отмечалось ранее, для каждой из ступеней функции **ОЗ** в режиме **ДЗ** определяется «разрешение блокировки при качаниях»: *Откл*; *Вкл БКб*; *Вкл БКм*. Если блокировка разрешена, то ступень будет заблокирована до момента пока защита не определит режим КЗ (по приращению токов прямой и обратной последовательностей).

БК имеет четыре компаратора для определения режима КЗ:

- Чувствительный орган по приращению тока прямой последовательности:

$$dI_{1\text{чувств}} \leq |I_{1(n)} - I_{1(n-1)}| \quad (3.1)$$

где $I_{1(n)}$ и $I_{1(n-1)}$ – текущее и предшествующее значение тока прямой последовательности.

- Чувствительный орган по приращению тока обратной последовательности:

$$dI_{2\text{чувств}} \leq |I_{2(n)} - I_{2(n-1)}| \quad (3.2)$$

где $I_{2(n)}$ и $I_{2(n-1)}$ – текущее и предшествующее значение тока обратной последовательности.

- Грубый орган по приращению тока прямой последовательности:

$$dI_{1\text{груб}} \leq |I_{1(n)} - I_{1(n-1)}| \quad (3.3)$$

где $I_{1(n)}$ и $I_{1(n-1)}$ – текущее и предшествующее значение тока прямой последовательности.

- Грубый орган по приращению тока обратной последовательности:

$$dI_{2\text{груб}} \leq |I_{2(n)} - I_{2(n-1)}| \quad (3.4)$$

где $I_{2(n)}$ и $I_{2(n-1)}$ – текущее и предшествующее значение тока обратной последовательности.

БК имеет две ступени:

- Первая ступень **БКм** - предназначена для работы медленно действующих ступеней, время срабатываний которых больше ожидаемого времени качания. Для сети 110÷150 кВ можно принять $t_{\text{кач}} = 1,5 \div 2,0$ с.

По факту срабатывания любого из четырех компараторов вводятся ступени **ОЗ** (ступени ДЗ, для которых выбрано «*Вкл БКм*») на время, которое задается уставкой ***Tвв_груб***.

- Вторая ступень **БКб** - предназначена для работы быстродействующих ступеней. По факту срабатывания одного из чувствительных компараторов вводятся ступени **ОЗ** (ступени ДЗ, для которых выбрано «*Вкл БКб*») на время, которое задается уставкой ***Tвв_чув*** с последующим выводом блокировки на время, которое задается уставкой ***Tввода_груб***. Вторая ступень имеет возможность повторного пуска ступени **ОЗ** на время, которое задается уставкой ***Tввода_груб*** по одному из грубых пусковых органов при условии, что пуск по грубым пусковым органам будет не ранее чем через 25 мс после пуска чувствительного.

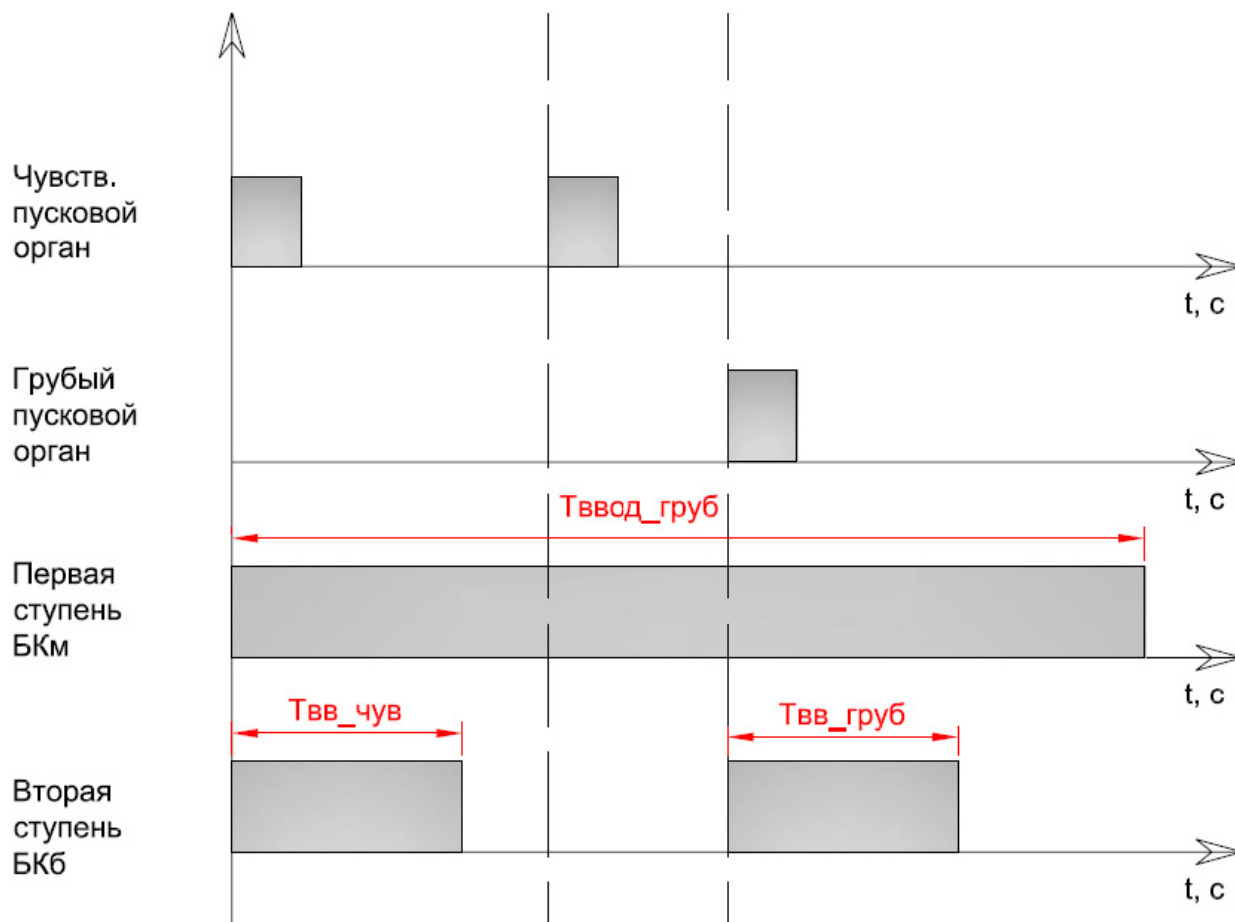


Рис 3.1 Временная диаграмма работы блокировки при качаниях

Блокировка при качаниях может быть приведена в исходное состояние при отключении выключателя по ускоренному сбросу. Если ускоренный сброс разрешен, то блокировка при качаниях сбрасывается по факту появления переднего фронта на сигнале РПО. Это является признаком отключения выключателя.

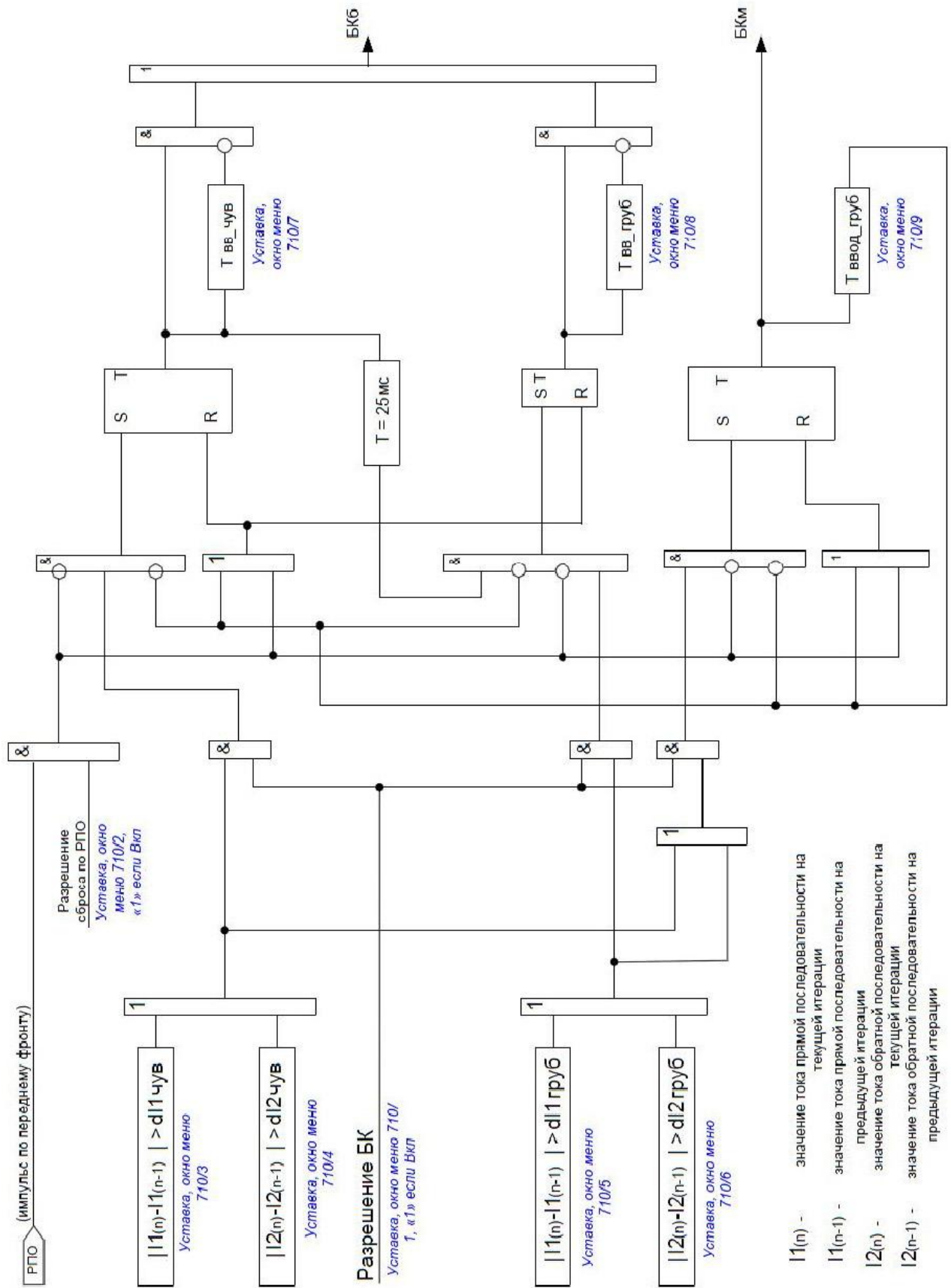


Рис 3.1 Схема алгоритма блокировки при качаниях

Задаваемые параметры функции БК:

Разрешение работы БК - *Откл.*, *Вкл.*;

Разрешение ускоренного сброса - *Откл.*, *Вкл.*;

dI1чув - уставка по приращению чувствительного органа тока прямой последовательности, от 0,08 до 3 А, с шагом 0,01 А;

dI2чув - уставка по приращению чувствительного органа тока обратной последовательности, от 0,04 до 1,5 А, с шагом 0,01 А;

dI1груб – уставка по приращению грубого органа тока прямой последовательности, от 0,12 до 5 А, с шагом 0,01 А;

dI2груб - уставка по приращению грубого органа тока обратной последовательности, от 0,06 до 2,5 А, с шагом 0,01 А;

Tвв_чув - уставка по времени ввода быстродействующих ступеней при первом срабатывании БК от 0,2 до 1 с, с шагом 0,01 с;

Tвв_груб - уставка по времени ввода быстродействующих ступеней при повторном срабатывании БК от 0,2 до 1 с, с шагом 0,01 с;

Tввод_груб - уставка по времени ввода медленнодействующих и по времени вывода быстродействующих ступеней БК от 2 до 12 с, с шагом 0,01 с

Примечание: параметры задаются во вторичных величинах.

3.2 Выбор параметров срабатывания органа прямой последовательности блокировки при качаниях мощности

3.2.1. Выбор тока срабатывания чувствительного пускового органа прямой последовательности по условию отстрой ки от токов небаланса :

$$dI_{1чув} = K_{отс} (K_{нб.осн} \cdot I_{1кач} + K_{нб.доп.1} \cdot I_{2кач} + I_{нб.доп}) \quad (3.5)$$

где: $K_{отс} = 1,2$ – коэффициент надежности ;

$K_{нб.осн}$ – коэффициент небаланса по основному сигналу фильтра аварийной составляющей тока прямой последовательности, принимается в соответствии с таблицей 3.1 в зависимости от частоты скольжения;

$I_{1кач}$ – максимальное значение тока прямой последовательности в режиме качаний;

$K_{нб.доп.1} = 0,02$ – коэффициент небаланса по дополнительному (создаваемому I_2) сигналу фильтра аварийной составляющей тока прямой последовательности;

$I_{2кач}$ – ток обратной последовательности в режиме качаний обусловленный любым видом несимметрии, например несимметрии нагрузки;

$I_{нб.доп} = 0,01 \cdot I_{ном}$ – дополнительная составляющая небаланса фильтров тока прямой последовательности. Где $I_{ном}$ – максимальный ток нагрузки, для упрощения, можно принять первичный ток ТТ.

Таблица 3.1 – Зависимость коэффициента небаланса от частоты скольжения

Частота скольжения f_s , Гц	1-5	6	7	8	9	10
Коэффициент небаланса, $K_{нб.осн}$	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,11

3.2.2. Выбор тока срабатывания чувствительного пускового органа прямой последовательности по условию обеспечения чувствительности при КЗ с $R_n=0 \div R_{n\text{ расч}}$ в конце зоны действия ступеней ДЗ, выполняющих функцию дальнего резервирования:

$$dI_{1\text{ чув}} \geq \frac{I_1^{(3)}}{K_\text{ч}} \quad (3.6)$$

где: $I_1^{(3)}$ – ток прямой последовательности при трехфазном КЗ в конце зоны действия ДЗ ступеней дальнего резервирования с $R_n=0 \div R_{n\text{ расч}}$;

$K_\text{ч} = 1,2$. - коэффициент чувствительности, обеспечивающий надежную работу чувствительного пускового органа прямой последовательности.

3.2.3. Выбор тока срабатывания грубого пускового органа прямой последовательности по условию согласования с чувствительным органом:

$$dI_{1\text{ груб}} = K_n \cdot dI_{1\text{ чув}} \quad (3.7)$$

где $K_n \geq 2$ – коэффициент надежности.

3.2.4. Выбор тока срабатывания грубого пускового органа прямой последовательности по условию обеспечения чувствительности при КЗ с $R_n=0 \div R_{n\text{ расч}}$ в конце защищаемой линии :

$$dI_{1\text{ груб}} \geq \frac{I_1^{(3)}}{K_\text{ч}} \quad (3.8)$$

где: $I_1^{(3)}$ – ток прямой последовательности при трехфазном КЗ в конце защищаемой линии с $R_n=0 \div R_{n\text{ расч}}$;

$K_\text{ч} = 1,5$. - коэффициент чувствительности, обеспечивающий надежную работу грубого пускового органа прямой последовательности.

Примечание: Если значения уставок, выбранные по условиям (п.3.2.1) для $dI_{1\text{ чув}}$ и п.3.2.3 для $dI_{1\text{ груб}}$ окажутся существенно превышающими по условиям (п.3.2.2) для $dI_{1\text{ чув}}$ и п.3.2.4 для $dI_{1\text{ груб}}$, то рекомендуется искусственно загрузить уставки органов прямой последовательности, доведя их до значений, близких к требованиям по чувствительности.

3.3 Выбор параметров срабатывания органа обратной последовательности блокировки при качаниях мощности

3.3.1. Выбор тока срабатывания чувствительного пускового органа обратной последовательности по условию отстрой ки от токов небаланса:

$$dI_{2\text{ чув}} = K_{\text{отс}} (K_{\text{нб.осн}} \cdot I_{2\text{ кач}} + K_{\text{нб.доп.2}} \cdot I_{1\text{ кач}} + I_{\text{нб.доп}}) \quad (3.9)$$

где: $K_{отс}=1,2$ – коэффициент надежности ;

$K_{нб.осн}$ – коэффициент небаланса по основному сигналу фильтра аварийной составляющей тока обратной последовательности, принимается в соответствии с таблицей 3.1 в зависимости от частоты скольжения;

$I_{2кач}$ – максимальное значение тока обратной последовательности в режиме качаний обусловленный любым видом несимметрии, например несимметрии нагрузки;

$K_{нб.дон.2}=0,01$ – коэффициент небаланса по дополнительному (создаваемому I_1) сигналу фильтра аварийной составляющей тока прямой последовательности;

$I_{1кач}$ – ток прямой последовательности в режиме качаний;

$I_{нб.дон} = 0,01 \cdot I_{ном}$ – дополнительная составляющая тока небаланса фильтров тока обратной последовательности. Где $I_{ном}$ – максимальный ток нагрузки, для упрощения, можно принять первичный ток ТТ.

3.3.2. Выбор тока срабатывания чувствительного пускового органа обратной последовательности по условию обеспечения чувствительности при КЗ с $R_n=0 \div R_{n расч}$ в конце зоны действия ступеней ДЗ, выполняющих функцию дальнего резервирования:

$$dI_{2чув} \geq \frac{I_2^{(2)}}{K_q} \quad (3.10)$$

где: $I_2^{(2)}$ – ток обратной последовательности при двухфазном КЗ в конце зоны действия ДЗ ступеней дальнего резервирования с $R_n=0 \div R_{n расч}$;

$K_q = 1,2$. - коэффициент чувствительности, обеспечивающий надежную работу чувствительного пускового органа обратной последовательности.

3.3.3. Выбор тока срабатывания грубого пускового органа обратной последовательности по условию согласования с чувствительным органом:

$$dI_{2груб} = K_n \cdot dI_{2чув} \quad (3.11)$$

где $K_n \geq 2$ – коэффициент надежности.

3.3.4. Выбор тока срабатывания грубого пускового органа обратной последовательности по условию обеспечения чувствительности при двухфазном КЗ в конце защищаемой линии с $R_n=0 \div R_{n расч}$:

$$dI_{2груб} \geq \frac{I_2^{(2)}}{K_q} \quad (3.12)$$

где: $I_2^{(2)}$ – ток обратной последовательности при двухфазном КЗ с $R_n=0 \div R_{n расч}$ в конце защищаемой линии

$K_q = 1,5$. - коэффициент чувствительности, обеспечивающий надежную работу грубого пускового органа прямой последовательности.

Примечание: Если значения уставок, выбранные по условиям (п.3.3.1) для $dI_{2чув}$ и п.3.3.3 для $dI_{2груб}$ окажутся существенно превышающими по условиям (п.3.3.2) для $dI_{2чув}$ и п.3.3.4 для $dI_{2груб}$, то рекомендуется искусственно загрузить уставки органов обратной последовательности, доведя их до значений, близких к требованиям по чувствительности.

3.4 Выбор уставок по времени блокировки при качаниях мощности

3.4.1. $T_{вв\ чуб} (БКб)$ - уставка по времени ввода быстродействующих ступеней при первом срабатывании БК должна приниматься превышающей время действия блокируемых быстродействующих ступеней с запасом более чем собственное время отключения выключателя.

Если ступени, для которых в опции «Блокировка при качаниях» назначено «Вкл БКб» отсутствуют, то для правильной работы алгоритма блокировки медленнодействующих ступеней рекомендуется принимать $T_{вв\ чуб} (БКб) = 0,4\ с$.

3.4.2. $T_{вв\ груб} (БКб)$ - уставка по времени ввода быстродействующих ступеней при повторном срабатывании БК, может выбираться так же как при первом срабатывании, но с учетом возможного изменения времени действия ступени при повторном срабатывании.

3.4.3. $T_{ввод\ груб} (БКм)$ уставка по времени ввода медленнодействующих и по времени вывода быстродействующих ступеней БК должна приниматься превышающей время действия блокируемых медленнодействующих ступеней. Кроме того, если предполагается повторность действия в цикле АПВ и не введен ускоренный сброс алгоритма блокировки при отключении выключателя, то уставка $T_{ввод\ груб} (БКм)$ должна быть отстроена от полного времени цикла «Отключение – $T_{АПВ}$ – Включение – $T_{рз}$ – Включение» при АПВ.

При этом может приниматься $T_{ввод\ груб} (БКм) = 5 \div 8\ с$.

4 КОНТРОЛЬ ЦЕПЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

Контроль исправности цепей напряжения в устройстве РС830-ДЗ выполняется функцией защиты от обрывов цепей напряжения (ЗОЦН).

ЗОЦН может работать по четырем алгоритмам, а именно:

- контроль цепей напряжения по схеме треугольник-звезда;
- контроль по составляющим прямой последовательности;
- контроль по составляющим обратной последовательности;
- контроль с внешним пуском по назначенному дискретному входу.

Контроль по схеме треугольник-звезда выполнен по классическому алгоритму этого способа (является основным для сетей 110-220 кВ): обрыв цепей напряжения контролируется по сумме напряжений от основной вторичной обмотки ТН и дополнительной вторичной обмотки ТН.

При разрешении работы ЗОЦН сразу включается алгоритм по сумме напряжений. Алгоритмы по симметричным составляющим являются дополнительными и могут вводиться и выводиться независимо друг от друга.

4.1 При работе по сумме напряжений защита реагирует на превышение уставки $U_{нб_зоцн}$ напряжением небаланса, появление которого является признаком неисправности. $U_{нб}$ вычисляется как векторная разность между расчетным (из напряжений фаз) и измеренным на выходе разомкнутого треугольника напряжением нулевой последовательности $3U_0$.

рассчитанным по формуле:

$$\dot{U}_{нб} = 2 \cdot \dot{U}_a + \dot{U}_b + \dot{U}_c - \dot{U}'_{ad} - 3\dot{U}'_0 \quad (4.1)$$

где U_a, U_b, U_c – это фазные напряжения от основной вторичной обмотки ТН;

\dot{U}'_{ad} – это напряжение фазы A , с дополнительной вторичной обмотки с учетом коэффициентов трансформации;

$3\dot{U}'_0$ – это напряжение нулевой последовательности, с дополнительной вторичной обмотки с учетом коэффициентов трансформации

С целью повышения эффективности контроля при разных видах повреждения напряжение фазы A вычисляется как разность удвоенного напряжения этой фазы с основной обмотки и напряжения этой фазы обмотки разомкнутого треугольника, приведенного к номинальному напряжению основной обмотки.

Уставку по напряжению небаланса рекомендуется принимать **10 В**.

4.2 Контроль по составляющим прямой последовательности предназначен для выявления повреждения цепей напряжения с полным исчезновением напряжения в трех фазах (например, отключение автомата или обрыв контрольного кабеля).

При работе по симметричным составляющим прямой последовательности, устройство контролирует соотношения напряжения и тока прямой последовательности.

Если напряжение прямой последовательности ниже 1 В и при этом ток прямой последовательности больше уставки по току нижней границы и меньше уставки по току верхней границы, то ЗОЦН сработает по прямой последовательности.

При этом отстройка от режима отключения линии или секции шин осуществляется путем контроля наличия тока прямой последовательности и его попадания в диапазон между уставкой по нижней границе I_{1min} и уставкой по верхней границе I_{1max} .

Порог срабатывания по снижению напряжения прямой последовательности жестко задан в устройстве **-1 В** и не требует выбора уставки.

Уставка по току нижней границы I_{1min} - уровень тока для обнаружения обесточенного состояния ВЛ, должна быть отстроена от наведенных токов на отключенной линии:

$$I_{1min} \geq k_{отс} \cdot I_{нв} \quad (4.2)$$

где $k_{отс} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$I_{нв}$ – суммарный наведенный ток на отключенной линии.

Рекомендуется данную уставку принять минимальной – $I_{1min} = 10\% I_{ном}$.

Уставка по току верхней границы I_{1max} должна с запасом превышать ток нагрузки I_n :

$$I_{1max} = k_з \cdot I_n, \quad (4.3)$$

где: $k_з$ – коэффициент запаса, $k_з = 1,1-1,2$.

При этом для исключения работы блокировки при трехфазном КЗ ток I_{1max} должен быть меньше тока трехфазного КЗ в начале линии в минимальном режиме.

4.3 Контроль по составляющим обратной последовательности основан на появлении напряжения обратной последовательности при отсутствии тока обратной последовательности.

Уставка по напряжению обратной последовательности должна быть отстроена от небаланса фильтра напряжений обратной последовательности и естественной несимметрии напряжений. Обычно для этого с запасом достаточно принять уставку по $U_2 = 0,05-0,1 \cdot U_{ном}$.

Уставка по току обратной последовательности I_2 должна быть отстроена от несимметрии токов нагрузки:

$$I_2 = k_3 \cdot I_{2нб} \quad (4.4)$$

где: k_3 – коэффициент запаса, $k_3 = 1,5-3$;

$I_{2нб}$ – ток обратной последовательности, обусловленный несимметрией нагрузки.

Определяется согласно выражения:

$$I_{2нб} = I_n \cdot (k_{од} \cdot f_i + k_{i2}) \quad (4.5)$$

где: I_n – максимальный фазный ток в нагрузки расчетном режиме;

$f_i = 0,03$ – токовая погрешность трансформатора тока;

$k_{i2} = 0,02$ – расчетное относительное значение первичного тока небаланса обратной последовательности;

$k_{од} = 0,5$ – коэффициент однотипности измерительных трансформаторов.

Значения коэффициентов даны для отечественных измерительных трансформаторов при отсутствии источников, обуславливающих повышенную несимметрию (тяговая нагрузка и др.). Если расчетные условия отличаются от указанных, то расчетные значения коэффициентов должны быть скорректированы с учетом конкретных условий.

При этом для исключения работы блокировки при несимметричных КЗ уставка по току обратной последовательности должна быть меньше минимального тока обратной последовательности при любом несимметричном КЗ.

4.4 Для выявления отключения автомата ТН в устройстве предусмотрен алгоритм ЗОЦН с внешним пуском по одному из дискретных входов.

Контроль с внешним пуском по назначенному дискретному входу предполагает сопоставление факта просадки любого из контролируемых междуфазных напряжений ниже $0,7U_n$ и наличия сигнала внешнего пуска ЗОЦН на назначенном для этой цели дискретном входе. Сигнал внешнего пуска формируется отдельной внешней схемой, обычно состоящей из нескольких реле напряжения, которые контролируют отсутствие просадки напряжений на выходе другого (не того к которому подключены цепи напряжения устройства) ТН. В результате сигнал работы ЗОЦН формируется при наличии просадки напряжений ТН, к которому подключено устройство, и отсутствии просадки напряжений от другого ТН. На этот же дискретный вход можно подключать блок-контакт автомата своего ТН, замыкающийся и формирующий сигнал внешнего пуска при отключении автомата. Ввод указанной функции контроля неисправности цепей напряжения в уставках устройства должен выполняться если выполнены соответствующие схемотехнические решения для ее реализации.

Функция защиты от обрывов цепей напряжения (ЗОЦН) имеет уставки со следующими пределами выполнения:

Разрешение работы ЗОЦН - **Откл., Вкл.**

Разрешение работы ЗОЦН по DI - **Откл.**

$U_{нб_зоцн}$ - уставка по напряжению небаланса, в диапазоне $5 \div 25$ В с шагом 0,1 В

Разрешение работы ЗОЦН по составляющим прямой последовательности - **Откл., Вкл.**

I_{Imin} - уставка нижней границы тока прямой последовательности, в диапазоне 0,1 ÷ 5 А, с шагом 0,1 А

I_{Imax} - уставка верхней границы тока прямой последовательности, в диапазоне 5 ÷ 120 А, с шагом 0,1 А

Разрешение работы ЗОЦН по составляющим обратной последовательности - **Откл.**,
Вкл.

I_2 - уставка по току обратной последовательности - в диапазоне 0,1 ÷ 20 А, с шагом 0,1 А

U_2 - уставка по напряжению обратной последовательности - в диапазоне 0,1 ÷ 100 В, с шагом 0,1 В

Примечание: параметры задаются во вторичных величинах.

5 ВЫБОР УСТАВОК МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ОТСЕЧКИ УСТРОЙСТВА РС830-ДЗ

5.1 Назначение и функциональные возможности МТО

Быстродействующая максимальная токовая отсечка предназначена для ликвидации близких к.з. на ЛЭП, для которых малое время устранения повреждения важно для сохранения устойчивости системы.

Токовая отсечка используется как **дополнительная защита**, она работает независимо от других защитных функций устройства и функций контроля, в т.ч. независимо от дистанционной защиты. Защищает только часть линии.

Для реализации функции МТО в устройстве РС830-ДЗ, рекомендуется в функции **ОЗ** одну из ступеней использовать в режиме МТЗ, без выдержки времени, измерительные органы которой включены на фазные токи.

Ступень выполняется ненаправленной, для этого уставка **«Разрешение направленности»** задается как **«Откл.»**. В этом случае уставки органа определения направления: угол максимальной чувствительности $\varphi_{мч}$ и угол ширины зоны $\varphi_{шз}$ – не имеют значения.

Если устройство установлено на линии, к которой подключен один или несколько трансформаторов, то при включении ВЛ в защите возникает ток, обусловленный броском тока намагничивания. Вследствие этого возможно излишнее срабатывание быстродействующих ступеней, параметр срабатывания которых лежит в пределах тока включения. Бросок тока включения идентифицируется по высокому содержанию второй гармоники (двойная номинальная частота) в измеренном токе, которая при токе короткого замыкания, как правило, полностью отсутствует.

Чтобы предотвратить срабатывание МТО при включении, используется блокировка по 2-ой гармонике, которая блокирует срабатывание защиты, на время определения наличия броска тока при включении. Для этого в задании уставок токовой отсечки в программе **«MONITOR- РС830-DZ»** параметр **«Блокировка по 2-ой гармонике»** должен быть включен. Следует отметить, что использование внутреннего алгоритма блокировки по 2-ой гармонике при включении линии вносит некоторое замедление в работу защиты.

Функция максимальной токовой отсечки имеет уставки со следующими пределами выполнения:

Разрешение работы ступени - **Откл, МТЗ, ДЗ фаза-фаза, ДЗ фаза-N, ДЗ фаза-фаза-N**
Рекомендуется задавать «**МТЗ**»

I_{ph} - уставка по току срабатывания, в диапазоне 0,1 ÷ 125 А, с шагом 0,01 А

Разрешение направленности – **Откл, вкл.** Рекомендуется задавать «**Откл**»

$\varphi_{мч}$ - уставка по углу максимальной чувствительности, в диапазоне от 0 ÷ 359 °, с шагом 1 °

$\varphi_{шз}$ - уставка по углу ширины зоны, в диапазоне от 10 ÷ 180 °, с шагом 1 °

$T_{сз}$ - уставка по времени срабатывания, в диапазоне от 0 ÷ 60 с, с шагом 0,01 с

Разрешение автоматического ускорения - **Вкл./Откл.** Рекомендуется задавать «**Откл**»

$T_{сзАУ}$ - уставка по времени срабатывания ОЗ с автоматическим ускорением, в диапазоне от 0 ÷ 60 с, с шагом 0,01 с

$T_{сз оу}$ - уставка по времени срабатывания ОЗ с оперативным ускорением, в диапазоне от 0 ÷ 60 с, с шагом 0,01 с

Разрешение блокировки по напряжению - **Откл., Вкл. ЗМН, Вкл. ОБР.** Рекомендуется задавать «**Откл.**».

$U_{бл}$ - уставка по напряжению блокировки ОЗ, в диапазоне от 5 ÷ 100 В, с шагом 1 В

Примечание: Все значения параметров задаются во вторичных величинах.

5.2 Выбор уставок максимальной токовой отсечки

Выбор уставки токового органа, включенного на фазный ток, I_{ph} производится по следующим условиям .

5.2.1 Обеспечение чувствительности при междуфазном и однофазном КЗ в начале ВЛ :

$$I_{ph} \leq I_{к\ расч} / k_{ч} \quad (5.1)$$

где $I_{к\ расч}$ – ток, проходящий через защиту при м.ф. и однофазном КЗ на землю в начале ВЛ в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме;

$k_{ч} \geq 1,2$ – коэффициент чувствительности.

5.2.2 Отстройка от максимального тока $I_{к.макс.}$ при трехфазном и однофазном КЗ на шинах подстанций с обеих сторон защищаемой линии :

$$I_{ph} \geq k_{отс} \cdot I_{к.макс.} \quad (5.2)$$

где $k_{отс} = 1,2-1,3$.

5.2.3 Отстройка от максимального тока нагрузки ($I_{н.макс.}$) :

$$I_{ph} \geq (k_{отс} / k_{в}) \cdot I_{н.макс} \quad (5.3)$$

где $k_{отс} = 1,1-1,2$; $k_{в} = 0,95$.

5.2.4 Отстройка от максимального тока при качаниях ($I_{кач.макс.}$), с учетом несинхронного включения:

$$I_{ph} \geq k_{отс} \cdot I_{кач.макс.} \quad (5.4)$$

где $k_{отс} = 1,1-1,2$.

При расчете токовой отсечки линии электропередачи, по которой питается несколько трансформаторов, необходимо в соответствии с условием (5.2) обеспечить несрабатывание отсечки при КЗ за каждым из трансформаторов на ответвлениях от линии (если они имеются) и дополнительно проверить надёжность несрабатывания отсечки при суммарном значении бросков тока намагничивания всех трансформаторов, подключённых как к защищаемой линии, так и к предыдущим линиям, если они одновременно включаются под напряжение.

5.2.5 Условие отстройки отсечки от бросков тока намагничивания трансформаторов имеет вид:

$$I_{Ph} \geq k_n \cdot \sum I_{ном.тр} \quad (5.5)$$

Где $\sum I_{ном.тр}$ - сумма номинальных токов всех трансформаторов, которые могут одновременно включаться под напряжение по защищаемой линии;

k_n - коэффициент надёжности, значение которого зависит от времени срабатывания токовой отсечки. Для цифровых защит, собственное время срабатывания которых может составлять всего лишь один период (20 мс), следует принимать наибольшее значение $k_n > 5$

Если ток срабатывания отсечки, вычисленный по (5.5), не обеспечивает чувствительность согласно (5.1), то следует использовать блокировку по 2-ой гармонике, а условие (5.5) не учитывать в качестве расчетного.

Ток срабатывания принимается равным большему из полученных значений. Если выбранная уставка не удовлетворяет требованию чувствительности согласно п.5.2.1, то использование токовой отсечки нецелесообразно.

6 ВЫБОР УСТАВОК ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОТ КЗ НА ЗЕМЛЮ

6.1 Назначение и функциональные возможности модуля ТЗНП

Для организации защит от замыканий на землю в сетях с большими токами замыкания на землю (110 кВ и выше) используются направленные токовые защиты нулевой последовательности.

В устройстве РС830-ДЗ функция ТЗНП реализуется путем использования 4-х ступеней защиты от замыканий на землю (**ЗНЗ**), задав их работу по току нулевой последовательности. Эти четыре ступени независимы друг от друга и могут комбинироваться в любой последовательности.

Любая ступень с помощью параметров: «**Разрешение направленности**», $\Phi_{мч}$ - уставки по углу максимальной чувствительности, $\Phi_{шз}$ - уставки по углу ширины зоны, может быть установлена ненаправленной или направленной — "вперед" или "назад". При включении защищаемой линии на КЗ может быть введено незамедлительное отключение (ускорение) от любой ступени — одной или нескольких.

Функция **ЗНЗ**, при выборе «**работа по 3Io**» имеет уставки со следующими пределами выполнения:

$I_{сраб}$ - уставка по току срабатывания, в диапазоне 0,1 ÷ 125 А, с шагом 0,01 А

Разрешение направленности — **Откл, вкл.**

$\Phi_{мч}$ - уставка по углу максимальной чувствительности, в диапазоне от $0 \div 359^\circ$, с шагом 1°

$\Phi_{шз}$ - уставка по углу ширины зоны, в диапазоне от $10 \div 180^\circ$, с шагом 1°

$T_{сз}$ - уставка по времени срабатывания, в диапазоне от $0 \div 60$ с, с шагом $0,01$ с

Разрешение автоматического ускорения -*Вкл./Откл.* Рекомендуется задавать «*Откл.*»

$T_{сз_{AU}}$ - уставка по времени срабатывания ОЗ с автоматическим ускорением, в диапазоне от $0 \div 60$ с, с шагом $0,01$ с

$T_{сз_{OU}}$ - уставка по времени срабатывания ОЗ с оперативным ускорением, в диапазоне от $0 \div 60$ с, с шагом $0,01$ с

Разрешение блокировки по ЗУо -*Откл., Вкл.*

$ЗУо$ - уставка по напряжению нулевой последовательности, в диапазоне от $2 \div 100$ В, с шагом 1 В

Примечание: Все значения параметров задаются во вторичных величинах.

6.2 Ускорение при включении ВЛ на повреждение

Токовая ступенчатая защита от КЗ на землю может использоваться для выполнения быстрого трехфазного отключения КЗ на землю при АПВ и ручном включении.

Ускорение конкретной ступени ТЗНП действует на отключение при включении линии на повреждение, если параметр «*Разрешение автоматического ускорения*» задан как «*Вкл.*» и измеренный ток $ЗИО$ превысил заданную уставку по току срабатывания этой ступени. Ускоряемая ступень должна охватывать всю защищаемую ВЛ с необходимым коэффициентом чувствительности (в отечественной практике используют III ступень ТЗНП). Отключение происходит с выдержкой времени $T_{сз_{AU}}$, которая позволяет избежать ложного срабатывания вследствие протекания больших переходных токов при включении. По условию отстройки от одновременности включения фаз выключателя рекомендуется устанавливать указанную задержку больше реально возможного $t_{в,разн}$, в зависимости от типа выключателя.

6.3 Функция определения направления

Для обеспечения селективной работы защиты, повышения чувствительности отдельных ступеней они могут выполняться направленными с использованием органа направления мощности.

При к.з. на ВЛ, ток $ЗИО$ на зажимах реле отстает по фазе от напряжения $ЗУо$ на угол, который для сетей с глухозаземленной нейтралью находится в диапазоне от 40° до 90° . Угол максимальной чувствительности задается параметром $\Phi_{мч}$: с целью получения оптимальной чувствительности рекомендуется задавать 65° .

Для задания направления ступени «вперед» необходимо уставку угла ширины зоны принять $\Phi_{шз}=180^\circ$

Для направленных ступеней во всех режимах введен гистерезис по углу на концах зоны срабатывания с уставкой в диапазоне от 0 до 10 градусов (с шагом 1 градус). Задаваемая уставка по гистерезису говорит о том, что для выхода из зоны срабатывания нужно угол повернуть на заданное уставкой по гистерезису значение градусов больше как с одной, так и с другой стороны в сторону зоны несрабатывания: рис.5.1

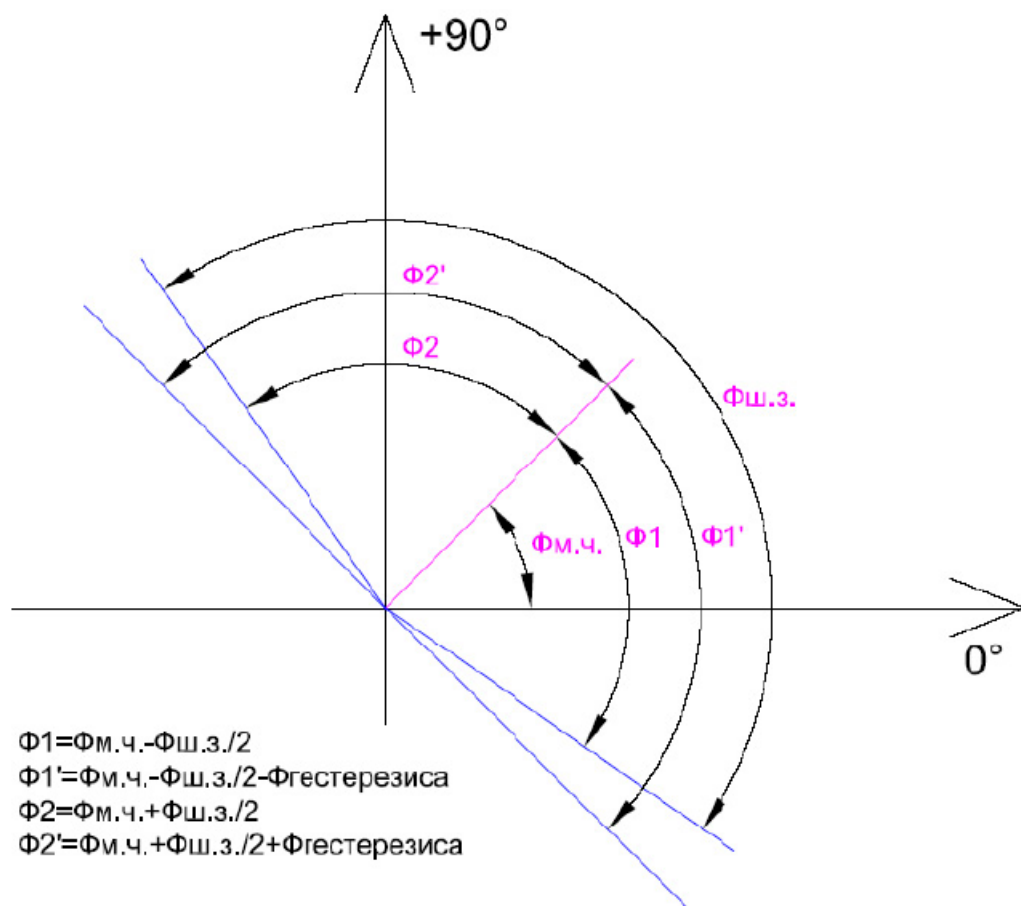


Рис.5.1 Диаграмма направленности ТЗНП

6.4 Выбор уставок

Выбор уставок должен соответствовать условиям и принципам, изложенным в «Руководящих указаниях по релейной защите. ТЗНП ВЛ110-500 кВ. Расчеты. Выпуск 12», с учетом особенностей выполнения токовой защиты от КЗ на землю в REL670

Согласование токовой защиты с ТЗНП и дистанционными защитами от всех видов КЗ смежных ВЛ целесообразно производить при металлических КЗ в конце зоны действия соответствующей ступени.

6.4.1 Выбор уставок 1-ой ступени $IN1 >$, $T1$.

Выбор уставки по току $IN1 >$ производится по следующим условиям:

6.4.1.1 Отстройка от максимального значения тока $3I_{0 \text{ макс}}$, проходящего в месте установки защиты при однофазном и двухфазном металлическом КЗ на землю на шинах подстанций с обеих сторон защищаемой линии (используется большее из двух значений $3I_{0 \text{ макс}}$)

$$IN1 > \geq k_{отс.} \cdot 3I_{0 \text{ макс}} \quad (6.1)$$

где $k_{отс.} = 1,2-1,4$ - коэффициент отстройки.

Для линий со взаимной индукцией следует производить отстройку от тока $3I_0$, протекающего в месте установки защиты, при КЗ вдоль линий, имеющих взаимную индукцию с защищаемой по (6.1).

6.4.1.2 Отстройка от тока $3I_{0\text{неп}}$, проходящего в месте установки защиты в кратковременном неполнофазном режиме, возникающем при одновременном включении 1 и 2-х фаз выключателя:

$$INI > \geq k_{\text{отс.}} 3I_{0\text{неп}} \quad (6.2)$$

где $k_{\text{отс.}} = 1,2$.

Данное условие не рассматривается, если ступень $INI >$ действует с выдержкой времени больше времени разновременности включения фаз выключателя, $t_{\text{разн}}$ зависит от типов выключателя и его привода. При выключателях с трехфазным приводом защита практически отстроена от рассматриваемого неполнофазного режима собственным временем срабатывания без дополнительного замедления.

6.4.1.3 Для первой ступени защиты, установленной на линиях с ответвлениями, необходимо произвести отстройку от броска тока намагничивания трансформаторов, присоединенных к ответвлениям от защищаемой линии и имеющих глухозаземленные нейтрали, в условиях каскадного включения линии. Расчет по этому условию производится согласно Приложения V Руководящих указаний по релейной защите «Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ» Выпуск 12.

6.4.1.4 Для паралельных линий с двусторонним питанием при выборе тока срабатывания необходимо учесть расчетные условия, изложенные в разделе В Руководящих указаний по релейной защите «Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ» Выпуск 12.

6.4.1.5 Проверка чувствительности ступени $INI >$ производится по выражению:

$$k_{\text{ч}} = 3I_{0\text{расч.}} / INI > \quad (6.3)$$

где $3I_{0\text{расч.}}$ - ток, проходящий через защиту при однофазном и двухфазном КЗ на землю в начале ВЛ в наиболее благоприятном по условию чувствительности режиме;

$k_{\text{ч}} \geq 1,2$ – коэффициент чувствительности (согласно ПУЭ, п. III-2-26), но исходя из опыта эксплуатации, допускается $k_{\text{ч}} = 1,1$.

Если при выборе уставки $INI >$ определяющим явилось условие отстройки от КЗ на шинах ПС в месте установки защиты («за спиной»), а $k_{\text{ч}}$ определяемый по (6.3) не обеспечивается, рекомендуется выполнить первую ступень направленной.

6.4.1.5. Для ВЛ без ОАПВ, если выбранная уставка $INI >$ удовлетворяет условию п. 6.4.1.2, $T1$ принимать равным 0с.

6.4.2 Выбор уставок 2-ой ступени $IN2 >$ $T2$ (ступень высокого тока)

Выбор уставки по току $IN2 >$ производится по следующим условиям:

6.4.2.1 Отстройка от $3I_0$, проходящего через защиту при КЗ на землю за предыдущим автотрансформатором на стороне его смежного напряжения (примыкающей к сети с глухозаземленной нейтралью) согласно выражению

$$IN2 > \geq k_{\text{отс.}} 3I_{0\text{макс.}} \quad (6.4)$$

где $k_{\text{отс.}} = 1,2-1,4$.

6.4.2.2 Согласование с первыми ступенями токовых и дистанционных защит от КЗ на землю смежных участков. Расчетной точкой КЗ является конец зоны первой ступени предыдущего элемента

$$IN2 > \geq k_{отс} \cdot I_{к.макс.} \quad (6.5)$$

где $k_{отс}=1,1$;

$I_{к.макс}$ - максимальный ток в месте установки защиты при 1-фазном металлическом КЗ на землю в конце зоны действия первых ступеней защит смежных ВЛ с обеих сторон от защищаемой.

6.4.2.4 Проверка чувствительности ступени $IN2 >$ производится по выражению (6.3), в котором:

$3I_{0,мин}$ - минимальный ток, проходящий через защиту при однофазном и двухфазном КЗ на землю в конце защищаемой ВЛ;

$k_{ч} = 1,3$ - в транзите;

$k_{ч} = 1,5$ - при наличии на противоположной подстанции отдельной защиты шин в режиме каскадного отключения.

Если выбранная уставка не обеспечивает требования чувствительности, эта функция возлагается на 3-ю ступень ТЗНП.

6.4.2.5 Для параллельных линий с двусторонним питанием при выборе тока срабатывания второй ступени необходимо учесть расчетные условия, изложенные в разделе В Руководящих указаний по релейной защите «Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ» Выпуск 12.

6.4.2.6 Выдержка времени $T2$ II ступени выбирается с учетом времени действия УРОВ элементов, с которыми производится согласование:

$$T2 = t_{сз} + t_{УРОВ} + t_{ОВ} + \Delta t \quad (6.6)$$

где $t_{сз}$ - время срабатывания защит, с которыми производится согласование;

$t_{УРОВ}$ - время действия УРОВ смежных присоединений;

$t_{ОВ}$ - собственное время отключения выключателей;

Δt - ступень селективности, которую рекомендуется принимать:

- при согласовании с цифровыми защитами $\Delta t=0,1с$;

- при согласовании с защитами с электронными реле времени $\Delta t=0,2с$;

- при согласовании с защитами с электромеханическими реле времени $\Delta t=0,3с$.

Примечание. В качестве расчетного принимается наибольшее суммарное значение $t_{сз} + t_{УРОВ} + t_{ОВ} + \Delta t$.

Допускается не учитывать $t_{УРОВ}$, если действие УРОВ смежного присоединения приводит к отключению защищаемой линии.

6.4.3 Выбор уставок 3-ей ступени $IN3 >$, ТЗ

Рассматриваются условия выбора уставок 3-ей ступени при выполнении ее ускоряемой при АПВ и ручном включении.

Выбор уставки по току $IN3 >$ производится по следующим условиям:

6.4.3.1 Обеспечение достаточной чувствительности при КЗ на землю в конце защи-

щаемой линии

$$IN3 > \leq 3 I_{0 \text{ мин}} / k_{\text{ч}} \quad (6.7)$$

где $3I_{0 \text{ мин}}$ – минимальный ток, проходящий через защиту при однофазном и двухфазном КЗ на землю в конце защищаемой ВЛ через переходное сопротивление $R_{\text{пер.}} = 0 \div R_{\text{пер.расч.}}$ в минимальном режиме,

$k_{\text{ч}}$ – то же, что в п.6.4.2.4.

$R_{\text{пер.расч}}$ – принимается согласно п.2.1.4.2.

6.4.3.2 Согласование с защитами предыдущих линий: со II или III ступенями ТЗНП (последнее в случае, если при согласовании со II ступенью ТЗНП не обеспечивается требование чувствительности) и II или III ступенью ДЗ от КЗ на землю по (6.5) .

6.4.3.3 Согласование с I ступенью защиты от КЗ на землю предыдущего автотрансформатора, установленной на стороне смежного напряжения (примыкающей к сети с глухозаземленной нейтралью) по (6.5)

6.4.3.4 Отстройка от тока небаланса $3I_0$ при внешних междуфазных КЗ (как правило, трехфазных), если рассматриваемая ступень имеет выдержку времени равную или меньшую, чем защита от междуфазных КЗ на стороне смежного напряжения трансформатора (АТ) с обеих сторон от защищаемой ВЛ, а также для линий с ответвлениями при м.ф.КЗ на стороне смежного напряжения трансформаторов, присоединенных к ответвлениям данной ВЛ:

$$IN3 > \geq k_{\text{отс}} 3I_{0\text{нб}} \quad (6.8)$$

где $3I_{0\text{нб}}$ – ток небаланса в нулевом проводе ТТ при внешнем трехфазном КЗ;

$k_{\text{отс}} = 1,25$ – коэффициент отстройки;

Ток небаланса может быть приближенно определен по выражению:

$$3I_{0\text{нб}} = k_{\text{нб}} \cdot I_{\text{рас}} \quad (6.9)$$

где $I_{\text{рас}}$ – максимальное значение фазного тока в месте установки защиты при внешнем трехфазном КЗ;

$k_{\text{нб}}$ – коэффициент небаланса, принимается в зависимости от кратности $I_{\text{рас}}$:

- при кратностях до $(2-3) \cdot I_{\text{ном.}}$, $k_{\text{нб}} = 0,05$;
- при кратностях до $(0,7-0,8) \cdot I_{\text{к10.}}$, ($I_{\text{к10.}}$ – предельная кратность первичного тока ТТ при 10% погрешности) $k_{\text{нб}} = 0,05 \div 0,1$;
- при кратностях, больших $(0,7-0,8) \cdot I_{\text{к10.}}$, расчет производится по выражению (ПВП-1) приложения VII Руководящих указаний по релейной защите, вып. 12, 1980 г., где $I_{0\text{нб}} = 0$;

6.4.3.5 Для параллельных линий с двусторонним питанием при выборе тока срабатывания третьей ступени необходимо учесть расчетные условия, изложенные в разделе В Руководящих указаний по релейной защите «Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ» Выпуск 12.

Т.к. 3-ю ступень рекомендуется использовать в качестве ускоряемой, то ток срабатывания I_{N3} дополнительно к указанному в п.п.6.4.3.1-6.4.3.5 должен быть отстроен:

6.4.3.6 От тока $3I_{0нел}$, проходящего в месте установки защиты в кратковременном неполнофазном режиме, возникающем при одновременном включении фаз выключателя по п. 6.4.1.2.; данное условие не рассматривается, если ускоряемая ступень защиты отстроена по времени от указанного режима

6.4.3.7 От тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при несинхронном включении, если оно возможно на защищаемой линии. Выбирается по (6.8), (6.9), где:

$3I_{0нб}$ - ток небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при несинхронном включении;

$I_{рас}$ - значение фазного тока, проходящего в месте установки защиты при несинхронном включении.

Условия 6.4.3.6 и 6.4.3.7 не должны учитываться для защиты, установленной на конце, включаемом первым, если разброс по времени включения выключателей обоих концов больше времени, на которое вводится защита по цепи ускорения, и для защиты, установленной на конце, включаемом вторым, если цепь ускорения на этом конце не введена в действие (например, когда она выполнена с контролем отсутствия напряжения на линии).

6.4.3.8 Для линий с взаимоиנדукцией следует производить отстройку от тока $3I_0$, протекающего в месте установки защиты, при КЗ вдоль линий, имеющих взаимоиנדукцию с защищаемой.

6.4.3.9 Уставка по времени $TЗ$ выбирается по условию согласования с защитами смежных элементов, при этом выдержка времени УРОВ не учитывается, если ступень защиты, предыдущая по отношению к той, с которой производится согласование, защищает свою линию с коэффициентом чувствительности более 1.3. Допускается выдержку времени УРОВ не учитывать при наличии на предыдущем участке быстродействующей защиты, в этом случае

$$TЗ = t_{сз} + \Delta t \quad (6.10),$$

где $t_{сз}$, $t_{ВВ}$, Δt – то же, что в п.6.4.2.6

6.4.4 Выбор уставок 4-ой ступени I_{N4} , $T4$

Выбор уставки по току I_{N4} производится по следующим условиям:

6.4.4.1 Обеспечение дальнего резервирования по (6.7),

где $3I_{0 мин}$ - минимальный ток, проходящий в месте установки защиты при КЗ на землю в конце зоны резервирования в режиме каскадного отключения.

В качестве расчетного принимается реально возможный режим, при котором имеет место минимальное значение тока;

$$k_{ч} = 1.2.$$

6.4.4.2 Обеспечение чувствительности при КЗ на землю с большими $R_{неп}$ в конце защищаемой ВЛ по (6.7),

где $3I_{0 мин}$ - минимальный ток, проходящий через защиту при КЗ на землю в конце своей ВЛ через $R_{неп} = 80-100 \text{ Ом}$. В качестве расчетного принимается

реально возможный режим, при котором имеет место минимальное значение тока;

$kч$ - то же, что в п. 6.4.2.4.

6.4.4.3 Отстройка от суммарного тока небаланса в нулевом проводе ТТ, протекающего в максимальном нагрузочном режиме, по выражению

$$IN4 \geq (k_{омс} / k_{в}) \cdot 3I_{0нб} \quad (6.11)$$

где $3I_{0нб}$ - первичный ток небаланса в нулевом проводе ТТ в рассматриваемом режиме, определяется по (6.9), где $I_{рас}$ - расчетный ток нагрузочного режима;

$k_{омс} = 1,25$ - аналогично (6.8);

$k_{в} = 0,95$ - коэффициент возврата.

6.4.4.4 Отстройка от тока небаланса $3I_0$ при внешних междуфазных КЗ (как правило, трехфазных), если рассматриваемая ступень имеет выдержку времени равную или меньшую, чем защита от междуфазных КЗ на стороне смежного напряжения трансформатора (АТ) с обеих сторон от защищаемой ВЛ, а также для линий с ответвлениями при м.ф.КЗ на стороне смежного напряжения трансформаторов, присоединенных к ответвлениям данной ВЛ:

выбирается аналогично п. 6.4.3.4

6.4.4.5 Согласование с III(IV) ступенями ТЗНП и соответствующими ступенями ДЗ от КЗ на землю смежных линий по (6.5).

6.4.4.6 Согласование со II(III) ступенью защиты от замыканий на землю установленной на стороне смежного напряжения (примыкающей к сети с глухозаземленной нейтралью), по (6.5).

В особых случаях, когда величина тока уставки ограничена величиной тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме согласно п. 6.4.4.3, допускается обеспечение чувствительности в зоне дальнего резервирования после поочередного действия защит смежных элементов. В данном случае необходимо убедиться в чувствительности защит смежных элементов.

6.4.5 Направленность отдельных ступеней

Вопрос о выполнении каждой ступени токовой защиты от замыканий на землю направленной или ненаправленной следует решать с учетом обеспечения требований чувствительности и селективности защиты. Для повышения надежности срабатывания защиты целесообразно, чтобы одна из ступеней, которая надежно охватывает линию, была выполнена ненаправленной. Если ступень выполняется ненаправленной, то режимы согласования и отстройки необходимо выполнять с соответствующими защитами на смежных присоединениях с обеих сторон линии. Также необходимо произвести сравнение выдержек времени и токов срабатывания защит, установленных на противоположных концах рассматриваемой линии.

6.4.5.1 Выбор уставок токовой защиты от КЗ на землю для линий с ответвлениями, а также параллельных линий, имеющих взаимную индукцию, осуществляется согласно «Руководящим указаниям по релейной защите. ТЗНП ВЛ 110-500 кВ. Расчеты. Выпуск 12.