



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО - ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭКРА»

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЁТУ УСТАВОК РЕЗЕРВНЫХ
ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ СЕКЦИОННОГО
(ШИНОСОЕДИНИТЕЛЬНОГО) ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ
НАПРЯЖЕНИЕМ 110-220 кВ
ТИПА ШЭ2607 015**

(вторая редакция)

ЭКРА.650323.065

Чебоксары 2017

Оглавление

Введение.....	4
Список сокращений.....	19
РАЗДЕЛ 1. Функциональное описание РЗА шиносоединительного (секционного) выключателя 110-220 кВ.....	21
РАЗДЕЛ 2. Методические указания по расчёту уставок релейной защиты и автоматики ШСВ (СВ) 110 – 220 кВ	29
2.1 Максимальная токовая защита ШСВ (СВ)	29
2.1.1 Выбор уставок срабатывания первой ступени МТЗ	29
2.1.2 Выбор уставок срабатывания второй ступени МТЗ.....	38
2.1.3 Выбор уставок срабатывания второй ступени МТЗ при ее использовании только для опробования шин	43
2.2 Токовая защита нулевой последовательности.....	46
2.2.1 Выбор уставок первой ступени ТЗНП.....	46
2.2.2 Выбор уставок второй ступени ТЗНП.....	50
2.2.3 Выбор уставок третьей ступени ТЗНП.....	55
2.3 Защита от непереключения фаз (ЗНФ) и защита от неполнофазного режима (ЗНФР)..	62
2.4 Блокировка защит ШСВ (СВ) при неисправностях цепей напряжения (функция БНН)	64
2.5 Выбор уставок устройства (функции) резервирования при отказе ШСВ (СВ) 110-220 кВ	66
2.5.1 Основные принципы действия функции УРОВ ШСВ (СВ).....	66
2.5.2. Выбор уставок срабатывания УРОВ ШСВ (СВ).....	67
2.6 Выбор уставок трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ) ШСВ (СВ) 110-220 кВ.....	71
2.6.1 Основные принципы действия функции АПВ ШСВ (СВ).....	71
2.6.2 Готовность действия и блокирование АПВ.....	72
2.6.3 Выбор основных расчетных параметров функции АПВ в части выдержек времени действия.....	73
2.6.4 Выбор основных расчетных параметров функции АПВ в части контроля наличия и синхронизма (КС) напряжений секций/систем шин	79
Приложение А.....	84
Приложение Б.....	104
Приложение В.....	107
Приложение Г.....	108
Приложение Д.....	110
Д1. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа СВ-110 кВ ШЭ2607 015 (классический способ согласования).....	115
Д1.1 Выбор уставок первой ступени МТЗ	115
Д1.2 Выбор уставок второй ступени МТЗ	118
Д1.3 Автоматическое ускорение МТЗ при включении выключателя.....	121
Д1.4 Выбор уставок первой ступени ТЗНП.....	122
Д1.5 Выбор уставок второй ступени ТЗНП	124
Д1.6 Выбор уставок третьей ступени ТЗНП.....	126
Д1.7 Автоматическое ускорение ТЗНП при включении выключателя.....	127
Д2. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015 с действием на опережающее деление шин	129

Д2.1 Выбор уставок первой степени МТЗ	129
Д2.2 Выбор уставок второй степени МТЗ	129
Д2.3 Выбор уставок первой степени ТЗНП	131
Д2.5 Выбор уставок второй степени ТЗНП	131
Д2.6 Выбор уставок третьей степени ТЗНП	133
Д3. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015 в режиме опробования шин	135
Д3.1 Выбор уставок степени МТЗ при опробовании шин	135
Д3.2 Выбор уставок степени ТЗНП при опробовании шин	135
Д4. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015 в режиме резервирования ДЗШ.	136
Д4.1 Выбор уставок МТЗ при выводе ДЗШ.....	136
Д4.2 Выбор уставок ТЗНП при выводе ДЗШ	136
Д5. Выбор уставок функции УРОВ шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015.....	137
Д6. Выбор уставок функции ТАПВ и КС шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015	138
Список используемой литературы.....	141

Введение

В настоящих рекомендациях рассматриваются расчетные условия выбора уставок функций защиты и автоматики шиносоединительных (секционных) выключателей 110-220 кВ (ШСВ, СВ), реализованных в микропроцессорных устройствах и шкафах защиты серии **ШЭ2607 015** (версии ПО 015_200 и 015_300) производства ООО «НПП ЭКРА».

При оснащении указанных выключателей устройствами (функциями) РЗА следует обеспечить выполнение требований руководящих документов.

В т.ч., при выборе защит ШСВ (СВ) выключателя необходимо учитывать положения ПУЭ п.3.2.129 [1]:

«На шиносоединительном (секционном) выключателе должны быть предусмотрены защиты (используемые для разделения систем или секций шин при отсутствии УРОВ или выведении его или защиты шин из действия, а также для повышения эффективности дальнего резервирования):

- двухступенчатая токовая защита от многофазных КЗ;
- трехступенчатая токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю.

Допускается установка более сложных защит на шиносоединительном (секционном) выключателе, если это требуется для повышения эффективности дальнего резервирования.

На шиносоединительном (секционном) выключателе 110 кВ и выше, предназначенном и для выполнения функции обходного выключателя, должны быть предусмотрены те же защиты, что на обходном и шиносоединительном (секционном) выключателях при их отдельном исполнении.»

При использовании ШСВ (СВ) в качестве обходного выключателя, его защита и автоматика реализуются в соответствии с требованиями к РЗА для питаемого присоединения, ввиду этого в настоящих рекомендациях указанные режимы не рассматриваются, т.к. в указанном случае, для выбора уставок

необходимо пользоваться методиками по выбору уставок РЗА питаемого присоединения (как правило, в этом качестве рассматриваются устройства РЗА линии электропередачи) с применением шкафов типа ШЭ2607 013022.

Принципы организации РЗА ШСВ (СВ) детально рассмотрены в работе [2], из которой можно сделать определенные выводы, используемые далее в настоящих МУ.

Во многих случаях, для повышения эффективности дальнего резервирования в сетях, оказывается целесообразным применение автоматического разделения сети на участки в определенном узле (узлах), путем отключения соответствующих выключателей (в рассматриваемом случае, секционных или шиносоединительных), позволяющее селективно локализовать поврежденный элемент. Повышение эффективности дальнего резервирования при этом обеспечивается благодаря увеличению чувствительности защит элементов, смежных с поврежденным присоединением, вследствие перераспределения токов в режиме после отключения указанных выключателей, а также улучшения селективности (уменьшения числа элементов, отключаемых при дальнем резервировании).

Рассматриваемое деление может осуществляться посредством автоматического отключения шиносоединительного или секционного выключателя, которое может выполняться действием защит, устанавливаемых как непосредственно в цепи этих выключателей, так и в цепях других питающих присоединений (повышающих и понижающих трансформаторов и автотрансформаторов), присоединяемых к шинам подстанций. Для повышения чувствительности может применяться включение защит, действующих с первой выдержкой на отключение ШСВ (СВ), а со второй – на отключение одного или нескольких питающих присоединений, на сумму токов нескольких присоединений. Однако последнее решение должно быть обоснованным, ввиду того, что при этом значительно усложняются расчеты защит, как собственно

ШСВ (СВ), так и других смежных присоединений, а также требуется учет значительного количества режимов работы прилегающей сети.

В 1980-х годах институтом «Энергосетьпроект», были разработаны типовые решения по выполнению защит на ШСВ (СВ) для подстанций 110-220 кВ с (авто)трансформаторами, имеющими на стороне высшего напряжения сборные шины в виде одной рабочей секционированной системы шин или двух рабочих систем шин, с учетом параллельной работы этих сборных шин (секционный и/или шиносоединительный выключатель включены). В основу были положены следующие общие положения:

– при наличии ближнего резервирования защит на линиях, отходящих от сборных шин 110-220 кВ, и УРОВ на подстанции, как правило, не предусматривать на ШСВ (СВ) специальных защит, предназначенных для действия при КЗ на этих линиях;

– требование обеспечения чувствительности при КЗ на отходящих линиях для защит, устанавливаемых на ШСВ (СВ), должно удовлетворяться, в первую очередь, применительно к линиям, на которых отсутствует ближнее резервирование защит; селективность должна обеспечиваться для более ответственных подстанций, в первую очередь при КЗ на землю; сложные многоступенчатые дистанционные защиты для обеспечения селективности при междуфазных КЗ для рассматриваемых случаев, как правило, применяться не должны;

– типовые решения должны быть построены на основе унифицированных типовых блоков и панелей защиты.

В соответствии с изложенным, были рекомендованы следующие решения в части РЗА ШСВ (СВ).

а) В случаях, когда на линиях, отходящих от рассматриваемых шин 110-220 кВ, имеется полноценное ближнее резервирование защит и УРОВ, на ШСВ (СВ) предусматривается защита в простейшем исполнении, выполняемая с использованием типовых блоков, в виде двухступенчатой токовой защиты от

многофазных КЗ и трехступенчатой токовой защиты нулевой последовательности от замыканий на землю. Защита может использоваться в дополнение к защите шин и может вводиться в работу только при выведении последней. Такое же решение рекомендуется и для большинства подстанций 110 кВ при наличии на отходящих линиях условно-ближнего резервирования защит (например, резервирование основной быстродействующей защиты действием ступенчатых токовых/дистанционных защит линии, либо аппаратное резервирование последних, при отсутствии основной защиты на линии). При этом принимаются допустимыми возможные неселективные действия защит сети (вследствие отсутствия защиты на ШСВ или СВ) при КЗ на линии с условно-ближним резервированием ее защит [2]. В отдельных случаях, для особо ответственных подстанций (например, с высшим напряжением 220 кВ и с понижающими трансформаторами) при наличии на большом числе отходящих линий условно-ближнего резервирования защит может рассматриваться вопрос об использовании на ШСВ (СВ) более совершенных защит.

б) В случаях, когда отсутствует ближнее резервирование защит линий, отходящих от рассматриваемых шин 110кВ (и выше), и дальнейшее резервирование при отказе защиты линии не обеспечивается или является недостаточно эффективным (согласно п.3.2.15 ПУЭ), что может привести к тяжелым последствиям, должна рассматриваться возможность установки специальных, нормально включенных защит ШСВ (СВ), предназначенных для повышения эффективности дальнего резервирования с помощью отключения ШСВ (СВ).

На крупных электростанциях при отсутствии полноценного ближнего резервирования защит линий или УРОВ, независимо от того, обеспечивается дальнейшее резервирование или нет, следует обеспечивать возможно более полную селективность защит сети, в первую очередь при КЗ на землю, и устанавливать с этой целью на ШСВ (СВ) 110-220 кВ защиты, содержащие для действия при замыканиях на землю два комплекта трехступенчатых токовых направленных защит нулевой последовательности.

В аналогичных условиях, для наиболее крупных и ответственных электростанций в ответственных узлах энергосистемы, может рассматриваться вопрос об установке на ШСВ (СВ) 220 кВ двухступенчатых дистанционных защит совместно с трехступенчатыми токовыми направленными защитами нулевой последовательности. В качестве указанных защит, могут применяться шкафы РЗА производства НПП ЭКРА для линий 110-220кВ, содержащие функции дистанционной защиты и токовой направленной защиты от замыканий на землю типа ШЭ2607 011021.

Применение таких сложных защит должно обосновываться в каждом отдельном случае.

в) Минимально необходимыми для обеспечения ограниченной селективности устанавливаемых на ШСВ (СВ) защит являются требования согласования первых ступеней токовых защит по параметру срабатывания и по времени с быстродействующими ступенями защит отходящих от шин присоединений, а последних (чувствительных) ступеней по времени с резервными ступенями защит отходящих присоединений. При необходимости повышения селективности защит сети, наиболее полное согласование рекомендуется производить в первую очередь для случаев замыканий на землю. Выдержка времени первой ступени защиты на ШСВ (СВ) может приниматься не более 0,4 с., поскольку отстройка ее от времени действия УРОВ необязательна.

Примечание – На крупных подстанциях и электростанциях в ответственных узлах энергосистемы, при выполнении согласования первых ступеней токовых защит ШСВ (СВ) с быстродействующими ступенями защит от замыканий на землю отходящих от шин присоединений, часто не обеспечивается необходимая чувствительность указанных ступеней ШСВ (СВ). Поэтому в условиях эксплуатации нередко проводится согласование первых ступеней ШСВ (СВ) с последующими ступенями защит, что вызывает

необходимость увеличения их времени срабатывания (см. также пп.2.1.1.4, 2.1.1.6, 2.1.1.7, ниже).

Ниже рассматривается практика наиболее частого применения собственных защит ШСВ (СВ) 110-220кВ и резервных защит на сторонах высшего и среднего напряжений автотрансформаторов подстанций, действующих на отключение ШСВ (СВ).

Использование защит автотрансформаторов, действующих с первой выдержкой времени на отключение ШСВ (СВ) вместо защит, устанавливаемых непосредственно в цепи ШСВ или СВ (или совместно с ними), является целесообразным в большинстве случаев, поскольку для обеспечения селективности, последние должны быть значительно усложнены. Защиты же автотрансформатора, как правило, без дополнительных мероприятий, обеспечивают селективность защит противоположных концов линий, присоединенных к системе (секции) шин, не связанной с поврежденным элементом.

Для случаев замыканий на землю, это объясняется применением на автотрансформаторах ступенчатых токовых направленных защит нулевой последовательности, параметры срабатывания которых выбираются по условию согласования с параметрами срабатывания защит отходящих от шин элементов, и возможностью согласования с защитами автотрансформаторов аналогичных ступенчатых защит, устанавливаемых на противоположных концах линий, отходящих от шин данной ПС.

Для случаев междуфазных КЗ, аналогичное положение может быть обеспечено в общем случае при применении **на каждой из сторон** автотрансформатора двух(трех)ступенчатой дистанционной защиты. При использовании для действия при многофазных КЗ одноступенчатых защит АТ, имеющих большие выдержки времени (например, ТЗОП или дистанционной защиты), объем неселективно отключаемых присоединений может быть более

значительным. Однако, с учетом сравнительно малой вероятности таких отключений, они, в ряде случаев, могут рассматриваться как допустимые [2].

Недостатки использования защит автотрансформаторов для разделения шин, по сравнению с отдельными защитами, устанавливаемыми на ШСВ (СВ), заключается в их меньшей (в некоторых случаях) чувствительности.

Необходимо принимать во внимание, что использование защит на ШСВ (СВ) приводит к значительному увеличению объема расчетов, связанному с согласованием защит ШСВ (СВ) и защит линий, отходящих от рассматриваемых шин, и к увеличению выдержки времени этих защит. Указанное, в определенной мере, относится и к случаям использования рассматриваемых защит автотрансформаторов при действии их с первой выдержкой времени на отключение ШСВ (СВ).

Основные выводы:

1. С учетом всех изложенных выше соображений, **на подстанциях с автотрансформаторами рекомендуется, как правило, использовать защиты АТ от внешних КЗ для повышения (в случае необходимости) эффективности дальнего резервирования (включая деление сети). При этом не предусматривать установку специальных (делительных) защит на ШСВ (СВ). Последние, в необходимых случаях, могут устанавливаться на подстанциях 110-220 кВ с понижающими трансформаторами, а также в целях защиты шин при их опробовании, либо при выводе ДЗШ.**

2. Защиты, устанавливаемые на ШСВ (СВ), должны удовлетворять основному требованию – **обеспечения чувствительности при КЗ на отходящих от шин линиях**, а ступени защит, действующие с наименьшей выдержкой времени ступени – требованию **чувствительности при КЗ на шинах**. С другой стороны, следует учитывать и нежелательность неселективных действий рассматриваемых защит (особенно одновременных в нескольких точках сети) и возможность нежелательных последствий. Требования обеспечения чувствительности и селективности защит, в

особенности при многофазных КЗ, приводят к необходимости их значительного усложнения. В то же время, решение вопроса о типе используемой на ШСВ (СВ) защиты во многом определяется эффективностью их функционирования, т.е. последствиями от их неселективных срабатываний, или отказов срабатывания, и вероятностью требуемых срабатываний [2].

3. При решении вопроса об использовании защит, действующих на деление сети в ответственных узлах энергосистемы должны тщательно анализироваться последствия от действия (например, неселективного) таких защит с целью предотвращения возможных при этом нарушений устойчивости или надежности работы энергосистемы.

4. При выборе уставок защит ШСВ(СВ) рекомендуется дополнительно учитывать следующие особенности:

4.1 МТЗ ШСВ (СВ) должна быть отстроена от максимального тока нагрузки, протекающего через этот выключатель, в расчётных рабочих режимах работы электрических сетей.

4.2. Допускается не согласовывать время срабатывания защит ШСВ (СВ) и резервных защит присоединений данных шин, при вводе ее только на время отключения защиты шин, и в случае, если все прилежащие элементы сети имеют основные быстродействующие защиты, с которыми обеспечивается селективность по времени защит ШСВ (СВ).

4.3 Возможность действия указанных выше защит ШСВ и СВ должна учитываться при выборе рабочих схем коммутации электростанций и подстанций, схем питания собственных нужд, расстановке устройств АВР, а также (если это целесообразно) при выборе уставок и характеристик резервных защит в сетях.

5. Исходя из приведенных выше положений руководящих документов (и в соответствии с минимальными требованиями ПУЭ), в качестве защит, применяемых для секционирующих аппаратов (ШСВ и СВ), в настоящих рекомендациях рассматриваются ненаправленные ступенчатые максимальные

токовые защиты от междуфазных КЗ (МТЗ), а также ненаправленные ступенчатые токовые защиты от замыканий на землю (ТЗНП), представленные в шкафах РЗА серии **ШЭ2607 015** (версии ПО 015_200 и 015_300) производства ООО «НПП ЭКРА».

5.1 Для вторых (третьих) ступеней токовых защит ШСВ(СВ) в настоящих рекомендациях рассматриваются два варианта расчета уставок:

А. Вариант опережающего деления сети отключением секционирующих аппаратов, реализуется в соответствии со специальными указаниями **пп.2.1.2.4, 2.2.2.4, 2.2.3.5**, см. ниже;

Б. Вариант «классического» согласования защит секционирующих аппаратов с резервными защитами предыдущих присоединений данного РУ, реализуется в соответствии со специальными указаниями **пп.2.1.2.5, 2.2.2.5, 2.2.3.6**, см. ниже.

Этот вариант также предопределяет необходимость аналогичного согласования защит последующих (по отношению к секционирующему аппарату) питающих присоединений в смежной сети, с токовыми защитами данного ШСВ (СВ).

5.2 **Вариант А** (опережающее деление сети) предусматривает реализацию требования ПУЭ (п.3.2.129) в части повышения эффективности дальнего резервирования. Кроме того, данный вариант выбора уставок токовых защит секционирующих аппаратов отвечает указаниям руководящего документа [3]), изложенным в параграфе 4.2 (О мерах по предотвращению развития аварий, связанных с недостаточно эффективным дальним резервированием релейной защиты):

«...3. При невозможности достижения удовлетворительного дальнего резервирования способами, указанными в п.2, рассматривать возможность и целесообразность выполнения автоматического отключения отдельных ШСВ или СВ на высших напряжениях некоторых основных электростанций и узловых подстанций для обеспечения дальнего резервирования хотя бы в

условиях каскадного действия защиты. Указанное отключение должно производиться при неотключении КЗ основными быстродействующими защитами, защитой ШСВ (СВ) либо дополнительной ступенью резервных защит трансформаторов (автотрансформаторов) связи разных напряжений или блоков. Такое деление на ШСВ (СВ) может предусматриваться для всех видов КЗ и для наиболее частых (только замыкания на землю, только несимметричные КЗ). Соответственно должны учитываться условия увеличения времени действия резервных защит в каскаде, вероятность их неселективного действия, а также возможные последствия...».

5.3 Основной задачей делительных защит секционирующих аппаратов, как собственных (реализованных на ШСВ или СВ в соответствии с **Вариантом А**, выше), так и защит (авто)трансформаторов, выполняющих указанную функцию, является следующее:

– обеспечение локализации повреждений на отходящих присоединениях шин данной ПС и ограничение числа отключений питающих присоединений в сети смежных ПС, в случаях отказа защит/УРОВ на поврежденном присоединении, посредством **опережающего разделения схемы распределительного устройства** к одной из секций или систем шин которого, подключен поврежденный элемент непосредственно, или через дополнительные электрические связи.

Специальные пояснения:

1. В целях осуществления указанной задачи действием токовых защит секционирующих выключателей, предлагается выполнение обязательного согласования их защит (2-я/3-я ступени МТЗ и ТЗНП ШСВ (СВ)) с защитами **питающих электросетевых элементов**, присоединенных к шинам данного РУ, таких как, противоположные концы линий, вводы (авто)трансформаторов.

При этом данная методика предусматривает:

– **обеспечение чувствительности** согласуемых защит ШСВ (СВ) в конце зоны действия (чувствительности) защит, с которыми производится

согласование, при соответствующем опережающем срабатывании защит ШСВ (СВ) относительно этих защит (действие с меньшей выдержкой времени);

– **ограничение традиционного согласования** защит ШСВ/СВ (в ряде случаев, согласование только по времени) с защитами предыдущих (отходящих от шин) присоединений данной системы/секции шин;

– **реализацию прямого согласования** защит последующих питающих электросетевых элементов (противоположные концы линий, вводы (авто)трансформаторов) с защитами предыдущих присоединений обеих секций/систем шин, без необходимости выполнения подобного согласования с защитами секционирующих аппаратов шин рассматриваемого РУ.

2. Однако для случаев, в которых **опережающее деление сети** действием защит ШСВ (СВ) шин (**Вариант А**) признается нецелесообразным (например, по требованиям селективности действия РЗА, или надежности электроснабжения потребителей), в настоящих рекомендациях приводится также традиционная (классическая) методика согласования уставок по току и времени указанных защит ШСВ/СВ (2-я/3-я ступени МТЗ и ТЗНП) с защитами **предыдущих** присоединений, отходящих от данной системы/секции шин (**Вариант Б**).

При этом, на делительные защиты, отключающие ШСВ (СВ), не должны возлагаться задачи, реализация которых может привести к чрезмерному усложнению применяемых устройств или выбора уставок РЗА электросетевых элементов, питающих шины данной ПС, например: обеспечение абсолютной селективности, или дальнего резервирования при согласовании защит указанных присоединений и делительных защит ШСВ (СВ).

5.4 Следует также отметить основные преимущества и недостатки рассматриваемых здесь вариантов выбора уставок токовых защит ШСВ/СВ (Варианты А и Б):

5.4.1 **Вариант А** позволяет (во многих случаях) повысить эффективность дальнего резервирования в сетях сложной конфигурации, при условии, что в

результате опережающего разделения шин произойдут такие изменения распределения токов КЗ присоединений, а также напряжений на шинах подстанций, которые будут способствовать повышению чувствительности и быстродействия резервных защит электросетевых элементов, срабатывание которых обеспечит максимальную селективность (с минимальным числом отключений) при ликвидации повреждения на отдельном присоединении, в случаях отказа функционирования его защит (УРОВ) или выключателя.

Однако, реализация данного варианта, во многих случаях обуславливает неселективное (опережающее) отключение выключателей, секционирующих шины (ШСВ или СВ), которое может негативно сказаться на надежности электроснабжения потребителей, или устойчивости работы электрических сетей.

С учетом сказанного, применение **Варианта А** для выбора уставок ШСВ(СВ) должно осуществляться на основе тщательного анализа нормальных и ремонтных режимов электрических сетей рассматриваемого региона, а также, последствий неселективного разделения шин ПС.

В целях снижения вероятности неселективных (опережающих) отключений секционирующих выключателей при КЗ в прилегающих сетях, следует рассмотреть применение для ШСВ(СВ), в качестве делительной защиты (нормально введенной в работу), отдельных защит или их ступеней (условия выбора уставок см. в разделах **2.1, 2.2**, ниже), например:

- для действия при междуфазных КЗ – **только первой ступени МТЗ**;
- для действия при замыканиях на землю – **первой и последней (наиболее чувствительной) ступеней ТЗНП**.

Для исправления неселективного (опережающего) деления шин, во всех случаях, должно предусматриваться использование функции АПВ на ШСВ(СВ), как правило, с контролем наличия синхронных напряжений на разделенных секциях/системах шин РУ.

5.4.2 **Вариант Б** предусматривает обеспечение максимальной селективности действия резервных защит предыдущих и последующих элементов электрических сетей, что отвечает основным требованиям РД в части релейной защиты.

Однако, этот вариант, при кажущейся простоте его исполнения, часто не может быть реализован вследствие его неэффективности, в т.ч.:

- значительное различие условий согласования резервных защит присоединений, питающих шины данного распределительного устройства (на вводах АТ, или на удаленных концах ВЛ), в нормальном и ремонтных режимах его работы (например, ремонт одной системы шин РУ с переводом всех присоединений на другую систему шин);

- недопустимое снижение чувствительности ступеней резервных защит присоединений, питающих шины данного РУ (на вводах АТ, или на удаленных концах ВЛ), вследствие согласования с токовыми защитами промежуточного элемента, которым является секционирующий выключатель (вместо прямого согласования с защитами присоединениями, отходящими от обеих секций/систем шин данного РУ);

- дополнительное увеличение выдержек времени срабатывания резервных защит в сети питающих присоединений.

5.5 Режимы и особенности согласования защит ШСВ (СВ), присоединенных в РУ со схемой 110(220)-14 («Две рабочие, секционированные выключателями и обходная системы шин с двумя обходными и двумя шиносоединительными выключателями») требуют отдельного анализа, ввиду отсутствия специальных требований нормативных документов.

Для указанной схемы РУ, устройства защиты секционирующих аппаратов могут осуществлять функции резервных токовых защит секций шин и выполняться в четырех комплектах (по одному для каждой секции), с включением токовых цепей каждого комплекта на сумму токов ТТ, установленных в цепи СВ и ШСВ на данной секции шин. Однако, для этих

защит, необходимо (как правило) направленное срабатывание в сторону шин, с действием на одновременное отключение обоих смежных секционирующих аппаратов.

Ввиду невозможности реализации направленного действия защит секционирующих аппаратов (на базе рассматриваемого шкафа РЗА «НПП ЭКРА» серии **ШЭ2607 015**), рекомендуется применение РЗА СВ и ШСВ данного РУ со схемой 110(220)-14 в традиционном исполнении (отдельный комплект токовых защит для каждого секционирующего аппарата). При этом, в нормальных (не ремонтных) режимах работы первичного оборудования и ДЗШ, в первую очередь, следует использовать деление шин (опережающее отключение ШСВ и СВ) действием направленных/ ненаправленных токовых и дистанционных защит от внешних КЗ, установленных на вводе питающих автотрансформаторов и повышающих трансформаторов, присоединенных к данной системе/секции шин.

В случаях необходимости использования токовых защит секционирующих аппаратов, например, на время вывода из работы ДЗШ, целесообразно отключать один из них (например, ШСВ) на данной секции с целью улучшения селективности действия токовых защит второго секционирующего аппарата.

5.6 Как указывалось выше, для реализации функций защиты, а также автоматики и управления секционирующих выключателей (АУВ) рассматриваются микропроцессорные устройства РЗА в шкафах защиты серии **ШЭ2607 015** (версии ПО 015_200 и 015_300) производства ООО «НПП ЭКРА».

Характерные решения в части функционального и аппаратного оснащения РЗА ШСВ (СВ) на базе шкафа **ШЭ2607 015**, приведены в Приложении В настоящих рекомендаций. В соответствии с функциональными требованиями к микропроцессорным устройствам РЗА [4] и нормами технологического проектирования ПС [16], в данной работе рассматриваются

функции МТЗ, ТЗНП, ЗНФ(ЗНФР), УРОВ и АПВ ШСВ (СВ). Дополнительные функции шкафа ШЭ2607 015 – АВР, КРВ в данной работе не рассматриваются.

Список сокращений

АВР	– автоматической ввод резерва
АПВ	– автоматическое повторное включение
АТ	– автотрансформатор
АУВ	– автоматика управления выключателем
БНН	– блокировка при неисправности в цепях напряжения
ВЛ	– воздушная линия
ДЗ	– дистанционная защита
ДЗШ	– дифференциальная токовая защита шин
ЗНФ	– защита от непереключения фаз выключателя
ЗНФР	– защита от неполнофазного режима
ИО	– измерительный орган
КЗ	– короткое замыкание
КРВ	– устройство контроля ресурса выключателя
КС	– контроль синхронизма
ЛЭП	– линия электропередачи
МП	– микропроцессор (микропроцессорный)
МТЗ	– максимальная токовая защита
ОАПВ	– однофазное автоматическое повторное включение
ОРУ	– открытое распределительное устройство
ПА	– противоаварийная автоматика
ПО	– пусковой орган
ПС	– подстанция
ПУЭ	– Правила устройства электроустановок
РЗ	– резервная защита
РЗА	– релейная защита и автоматика
РПО	– реле положение «Отключено» выключателя
РПВ	– реле положение «Включено» выключателя
РУ	– распределительное устройство

СВ	– секционный выключатель
ТАПВ	– трехфазное автоматическое повторное включение
ТЗНП	– токовая защита нулевой последовательности
ТН	– трансформатор напряжения
ТТ	– трансформатор тока
УРОВ	– устройство резервирования при отказе выключателя
ШСВ	– шиносоединительный выключатель
ЭМВ	– электромагнит включения
ЭМО	– электромагнит отключения

РАЗДЕЛ 1. Функциональное описание РЗА шиносоединительного (секционного) выключателя 110-220 кВ

Рассматриваются следующие типовые схемы РУ:

а) при наличии шиносоединительного (секционного) выключателя 110-220 кВ:

- «9 – Одна рабочая, секционированная выключателем система шин»;
- «12 – Одна рабочая, секционированная выключателем и обходная системы шин»;
- «13 – Две рабочие системы шин»;
- «13Н – Две рабочие и обходная системы шин»;
- «14 – Две рабочие, секционированные выключателями и обходная системы шин с двумя обходными и двумя шиносоединительными выключателями»;

б) при наличии шиносоединительного (секционного) выключателя 220кВ:

- «16 – Трансформаторы-шины с полуторным присоединением линий» (при секционировании шин);
- «17 – полуторная» (при секционировании шин).

Примечание – Для секционных выключателей РУ по схеме 110(220)-5Н, 5АН (мостик с выключателями в цепи трансформаторов/линий ...) специальные (отдельные) устройства РЗА, за исключением функции УРОВ ШСВ (СВ), не применяются.

Перечень и краткое описание функций защиты, автоматики и управления секционного (шиносоединительного) выключателя 110-220 кВ, реализуемых в МП устройстве РЗА «НПП ЭКРА» типа ШЭ2607 015.

Единый комплект РЗА/АУВ реализует следующие функции:

- двухступенчатая ненаправленная максимальная токовая защита с комбинированным пуском по напряжению (или пуском только по минимальному напряжению);

- трехступенчатая токовая ненаправленная защита нулевой последовательности;
- УРОВ;
- АПВ с контролем наличия/отсутствия напряжений на защищаемых секциях шин РУ и с контролем синхронизма данных напряжений;
- защита от непереключения фаз и защита от неполнофазного режима (для выключателя с пофазным управлением электромагнитов);
- управление выключателем с трехфазным или пофазным управлением электромагнитов;
- устройство контроля ресурса выключателя;
- задание до 8 групп уставок;
- функция блокировки защит при неисправности цепей напряжения (БНН).

Указанные выше функции реализованы на базе микропроцессорного шкафа ШЭ2607 015 с версией программного обеспечения 015_300. Для целей измерения параметров нормальных режимов и аварийных процессов в терминале используются следующие цепи переменного тока и напряжения:

- три фазных тока (I_A, I_B, I_C) от ТТ СВ (ШСВ);
- три фазных напряжения от обмотки «звезды» (U_{AN}, U_{BN}, U_{CN}), два напряжения от обмотки «разомкнутого треугольника» ($U_{НИ}$ и $U_{ИК}$) ТН, установленного на I секции (системе) шин,
- напряжение $U_{Ш2}$ от ТН, установленного на II секции (системе) шин.

Краткое описание функций РЗА ШСВ(СВ).

1.1 Максимальная токовая защита (ненаправленная МТЗ), имеет две ступени по току срабатывания, действующие при междуфазных КЗ в защищаемых зонах. МТЗ ШСВ (СВ) может быть нормально (постоянно) введена в качестве делительной защиты сети 110(220) кВ, или выведена из работы, с автоматическим или ручным вводом в работу отдельной ступени при опробовании шин рабочим напряжением.

В целях повышения чувствительности (понижения порога) по току срабатывания 1-й и/или 2-й ступеней фазной МТЗ, дополнительно выполнен комбинированный пуск защиты по напряжению (или пуск только по минимальному напряжению) с использованием действий внутренних функций устройства:

Каждая из ступеней делительной МТЗ с заданной выдержкой времени действует на:

- отключение выключателя;
- пуск УРОВ (по специальным требованиям эксплуатации, с возможностью оперативного ввода).

Для отдельной (2-й) ступени МТЗ может быть выполнено автоматическое ускорение действия в течение заданного времени, после включения выключателя.

Автоматический ввод 2-й ступени МТЗ при включении выключателя рекомендуется выполнять с контролем отсутствия напряжения на опробуемой системе/секции шин, с действием на:

- отключение выключателя;
- пуск УРОВ.

Отдельная группа уставок (из 8-ми возможных) защит ШСВ (СВ) может использоваться при выводе из работы ДЗШ-110(220) кВ и/или опробовании системы (секции) шин рабочим напряжением. При опробовании шин защита ШСВ (СВ) с заданными уставками действует на:

- отключение выключателя;
- пуск УРОВ.

1.2 Токовая защита нулевой последовательности (ненаправленная ТЗНП), имеет три ступени по току срабатывания, действующих при замыканиях на землю в защищаемых зонах. ТЗНП ШСВ (СВ) может быть нормально (постоянно) введена в качестве делительной защиты сети 110(220)кВ, или выведена из работы, с автоматическим или ручным вводом в

работу отдельных ступеней при опробовании шин рабочим напряжением, а также при выводе из работы ДЗШ-110(220) кВ. ТЗНП реагирует на ток нулевой последовательности, рассчитываемый по измеренным фазным токам.

Каждая из ступеней делительной ТЗНП с заданной выдержкой времени действует на:

- отключение выключателя;
- пуск УРОВ (по специальным требованиям эксплуатации, с возможностью оперативного ввода).

Для отдельной (2-й или 3-й) ступени ТЗНП может быть выполнено автоматическое ускорение действия в течение заданного времени, после включения выключателя.

Автоматический ввод ступени ТЗНП при включении выключателя рекомендуется выполнять с контролем отсутствия напряжения на опробуемой системе/секции шин и действием на:

- отключение выключателя;
- пуск УРОВ.

1.3 Функция резервирования отказа выключателя (УРОВ ШСВ/СВ), пускается при срабатывании защит на отключение выключателя, использует контроль наличия минимального тока в его цепи.

Применяется (в основном) двухступенчатое действие УРОВ с контролем наличия тока присоединения. УРОВ срабатывает при пуске от защит ШСВ (СВ), ДЗШ/УРОВ присоединений шин 110(220) кВ, а также защит АТ (при подключении АТ к шинам без выключателя по схеме «16» с секционированием шин).

Пуск УРОВ ШСВ (СВ) также может осуществляться (по специальным требованиям эксплуатации) при действии защит АТ на отключение ШСВ (СВ) для опережающего деления шин.

Предусмотрена возможность работы УРОВ в двух режимах:

- с автоматической проверкой исправности выключателя: при пуске УРОВ от устройств РЗА с минимальной выдержкой времени формируется команда на повторное отключение собственного выключателя присоединения;

- с дублированным пуском от защит: команда на отключение смежных выключателей контролируется сигналом РПВ.

Предусмотрена возможность подхвата сигнала пуска УРОВ от пускового органа (ПО) по току.

УРОВ с регулируемой выдержкой времени формирует сигнал на повторное отключение выключателя присоединения (действие УРОВ «на себя») при появлении любого из сигналов:

- действие внешних устройств РЗА (внешний сигнал);
- действие ДЗШ (внешний сигнал);
- действие собственных защит ШСВ (СВ) на отключение (внутренний сигнал).

При наличии тока через выключатель и одновременном действии указанных выше (по выбору пользователя) функций защиты, логические цепи УРОВ формируют сигнал со второй регулируемой выдержкой времени:

- в схему ДЗШ на отключение и пуск УРОВ питающих присоединений соответствующей системы/секции шин 110-220кВ, и/или в схему защиты (авто)трансформатора с аналогичными действиями;
- на запрет АПВ шин и собственно секционного выключателя;
- в схему сигнализации.

1.4 Функция автоматического повторного включения, имеет 2 цикла (крата) действия, с пуском по факту несоответствия положения выключателя («отключено») и предварительной зафиксированной команды управления («включить»), с проверкой его отключенного положения и заданных условий срабатывания АПВ (контроль наличия/отсутствия напряжений шин, контроль синхронизма напряжений шин, или без контроля напряжений шин).

Функция АПВ вводится в работу с помощью оперативного переключателя и действует (при отсутствии внешних и внутренних запрещающих сигналов) с заданными независимыми выдержками времени на включение выключателя.

Функция АПВ ШСВ (СВ) использует (как правило) один цикл срабатывания (с КС) и пускается при автоматической сборке шин (после действия ДЗШ) или после отключения выключателя от резервных/делительных защит. Однако, в необходимых случаях, могут использоваться оба цикла АПВ с разными выдержками времени (например, АПВ шин и АПВ после деления сети), при этом может быть реализована возможность индивидуального запрета 1-го и/или 2-го циклов АПВ действием внутренних и внешних (дискретных) сигналов, формируемых функциями защиты и противоаварийной автоматики.

Готовность устройства к повторному действию осуществляется с регулируемой выдержкой времени $T_{\text{ГОТ}}$.

АПВ осуществляется при условии готовности устройства АПВ к действию, которая обеспечивается при наличии сигнала разрешения подготовки (сигнал о включенном положении выключателя) по окончании выдержки времени $T_{\text{ГОТ}}$.

Действие АПВ реализуется командой на включение выключателя, которая формируется при сработавшем состоянии узла фиксации положения выключателя и одновременно отключенном выключателе.

Устройство АПВ работает следующим образом. Устройство готово к работе через время $T_{\text{ГОТ}}$ при наличии сигнала разрешения подготовки и отсутствии сигналов запрета.

В состоянии готовности к работе и поступлении непрерывного сигнала пуска устройство через заданное время осуществляет первый цикл АПВ.

После срабатывания с выдержкой времени 1-го цикла, при повторном поступлении непрерывного сигнала пуска (неуспешное АПВ1), а устройство осуществляет 2-й цикл АПВ в выдержкой времени.

Если 2-й цикл АПВ был успешным, то начинается набор выдержки времени готовности к повторному действию, по окончании которого устройство должно возвратиться в исходное состояние.

При наличии сигнала запрета АПВ 1-го цикла и поступлении непрерывного сигнала пуска устройство формирует выходной сигнал с выдержкой времени 2-го цикла. При наличии сигнала запрета АПВ 2-го цикла и поступлении непрерывного сигнала пуска устройство формирует выходной сигнал с выдержкой времени 1-го цикла.

Набор выдержки времени готовности АПВ к повторному действию производится только при наличии сигнала о включенном положении выключателя.

1.5 Функция контроля синхронизма напряжений шин, имеет заданные минимальные и/или максимальные уставки контролируемых параметров, действует:

– на деблокирование (разрешение) действия АПВ ШСВ(СВ), при наличии заданных условий (контроль наличия/отсутствия напряжений секций/систем шин, контроль синхронизма напряжений секций/систем шин, или без контроля напряжений шин);

– на деблокирование (разрешение) оперативного включения выключателя, при наличии заданных условий (контроль наличия/отсутствия напряжений секций/систем шин, контроль синхронизма напряжений секций/систем шин, или без контроля напряжений шин).

1.6 Защита от непереключения фаз и защита от неполнофазного режима (только для выключателей с пофазными электромагнитами управления).

По сигналу о неполнофазном включении выключателя производится автоматическое отключение включившихся фаз с регулируемой выдержкой времени, отстроенной от одновременности действия фаз выключателя.

Если принудительное отключение выключателя не ликвидирует неполнофазный режим, то с выдержкой времени (около 1 с.) при отсутствии команды на отключение выключателя схема формирует сигнал в цепи управления контактора электромагнита отключения выключателя (ЭМО).

При фиксации неполнофазного включения выключателя и одновременном срабатывании чувствительной ступени ТЗНП формируется сигнал с регулируемой выдержкой времени на пуск УРОВ и запрет АПВ.

РАЗДЕЛ 2. Методические указания по расчёту уставок релейной защиты и автоматики ШСВ (СВ) 110 – 220 кВ

2.1 Максимальная токовая защита ШСВ (СВ)

2.1.1 Выбор уставок срабатывания первой ступени МТЗ

Выбор уставки 1-й ступени МТЗ производится по следующим условиям.

2.1.1.1 Отстройка от максимального тока нагрузки системы/секции шин данного РУ ПС (в расчетных нормальных, послеаварийных и ремонтных режимах работы электрических сетей).

2.1.1.1.1 При выполнении защиты без комбинированного пуска по напряжению (или пуска только по минимальному напряжению), отстройка ступеней МТЗ от максимального тока нагрузки осуществляется по выражению:

$$I_{сз.1МТЗ} \geq \frac{K_{отс} \cdot K_{сам}}{K_B} \cdot I_{РАБ.МАКС}, \quad (2.1.1)$$

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

$K_B = 0,95$ – коэффициент возврата защиты;

$I_{РАБ.МАКС}$ – значение максимального рабочего тока в месте установки защиты (максимальный ток нагрузки, протекающий через данный ШСВ (СВ));

$K_{сам} \geq 1,5$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока в условиях самозапуска заторможенных двигателей нагрузки; зависит от удаленности, процентного содержания в нагрузке и порядка отключения двигателей и, как правило, определяется расчетом (при отсутствии расчетных данных может приниматься в пределах $1,5 \div 2,0$ о.е., согласно [5], Глава 5, Раздел А п.15).

В случаях, когда режим самозапуска возникает непосредственно после возникновения КЗ (например, в результате действия АВР), коэффициент возврата защиты в (2.1.1) не учитывается ($K_B = 1$).

2.1.1.1.2 При выполнении защиты с комбинированным пуском по напряжению (или пуском только по минимальному напряжению), отстройка ступеней МТЗ от максимального тока нагрузки осуществляется по выражению:

$$I_{\text{сз.1МТЗ}} \geq \frac{K_{\text{отс}}}{K_{\text{в}}} \cdot I_{\text{РАБ.МАКС}} = 1,25 \cdot I_{\text{РАБ.МАКС}}, \quad (2.1.1a)$$

где $K_{\text{отс}} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$K_{\text{в}} = 0,95$ – коэффициент возврата реле;

$I_{\text{РАБ.МАКС}}$ – то же, что и в выражении (2.1.1), выше.

Примечания

1. Комбинированный пуск 1-й(2-й) ступени МТЗ по напряжению (или пуск только по минимальному напряжению) на шинах РУ, осуществляется с использованием программной накладке **XB88(XB89) Контроль I(II) ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения (не предусмотрен / с БНН / с выводом от БНН)**. Имеется возможность выбора режима контроля ступени МТЗ от комбинированного ПО напряжения с выводом ступени МТЗ при срабатывании БНН или с выводом действия блокировки ступени МТЗ при срабатывании БНН.

2. С использованием программной накладке **XB90 Режим пуска по напряжению (по U мин. / по U мин. Или U2)** имеется возможность выбора пуска МТЗ по напряжению: только по снижению любого из трёх междуфазных напряжений или в комбинации с увеличением напряжения обратной последовательности.

2.1.1.1.2.1 Напряжение срабатывания органа пуска МТЗ по минимальному напряжению, реализуемого с использованием наименьшего из 3-х линейных напряжений, определяется следующими условиями (в качестве уставки принимается минимальная расчетная величина по пп. а) и б) ниже):

а) Обеспечение возврата пуска защиты после отключения внешнего КЗ, по выражению:

$$U_{\text{мин.сз}} \leq \frac{U_{\text{мин}}}{K_{\text{отс}} \cdot K_{\text{в}}} \approx 0,65 \div 0,7 \cdot U_{\text{ном}}, \quad (2.1.16)$$

где $U_{\text{мин}} = (0,85 \div 0,9) \cdot U_{\text{ном}}$ – междуфазное напряжение в месте установки органа пуска, в условиях самозапуска заторможенных электродвигателей после

отключения внешнего КЗ, принимаемое для ориентировочных расчетов (в общем случае, значение $U_{\text{МИН}}$ определяется расчетом режима самозапуска);

$K_{\text{ОТС}} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$K_{\text{В}} = 1,05$ – коэффициент возврата реле;

$U_{\text{НОМ}}$ – номинальное междуфазное рабочее напряжение шин.

б) Отстройка от напряжения самозапуска после повторного включения (АПВ, АВР) заторможенных электродвигателей:

$$U_{\text{СЗ.МИН}} \leq \frac{U_{\text{СЗП}}}{K_{\text{ОТС}}} \approx 0,6 \cdot U_{\text{НОМ}}, \quad (2.1.1\text{в})$$

где $U_{\text{СЗП}} = 0,7 \cdot U_{\text{НОМ}}$ – междуфазное (или фазное) напряжение в месте установки органа пуска в условиях самозапуска заторможенных электродвигателей при включении их от АПВ или АВР, принимаемое для ориентировочных расчетов (в общем случае значение $U_{\text{СЗП}}$ определяется расчетом режима самозапуска);

$U_{\text{НОМ}}$ – номинальное междуфазное (или фазное) рабочее напряжение шин;

$K_{\text{ОТС}} = 1,2$ – коэффициент отстройки.

2.1.1.1.2.2 Напряжение срабатывания органа комбинированного пуска МТЗ по максимальному напряжению обратной последовательности, определяется исходя из требований минимальной чувствительности пуска, согласно [5], (Глава 5, Раздел 3, п.1) по выражению:

$$U_{2\text{СЗ}} \geq \frac{K_{\text{ОТС}}}{K_{\text{В}}} (U_{2\text{НБ}} + U_{2\text{НР}}) = 1,25 (U_{2\text{НБ}} + U_{2\text{НР}}), \quad (2.1.1\text{г})$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,2$ – коэффициент отстройки;

$K_{\text{В}} = 0,95$ – коэффициент возврата реле;

$U_{2\text{НБ}}$ – напряжение небаланса органа напряжения обратной последовательности в режиме симметричной нагрузки (см. Примечание, ниже);

$U_{2НР}$ – напряжение обратной последовательности, обусловленное несимметрией нагрузки в системе, первичная величина (определяется режимными расчетами).

Примечание – По данным экспериментов и опыта эксплуатации, согласно [5], при $U_{2НР} = 0$ (т.е. при отсутствии несимметрии нагрузки в системе), уставка срабатывания органа пуска МТЗ по напряжению обратной последовательности в пределах $2 \div 4$ В (вторичная величина фазного напряжения), обычно удовлетворяет требованиям отстройки от $U_{2НБ}$.

2.1.1.2 Отстройка от тока включения (броска тока намагничивания) (авто)трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС при включении ШСВ (СВ):

$$I_{СЗ.1МТЗ} \geq (4 \div 5) \cdot I_{\Sigma.НОМ.ТР}, \quad (2.1.2)$$

где $I_{\Sigma.НОМ.ТР} = \frac{S_{\Sigma.НОМ.ТР}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$ – суммарный номинальный ток

(авто)трансформаторов, включаемых под напряжение;

$S_{\Sigma.НОМ.ТР}$ – суммарная номинальная мощность подключаемых (авто)трансформаторов;

$U_{НОМ}$ – номинальное напряжение сети.

Выполнение настоящего условия неактуально в случае использования выдержки времени срабатывания 1-й степени МТЗ $T_{СР} \geq 0,4$ с. (дополнительно см. п.2.1.1.7, ниже).

Примечания

В целях уточнения уставки тока срабатывания 1-й степени МТЗ, например, при необходимости снижения времени ее действия (если это будет способствовать повышению селективности и чувствительности данной степени защиты), для определения величины тока включения трансформаторов может также применяться специальная методика [6, Приложение VII].

2.1.1.3 Отстройка от максимального тока при трехфазных КЗ и

замыканиях на землю на сторонах смежных напряжений (авто)трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС, в качестве которых должны рассматриваться (авто)трансформаторы, присоединенные как непосредственно на шинах, так и на линиях с ответвлениями, питающихся от шин данного РУ ПС:

$$I_{\text{СЗ.1МТЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{К.МАКС.ТР}}, \quad (2.1.3)$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,2 \div 1,3$ – коэффициент отстройки;

$I_{\text{К.МАКС.ТР}}$ – максимальный фазный ток, протекающий в месте установки защиты при трехфазных КЗ и замыканиях на землю на сторонах смежных напряжений (авто)трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС.

Примечание – Условие отстройки от максимального тока замыканий на землю применимо только для стороны СН(ВН) автотрансформаторов.

2.1.1.4 Согласование с первыми (вторыми) ступенями ДЗ (МТЗ), ТЗНП линий, присоединенных к системе/секции шин данного РУ ПС:

$$I_{\text{СЗ.1МТЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{К.МАКС}}, \quad (2.1.4)$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас;

$I_{\text{К.МАКС}}$ – максимальный фазный ток, протекающий в защите ШСВ (СВ) при трехфазном КЗ, или замыканиях на землю в конце зоны действия ступени защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование.

Примечание – В общем случае [7, (п.1-1)], при согласовании ступеней фазной МТЗ, для определения максимального тока $I_{\text{К.МАКС}}$ в выражении (2.1.4), целесообразно дополнительно учитывать ток нагрузки системы/секции шин согласно выражению:

$$I_{\text{К.МАКС}} = I'_{\text{К.МАКС}} + I_{\text{РАБ.МАКС(N-n)}}, \quad (2.1.4a)$$

где $I'_{\text{К.МАКС}}$ – то же что и $I_{\text{К.МАКС}}$ в выражении (2.1.4) выше (ток КЗ протекающий в защите ШСВ (СВ), без учета тока нагрузки);

$I_{\text{РАБ.МАКС(N-n)}}$ – максимальный ток нагрузки, протекающий в цепи

ШСВ (СВ) в расчетном рабочем режиме работы электрических сетей, например: суммарный максимальный ток нагрузки присоединений секции, исключая величину нагрузки присоединения, с защитой которого осуществляется согласование, или (при наличии других источников питания данной секции) соответствующая часть этого тока, протекающая через ШСВ (СВ) в данном рабочем режиме.

В рассматриваемом случае, необходимо учитывать следующие обстоятельства:

а) При выборе уставки по току для первой ступеней МТЗ, в целях упрощения расчетов, величиной $I_{РАБ.МАКС(N-n)}$ можно пренебречь (ввиду того, что рассматриваются относительно близкие к месту установки защиты металлические междуфазные повреждения);

б) В тех случаях, когда в расчетной схеме ТКЗ кратность тока $I_{КЗ.ПРЕД}$ (см. выше) относительно величины $I_{РАБ.МАКС(N-n)}$ невелика, а напряжение $U_{ОСТ.ШИН} > 0,6U_{НОМ}$, при определении максимального тока $I_{К.МАКС}$, целесообразно учитывать дополнительный ток нагрузки системы/секции шин (через ШСВ/СВ) согласно выражению (2.1.4а), который может быть определен из расчетной модели режимов СЭР;

в) В целях получения наиболее объективного результата расчета тока $I_{К.МАКС}$ в (2.1.4а), выше, следует учитывать углы (векторные величины) суммируемых токов повреждения и нагрузки; искомая величина $I_{К.МАКС}$ также может быть определена при условии учета нагрузочного режима в программном расчете ТКЗ.

2.1.1.5 Отстройка от токов режима качаний

$$I_{СЗ.1МТЗ} \geq K_{ОТС} \cdot I_{КАЧ}, \quad (2.1.5)$$

где $K_{ОТС} = 1,2$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность измерения и погрешность расчета;

$I_{КАЧ}$ – максимальный возможный ток качаний через ШСВ (СВ).

Отстройка от тока качаний производится в том случае, если выдержка времени срабатывания 1-й ступени МТЗ менее $1,5 \div 2,0$ с (т.е., в большинстве случаев).

2.1.1.6 Условие обеспечения $K_{\text{ч}} > 1,5$ по току при междуфазном КЗ на шинах данного напряжения ПС в минимальном режиме работы сети

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.1МТЗ}}} \geq 1,5, \quad (2.1.6)$$

где $I_{\text{КЗ.МИН}}$ – минимальное значение периодической составляющей фазного тока, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) при двухфазном КЗ на секции шин.

Чувствительность выбранной уставки по току срабатывания 1-й ступени МТЗ обеспечивается при выполнении требования выражения (2.1.6), в противном случае, необходимо изменить условия выбора уставки:

– по **п.2.1.1.3**: вместо отстройки от КЗ на сторонах смежных напряжений (авто)трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС, может выполняться согласование с первыми (наиболее быстродействующими) ступенями защит вводов на сторонах смежного напряжения указанных (авто)трансформаторов, или присоединений, отходящих от шин смежного напряжения данной ПС;

– по **п.2.1.1.4**: согласование может выполняться со вторыми ступенями (вместо первых) защит линий, отходящих от шин данного РУ ПС.

Примечание – Первая ступень МТЗ может использоваться в специальной группе уставок, вводимой оперативно при выводе из работы дифференциальной токовой защиты секций/систем шин данного РУ ПС, даже в случаях неприменения собственных делительных защит ШСВ (СВ) (например, при наличии присоединений АТ на шинах данного напряжения).

В последнем случае, условие выбора уставки по току срабатывания первой ступени МТЗ в **п.2.1.1.5** (Отстройка от токов режима качаний), выше,

можно не учитывать, если вероятность возникновения качаний в данной сети с большим током через ШСВ(СВ) достаточно мала.

Чувствительность органа минимального междуфазного напряжения (при использовании комбинированного пуска по напряжению или пуска только по минимальному напряжению) МТЗ определяется по выражению:

$$K_{\text{ч}U} = \frac{U_{\text{сз.мин}}}{U_{\text{кз.макс}}}, \quad (2.1.6a)$$

где $U_{\text{сз.мин}}$ – уставка срабатывания органа пуска защиты по минимальному напряжению, первичная величина;

$U_{\text{кз.макс}}$ – максимальное (в расчетном режиме) междуфазное напряжение поврежденных фаз в месте установки защиты при междуфазном металлическом КЗ в расчетной точке действия ступени МТЗ, использующей пуск по напряжению.

Чувствительность органа пуска по напряжению обратной последовательности определяется по выражению:

$$K_{\text{ч}U} = \frac{U_{2\text{кз.мин}}}{U_{2\text{сз}}}, \quad (2.1.6б)$$

где $U_{2\text{сз}}$ – уставка срабатывания органа пуска защиты по напряжению обратной последовательности;

$U_{2\text{кз.мин}}$ – минимальное (в расчетном режиме) значение напряжения обратной последовательности в месте установки защиты при двухфазном металлическом КЗ в расчетной точке действия ступени МТЗ, использующей комбинированный пуск по напряжению.

Для всех ступеней МТЗ ШСВ (СВ), использующих пуск по напряжению, требуется обеспечить чувствительность органов пуска по напряжению:

$K_{\text{ч}} \geq 1,5$ при междуфазных КЗ на шинах данного РУ ПС в минимальном режиме работы сети;

$K_{\text{ч}} \geq 1,2$ при междуфазных КЗ в конце зоны действия (резервирования) ступени МТЗ, использующей пуск по минимальному напряжению.

2.1.1.7 Выбор выдержки времени срабатывания первой ступени МТЗ.

Выдержка времени первой ступени МТЗ выбирается по условию отстройки от действия основных быстродействующих защит и согласования с защитами присоединений шин данного РУ ПС:

$$t_{\text{CP.1MT3}} = t_{\text{P3I}} + \Delta t, \quad (2.1.7)$$

где t_{P3I} – максимальное время действия защит от междуфазных КЗ и КЗ на землю присоединений секций/систем шин данного РУ ПС, с которыми производится согласование (отстройка) по току срабатывания, см. также п.2 Примечаний, ниже);

Δt – ступень селективности, принимается равной 0,3 с.

Примечания

1. Здесь и далее ступень селективности 0,3 с применима в случаях согласования устройств цифровых (микропроцессорных) защит. В случаях согласования цифровых защит с устройствами РЗА старого типа (электронные или электромеханические защиты), следует (из опыта эксплуатации) принимать ступень селективности 0,4 с.

2. Уставка по времени срабатывания первой ступени МТЗ должна приниматься по возможности минимальной для облегчения условий согласования с ней времени срабатывания второй ступени МТЗ ШСВ (СВ) и для минимизации (по возможности) выдержек времени последующих защит присоединений данного РУ: противоположные концы линий и ввода (авто)трансформаторов (см. п.2.1.2, ниже).

Таким образом, в большинстве случаев для первой ступени МТЗ, в качестве оптимальной, может приниматься уставка $T_{\text{CP}} = 0,35 \div 0,45$ с., даже с учетом вероятности неселективных отключений ШСВ (СВ), которые могут быть исправлены последующим действием АПВ с контролем синхронизма напряжений.

2.1.2 Выбор уставок срабатывания второй ступени МТЗ

Выбор уставки по току срабатывания 2-й ступени МТЗ производится по следующим условиям.

2.1.2.1 Отстройка от максимального тока нагрузки на секциях/системах шин данного РУ ПС производится в соответствии с п.2.1.1.1, выше.

2.1.2.2 Отстройка от тока включения (броска тока намагничивания) (авто)трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС при включении СВ/ШСВ, производится в соответствии с п.2.1.1.2, выше.

2.1.2.3 Отстройка от токов режима качаний, производится в соответствии с п.2.1.1.5, выше.

2.1.2.4 Обеспечение минимальной чувствительности ($K_{\text{ч}} \geq 1,2$) при двухфазных КЗ на присоединениях данной системы/секции шин (с учетом возможности каскадного отключения поврежденного присоединения) в конце зоны действия защит от междуфазных КЗ, установленных на противоположных концах неповрежденных линий и надежно действующих по всей их длине, с охватом части поврежденных линий (см. также Специальные пояснения ниже), а также действующих в сети данного напряжения аналогичных защит (авто)трансформаторов с многосторонним питанием. В рассматриваемом выше случае, имеются в виду защиты присоединений на смежной системе/секции шин (относительно системы/секции, к которой подключено присоединение с повреждением) РУ ПС.

Выполнение указанного условия осуществляется по выражению:

$$I_{\text{СЗ.2МТЗ}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{K_{\text{ч.МИН}}}, \quad (2.1.8)$$

где $I_{\text{КЗ.МИН}}$ – минимальное значение периодической составляющей фазного тока, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) при двухфазном КЗ в определенных выше точках на присоединениях данной системы/секции шин РУ;

$K_{ч.мин} = 1,2$ – минимальный коэффициент чувствительности ступени МТЗ в зоне резервирования.

Специальные пояснения

1. В качестве защит, в конце зоны действия которых должна обеспечиваться чувствительность второй ступени МТЗ ШСВ (СВ), могут рассматриваться (например) вторые ступени дистанционных защит, установленных на противоположных концах линий, и первые ступени дистанционных защит, установленных на стороне и направленных в сеть данного напряжения автотрансформаторов, присоединенных к смежной системе/секции шин данного РУ ПС (см. также поясняющую схему электрических сетей Приложение Г, рисунок Г1). Согласование резервных защит (авто)трансформаторов с МТЗ ШСВ (СВ) не требуется, если предусмотрено их действие с первой выдержкой времени на отключение ШСВ (СВ).

2. Опережающее деление шин может осуществляться при условии резервирования двухфазных повреждений в конце линий и на сторонах смежного напряжения (авто)трансформаторов, присоединенных к данной системе/секции шин РУ. В таком случае, чувствительность второй ступени МТЗ секционирующего выключателя должна быть обеспечена в конце зоны ступени защиты от междуфазных КЗ питающих присоединений смежной системы/секции шин (указанных в п.1 выше), надежно действующей при КЗ в конце линий и на стороне смежных напряжений (авто)трансформаторов, присоединенных к данной системе/секции шин.

В данном качестве могут рассматриваться третьи ступени дистанционных защит, установленных на противоположных концах линий и вторые ступени ДЗ (авто)трансформаторов, присоединенных к смежной системе/секции шин.

3. Следует отметить, что указанная методика выбора уставок, в целом, позволяет предотвратить массовые отключения присоединений данного РУ ПС (с полным его погашением) в смежной сети при повреждении и отказе защит

(УРОВ) на одном из них, посредством деления сети (отключения СВ/ШСВ данного РУ). Однако при этом неизбежны неселективные отключения делительных аппаратов, действие защит которых может опережать отключение поврежденного присоединения на стороне данного РУ ПС резервными степенями защит с выдержкой времени. Такие неселективные отключения СВ/ШСВ обусловлены тем, что при обеспечении чувствительности защиты секционирующих аппаратов при повреждениях на присоединениях с наибольшими сопротивлениями (например, длинные линии), эти защиты могут оказаться не согласованными по току и времени срабатывания с соответствующими защитами отходящих присоединений данного РУ ПС, имеющими значительно меньшие сопротивления (например, короткие линии).

4. Настоящее условие выбора уставки по току срабатывания 2-й ступени МТЗ для **реализации опережающего деления сети**, может рассматриваться только в том случае, если величина тока срабатывания в соответствии с выражением (2.1.8), превысит все другие значения уставки согласно условиям по пп.2.1.2.1÷2.1.2.3, выше. В противном случае, данное условие является неактуальным и, вместо него, должно рассматриваться условие выбора по п.2.1.2.5, ниже.

2.1.2.5 Согласование с защитами присоединений защищаемой системы/секции шин данного РУ ПС (вместо условия по п.2.1.2.4, выше), в т.ч.:

- со вторыми (третьими) степенями защит (ДЗ, МТЗ, ТЗНП) отходящих линий,
- с первыми (наиболее быстродействующими) степенями защит (ДЗ, МТЗ, ТЗНП) вводов на сторонах смежного напряжения (авто)трансформаторов, или присоединений, отходящих от шин смежного напряжения данной ПС:

$$I_{СЗ.МТЗ2} \geq K_{ОТС} \cdot I_{К.МАКС}, \quad (2.1.8a)$$

где $K_{ОТС} = 1,1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас;

$I_{\text{К.МАКС}}$ – максимальный фазный ток, протекающий в месте установки защиты при трехфазном КЗ, или замыканиях на землю в конце зоны действия ступени защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование.

Примечания

1. Настоящее условие согласования выполняется вместо условия по **п.2.1.2.4**, выше, в тех случаях, когда действие 2-й ступени МТЗ **на опережающее деление сети** признано неактуальным или нецелесообразным по соображениям обеспечения селективности и надежности электроснабжения потребителей данного района электрических сетей.

2. Дополнительно, см. указания в Примечании к **п.2.1.1.4**, выше.

3. Для 2-й ступени МТЗ должна обеспечиваться чувствительность в зоне резервирования по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.2МТЗ}}} \geq 1,2, \quad (2.1.8б)$$

где $I_{\text{К.МИН}}$ – минимальный ток, протекающий в месте установки защиты при двухфазных КЗ в конце линий, отходящих от шин данного РУ, при каскадном отключении на стороне противоположной ПС;

$I_{\text{СЗ.2МТЗ}}$ – уставка по току срабатывания 2-й ступени МТЗ, максимальное значение по условиям **пп.2.1.2.1÷2.1.2.3** и **п.2.1.2.4** (или **п.2.1.2.5**), выше.

Чувствительность второй ступени МТЗ должна обеспечиваться при выполнении требования выражения (2.1.8б), в противном случае, необходимо изменить условия выбора уставки:

– по **п.2.1.2.5**: согласование может выполняться с третьими ступенями (вместо вторых) защит линий, отходящих от шин данного РУ, и/или со вторыми (вместо первых) ступенями защит вводов на сторонах смежного напряжения (авто)трансформаторов, или присоединений, отходящих от шин смежного напряжения данной ПС.

– по **п.2.1.2.3**: вместо отстройки от тока при качаниях или асинхронном ходе, может быть увеличена выдержка времени второй ступени МТЗ

$t_{CP} \geq 1,5 \text{сек.}$

2.1.2.6 Выбор выдержки времени срабатывания второй ступени МТЗ.

Если уставка по току срабатывания второй ступени МТЗ была определена в соответствии с требованиями **п.2.1.2.4**, ее выдержка времени выбирается по условию согласования со ступенями защит от междуфазных КЗ с которыми производится согласование по току срабатывания, с учетом требования предварительного деления сети, опережающего действие указанных защит

$$t_{CP} = t_{PЗ} - \Delta t, \quad (2.1.9)$$

где $t_{PЗ}$ – минимальное время действия ступеней защит от междуфазных КЗ смежных присоединений, с которыми производится согласование (отстройка) по току срабатывания (в соответствии с **п.2.1.2.4**); в случаях согласования с третьими ступенями ДЗ указанных линий (со вторыми ступенями ДЗ АТ), выдержка времени второй ступени МТЗ ШСВ, должна приниматься меньше на ступень селективности времени срабатывания предыдущей ступени этих защит (во избежание опережающего действия защит указанных присоединений, относительно защиты секционирующего выключателя).

Δt – ступень селективности, принимается равной 0,3 с.

Примечания

1. Уставка по времени срабатывания второй ступени МТЗ должна приниматься большей или равной (минимальное требование) выдержке времени первой ступени этой защиты, в противном случае необходимо увеличить время срабатывания соответствующих защит на противоположных концах линий и/или защит (авто)трансформаторов, присоединенных к смежной системе/секции шин данного РУ ПС.

2. В тех случаях, когда согласование тока срабатывания второй ступени МТЗ выполняется в соответствии с **п.2.1.2.5** (вместо **п.2.1.2.4**, см. выше) выдержка времени ступени выбирается по выражению:

$$t_{CP} = t_{PЗ} + \Delta t, \quad (2.1.9a)$$

где t_{p3} – максимальное время действия ступеней защит от междуфазных КЗ смежных присоединений, с которыми производится согласование (отстройка) по току срабатывания (в соответствии с п.2.1.2.5);

Δt – степень селективности, см. выше.

2.1.3 Выбор уставок срабатывания второй ступени МТЗ при ее использовании только для опробования шин

В качестве альтернативы (использованию 2-й ступени МТЗ согласно методике, приведенной в п.2.1.2, выше), данная ступень МТЗ СВ/ШСВ может применяться только для опробования секций/систем шин рабочим напряжением после ремонта или аварийного отключения шин включением секционирующего аппарата в ручном или автоматическом режиме.

Примечание – Данная функция может быть реализована с применением дополнительной логики терминала.

Выбор уставки по току срабатывания 2-й ступени МТЗ производится с учетом всех возможных (допустимых) режимов ручного и автоматического включения этого секционирующего аппарата, в т.ч.:

а) оперативное включение при опробовании системы/секции шин рабочим напряжением после ее ремонта (при отсутствии напряжения и отсутствии присоединений на опробуемой системе/секции шин);

б) оперативное/автоматическое включение при опробовании системы/секции шин рабочим напряжением после ее повреждения и срабатывания ДЗШ (при отсутствии напряжения и наличии отдельных присоединений на опробуемой системе/секции шин);

в) оперативное/автоматическое включение при условии предварительного успешного опробования системы/секции шин рабочим напряжением после ее повреждения и срабатывания ДЗШ (при наличии синхронных, или в допустимых пределах, несинхронных напряжений секций/систем шин и наличии присоединений на включаемой системе/секции шин);

г) оперативное/автоматическое включение после отключения СВ/ШСВ действием делительных защит (при отсутствии напряжения и наличии отдельных присоединений на опробуемой системе/секции шин);

д) оперативное/автоматическое включение после отключения СВ/ШСВ действием делительных защит (при наличии синхронных, или в допустимых пределах, несинхронных напряжений секций/систем и наличии присоединений на обеих секциях/системах шин).

Примечания – При выборе уставки $I_{СЗ.2МТЗ}$ могут быть исключены перечисленные режимы по пп. в) и д) (выше), если в указанных режимах включения ШСВ (СВ) с проверкой наличия синхронизма напряжений коммутируемых секций/систем шин будет дополнительно реализовано блокирование 2-й ступени МТЗ.

В соответствии с вышеуказанными режимами включения СВ/ШСВ, определяются следующие условия выбора уставки $I_{СЗ.2МТЗ}$.

2.1.3.1 Отстройка от максимального тока нагрузки на секциях/системах шин данного РУ ПС производится в соответствии с п.2.1.1.1, выше, если включение СВ/ШСВ осуществляется в режимах б)÷д) (п.2.1.3 выше), с учетом состава оборудования послеаварийного режима.

2.1.3.2 Отстройка от тока включения (броска тока намагничивания) (авто)трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС при включении СВ/ШСВ, производится в соответствии с п.2.1.1.2, выше, если включение СВ/ШСВ осуществляется в режимах б) и г) (п.2.1.3 выше), с учетом состава оборудования послеаварийного режима.

Примечание – Состав оборудования в послеаварийном режиме для данного расчетного условия определяется в соответствии с количеством присоединений, не отключаемых действием ДЗШ, или оставшихся подключенными к с.ш. после действия делительных защит ШСВ(СВ), в т.ч. – понижающих (авто)трансформаторов, или линий одностороннего питания с подключенными понижающими (авто)трансформаторами.

2.1.3.3 Отстройка от токов режима качаний, производится в соответствии с п.2.1.1.5, выше, если включение СВ/ШСВ осуществляется в режимах в) и д) (п.2.1.3 выше), с учетом состава оборудования послеаварийного режима.

2.1.3.4 Условие обеспечения минимальной величины $K_{\text{ч}} \geq 1,5$ при междуфазном КЗ на шинах в минимальном режиме (во всех возможных режимах включения СВ/ШСВ):

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.2МТЗ.АУ}}} \geq 1,5, \quad (2.1.10)$$

где $I_{\text{КЗ.МИН}}$ – минимальный фазный ток протекающий через ШСВ (СВ) при КЗ на шинах.

2.1.3.5 Выбор выдержки времени срабатывания второй ступени МТЗ в режиме опробования шин.

Выдержка времени второй ступени МТЗ не используется, т.к. ступень вводится в работу без выдержки (или с минимальной выдержкой) времени при опробовании (ручном/автоматическом включении) шин.

2.1.3.6 Автоматическое ускорение МТЗ.

2-я ступень МТЗ может вводиться в работу без выдержки (с минимальной выдержкой) времени при опробовании секции/системы шин (ручном/автоматическом включении секционирующего аппарата).

Ввод в работу 2-й ступени МТЗ для оперативного (ручного) или автоматического (АПВ) опробования шин, осуществляется в соответствии с [8, п.2.2.1] использованием программной накладки **XB87 Ускорение действия II ст. при включении выключателя**. Время действия ступени при ускорении определяется выдержкой времени DT03 (140), время ввода ускорения – выдержкой времени DT08 (145).

2.2 Токовая защита нулевой последовательности

2.2.1 Выбор уставок первой ступени ТЗНП

Выбор уставки по току срабатывания 1-й ступени ТЗНП производится по следующим условиям.

2.2.1.1 Отстройка от утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты при замыкании на землю на стороне смежного напряжения автотрансформаторов (в сети с глухозаземленной нейтралью), питающихся от шин данного РУ ПС. В качестве последних должны рассматриваться автотрансформаторы, присоединенные как непосредственно на шинах, так и на линиях с ответвлениями, питающихся от шин данного РУ ПС.

Отстройка выполняется согласно выражению:

$$I_{\text{сз.1ТЗНП}} \geq K_{\text{отс}} \cdot 3I_{0_3}, \quad (2.2.1)$$

где $K_{\text{отс}} = 1,3$ – коэффициент отстройки;

$3I_{0_3}$ – максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты при замыкании на землю за автотрансформатором на стороне его смежного напряжения в сети с глухозаземленной нейтралью.

2.2.1.2 Согласование с первыми (вторыми) ступенями ТЗНП (ДЗ от замыканий на землю) присоединений системы/секции шин данного РУ ПС – линий или автотрансформаторов (на стороне смежного напряжения АТ в сети с глухозаземленной нейтралью), последнее производится вместо условия по **п.2.2.1.1**, если это необходимо для повышения чувствительности. Согласование выполняется по выражению:

$$I_{\text{сз.1ТЗНП}} \geq K_{\text{отс}} \cdot 3I_{0_{\text{расч}}}, \quad (2.2.2)$$

где $K_{\text{отс}} = 1,1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас;

$3I_{0\text{РАСЧ}}$ – расчетный ток, максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты при замыкании на землю в конце зоны действия ступени защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование.

Примечание – При определении тока срабатывания защиты по выражению (2.2.2) выше, расчет, в общем случае, также должен производиться при замыкании на землю одной или двух фаз, в зависимости от того, при каком виде повреждения расчетный ток в месте установки защиты больше, поскольку в сети сложной конфигурации коэффициент токораспределения, а следовательно, и расчетный ток зависят от длины защищаемой зоны и от вида повреждения.

2.2.1.3 Отстройка от утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) в неполнофазном режиме, возникающем в цикле ОАПВ линий, присоединенных к шинам данного РУ ПС.

Примечание – Настоящее условие учитывается крайне редко, только при наличии ОАПВ на линиях электропередачи, присоединенных к шинам данного РУ напряжением 220кВ.

Ток срабатывания, выбираемый по условию отстройки от неполнофазного режима, определяется по выражению:

$$I_{\text{СЗ.1ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot 3I_{0\text{НЕП}}, \quad (2.2.3)$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,3$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, влияние апериодической составляющей и необходимый запас;

$3I_{0\text{НЕП}}$ – максимальное значение утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ), в неполнофазном режиме, возникающем в цикле ОАПВ линий (может быть рассчитан, например, в соответствии с [9]).

2.2.1.4 При условии, что выдержка времени первой ступени защиты не превышает $1 \div 1,5$ с, ток срабатывания (выбранный по рассмотренным выше

условиям) проверяется по критерию отстройки от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при качаниях или асинхронном ходе. Следует отметить, что указанное условие может оказаться расчетным в весьма редких случаях.

Отстройка выполняется согласно выражению:

$$I_{\text{СЗ.1ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{РАСЧ}}, \quad (2.2.4)$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,25$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибку расчета и запас;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент увеличения тока в переходном режиме КЗ, величина которого принимается в зависимости от времени действия ступени:

– при $T_{\text{СЗ}} \leq 0,3$ с – $K_{\text{ПЕР}} = 1,5$;

– при $T_{\text{СЗ}} \geq 0,5$ с – $K_{\text{ПЕР}} = 1,0$.

$K_{\text{НБ}}$ – коэффициент небаланса, величина которого принимается в зависимости от расчетной кратности тока ТТ:

– при кратности меньшей или равной $(2 \div 3) \cdot I_{\text{НОМ.ТТ}}$ – $K_{\text{НБ}} = 0,05$;

– при больших кратностях тока – $K_{\text{НБ}} = 0,1$;

$I_{\text{РАСЧ}}$ – наибольшая величина расчетного тока (основной гармонической составляющей), протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ), при качаниях либо асинхронном ходе.

2.2.1.5 Для первой ступени ТЗНП, может дополнительно выполняться отстройка от броска намагничивающего тока (авто)трансформаторов, имеющих глухозаземленные нейтрали и включаемых под напряжение при включении ШСВ (СВ). Данное условие актуально при выполнении рассматриваемой ступени без выдержки времени, или с выдержкой времени, меньшей времени одновременности включения фаз выключателя (максимальное значение этого времени для масляных выключателей с пофазным приводом – около 0,2с., согласно [9, п.2 Приложения V]).

Примечания

1. Отстройка тока срабатывания ступени защиты по величине от броска тока намагничивания нулевой последовательности (авто)трансформаторов, присоединенных к линии, может быть осуществлена согласно методике, приведенной в [9, Приложение V].

2. Указанная отстройка ТЗНП от броска тока намагничивания необходима только в случаях установки на линии выключателей с пофазным приводом и невозможности отстройки по времени соответствующих ступеней ТЗНП от неодновременности включения фаз выключателя.

Таким образом, выполнение настоящего условия неактуально, в случае использования выдержки времени срабатывания 1-й ступени ТЗНП $T_{CP} > 0,2c$. (дополнительно см. п.2.2.1.7, ниже).

2.2.1.6 Условие обеспечения $K_{\text{ч}} > 1,5$ при КЗ на шинах в минимальном режиме работы сети

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{I_{\text{СЗ.1ТЗНП}}} \geq 1,5, \quad (2.2.5)$$

где $3I_{0\text{МИН}}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) при замыкании на землю на секции шин.

Чувствительность выбранной уставки $I_{\text{СЗ.1ТЗНП}}$ обеспечивается при выполнении требования выражения (2.2.5), в противном случае, необходимо изменить условия выбора уставки:

– по п.2.2.1.1: вместо отстройки от замыканий на землю на стороне СН(ВН) автотрансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС, может выполняться согласование с быстродействующими защитами на стороне СН(ВН) указанных автотрансформаторов;

– по п.2.2.1.2: согласование может выполняться со вторыми ступенями (вместо первых) защит линий отходящих от шин данного РУ ПС.

Примечание – Первая ступень ТЗНП может использоваться в специальной группе уставок, вводимой оперативно при выводе из работы дифференциальной токовой защиты секций/систем шин данного РУ ПС, даже в случаях неприменения собственных делительных защит ШСВ (СВ) (например, при наличии присоединений АТ на шинах данного напряжения).

2.2.1.7 Выбор выдержки времени срабатывания первой ступени ТЗНП.

Выдержка времени первой ступени ТЗНП выбирается по условию отстройки от действия основных быстродействующих защит и согласования с защитами присоединений шин данного РУ ПС

$$t_{\text{CP.1ТЗНП}} = t_{\text{PЗI}} + \Delta t, \quad (2.2.6)$$

где $t_{\text{PЗI}}$ – максимальное время действия защит от КЗ на землю смежных присоединений, с которыми производится согласование (отстройка по току срабатывания, см. также примечание ниже);

Δt – степень селективности, принимается равной 0,3 с.

Примечание – Уставка по времени срабатывания первой ступени ТЗНП должна приниматься по возможности минимальной для облегчения условий согласования с ней времени срабатывания второй ступени ТЗНП ШСВ (СВ) и для минимизации (по возможности) выдержек времени последующих защит присоединений данного РУ: противоположные концы линий и ввода (авто)трансформаторов (см. п.2.2.2 МУ, ниже).

Таким образом, в большинстве случаев для первой ступени ТЗНП, в качестве оптимальной, может приниматься уставка $t_{\text{CP}} = 0,35 \div 0,45$ с., даже с учетом вероятности неселективных отключений ШСВ (СВ), которые могут быть исправлены последующим действием АПВ с контролем синхронизма напряжений.

2.2.2 Выбор уставок второй ступени ТЗНП

Выбор по току срабатывания 2-й ступени ТЗНП производится по следующим условиям.

2.2.2.1 Отстройка от утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты в неполнофазном режиме, возникающем в цикле ОАПВ линий, присоединенных к шинам данного РУ ПС, а также в длительном неполнофазном режиме на линиях, производится в соответствии с **п.2.2.1.3**, выше.

2.2.2.2 Отстройка от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока ШСВ (СВ) при качаниях или асинхронном ходе в соответствии с **п.2.2.1.4**, выше.

2.2.2.3 Обеспечение минимальной чувствительности ($K_{\text{ч}} \geq 1,2$) при замыканиях на землю на присоединениях данной системы/секции шин (с учетом возможности каскадного отключения поврежденного присоединения) в конце зоны действия защит от замыканий на землю, установленных на противоположных концах неповрежденных линий и надежно действующих по всей их длине, с охватом части поврежденных линий (см. также Специальные пояснения ниже), а также действующих в сети данного напряжения аналогичных защит (авто)трансформаторов с многосторонним питанием. В рассматриваемом выше случае, имеются в виду защиты присоединений на смежной системе/секции шин (относительно системы/секции, к которой подключено присоединение с повреждением) РУ ПС.

Выполнение указанного условия осуществляется по выражению:

$$I_{\text{СЗ.ТЗНП}} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{K_{\text{ч.МИН}}}, \quad (2.2.7)$$

где $3I_{0\text{МИН}}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) при замыканиях на землю в определенных выше точках на присоединениях данной системы/секции шин РУ;

$K_{\text{ч.МИН}} = 1,2$ – минимальный коэффициент чувствительности ступени ТЗНП в зоне резервирования.

Специальные пояснения

1. В качестве защит, в конце зоны действия которых должна обеспечиваться чувствительность второй ступени ТЗНП ШСВ (СВ) могут рассматриваться (например) вторые или третьи ступени ТЗНП, установленные на противоположных концах линий, и первые или вторые ступени ТЗНП, установленных на стороне данного напряжения автотрансформаторов, присоединенных к смежной системе/секции шин данного РУ ПС (см. также поясняющую схему электрических сетей Приложение Г, рисунок Г2).

2. См. также п.3 Специальных пояснений к п.2.1.2.4, выше.

3. Настоящее условие выбора уставки по току срабатывания 2-й ступени ТЗНП для реализации опережающего деления сети, может рассматриваться только в том случае, если величина тока срабатывания в соответствии с выражением (2.2.7), превысит все другие значения уставки согласно условиям по пп.2.2.2.1, 2.2.2.2, выше. В противном случае, данное условие является неактуальным и, вместо него, должно рассматриваться условие выбора по 2.2.2.4, ниже.

2.2.2.4 Согласование с защитами присоединений защищаемой системы/секции шин данного РУ ПС (вместо условия по п.2.2.2.3, выше), в т.ч.:

– со вторыми (третьими) ступенями защит от замыканий на землю (ТЗНП, ДЗ) отходящих линий;

– с первыми (вторыми) ступенями защит от замыканий на землю (ТЗНП, ДЗ) вводов на сторонах смежного напряжения (авто)трансформаторов, или присоединений, отходящих от шин смежного напряжения данной ПС в сети с заземленной нейтралью:

$$I_{СЗ,2ТЗНП} \geq K_{ОТС} \cdot 3I_{РАСЧ}, \quad (2.2.7a)$$

где $K_{ОТС} = 1,1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас;

$3I_{РАСЧ}$ – расчетный ток, максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности,

протекающего в месте установки защиты при замыкании на землю в конце зоны действия ступени защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование.

Примечания

1. При определении тока срабатывания защиты по выражению (2.2.7а) выше, расчет, в общем случае, также должен производиться при замыкании на землю одной или двух фаз, в зависимости от того, при каком виде повреждения расчетный ток в месте установки защиты больше, поскольку в сети сложной конфигурации коэффициент токораспределения, а следовательно, и расчетный ток зависят от длины защищаемой зоны и от вида повреждения.

2. Настоящее условие согласования выполняется вместо условия по п.2.2.2.3, выше, в тех случаях, когда действие 2-й ступени ТЗНП **на опережающее деление сети** признано неактуальным, или нецелесообразным по соображениям обеспечения селективности и надежности электроснабжения потребителей данного района электрических сетей.

3. Для 2-й ступени ТЗНП должна обеспечиваться чувствительность в зоне резервирования по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{I_{\text{СЗ.2ТЗНП}}} \geq 1,2, \quad (2.2.7б)$$

где $3I_{0\text{МИН}}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) при замыканиях на землю в расчетном режиме; в качестве расчетного принимается реально возможный режим, при котором имеет место минимальное значение тока; для второй ступени ТЗНП $K_{\text{ч}}$, как правило, определяется при замыканиях на землю в конце линий, отходящих от шин данного РУ, при каскадном отключении на стороне противоположной ПС.

$I_{\text{СЗ.2ТЗНП}}$ – первичный ток срабатывания 2-й ступени ТЗНП, максимальное значение по условиям пп.2.2.2.1, 2.2.2.2 и 2.2.2.3 (или 2.2.2.4), выше.

Чувствительность второй ступени ТЗНП должна обеспечиваться при

выполнении требования выражения (2.2.7б), в противном случае, необходимо изменить условия выбора уставки:

– по **п.2.2.2.4**: согласование может выполняться с третьими ступенями (вместо вторых) защит линий, отходящих от шин данного РУ, и/или со вторыми ступенями (вместо первых) защит вводов на сторонах смежного напряжения (авто)трансформаторов, или присоединений, отходящих от шин смежного напряжения данной ПС в сети с заземленной нейтралью;

– по **п.2.2.2.2**: вместо отстройки от тока при качаниях или асинхронном ходе, может быть увеличена выдержка времени второй ступени ТЗНП $t_{CP} \geq 1,5 \text{сек.}$

2.2.2.5 Выбор выдержки времени срабатывания второй ступени ТЗНП.

Если уставка по току срабатывания второй ступени ТЗНП была определена в соответствии с требованиями **п.2.2.2.3**, ее выдержка времени выбирается по условию согласования со ступенями защит от замыканий на землю, с которыми производится согласование по току срабатывания, с учетом требования предварительного деления сети, опережающего действие указанных защит

$$t_{CP} = t_{PЗ} - \Delta t, \quad (2.2.8)$$

где $t_{PЗ}$ – минимальное время действия ступеней защит от замыканий на землю смежных присоединений, с которыми производится согласование (отстройка) по току срабатывания (в соответствии с **п.2.2.2.3**);

Δt – степень селективности, принимается равной 0,3 с.

Примечания

1. Уставка по времени срабатывания второй ступени ТЗНП должна приниматься большей или равной (минимальное требование) выдержке времени первой ступени этой защиты, в противном случае необходимо увеличить время срабатывания соответствующих защит на противоположных концах линий и/или защит (авто)трансформаторов, присоединенных к смежной системе/секции шин данного РУ ПС.

2. В тех случаях, когда согласование тока срабатывания второй ступени ТЗНП выполняется в соответствии с п.2.2.2.4 (вместо п.2.2.2.3, см. выше) выдержка времени ступени выбирается по выражению:

$$t_{\text{CP}} = t_{\text{PЗ}} + \Delta t, \quad (2.2.8a)$$

где $t_{\text{PЗ}}$ – максимальное время действия ступеней защит от КЗ на землю смежных присоединений, с которыми производится согласование (отстройка) по току срабатывания (в соответствии с п.2.2.2.4);

Δt – ступень селективности, см. выше.

2.2.3 Выбор уставок третьей ступени ТЗНП

Выбор уставок 3-й ступени ТЗНП производится по следующим условиям.

2.2.3.1 Отстройка от утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты в неполнофазном режиме, возникающем в цикле ОАПВ линий, присоединенных к шинам данного РУ ПС, а также в длительном неполнофазном режиме на линиях, производится в соответствии с п.2.2.1.3, выше.

2.2.3.2 Отстройка от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при качаниях или асинхронном ходе (на межсистемных транзитных связях), производится в соответствии с п.2.2.1.4, выше.

2.2.3.3 Ток срабатывания третьей ступени ТЗНП ШСВ (СВ) должен быть дополнительно отстроен от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при внешних замыканиях между фазами, если данная ступень защиты нулевой последовательности имеет выдержку времени, равную или меньшую времени срабатывания защиты от замыканий между фазами на внешнем поврежденном элементе.

Указанное требование для третьей ступени выполняется посредством отстройки от токов небаланса при КЗ между тремя фазами за трансформаторами и на стороне низшего напряжения автотрансформаторов питающихся от шин данного РУ ПС (с учетом наличия отходящих линий с ответвлениями), также в соответствии с условиями п.2.2.1.4, по выражению

(2.2.4). В этом выражении: $I_{РАСЧ}$ – наибольшая величина расчетного тока (основной гармонической составляющей), протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ), при трехфазных КЗ на смежных сторонах (авто)трансформаторов.

Примечание – Решение о проверке данного условия в предварительных расчетах уставки ТЗНП принимает пользователь (например, если окончательно не определена выдержка времени защиты от замыканий между фазами на внешнем поврежденном элементе).

2.2.3.4 Ток срабатывания третьей ступени ТЗНП СВ (ШСВ) дополнительно проверяется по условию отстройки от суммарного тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока защиты, протекающего в максимальном нагрузочном режиме, по выражению:

$$I_{СЗ,ТЗНП} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot (I_{0,НБ} + 3I_{0,НР})}{K_B}, \quad (2.2.9)$$

где $I_{0,НБ} = K_{НБ} \cdot I_{РАСЧ}$ – ток небаланса нулевого провода ТТ в рассматриваемом режиме;

$I_{РАСЧ}$ – расчетный ток нагрузочного режима;

$K_{НБ}$ – коэффициент небаланса, определяется в соответствии с п.2.2.1.4 выше;

$3I_{0,НР}$ – утроенный ток нулевой последовательности, обусловленный несимметрией в системе, возникающей, например, при работе в неполнофазном режиме одной из линии с односторонним питанием, присоединенной к шинам данного РУ ПС;

$K_{ОТС} = 1,25$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле, ошибку расчета и запас;

K_B – коэффициент возврата реле (согласно заводским данным, около 0,95).

2.2.3.5 Обеспечение минимальной чувствительности ($K_{ч} \geq 1,2$) при замыканиях на землю в сети присоединений данной системы/секции шин в

конце зоны действия защит от замыканий на землю, надежно резервирующих вышеуказанные присоединения по всей длине (см. также Специальные пояснения ниже), и установленных на противоположных концах линий, а также действующих в сети данного напряжения аналогичных защит (авто)трансформаторов с многосторонним питанием. В рассматриваемом выше случае, имеются в виду защиты присоединений на смежной системе/секции шин (относительно системы/секции, к которой подключено присоединение с повреждением) РУ ПС.

В целях упрощения расчетов, вышеуказанное условие (с учетом возможности каскадного отключения поврежденного присоединения) может быть заменено условием обеспечения минимальной чувствительности ($K_{\text{ч}} \geq 1,2$) при замыканиях на землю, в конце присоединений данной системы/секции шин РУ ПС.

Выполнение указанного условия осуществляется по выражению:

$$I_{\text{сз.зТЗНП}} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{K_{\text{ч.МИН}}}, \quad (2.2.10)$$

где $3I_{0\text{МИН}}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) при замыканиях на землю в определенных выше точках на присоединениях данной системы/секции шин РУ.

$K_{\text{ч.МИН}} = 1,2$ – минимальный коэффициент чувствительности ступени ТЗНП в зоне резервирования.

Специальные пояснения

1. В качестве защит, в конце зоны действия которых должна обеспечиваться чувствительность третьей ступени ТЗНП ШСВ (СВ) могут рассматриваться (например) третьи или четвертые ступени ТЗНП, установленных на противоположных концах линий, и вторые или третьи ступени ТЗНП, установленных на стороне данного напряжения

автотрансформаторов, которые присоединены на смежной системе/секции шин данного РУ ПС.

2. См. также п.3 Специальных пояснений к п.2.1.2.4, выше.

3. Настоящее условие выбора уставки по току срабатывания 3-й ступени ТЗНП для реализации опережающего деления сети, может рассматриваться только в том случае, если величина тока срабатывания в соответствии с выражением (2.2.10), превысит все другие значения уставки согласно условиям по пп.2.2.3.1÷2.2.3.4, выше. В противном случае, данное условие является неактуальным и, вместо него, должно рассматриваться условие выбора по п.2.2.2.6, ниже.

2.2.3.6 Согласование с защитами присоединений защищаемой системы/секции шин данного РУ ПС (вместо условия по п.2.2.3.5, выше), в т.ч.:

– с третьими (четвертыми) ступенями защит от замыканий на землю (ТЗНП, ДЗ) отходящих линий,

– со вторыми (третьими) ступенями защит от замыканий на землю (ТЗНП, ДЗ) вводов на сторонах смежного напряжения (авто)трансформаторов, или присоединений, отходящих от шин смежного напряжения данной ПС в сети с заземленной нейтралью:

$$I_{\text{сз.тзнп}} \geq K_{\text{отс}} \cdot 3I_{\text{расч}}, \quad (2.2.10а)$$

где $K_{\text{отс}} = 1,1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас;

$3I_{\text{расч}}$ – расчетный ток, максимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты при замыкании на землю в конце зоны действия ступени защиты предыдущего элемента, с которой производится согласование.

Примечания

1. При определении тока срабатывания защиты по выражению (2.2.10а) выше, расчет, в общем случае, также должен производиться при замыкании на

землю одной или двух фаз, в зависимости от того, при каком виде повреждения расчетный ток в месте установки защиты больше, поскольку в сети сложной конфигурации коэффициент токораспределения, а следовательно, и расчетный ток зависят от длины защищаемой зоны и от вида повреждения.

2. Настоящее условие согласования выполняется вместо условия по п.2.2.3.5, выше, в тех случаях, когда действие 3-й ступени ТЗНП **на опережающее деление сети** признано неактуальным, или нецелесообразным по соображениям обеспечения селективности и надежности электроснабжения потребителей данного района электрических сетей.

3. Для 3-й ступени ТЗНП должна обеспечиваться чувствительность в зоне резервирования по выражению:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{I_{\text{СЗ.3ТЗНП}}} \geq 1,2, \quad (2.2.10б)$$

где $3I_{0\text{МИН}}$ – минимальное значение периодической составляющей утроенного начального тока нулевой последовательности, протекающего в месте установки защиты ШСВ (СВ) при замыканиях на землю в расчетном режиме; в качестве расчетного принимается реально возможный режим, при котором имеет место минимальное значение тока; для третьей ступени ТЗНП $K_{\text{ч}}$ определяется, как правило, при замыканиях на землю в конце линий, отходящих от шин данного РУ.

$I_{\text{СЗ.3ТЗНП}}$ – первичный ток срабатывания 3-й ступени ТЗНП, максимальное значение по условиям пп.2.2.3.1÷2.2.3.4 и 2.2.3.5 (или 2.2.3.6), выше.

2.2.3.7 В случае, когда при выборе тока срабатывания третьей ступени как указано выше, ступень не удовлетворяет требованию чувствительности (не обеспечивается дальнейшее резервирование), целесообразно выбирать ее ток срабатывания, исходя из обеспечения требуемой чувствительности при условии отстройки от тока небаланса в максимальном нагрузочном режиме по выражению (2.2.9) выше. При этом:

- ток срабатывания может быть принят в пределах $(0,05 \div 0,1)I_{\text{НОМ}}$;

– выдержка времени ступени должна быть дополнительно согласована с защитами, действующими при междуфазных повреждениях за (авто)трансформаторами, питающихся от шин данного РУ ПС, см. п.2.2.3.3;

– при наличии на линиях (отходящих от шин данного РУ), токовой защиты от неполнофазного режима, третья ступень ТЗНП ШСВ (СВ) должна быть отстроена также от тока неполнофазного режима при одностороннем включении смежной линии, присоединенной к шинам данного РУ ПС если УРОВ этой линии отстроен от тока в указанном режиме. При отсутствии защит от неполнофазного режима такая отстройка не имеет смысла, поскольку пуск УРОВ при неполнофазном режиме возможен от защит, срабатывающих от токов несимметрии нагрузки.

2.2.3.8 Выбор выдержки времени срабатывания третьей ступени ТЗНП.

Если уставка по току срабатывания третьей ступени ТЗНП была определена в соответствии с требованиями п.2.2.3.5, ее выдержка времени выбирается по условию согласования со ступенями защит от замыканий на землю, с которыми производится согласование по току срабатывания, с учетом требования предварительного деления сети, опережающего действие указанных защит

$$t_{CP} = t_{PЗ} - \Delta t, \quad (2.2.11)$$

где $t_{PЗ}$ – минимальное время действия ступеней защит от замыканий на землю смежных присоединений, с которыми производится согласование (отстройка) по току срабатывания (в соответствии с п.2.2.3.5);

Δt – степень селективности, принимается равной 0,3 с.

Примечание – В тех случаях, когда согласование тока срабатывания третьей ступени ТЗНП выполняется в соответствии с п.2.2.3.6 (вместо п.2.2.5.5, см. выше) выдержка времени ступени выбирается по выражению:

$$t_{CP} = t_{PЗ} + \Delta t, \quad (2.2.11a)$$

где t_{p3} – максимальное время действия ступеней защит от КЗ на землю смежных присоединений, с которыми производится согласование (отстройка) по току срабатывания (в соответствии с п.2.2.3.6).

Δt – ступень селективности, см. выше.

2.2.3.9 Автоматическое ускорение ТЗНП.

2-я или 3-я ступень ТЗНП может вводиться в работу без выдержки (с минимальной выдержкой) времени при опробовании секции/системы шин (ручном/автоматическом включении секционирующего аппарата).

Ввод в работу 2-й/3-й ступени ТЗНП для оперативного (ручного) или автоматического (АПВ) опробования шин, осуществляется в соответствии с [8, п.2.2.2] использованием программной накладки **XB28 Ускорение ТЗНП при включении выключателя** и **XB27 Ускоряемая ступень ТЗНП при включении выключателя | II ступень / III ступень**.

Время действия ступени при ускорении определяется выдержкой времени DT06 (160), время ввода ускорения – выдержкой времени DT09 (158).

Примечание – В указанном режиме (опробование при КЗ на шинах) для 3-й ступени должна обеспечиваться чувствительность с $K_{\text{ч}} \geq 1,5$.

2.3 Защита от непереключения фаз (ЗНФ) и защита от неполнофазного режима (ЗНФР)

Для выключателей с пофазными электромагнитами управления предусмотрены защита от непереключения фаз и защита от неполнофазного режима работы. Схема ЗНФ (Приложение Б, рисунок Б3) принимает сигнал от внешней сборки блок-контактов выключателя (через отдельный конфигурируемый дискретный вход) и с выдержкой времени DT106 действует в узлы отключения выключателя и контроля исправности электромагнитов управления. Через 1 секунду после действия на отключение, ЗНФ через выходное реле терминала К9 (Х102) и промежуточное реле К3 [8] обеспечивает действие на обесточивание контакторов электромагнитов отключения, которое блокируется на время наличия команды «Отключить» (КСТ), принимаемый через дискретный вход 26 терминала.

Схема ЗНФР при действии ЗНФ на отключение и срабатывании ПО $I_{ТЗНПШСТ}$ с выдержкой времени DT107 (92) действует в цепь пуска УРОВ, а также на пуск сигнала ВЧТО №1 (Приложение Б, рисунок Б2).

2.3.1 По сигналу о неполнофазном включении выключателя (от внешней сборки блок-контактов выключателя через отдельный конфигурируемый дискретный вход) действием ЗНФ производится автоматическое отключение включенных фаз выключателя с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне (0,01÷2,0) с.

Выдержка времени ЗНФ определяет допустимую длительность непереключения фаз выключателя, т.е. длительность нахождения в отключенном состоянии одной или двух фаз, перед тем, как защита от непереключения фаз осуществит трехфазное отключение выключателя. Это время должно быть меньше, чем допустимая длительность условий несимметричной нагрузки, которая вызвана несимметричным положением полюсов выключателя, но превышать допустимое время разновременности

включения выключателя с пофазным приводом. Согласно [9, Приложение V] указанное максимальное время $t_{В.РАЗНОВР} \leq 0,2\text{с}$.

Обычно, указанный параметр составляет $0,4 \div 0,6$ с.

2.3.2 Если принудительное отключение выключателя не ликвидирует неполнофазный режим, то с выдержкой времени (1с.), при отсутствии оперативной команды на отключение выключателя, схема ЗНФ формирует сигнал на обесточивание цепи управления контактора электромагнита отключения выключателя (защита ЭМО).

2.3.3 При фиксации неполнофазного включения выключателя и одновременном срабатывании ПО $I_{ТЗНП}$ 3 ст, действием ЗНФР (необходимость определяется пользователем) формируется сигнал на пуск УРОВ и запрет АПВ ШСВ (СВ) с выдержкой времени, регулируемой в диапазоне от $(0,10 \div 2,00)$ с.

Указанная выдержка времени должна превышать время действия ЗНФ на отключение включенных фаз выключателя (определяемое согласно п.2.3.1 выше) на собственное время отключения выключателя и степень селективности по времени.

2.4 Блокировка защит ШСВ (СВ) при неисправностях цепей напряжения (функция БНН)

2.4.1 Назначение функции «Блокировка при неисправностях цепей напряжения»

В случае неисправности цепей переменного напряжения, вызванного КЗ или обрывом проводов во вторичных цепях ТН, измерительные органы защит, в т.ч.: МТЗ с пуском по напряжению, защита при понижении/повышении напряжения и функция синхронизации, будут использовать неверное измерение напряжений. Как правило, эти защиты должны автоматически выводиться из действия. При этом контроль положения автоматического выключателя вторичных цепей ТН для целей блокирования защит не используется.

2.4.2 Описание функции БНН

Для реализации функции БНН в устройстве защиты используется совместное измерение фазных напряжений U_{AN} , U_{BN} , U_{CN} (основная вторичная обмотка ТН, соединенная по схеме «звезды с нулевым проводом») и напряжений $U_{НИ}$, $U_{ИК}$ (дополнительная вторичная обмотка ТН, соединенная по схеме «разомкнутого треугольника»). При исчезновении любого из напряжений «звезды» или «разомкнутого треугольника» в устройстве фиксируется напряжение небаланса $U_{БНН}$ и происходит срабатывание органа БНН.

При обнаружении неисправности в цепях напряжения, БНН формирует логический сигнал, который, в зависимости от заданного (пользователем) режима пуска I(II) ступени МТЗ от комбинированного ПО напряжения, действует следующим образом:

- на пуск МТЗ I(II) ступени без контроля напряжения;
- на блокировку МТЗ I(II) ступени с пуском по напряжению;
- на вывод пуска по напряжению в случае неисправности в цепях напряжения и пуск МТЗ I(II) ступени от сигнала БНН.

Сигнал о неисправности цепей напряжения с задержкой (5 с.) выдается на светодиодную сигнализацию и в цепи внешней сигнализации через выходное реле «Неисправность».

Выбор необходимого режима работы БНН производится программными накладками в соответствии с [8, пп.2.2.1, 2.3].

2.5 Выбор уставок устройства (функции) резервирования при отказе ШСВ (СВ) 110-220 кВ

Устройство (функция) резервирования отказа в отключении шиносоединительного (секционного) выключателя (УРОВ ШСВ/СВ) предназначено, в основном, для отключения питающих присоединений на смежной системе/секции шин, как правило, только при коротких замыканиях на данной секции/системе шин, сопровождаемых отказом в отключении ШСВ(СВ).

Алгоритм УРОВ шкафа реализован в соответствии с типовым принципом индивидуальной функции УРОВ присоединения (выключателя), при этом возможно выполнение универсального УРОВ как по схеме с дублированным пуском от защит (с использованием нормально-замкнутого контакта РПВ), так и по схеме с автоматической проверкой исправности выключателя (предварительное действие на повторное отключение выключателя). Возможно также использование удерживания (подхвата) пуска УРОВ на время действия ПО контроля тока УРОВ.

Функция УРОВ использует:

- пусковой орган тока;
- дискретные входы для приема внешних сигналов («Пуск УРОВ от ДЗШ» и «Пуск УРОВ от внешних защит»);
- узел логики УРОВ.

Выбор необходимого режима работы УРОВ производится программными накладками в соответствии с [8, п.2.2.3].

2.5.1 Основные принципы действия функции УРОВ ШСВ (СВ)

Пуск УРОВ осуществляется при действии защит на отключение выключателя. В основном, должен рассматриваться пуск УРОВ при срабатывании ДЗШ на отключение секционирующего аппарата, а также аналогичные действия собственных ступенчатых токовых защит ШСВ(СВ),

предназначенных только для опробования шин рабочим напряжением, или вводимые в работу в режиме вывода из работы ДЗШ данного РУ.

Как правило, применяется двухступенчатое действие УРОВ. В этом случае, первое действие УРОВ (с минимальной выдержкой, или без выдержки времени) без контроля тока в цепи ШСВ(СВ) повторяет команду отключения от защит, действуя (например) на вторую катушку отключения выключателя, а если отключения не происходит (условия пуска и/или протекание тока УРОВ сохраняются), то второе действие УРОВ (с контролем наличия минимального тока в цепи контролируемого выключателя) отключает выключатели смежных (питающих) присоединений с большей выдержкой времени через схему ДЗШ.

Для ШСВ (СВ) используется трехфазный пуск УРОВ с действием на трехфазное отключение выключателя (первая ступень УРОВ) и последующее трехфазное отключение смежных питающих присоединений (вторая ступень УРОВ).

2.5.2. Выбор уставок срабатывания УРОВ ШСВ (СВ)

Выбор уставок УРОВ сводится к выбору уставки по току срабатывания ПО тока и выдержки времени действия УРОВ на отключение смежных питающих присоединений.

2.5.2.1 Пусковой орган (ПО) УРОВ по току предназначен для возврата схемы УРОВ при отсутствии отказа выключателя и для определения отказавшего выключателя или выявления КЗ в зоне между выключателем и трансформатором тока с целью выбора требуемых действий устройства. Величина тока срабатывания ПО УРОВ должна выбираться, по возможности, минимальной. Рекомендованное значение тока срабатывания – от $(0,05 \div 0,1)I_{НОМ}$ присоединения.

Пороговое значение срабатывания тока УРОВ – уставка интегрированного контроля тока УРОВ (**Ток срабатывания ПО УРОВ**) относится ко всем трем фазам выключателя.

В общем случае уставка ПО по току должна быть на 10÷20% ниже минимального тока повреждения, при котором УРОВ должен работать. Значение тока срабатывания не должно быть слишком низким (выше возможного тока небаланса), иначе, в условиях отключения очень высокого тока, переходный процесс во вторичных цепях ТТ может привести к увеличению времени возврата УРОВ:

$$I_{\text{сз.ПО.УРОВ}} \leq \frac{I_{\text{РЗ.МИН}}}{K_{\text{ч}}} = 0,8 \cdot I_{\text{РЗ.МИН}}, \quad (2.5.1)$$

где $I_{\text{РЗ.МИН}}$ – минимальный ток, протекающий в месте подключения токовых цепей функции УРОВ при междуфазных КЗ и замыканиях на землю в зоне чувствительности защит, действующих на отключение с пуском УРОВ;

$K_{\text{ч}}=1,2$ – коэффициент чувствительности УРОВ.

2.5.2.2 В соответствии с индивидуальным принципом исполнения, УРОВ шкафа имеет выдержку времени, необходимую для фиксации отказа выключателя. Это позволяет отказаться от запаса по выдержке времени, который предусматривается в централизованных УРОВ с общей выдержкой времени для учета перехода КЗ с одной цепи двухцепной линии на другую и равен времени отключения двух выключателей. Кроме того необходимо учитывать исполнение функции УРОВ на современной микропроцессорной базе, которое обеспечивает высокую точность отсчета времени. В связи с изложенным выше, выдержка времени УРОВ может быть принята равной 0,2÷0,3с., что улучшает условия сохранения устойчивости энергосистемы и уменьшает выдержки времени резервных защит.

Выдержка времени основного действия УРОВ на отключение смежных питающих присоединений (**DT10 Задержка на срабатывание УРОВ**) должна учитывать максимальное время отключения выключателя, время возврата органа контроля протекания тока (ПО) и время запаса, которое учитывает погрешность органа выдержки времени.

Таким образом, минимальная выдержка времени основного действия УРОВ определяется по выражению:

$$T_{\text{ср.уров}} \geq T_{\text{ов}} + T_{\text{рт}} + \Delta t_{\text{зап}}, \quad (2.5.2)$$

где $T_{\text{ов}}$ – максимальное время отключения выключателя, которое определяется типом выключателя (ориентировочно это время составляет $(0,03 \div 0,08)$ с для исправного выключателя);

$T_{\text{рт}}$ – время возврата органа контроля протекания тока. Время возврата для синусоидальных токов составляет 15 мс. При ожидании насыщения трансформатора тока, время должно быть задано равным 25 мс.

$\Delta t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 0,1 с.

2.5.2.3 Выдержка времени на повторное отключение выключателя (DT11 Задержка на срабатывание УРОВ “на себя”) может приниматься в диапазоне:

$$T_{\text{ср.уров.насебя}} \geq 0,01 \div 0,1 \text{ с.} \quad (2.5.3)$$

Примечание – В большинстве случаев целесообразным является применение традиционного действия УРОВ на повторное отключение без выдержки времени ($T_{\text{ср.уров.насебя}} = 0,01$ с. – минимальная величина уставки).

2.5.2.4 Выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений DT11 Задержка на срабатывание УРОВ принимается (по опыту эксплуатации и с учетом степени селективности относительно времени действия первой ступени УРОВ):

$$T_{\text{ср.уров}} \geq 0,2 \div 0,3 \text{ с.} \quad (2.5.4)$$

Специальные пояснения

В процессе ликвидации КЗ возможен возврат действия **пуска УРОВ ШСВ(СВ) от внешних устройств и внутренних функций защиты** до истечения выдержки времени срабатывания УРОВ, вследствие изменения параметров (уменьшения токов, увеличения напряжений) повреждения и снижения чувствительности защит, действующих на отключение и пуск УРОВ

присоединения, что приведет к общему отказу этой функции или увеличению времени ликвидации повреждения действием УРОВ. Вероятность возникновения (при достаточной маловероятности) таких отказов должна определяться расчетом.

В целях повышения надежности УРОВ (для предотвращения преждевременного сброса команды пуска УРОВ), как правило, достаточно ввести удерживание (подхват) пуска УРОВ на время действия ПО контроля тока УРОВ в соответствии с [8, п.2.2.3].

2.6 Выбор уставок трехфазного автоматического повторного включения (ТАПВ) ШСВ (СВ) 110-220 кВ

С целью восстановления нормального режима работы и схемы электрических сетей после ликвидации КЗ, на ШСВ (СВ) рекомендуется применение ТАПВ (далее АПВ) однократного действия с заданными критериями (условиями) пуска, предусматривающими однократное опробование системы/секции шин после ее аварийного отключения действием ДЗШ, или восстановление нормального (предаварийного) режима работы РУ после успешной постановки шин под рабочее напряжение включением других присоединений, либо после действия делительных защит (учитывая возможные неселективные отключения СВ/ШСВ при срабатывании последних).

2.6.1 Основные принципы действия функции АПВ ШСВ (СВ)

Действие АПВ на включение выключателя осуществляется по факту несоответствия зафиксированной команды управления («включено») и положения выключателя («отключен») после срабатывания как внутренних функций устройства РЗА ШСВ(СВ), так и внешних устройств защиты на отключение выключателя в том числе: делительных токовых защит ШСВ (СВ), ДЗШ/УРОВ, резервных (делительных) защит питающих (авто)трансформаторов.

АПВ функционирует с контролем (проверкой) отключения выключателя, ожидания готовности АПВ после включения выключателя, проверкой (в необходимых случаях) наличия/отсутствия/синхронизма напряжений шин, и с заданной выдержкой времени (T цикла АПВ).

Существует возможность применения одно/двукратного АПВ ШСВ(СВ) в режимах:

- несинхронного («слепого») АПВ;
- с контролем отсутствия напряжения на данной секции (системе) шин при наличии напряжения на смежной секции (системе) шин;
- с контролем наличия синхронизма напряжений секций (систем) шин;
- с улавливанием синхронизма напряжений секций (систем) шин.

Выбор необходимого режима работы АПВ производится программными накладками в соответствии с [8, п.2.1].

2.6.2 Готовность действия и блокирование АПВ

После успешного оперативного или автоматического включения ШСВ (СВ), по окончании заданной выдержки времени готовности к повторному действию, все функции АПВ приходят в исходное состояние. Повреждения, происходящие после окончания выдержки времени готовности АПВ воспринимаются как новое КЗ в сети. Если повторное отключение (КЗ) имеет место до истечения времени готовности АПВ, предыдущий цикл АПВ считается неуспешным и повторный пуск АПВ не разрешается.

1-й и/или 2-й циклы АПВ могут быть предварительно заблокированы сигналами дискретных входов или внутренней логики устройства, при этом их пуск изначально не осуществляется. Если цикл АПВ уже начался, то при получении соответствующего сигнала будет осуществлен динамический запрет АПВ. Каждый цикл АПВ может индивидуально блокироваться внутренними функциями устройства или через дискретный вход. В этом случае, указанный цикл не реализуется.

Например, АПВ не пускается или дополнительно блокируется при ручном/автоматическом включении выключателя, действии УРОВ или устройств делительной/противоаварийной автоматики, а также при срабатывании ДЗШ с введенным запретом АПВ после действия ДЗШ.

В общем случае, предусмотрена возможность запрета (блокирования) действия АПВ:

- от ДЗШ – запрет АПВ1 и АПВ2;
- от ключа управления (КСТ) по команде «Отключить» – запрет АПВ1 и АПВ2;
- от оперативного переключателя – запрет АПВ1 и АПВ2;
- от УРОВ и других защит;
- при длительном отключенном положении выключателя;

- при действии ЗНФР;
- при переводе режима управления выключателем в положение «Местное» (в приводе выключателя);
- при аварийном снижении давления элегаза выключателя или ТТ.

Контроль исправности цепей напряжения шин.

Обнаружение неисправности цепей напряжения вызывает блокировку функции АПВ с контролем напряжения секций/систем шин. Неисправность цепей напряжения может быть обнаружена, например, при срабатывании контроля неисправности цепей напряжения, или при получении дискретного сигнала отключения автомата ТН с использованием дополнительной логики терминала.

2.6.3 Выбор основных расчетных параметров функции АПВ в части выдержек времени действия

Для функции автоматического повторного включения ШСВ (СВ) определяются основные расчетные параметры в следующих режимах его использования:

а) АПВ при опробовании системы/секции шин рабочим напряжением после ее повреждения и срабатывания ДЗШ (при отсутствии напряжения и наличии отдельных присоединений на опробуемой системе/секции шин);

б) АПВ при условии предварительного успешного опробования системы/секции шин рабочим напряжением после ее повреждения и срабатывания ДЗШ (при наличии синхронных напряжений шин и наличии присоединений на включаемой системе/секции шин);

в) АПВ после отключения СВ/ШСВ действием делительных защит (при отсутствии напряжения и наличии отдельных присоединений на опробуемой системе/секции шин);

г) АПВ после отключения СВ/ШСВ действием делительных защит (при наличии синхронных напряжений и наличии присоединений на обеих секциях/системах шин).

Учитывая вышеуказанные возможные режимы автоматического включения ШСВ (СВ), рассматриваются следующие условия выбора выдержек времени функции АПВ.

2.6.3.1 Длительность бестоковой паузы в цикле однократного АПВ (выдержка времени срабатывания АПВ на включение) выключателя, включаемого первым после срабатывания ДЗШ на отключение присоединений и пуск АПВ шин РУ открытого типа (опробование шин), выбирается по условию отстройки от времени деионизации среды в месте КЗ после его отключения, в соответствии со следующим выражением:

$$T_{\text{АПВ}} \geq T_{\text{д}} + T_{\text{зап}}, \quad (2.6.1)$$

где $T_{\text{д}}$ – время деионизации среды в месте КЗ на шинах ОРУ, значение которого зависит от метеорологических условий, значения и длительности протекания тока КЗ, от рабочего напряжения; для сетей 110-220 кВ учитываются следующие ориентировочные средние значения:

– $T_{\text{д}} = 0,17 \div 0,2$ с – при токах КЗ менее 15кА;

– $T_{\text{д}} = 0,3 \div 0,4$ с – при токах КЗ более 15кА;

$T_{\text{зап}} = 0,4 \div 0,5$ с – время запаса (степень селективности).

2.6.3.2 Длительность бестоковой паузы АПВ выключателя, включаемого вторым (или в числе последующих) после срабатывания ДЗШ и успешного АПВ шин, должно превышать выдержку времени АПВ шин на собственное время включения выключателя, с учетом погрешностей времени действия устройств АПВ и разбросов времени возврата в исходное положение контактора включения выключателя:

$$T_{\text{АПВ}} \geq T_{\text{АПВ1}} + T_{\text{вкл}} + \Delta T_{\text{АПВ1}} + \Delta T_{\text{АПВ2}} + T_{\text{зап}}, \quad (2.6.2)$$

где $T_{\text{АПВ1}}$ – выдержка времени АПВ выключателя, включаемого первым (например ЛЭП);

$T_{\text{вкл}}$ – время включения выключателя, включаемого первым;

$\Delta T_{\text{АПВ1}}, \Delta T_{\text{АПВ2}}$ – разбросы выдержек времени устройств АПВ первого и второго выключателей (в случае применения МП устройств защиты/управления, как правило, не учитываются);

$T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \div 0,8 \text{ с}$ – время запаса, учитывающее разбросы времени включения выключателя, времени возврата в исходное положение контактора включения.

Примечание – Время запаса бестоковой паузы АПВ выключателей, включаемых в процессе автоматической сборки схемы ОРУ после отключения шин от ДЗШ, может приниматься дифференцированно, в зависимости от характера присоединений, подключаемых к шинам поочередно, и необходимости ограничения параметров переходного процесса (бросков тока и напряжений включения при коммутации линий, трансформаторов, шунтирующих реакторов и пр.).

Кроме того, если в логике АПВ шин предусмотрен запрет АПВ при повторном срабатывании защиты шин (неуспешное АПВ шин), необходимо согласовать время срабатывания на включение первого и последующих присоединений шин, по выражению:

$$T_{\text{АПВ}} = T_{\text{АПВ1}} + T_{\text{ВКЛ}} + T_{\text{З.Ш}} + T_{\text{ЗАП}}, \quad (2.6.3)$$

где $T_{\text{З.Ш}}$ – время срабатывания защиты шин; $T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \div 0,8 \text{ с}$; $T_{\text{АПВ1, 2}}$ и $T_{\text{ВКЛ}}$ – то же что в (2.6.2) выше.

2.6.3.3 Длительность бестоковой паузы АПВ выключателя должна превышать время готовности механической части привода выключателя к повторному включению после отключения, в соответствии со следующим выражением:

$$T_{\text{АПВ}} \geq T_{\text{ГОТ.ПОВТ}} + T_{\text{ЗАП}}, \quad (2.6.4)$$

где $T_{\text{ГОТ.ПОВТ}}$ – время готовности к повторному включению. Для новых правильно отрегулированных приводов выключателей $T_{\text{ГОТ.ПОВТ}}$, как правило, не превышает $0,1 \div 0,2 \text{ с}$. Однако в условиях эксплуатации это время может быть большим ввиду износа механической части привода и др. неблагоприятных

причин. Если нет специальных данных, время готовности приводов выключателей принимается $T_{\text{ГОТ.ПОВТ}} = 0,4 \div 0,5$ с. Для воздушных выключателей данное условие учитывать необязательно.

$T_{\text{ЗАП}} = 0,3 \div 0,5$ с – время запаса, учитывающее непостоянство времени готовности привода и погрешность реле времени АПВ.

2.6.3.4 В случаях использования АПВ ШСВ (СВ) для восстановления нормальной схемы РУ после действия делительных защит выключателя или (авто)трансформаторов ПС, при выборе длительности цикла АПВ, необходимо учитывать время ликвидации повреждения на присоединении данной системы/секции шин резервными защитами противоположных концов линий и резервными защитами (авто)трансформаторов, присоединенных к данной системе/секции шин.

В качестве расчетного, рассматривается режим отключения с выдержками времени противоположных концов линий и (авто)трансформаторов, присоединенных к данной системе/секции шин РУ ПС, действием защит, резервирующих повреждение в конце присоединений этой системы/секции шин (после разделения шин РУ):

$$T_{\text{АПВ}} = (T_{\text{СЗ.ПК}} + T_{\text{ОТК.ПК}}) - (T_{\text{СЗ.ДС}} + T_{\text{ОТК.СВ}}) + T_{\text{Д}} - T_{\text{ВКЛ.СВ}} + T_{\text{ЗАП}}, \quad (2.6.5)$$

где $T_{\text{СЗ.ДС}}$, $T_{\text{ОТК.СВ}}$, $T_{\text{ВКЛ.СВ}}$ – наименьшие выдержки времени делительной защиты, времена отключения и включения ШСВ (СВ);

$T_{\text{СЗ.ПК}}$, $T_{\text{ОТК.ПК}}$ – наибольшая выдержка времени ступеней защиты и время отключения выключателя на противоположных сторонах линий, присоединенных к данной системе/секции шин;

$T_{\text{Д}} = 0,1 \div 0,3$ с – время деионизации среды;

$T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \div 0,7$ с – то же что в (2.6.2), выше.

Если для упрощения принять $T_{\text{ОТК.ПК}} = T_{\text{ОТКЛ.СВ}}$, то выражение (2.6.5) примет вид:

$$T_{\text{АПВ}} = T_{\text{СЗ.ПК}} - T_{\text{СЗ.ДС}} + T_{\text{Д}} - T_{\text{ВКЛ.СВ}} + T_{\text{ЗАП}}. \quad (2.6.5a)$$

В случаях когда при АПВ используется контроль наличия напряжения на шинах, выражение (2.6.5а) упрощается за счет того, что составляющие T_d и $T_{\text{Вкл.СВ}}$ учитывать не требуется. Уставки по времени для АПВ с контролем наличия напряжения на шинах при этом принимают следующий вид:

$$T_{\text{АПВ}} = T_{\text{СЗ.ПК}} - T_{\text{СЗ.ДС}} + T_{\text{ЗАП}}. \quad (2.6.5б)$$

Специальные пояснения

1. По результатам расчета длительности бестоковой паузы $T_{\text{АПВ}}$ принимается наибольшее из трех полученных значений в **пп.2.6.3.1÷2.6.3.4**, выше. В общем случае, это будет единая бестоковая пауза при всех видах АПВ.

2. В случае использования двух циклов АПВ с различными признаками (условиями) повторного включения выключателя, в соответствующем исполнении шкафа, могут быть реализованы две индивидуальные по продолжительности бестоковые паузы для АПВ шин и АПВ ШСВ (СВ) после действия делительных защит.

При этом, время бестоковой паузы АПВ ШСВ (СВ) после действия делительных защит должно приниматься максимальным (по преимуществу, это условия **п.2.6.3.4**), а время бестоковой паузы АПВ шин после срабатывания ДЗШ, в большинстве случаев должно определяться в соответствии с условиями **п.2.6.3.1÷п.2.6.3.3** которые обуславливают значительно меньшую ее длительность (например, для выключателя, первым подающего рабочее напряжение на шины ОРУ) – порядка 1,0÷1,5 с.

2.6.3.5 Минимальная выдержка времени подтверждения готовности функции АПВ к действию (запускаемая после включения выключателя, при отсутствии сигнала пуска АПВ), может быть определена из условия обеспечения однократного действия АПВ при повторном включении на устойчивое КЗ, согласно выражению:

$$T_{\text{ГОТОВ.АПВ}} \geq T_{\text{РЗ}} + T_{\text{ОТКЛ}} + T_{\text{ЗАП}}, \quad (2.6.6)$$

где $T_{\text{РЗ}}$ – максимальная выдержка времени действия ступеней защит, действующих на отключение ШСВ (СВ);

$T_{\text{ОТКЛ}}$ – время отключения выключателя;

$T_{\text{ЗАП}} = 0,4 \div 0,5$ с время запаса.

2.6.3.6 Выдержка времени включения выключателя от АПВ ($T_{\text{ВКЛ.АПВ}}$) определяет продолжительность действия выходного сигнала АПВ на включение. Эта уставка выбирается исходя из необходимости обеспечения минимальной длительности замкнутого состояния контактов реле включения от АПВ, при отсутствии подхвата от датчика тока ЭМВ согласно паспортным данным на выключатель:

$$T_{\text{ВКЛ.АПВ}} = T_{\text{ВВ}}, \quad (2.6.7)$$

где $T_{\text{ВВ}}$ – время включения выключателя по паспортным данным.

2.6.3.7 Выбор времени включения выключателя

Уставка времени включения выключателя ($T_{\text{ВКЛ}}$) используется в схеме улавливания синхронизма. Время включения выбирается исходя из паспортных данных на выключатель ($T_{\text{ВВ}}$), при отсутствии данных, время включения выключателя определяется опытным путем. После включения выключателя, по данным встроенного регистратора измеряется время между исчезновением сигнала РПО и появлением сигналов РПВ1 и РПВ2.

Также необходимо также учитывать время работы выходного реле терминала К5 ($T_{\text{ВЫХ.РЕЛЕ}}$), приблизительно равное 10 мс:

$$T_{\text{ВКЛ}} = T_{\text{ВВ}} + T_{\text{ВЫХ.РЕЛЕ}}. \quad (2.6.8)$$

2.6.3.8 Уставка по времени сброса готовности АПВ при длительно отключенном выключателе ($T_{\text{СБР}}$) должна быть отстроена от выдержек времени циклов АПВ.

В общем случае, при использовании однократного АПВ, выдержка времени сброса готовности рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{СБР}} \geq T_{\text{АПВ}} + T_{\text{ВКЛ}} + T_{\text{ЗАП}}, \quad (2.6.9)$$

где $T_{\text{АПВ}}$ – выдержка времени цикла АПВ;

$T_{\text{ВКЛ}}$ – время включения выключателя;

$T_{\text{ЗАП}}$ – время запаса.

2.6.4 Выбор основных расчетных параметров функции АПВ в части контроля наличия и синхронизма (КС) напряжений секций/систем шин

С помощью оперативного переключателя (установлен в шкафу защиты), который имеет 4 фиксированных положения, возможен выбор следующих режимов АПВ:

«Ш1» – АПВ первой системы шин (контроль отсутствия напряжения на шинах первой системы шин и наличия напряжения на шинах второй системы шин);

«Ш2» – АПВ второй системы шин (контроль отсутствия напряжения на шинах второй системы шин и наличия напряжения на шинах первой системы шин);

«U или КС» – АПВ с контролем синхронизма, или с контролем наличия напряжений;

«Слепое АПВ или АПВ Ш1/Ш2» – АПВ без контроля напряжений или АПВ первой / АПВ второй системы шин.

В последнем случае («Слепое АПВ или АПВ Ш1/Ш2») для окончательного выбора режима дополнительно используется программная накладка.

Возможность работы с контролем (улавливанием) синхронизма или с контролем наличия напряжений, выбираемая с использованием дополнительных программных накладок, имеется всегда (независимо от положения переключателя), но только при наличии напряжений как на первой, так и на второй системе/секции шин.

2.6.4.1 Уставки ИО в части контроля напряжений шин.

При выборе режима с контролем наличия напряжения или отсутствия напряжения необходимо иметь в виду, что в терминале автоматики управления выключателем предусмотрены независимые измерительные реле для контроля максимального и минимального напряжений на шинах №1 и на шинах №2 (на 1-й и/или 2-й системе/секции шин):

$$U_{Ш1} > U_{МАКС}, U_{Ш2} > U_{МАКС}, U_{Ш1} < U_{МИН}, U_{Ш2} < U_{МИН}.$$

Рекомендуемые значения напряжения срабатывания:

для ПО по минимальному напряжению:

$$U_{МИН} = (0,3 \div 0,4) U_{НОМ}; \quad (2.6.10)$$

для ПО по максимальному напряжению:

$$U_{МАКС} = (0,7 \div 0,8) U_{НОМ}. \quad (2.6.11)$$

Примечание – В соответствии с [10], порог напряжения, при превышении которого шины можно считать включенными (для контроля наличия/синхронизма напряжений на 1-й и/или 2-й системе/секции шин) согласно (2.6.11) выше, должен определяться по выражению:

$$U_{МАКС} = 0,9 U_{РАБ.МИН},$$

где $U_{РАБ.МИН}$ – минимальное рабочее (критическое) напряжение шин – большая из величин: $0,7 U_{НОМ}$ и $0,75 U_{НОРМ}$, где $U_{НОРМ}$ – напряжение в рассматриваемом узле нагрузки при нормальном режиме энергосистемы.

2.6.4.2 Уставки ИО в части контроля синхронизма напряжений шин.

Принцип действия ИО контроля напряжений и синхронизма поясняет рисунок 2.1, где:

$U_{Ш1}, U_{Ш2}$ – модули векторов напряжения первой и второй систем шин;

$\Delta U = U_{Ш1} - U_{Ш2}$ – разность модулей напряжений шин;

$\varphi_{Ш1}, \varphi_{Ш2}$ – фазы векторов напряжений $U_{Ш1}, U_{Ш2}$;

$\Delta \varphi = \varphi_{Ш1} - \varphi_{Ш2}$ – разность фаз векторов напряжений шин;

$\omega_{Ш1}, \omega_{Ш2}$ – угловые скорости векторов напряжений шин $U_{Ш1}, U_{Ш2}$.

Синхронизм между двумя участками (шины №1 и шины №2), соединяемых ШСВ(СВ), контролируется с помощью трех параметров – ΔU , $\Delta \varphi$, и Δf (рисунок 2.1), где Δf – разность частот напряжений на шинах №1 и шинах №2, величина пропорциональная разности угловых скоростей вращения, или изменению (приращению) разности фаз векторов напряжений шин.

Условия по синхронизму считаются выполненными, если все три контролируемых параметра находятся в пределах нормы.

Рекомендованные значения параметров:

$$\Delta U = 0,2U_{\text{НОМ}};$$

$$\Delta\varphi = (10\div 30)^\circ;$$

$\Delta f = 0,05$ Гц – для соединения частей схем, к которым предъявляются высокие требования по синхронизму, а также для важных межсистемных связей;

$\Delta f = 0,1$ Гц – для схем, допускающих большое время АПВ или для АПВ коротких линий;

$\Delta f = 0,2$ Гц – для схем с малым временем АПВ, где может ожидается большая разность частот.

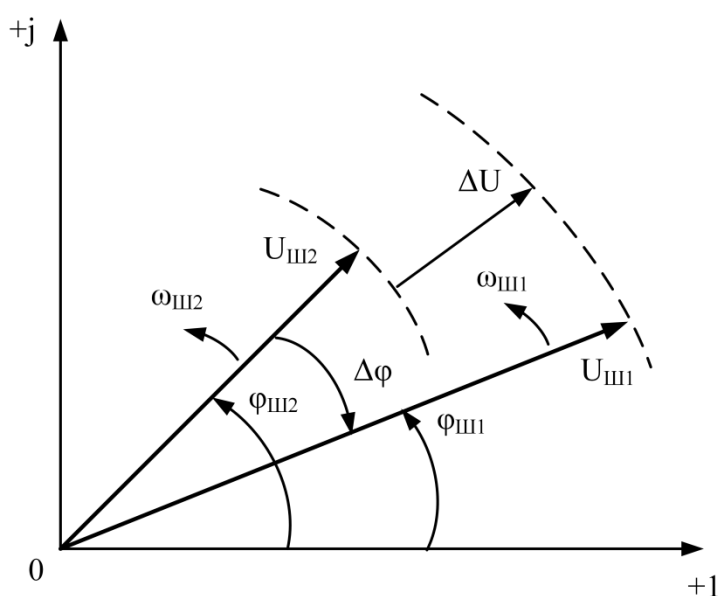


Рисунок 2.1 – К принципу действия ИО контроля напряжений и синхронизма

Уставки по синхронизму должны выбираться таким образом, чтобы максимально соответствовать ожидаемым параметрам по максимальному сдвигу фаз ($\Delta\varphi_{\text{МАКС}}$) и максимальной разности частот ($\Delta f_{\text{МАКС}}$). При правильном выборе уставок при АПВ будет обеспечено синхронное включение выключателя.

При выборе уставки $\Delta\varphi$ должно быть дополнительно обеспечено проверочное условие согласно выражению:

$$2 \cdot \Delta\varphi_{\text{МАКС}} / (\Delta f_{\text{МАКС}} \cdot 360^\circ) \geq T_{\text{ИО}} + T_{\text{ВКЛ}}, \quad (2.6.12)$$

где $T_{\text{ИО}}$ – время срабатывания ИО контроля синхронизма. Может быть принято равным 0,03 с;

$T_{\text{ВКЛ}}$ – время включения выключателя.

Примечание – В соответствии с [11] предельный угол срабатывания $\Delta\varphi_{\text{СР.АПВ}}$ органа КС (уставка максимальной разности фаз синхронных напряжений, см. выше) должен определяться из условий ниже.

1) При наличии обходных связей между 1-й и 2-й секциями/системами шин и отключенном ШСВ (СВ), нарушения синхронизма не происходит, но может увеличиться действительный угол $\varphi_{\text{Д}}$ между напряжениями указанных шин. В этих условиях, угол срабатывания органа КС $\varphi_{\text{СР}}$, т.е. угол, при котором блокируется действие АПВ на включение выключателя, определяется по выражению:

$$\Delta\varphi_{\text{СР.АПВ}} = K_{\text{Н}} \cdot \varphi_{\text{Д}}, \quad (2.6.13)$$

где $K_{\text{Н}} = 1,1 \div 1,2$ – коэффициент надежности;

$\varphi_{\text{Д}}$ – действительный расчетный угол между напряжениями между 1-й и 2-й секциями/системами шин (а, следовательно, на сторонах отключенного выключателя).

2) При отсутствии указанной выше обходной связи, разделившиеся после отключения ШСВ(СВ) части энергосистемы работают несинхронно. В этих условиях АПВ при больших углах между напряжениями должно блокироваться органом КС во избежание замыкания транзита с большим толчком тока или даже возникновения асинхронного хода. Для того, чтобы замыкание транзита происходило при угле, меньшем максимально допустимого по расчету значения $\varphi_{\text{МАКС}}$, угол срабатывания органа КС выбирается по выражению:

$$\Delta\varphi_{\text{СР.АПВ}} \leq \varphi_{\text{МАКС}} \cdot T_{\text{АПВ.КС}} / [K_{\text{Н}} \cdot (1 + K_{\text{В}}) \cdot T_{\text{ВКЛ}} + T_{\text{АПВ.КС}}], \quad (2.6.14)$$

где $\varphi_{\text{МАКС}}$ – максимально допустимый угол между напряжениями 1-й и 2-й секциями/системами шин; рекомендуется принимать не более $60 \div 70^\circ$ (при номинальных напряжениях шин);

$T_{\text{АПВ.КС}}$ – время срабатывания цикла АПВ с КС;

$T_{\text{ВКЛ}}$ – время включения выключателя;

$K_{\text{В}} = 0,95$ – коэффициент возврата органа КС;

$K_{\text{Н}} = 1,1$ – коэффициент надежности.

Приложение А

Бланк уставок
шкафа резервных защит
и автоматики управления секционным
(шиносоединительным) выключателем
типа **ШЭ2607 015**
(версия программного обеспечения 015_305)

Объект _____
Присоединение _____
Дата _____

Номинальное напряжение переменного тока, В	Оперативное напряжение постоянного тока, В	Номинальный ток $I_{НОМ}$, А	Дата выпуска	Заводской номер

Название подстанции (станции) _____

Причина выдачи уставок _____

Тип выключателя	
-----------------	--

Первичная/вторичная величина датчиков аналоговых входов	
Первичная величина датчика аналогового входа Ia B1	
Вторичная величина датчика аналогового входа Ia B1	
Первичная величина датчика аналогового входа Ia B2	
Вторичная величина датчика аналогового входа Ia B2	
Первичная величина датчика аналогового входа Ua	
Вторичная величина датчика аналогового входа Ua	
Первичная величина датчика аналогового входа Уни	
Вторичная величина датчика аналогового входа Уни	

Особая фаза в схеме ТН (фаза А, фаза В, фаза С)	
Направление векторов звезды и треугольника ТН (совпадает, не совпадает)	

Уставки ПО тока и напряжения заданы во вторичных величинах.

Расчет по формулам: $I_{ВТОР} = \frac{I_{ПЕРВ}}{k_{ТТ}}$, $U_{ВТОР} = \frac{U_{ПЕРВ}}{k_{ТН}}$.

Диапазоны регулирования и шаги изменения уставок заданы во вторичных величинах.

1. Уставки АУВ и АПВ

1.4 Уставки АУВ и АПВ

№	Наименование	Значение
1	Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения Ш1, В (60...100 шаг 1)	
2	Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения Ш1, В (10...80 шаг 1)	
3	Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения Ш2, В (60...100 шаг 1)	
4	Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения Ш2, В (10...80 шаг 1)	
5	Разность напряжений ИО контроля синхронизма, В (5...30 шаг 1)	
6	Угол между напряжениями ИО контроля синхронизма, град. (5...85 шаг 1)	
7	Скорость изменения угла ИО контроля синхронизма, Гц (0,05...0,4 шаг 0,01)	
8	Предельная скорость изменения угла ИО контроля синхронизма, Гц (0,05...2,0 шаг 0,01)	

1.2 Уставки по времени АУВ и АПВ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	DT113 Время включения выключателя, с (0,010...2,000 шаг 0,001)		
2	DT101 Время первого цикла АПВ, с (0,25...16 шаг 0,01)		
3	DT102 Время второго цикла АПВ, с (0,25...160 шаг 0,1)		
4	DT104 Время подготовки АПВ, с (5...120 шаг 1)		
5	DT108 Задержка на срабатывание защиты ЭМВ, с (1,0...2,0 шаг 0,1)		
6	DT109 Задержка на срабатывание защиты ЭМО1, с (1,0...2,0 шаг 0,1)		
7	DT110 Задержка на срабатывание защиты ЭМО2, с (1,0...2,0 шаг 0,1)		
8	DT106 Задержка на срабатывание ЗНФ, с (0,01...2,00 шаг 0,01)		
9	DT107 Задержка на срабатывание ЗНФР, с (0,10...2,00 шаг 0,01)		
10	DT103 Время включения от АПВ, с (0,00...2,00 шаг 0,01)		
11	DT100 Время сброса готовности АПВ при отключенном выключ.,с (10...840 шаг 1)		
12	DT105 Ожидание КС (УС), с (5...840 шаг 1)		

1.3. Логика работы АУВ и АПВ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	ХВ103 Контроль синхронизма (не предусмотрен, предусмотрен)		
2	ХВ104 Улавливание синхронизма (не предусмотрено, предусмотрено)		
3	ХВ111 Второй электромагнит отключения (не предусмотрен, предусмотрен)		
4	ХВ112 Обесточиван. ЭМ при приёме "Блокир. Вкл. И откл." (не предусмотрено, предусмотрено)		
5	ХВ102 Выбор режима АПВ (слепое АПВ, АПВ шин или линии)		
6	ХВ100 Второй цикл АПВ (предусмотрен, не предусмотрен)		
7	ХВ108 Отключение выкл от "Авар. Сниз. Давл. Элегаза в ТТ" (не предусмотрено, предусмотрено)		
8	ХВ113 Привод выключателя (трехфазный, пофазный)		
9	ХВ109 Контроль сигнализации АПВ от датчика тока ЭМВ (предусмотрен, не предусмотрен)		
10	ХВ107 Логика включения с КС (типовая, не типовая)		
11	ХВ106 Включение с контролем отсутствия напряжения (предусмотрено, не предусмотрено)		
12	ХВ101 Сброс готовности АПВ при откл. Выключателя (не предусмотрен, предусмотрен)		
13	ХВ116 Запрет АПВ при переводе выкл. В полож. «Местное» (не предусмотрен, предусмотрен)		

1.4. Уставки АВР

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	ХВ105 Выбор режима АВР (двусторонний, шин, линии)		
2	DT111 Задержка на срабатывание АВР Ш1, с (0,00...60,00 шаг 0,01)		
3	DT112 Задержка на срабатывание АВР Ш2, с (0,00...60,00 шаг 0,01)		

2. Уставки МТЗ

2.1. Уставки ПО МТЗ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Ток срабатывания ПО I ст. МТЗ, А (0,05 Inom ...30,00 Inom шаг 0,01)		
2	Ток срабатывания ПО II ст. МТЗ, А (0,05 Inom ...30,00 Inom шаг 0,01)		
3	Напряжение срабатывания ПО максимальн. Напряжения по U2 МТЗ, В (3,00 ...40,00 шаг 0,01)		
4	Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения МТЗ, В (10 ...80 шаг 1)		

2.2. Уставки по времени МТЗ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	DT01 Задержка на срабатывание I ст. МТЗ, с (0,05...27,00 шаг 0,01)		
2	DT02 Задержка на срабатывание II ст. МТЗ, с (0,05...27,00 шаг 0,01)		
3	DT03 Задержка на сраб. II ст. МТЗ при вкл. Выключателя, с (0,05...2,00 шаг 0,01)		
4	DT08 Время ввода ускорения II ст. при включении выключателя, с (0,7...2,0 шаг 0,1)		
5	DT13 Задержка на срабатывание МТЗ при оперативном ускорении, с (0,00...5,00 шаг 0,01)		

2.3. Логика работы МТЗ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	XB88 Контроль I ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения (не предусмотрен, с БНН, с выводом от БНН)		
2	XB89 Контроль II ст. МТЗ от комбинированного ПО напряжения (не предусмотрен, с БНН, с выводом от БНН)		
3	XB90 Режим пуска по напряжению (по Uмин, по Uмин или U2)		
4	XB87 Ускорение действия II ст. при включении выключателя (не предусмотрено, предусмотрено)		
5	XB92 Оперативно ускоряемая ступень МТЗ (I ступень, II ступень)		
6	XB91 Пуск УРОВ при действии МТЗ (не предусмотрен, предусмотрен)		

3. Уставки ТЗНП

3.1. Уставки ПО ТЗНП

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Ток срабатывания ПО I ст. ТЗНП, А (0,05 Iном ...30,00 Iном шаг 0,01)		
2	Ток срабатывания ПО II ст. ТЗНП, А (0,05 Iном ...30,00 Iном шаг 0,01)		
3	Ток срабатывания ПО III ст. ТЗНП, А (0,05 Iном ...30,00 Iном шаг 0,01)		

3.2. Уставки по времени ТЗНП

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	DT04 Задержка на срабатывание I ст. ТЗНП, с (0,00...15 шаг 0,01), с		
2	DT05 Задержка на срабатывание II ст. ТЗНП, с (0,05...15 шаг 0,01), с		
3	DT07 Задержка на срабатывание III ст. ТЗНП, с (0,05...15 шаг 0,01), с		
4	DT06 Задержка на срабатыв. Ускор. ТЗНП при вкл. Выключателя, с (0,05...5,00 шаг 0,01), с		
5	DT09 Время ввода ускорения II(или III)ст. при вкл. Выключателя (0,7...2,0 шаг 0,1), с		
6	DT12 Задержка на срабатывание ТЗНП при оперативном ускорении, с (0,00...5,00 шаг 0,01)		

3.3. Логика работы ТЗНП

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	XB28 Ускорение ТЗНП при включении выключателя (не предусмотрено, предусмотрено)		
2	XB27 Ускоряемая ступень ТЗНП при включении выключателя (II ступень, III ступень)		
3	XB30 Оперативно ускоряемая ступень ТЗНП (I ступень, II ступень, III ступень)		
4	XB29 Пуск УРОВ при действии ТЗНП (не предусмотрен, предусмотрен)		

4. Уставки УРОВ

4.1. Уставки ПО УРОВ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Ток срабатывания ПО УРОВ, А ($0,04 I_{НОМ} \dots 0,50 I_{НОМ}$ шаг 0,01)		

4.2. Уставки по времени УРОВ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	DT10 Задержка на срабатывание УРОВ, с (0,10...0,60 шаг 0,01)		
2	DT11 Задержка на срабатывание УРОВ "на себя", с (0,01...0,20 шаг 0,01)		

4.3. Логика работы УРОВ

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	XB5 Подтверждение пуска УРОВ от сигнала РПВ (предусмотрено, не предусмотрено)		
2	XB6 Действие УРОВ "на себя" (не предусмотрено, предусмотрено)		
3	XB114 Пуск УРОВ при действии ЗНФР (не предусмотрен, предусмотрен)		
4	XB115 Подхват пуска УРОВ от ПО тока УРОВ (не предусмотрен, предусмотрен)		

5. Ресурс выключателя

5.1 Уставки по времени

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	DT_RES Время начала расхождения контактов, с (0,001...0,200 шаг 0,001)		

5.2 Логика работы

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Контроль ресурса выключателя (выведен, введен)		
2	XB_RESURS Выбор вида контроля ресурса (RMS, I2t)		
3	Пуск расчета ресурса выключателя от сигнала N	319	Отключение выключателя
4	Сброс счётчиков ресурса выключателя (нет, да)		

5.3. Механический ресурс

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Число коммутаций (0...10000)		
2	Аварийный порог числа коммутаций, % (1,0...100,0 шаг 0,1)		
3	Допустимое число коммутаций (0...10000)		

5.4. Коммутационный ресурс выключателя RMS

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Расход коммутационного ресурса RMS фаза А, % (0,00...100,00 шаг 0,01)		
2	Расход коммутационного ресурса RMS фаза В, % (0,00...100,00 шаг 0,01)		
3	Расход коммутационного ресурса RMS фаза С, % (0,00...100,00 шаг 0,01)		
4	Аварийный порог выработки ресурса(износа контактов) RMS, % (1,0...100,0 шаг 0,1)		

5.5. Зависимость числа коммутаций выключателя от тока(RMS)

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Ток точки 1 (минимальный), кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
2	Число коммутаций точки 1 (1...10000 шаг 1)		
3	Ток коммутационного ресурса точки 2, кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
4	Число коммутаций точки 2 (1...10000 шаг 1)		
5	Ток коммутационного ресурса точки 3, кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
6	Число коммутаций точки 3 (1...10000 шаг 1)		
7	Ток коммутационного ресурса точки 4, кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
8	Число коммутаций точки 4 (1...10000 шаг 1)		
9	Ток коммутационного ресурса точки 5, кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
10	Число коммутаций точки 5 (1...10000 шаг 1)		
11	Ток коммутационного ресурса точки 6, кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
12	Число коммутаций точки 6 (1...10000 шаг 1)		
13	Ток коммутационного ресурса точки 7, кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
14	Число коммутаций точки 7 (1...10000 шаг 1)		
15	Ток коммутационного ресурса точки 8, кА (0,10...75,00 шаг 0,01)		
16	Число коммутаций точки 8 (1...10000 шаг 1)		

5.6. Коммутационный ресурс выключателя I2t

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	Суммарное значение I2t фазы А, А2t (0,000...20000,00 шаг 0,001)		
2	Суммарное значение I2t фазы В, А2t (0,000...20000,00 шаг 0,001)		
3	Суммарное значение I2t фазы С, А2t (0,000...20000,00 шаг 0,001)		
4	Максимальное значение ресурса по I2t, А2t (0...20000 шаг 1)		
5	Аварийный порог коммутационного ресурса по I2t, % (1,0...100,0 шаг 0,1)		

6. Дополнительная логика и выдержки времени

6.1. Дополнительная логика и выдержки времени

№	Наименование	Значение	
		1	2
1	DT200 от дискретного сигнала №	-	
2	DT200 Задержка на срабатывание, с (0,00...27,00 шаг 0,01)		
3	DT201 от дискретного сигнала №	-	
4	DT201 Задержка на срабатывание, с (0,00...210,00 шаг 0,01)		
5	DT203 от дискретного сигнала №	-	
6	DT203 Задержка на срабатывание, с (0,0...840,0 шаг 0,1)		
7	DT202 от дискретного сигнала №	-	
8	DT202 Задержка на возврат, с (0,00...27,00 шаг 0,01)		
9	DT204 от дискретного сигнала №	-	
10	DT204 Задержка на возврат, с (0,00...27,00 шаг 0,01)		
11	XB200 Программная накладка (не предусмотрена, предусмотрена)		

7. Уставки служебных параметров

7.1 Конфигурирование дискретных входов

Служебные параметры / Конфигурирование дискретных входов для групп уставок

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Прием 0 бита группы уставок по входу N	91 Бит 0 гр.уставок	
2	Прием 1 бита группы уставок по входу N	-	
3	Прием 2 бита группы уставок по входу N	-	

Служебные параметры / Конфигурирование электронных ключей для групп уставок

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Прием сигнала выбора 1 группы уставок по входу N	451 1 группа уставок	
2	Прием сигнала выбора 2 группы уставок по входу N	453 2 группа уставок	
3	Прием сигнала выбора 3 группы уставок по входу N	455 3 группа уставок	
4	Прием сигнала выбора 4 группы уставок по входу N	457 4 группа уставок	
5	Прием сигнала выбора 5 группы уставок по входу N	459 5 группа уставок	
6	Прием сигнала выбора 6 группы уставок по входу N	461 6 группа уставок	
7	Прием сигнала выбора 7 группы уставок по входу N	463 7 группа уставок	

Служебные параметры / Конфигурирование переключателей SA

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Прием сигнала вывода ТЗНП по входу N	68 Вывод ТЗНП	
2	Прием сигнала вывода МТЗ по входу N	69 Вывод МТЗ	
3	Прием сигнала вывода УРОВ по входу N	70 Вывод УРОВ	
4	Прием сигнала на запрет АПВ1 по входу N	80 Запрет АПВ1	
5	Прием сигнала на запрет АПВ2 по входу N	81 Запрет АПВ2	
6	Прием сигнала разрешения включения с КС по входу N	71 Включение с КС	
7	Прием сигнала ввода ОУ МТЗ по входу N	-	
8	Прием сигнала ввода ОУ ТЗНП по входу N	-	
9	SA1_VIRT по входу N	-	
10	SA2_VIRT по входу N	-	
11	SA3_VIRT по входу N	-	

Служебные параметры / Конфигурирование дискретных входов

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Прием сигнала команды включения (КСС) по входу N	89 Команда включения	
2	Прием сигнала команды отключения (КСТ) по входу N	90 Команда отключения	
3	Прием сигнала пуска УРОВ от ДЗШ по входу N	67 Пуск УРОВ от ДЗШ	
4	Прием сигнала пуска УРОВ от внешних защит по входу N	65 Пуск УРОВ от внешних защит	
5	Прием сигнала об авар. Снижении давления элегаза в ТТ по входу N	66 Авар. Сниж. Давл. Элегаза в ТТ	
6	Прием сигнала о низком давлении элегаза в ТТ по входу N	-	
7	Прием сигнала пуска ЗНФ от БК по входу N	79 Пуск ЗНФ	
8	Прием сигнала блокировки включения и отключения по входу N	85 Блокир. Включения и отключ.	
9	Прием сигнала блокировки включения по входу N	-	
10	Прием сигнала о низком давлении элегаза по входу N	84 Низкое давление элегаза	
11	Прием сигнала неисправности обогрева выключателя по входу N	83 Неиспр. Обогрева выключателя	
12	Прием сигнала неисправ. Цепей опертока по входу N	86 Неисправность цепей опертока	
13	Прием сигнала отключения заводки пружин по входу N	87 Заводка пружин отключена	
14	Прием сигнала о незаведенной пружине по входу N	88 Пружина не заведена	
15	Прием сигнала о переводе выкл. В полож. "Местное" по входу N	82 Местное управление	
16	Прием сигнала УРОВ стороны НН по входу N	-	
17	Прием сигнала на блокировку АПВ по входу N	-	
18	Прием сигнала блокировки включения с ОН по входу N	-	
19	Прием сигнала на включение выключателя по входу N	-	
20	Прием сигнала на отключение выключателя по входу N	-	
21	Прием сигнала на установку триггера по входу N	-	
22	Прием сигнала на сброс триггера по входу N	-	
23	Прием сигнала сброса РФП по входу N	-	

Служебные параметры / Конфигурирование ступеней МТЗ, ТЗНП

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Прием сигнала вывода I ступени МТЗ по входу N	-	
2	Прием сигнала вывода II ступени МТЗ по входу N	-	
3	Прием сигнала вывода I ступени ТЗНП по входу N	-	
4	Прием сигнала вывода II ступени ТЗНП по входу N	-	
5	Прием сигнала вывода III ступени ТЗНП по входу N	-	

Служебные параметры / Дополнительная логика

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Прием сигнала на сраб. Защиты и отключение от дискр. Сигнала N	-	
2	Прием сигнала пуска УРОВ от дискретного сигнала N	-	
3	ПО УРОВ от дискретного сигнала N	379 Внутренний ПО УРОВ	
4	Прием сигнала на запрет АПВ1 от дискретного сигнала N	-	
5	Прием сигнала на запрет АПВ2 от дискретного сигнала N	-	
6	Прием сигнала запрета АПВ от дискретного сигнала N	-	
7	Прием сигн. Нетиповой логики вкл. С КС от дискретного сигнала N	-	

7.2. Назначение дискретных логических сигналов на выходные реле

Служебные параметры / Конфигурирование выходных реле

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Вывод на выходное реле К1 дискретного сигнала N	-	
2	Вывод на выходное реле К2 дискретного сигнала N	-	
3	Вывод на выходное реле К3 дискретного сигнала N	404 Защита ЭМО2	
4	Вывод на выходное реле К4 дискретного сигнала N	319 Отключение выключателя	
5	Вывод на выходное реле К5 дискретного сигнала N	432 Включение выключателя	
6	Вывод на выходное реле К6 дискретного сигнала N	40 ПО минимального напряжения Ш2	
7	Вывод на выходное реле К7 дискретного сигнала N	74 РПО	
8	Вывод на выходное реле К8 дискретного сигнала N	381 Действие УРОВ	
9	Вывод на выходное реле К9 дискретного сигнала N	408 В цепь контактора ЭМВ и ЭМО	
10	Вывод на выходное реле К10 дискретного сигнала N	-	
11	Вывод на выходное реле К11 дискретного сигнала N	-	
12	Вывод на выходное реле К12 дискретного сигнала N	426 КСС (выход)	
13	Вывод на выходное реле К13 дискретного сигнала N	319 Отключение выключателя	
14	Вывод на выходное реле К14 дискретного сигнала N	326 Срабатывание защиты	
15	Вывод на выходное реле К15 дискретного сигнала N	406 Защита ЭМО1, ЭМВ	
16	Вывод на выходное реле К16 дискретного сигнала N	381 Действие УРОВ	

7.3. Назначение дискретных логических сигналов на светодиоды

Служебные параметры / Конфигурирование светодиодов

№	Логические сигналы	Логический сигнал назначен на дискретный вход № (по умолчанию)	Ввести № дискретного входа
1	Светодиод 1 от дискретного сигнала N	358 I ступень МТЗ	
2	Светодиод 2 от дискретного сигнала N	359 II ступень МТЗ	
3	Светодиод 3 от дискретного сигнала N	338 Ускорение МТЗ при включении выключателя	
4	Светодиод 4 от дискретного сигнала N	305 I ст. ТЗНП	
5	Светодиод 5 от дискретного сигнала N	306 II ст. ТЗНП	
6	Светодиод 6 от дискретного сигнала N	307 III ст. ТЗНП	
7	Светодиод 7 от дискретного сигнала N	340 Ускорение ТЗНП при включении выключателя	
8	Светодиод 8 от дискретного сигнала N	382 Действие УРОВ "на себя"	
9	Светодиод 9 от дискретного сигнала N	381 Действие УРОВ	
10	Светодиод 10 от дискретного сигнала N	411 Работа 1 цикла АПВ	
11	Светодиод 11 от дискретного сигнала N	412 Работа 2 цикла АПВ	
12	Светодиод 12 от дискретного сигнала N	427 ЗНФ	
13	Светодиод 13 от дискретного сигнала N	428 ЗНФР	
14	Светодиод 14 от дискретного сигнала N	430 Ожидание синхронизма	
15	Светодиод 15 от дискретного сигнала N	-	
16	Светодиод 17 от дискретного сигнала N	280 Неисправность цепей напряжения	
17	Светодиод 18 от дискретного сигнала N	418 Неисправность цепей опертока	
18	Светодиод 19 от дискретного сигнала N	416 Низкое давление элегаза	
19	Светодиод 20 от дискретного сигнала N	420 Пружина не заведена	
20	Светодиод 21 от дискретного сигнала N	419 Заводка пружин отключена	
21	Светодиод 22 от дискретного сигнала N	417 Блокировка включения и отключения	

22	Светодиод 23 от дискретного сигнала N	421 Неисправность цепей управления	
23	Светодиод 24 от дискретного сигнала N	414 Неисправность обогрева выключ.	
24	Светодиод 25 от дискретного сигнала N	429 Местное управление	
25	Светодиод 26 от дискретного сигнала N	413 Авар. Снижение давлен. Элегаза в ТТ	
26	Светодиод 27 от дискретного сигнала N	-	
27	Светодиод 28 от дискретного сигнала N	-	
28	Светодиод 29 от дискретного сигнала N	-	
29	Светодиод 30 от дискретного сигнала N	-	
30	Светодиод 31 от дискретного сигнала N	-	
31	Светодиод 33 от дискретного сигнала N	-	
32	Светодиод 34 от дискретного сигнала N	-	
33	Светодиод 35 от дискретного сигнала N	-	
34	Светодиод 36 от дискретного сигнала N	-	
35	Светодиод 37 от дискретного сигнала N	-	
36	Светодиод 38 от дискретного сигнала N	-	
37	Светодиод 39 от дискретного сигнала N	-	
38	Светодиод 40 от дискретного сигнала N	-	
39	Светодиод 41 от дискретного сигнала N	-	
40	Светодиод 42 от дискретного сигнала N	-	
41	Светодиод 43 от дискретного сигнала N	-	
42	Светодиод 44 от дискретного сигнала N	-	
43	Светодиод 45 от дискретного сигнала N	-	
44	Светодиод 46 от дискретного сигнала N	-	
45	Светодиод 47 от дискретного сигнала N	-	
46	Светодиод 48 от дискретного сигнала N	-	

7.4. Настройка светодиодов терминала

Служебные параметры / Фиксация состояния светодиода;

Служебные параметры / Маска сигнализации срабатывания (неисправности)

Служебные параметры / Цвет светодиода

№ светодиода	Настройка светодиодов (по умолчанию)				Настройка светодиодов			
	фиксация	срабатывание	неисправность	Цвет	фиксация	срабатывание	неисправность	Цвет
Светодиод 1	V	V		красный				
Светодиод 2	V	V		красный				
Светодиод 3	V	V		красный				
Светодиод 4	V	V		красный				
Светодиод 5	V	V		красный				
Светодиод 6	V	V		красный				
Светодиод 7	V	V		красный				
Светодиод 8	V	V		красный				
Светодиод 9	V	V		красный				
Светодиод 10	V	V		красный				
Светодиод 11	V	V		красный				
Светодиод 12	V		V	красный				
Светодиод 13				зеленый				
Светодиод 14				красный				
Светодиод 15	V	V		красный				
Режим теста			V	красный				
Светодиод 17	V		V	красный				
Светодиод 18	V		V	красный				
Светодиод 19	V		V	красный				
Светодиод 20	V		V	красный				
Светодиод 21	V		V	красный				
Светодиод 22	V		V	красный				
Светодиод 23	V		V	красный				
Светодиод 24	V		V	красный				
Светодиод 25	V		V	красный				
Светодиод 26	V		V	красный				
Светодиод 27	V		V	красный				
Светодиод 28	V		V	красный				
Светодиод 29	V		V	красный				
Светодиод 30	V		V	красный				
Светодиод 31	V		V	красный				
РФП	V			зеленый				
Светодиод 33	V			красный				
Светодиод 34	V			красный				
Светодиод 35	V			красный				
Светодиод 36	V			красный				
Светодиод 37	V			красный				
Светодиод 38	V			красный				
Светодиод 39	V			красный				

№ светодиода	Настройка светодиодов (по умолчанию)				Настройка светодиодов			
	фиксация	срабатывание	неисправность	Цвет	фиксация	срабатывание	неисправность	Цвет
Светодиод 40	V			красный				
Светодиод 41	V			красный				
Светодиод 42	V			красный				
Светодиод 43	V			красный				
Светодиод 44	V			красный				
Светодиод 45	V			красный				
Светодиод 46	V			красный				
Светодиод 47	V			красный				
Светодиод 48	V			красный				

8. Положение переключателей шкафа

Таблица 24 – Положение переключателей шкафа

№	Наименование	Значение
1	SA1 ТЗНП (Работа / Вывод)	
2	SA2 МТЗ (Вывод / Работа)	
3	SA3 УРОВ (Вывод / Работа)	
4	SA4 Режим включения (без КС / с КС)	
5	SA5 Комплект (Работа / Вывод)	
6	SA6 Режимы АПВ (Слепое АПВ / Ш1 / Ш2 / У или КС)	
7	SA7 Запрет АПВ от ДЗШ (Вывод / Работа)	
8	SA8 АПВ2 (Вывод / Работа)	
9	SA9 АПВ (Вывод / Работа)	
10	SA12 Цепи УРОВ (Вывод / Работа)	
11	SA13 Группа уставок (1 / 2)	

9. Дополнительные требования

Расчет выполнил _____
 Куратор _____
 Начальник ЦСРЗА _____
 _____ (ФИО) _____ (подпись)
 Дата _____

Приложение Б

Функциональные схемы логики РЗ и АУВ шкафа ШЭ2607 015

В Приложении Б приведены функциональные схемы логики УРОВ, РЗ и АУВ в шкафах типа ШЭ2607 015_300.

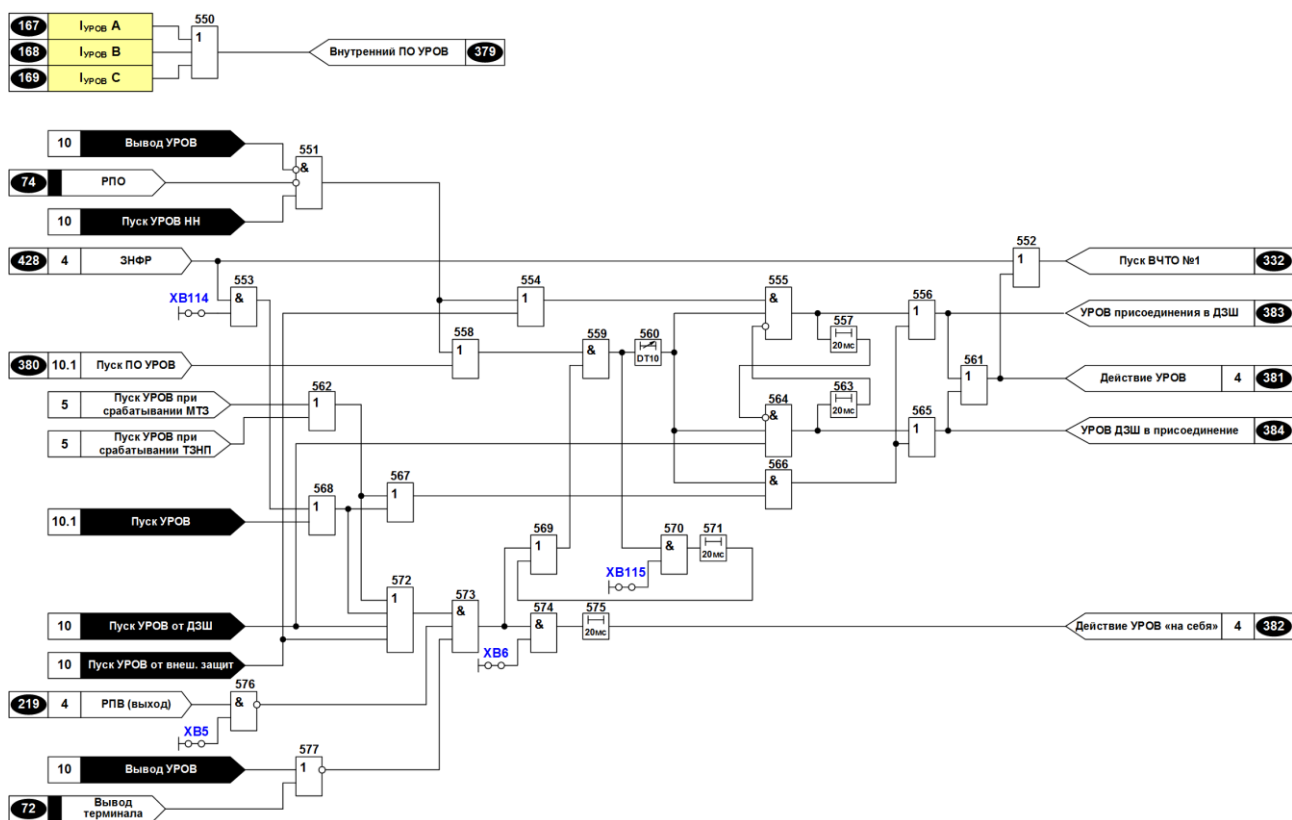


Рисунок Б1 – Функциональная схема логической части УРОВ

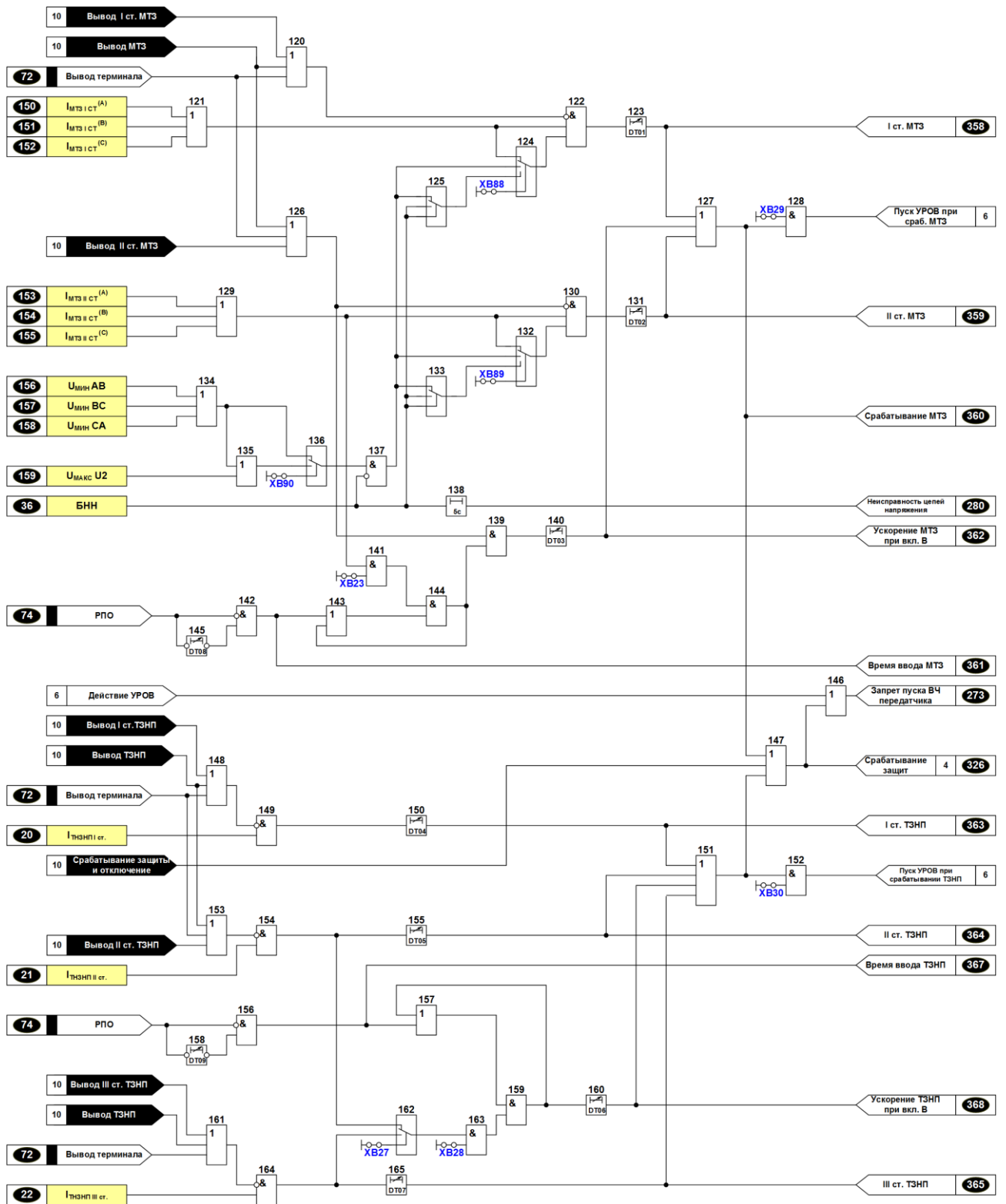


Рисунок Б2 – Функциональная схема логической части защит

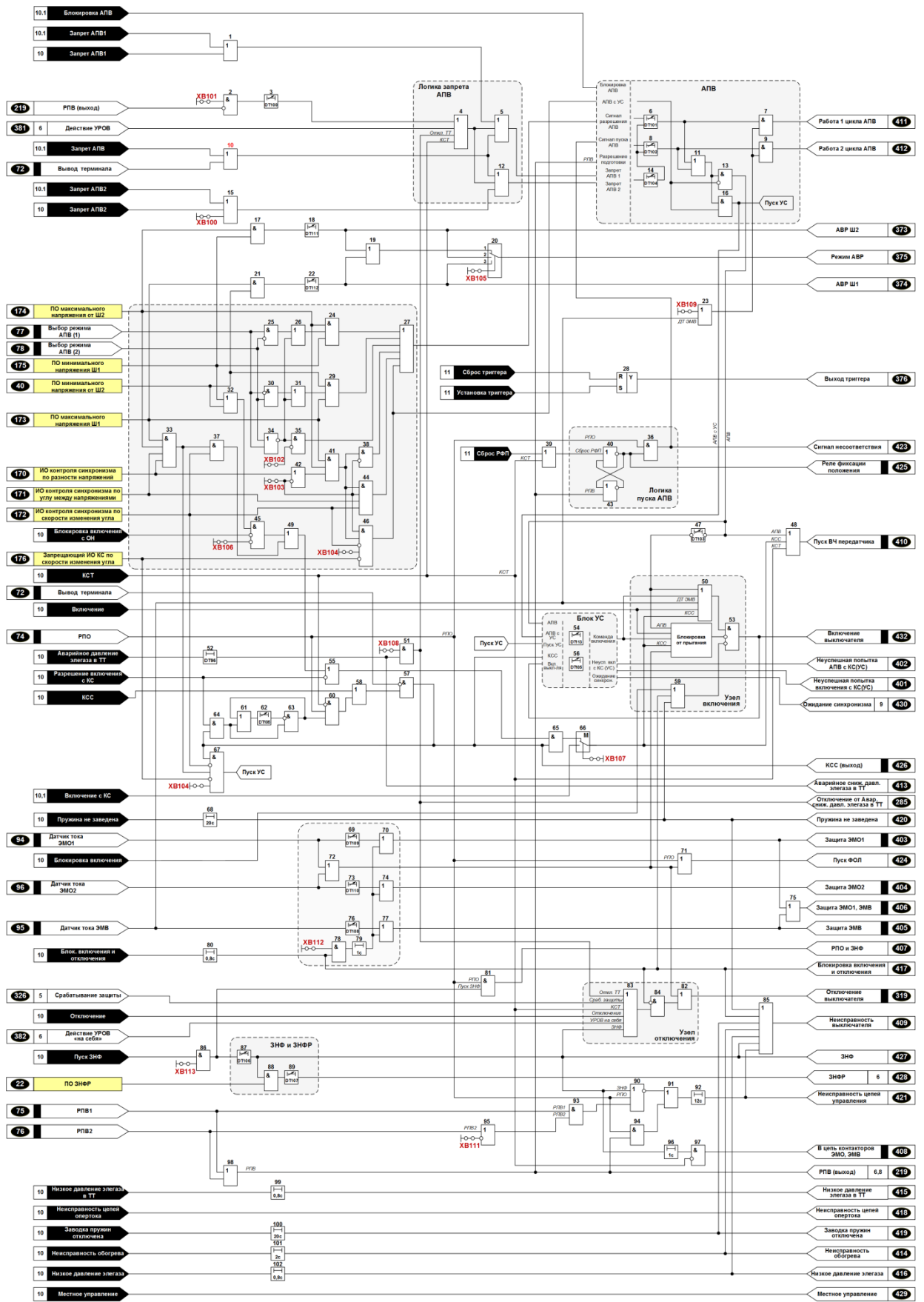
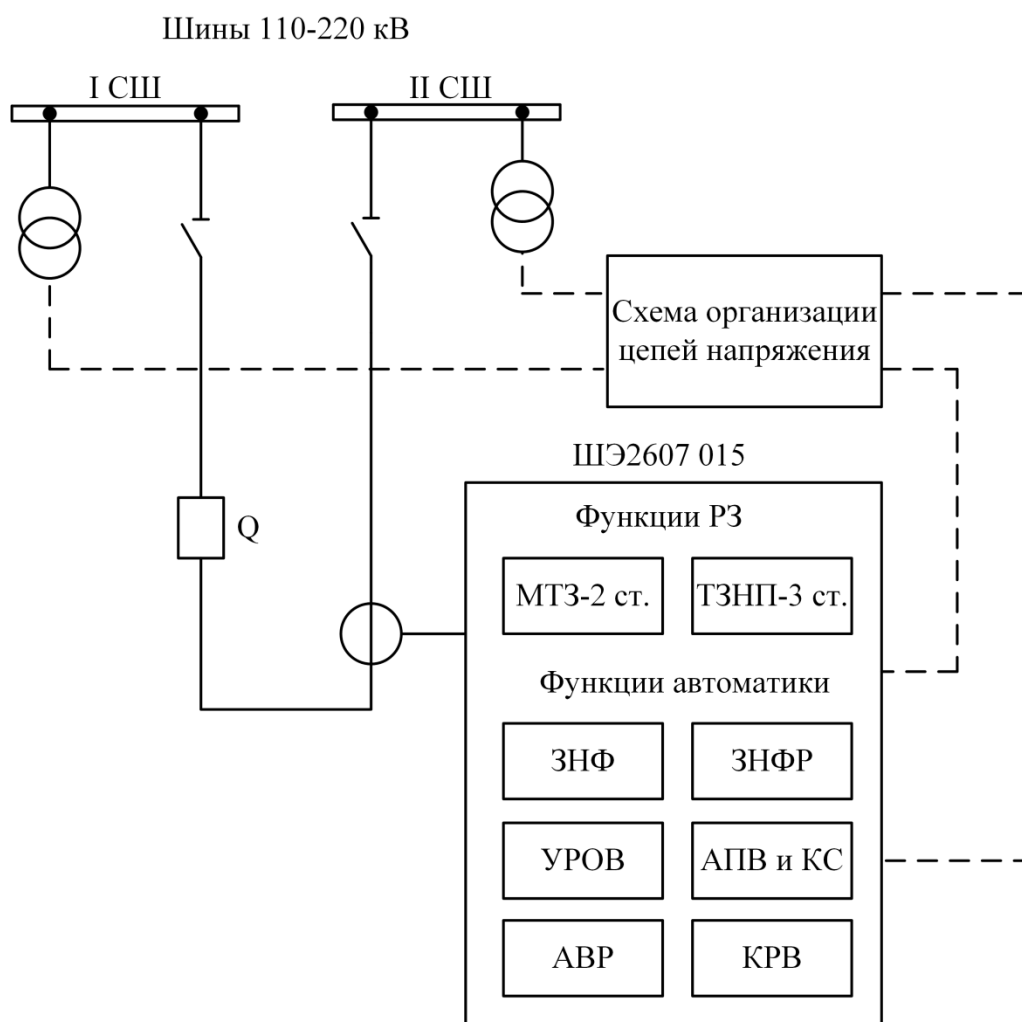


Рисунок Б3 – Функциональная схема логической части АУВ

Приложение В

Схема привязки функций РЗ и АУВ ШСВ (СВ) ШЭ2607 015



Приложение Г

Поясняющие схемы согласования делительных защит

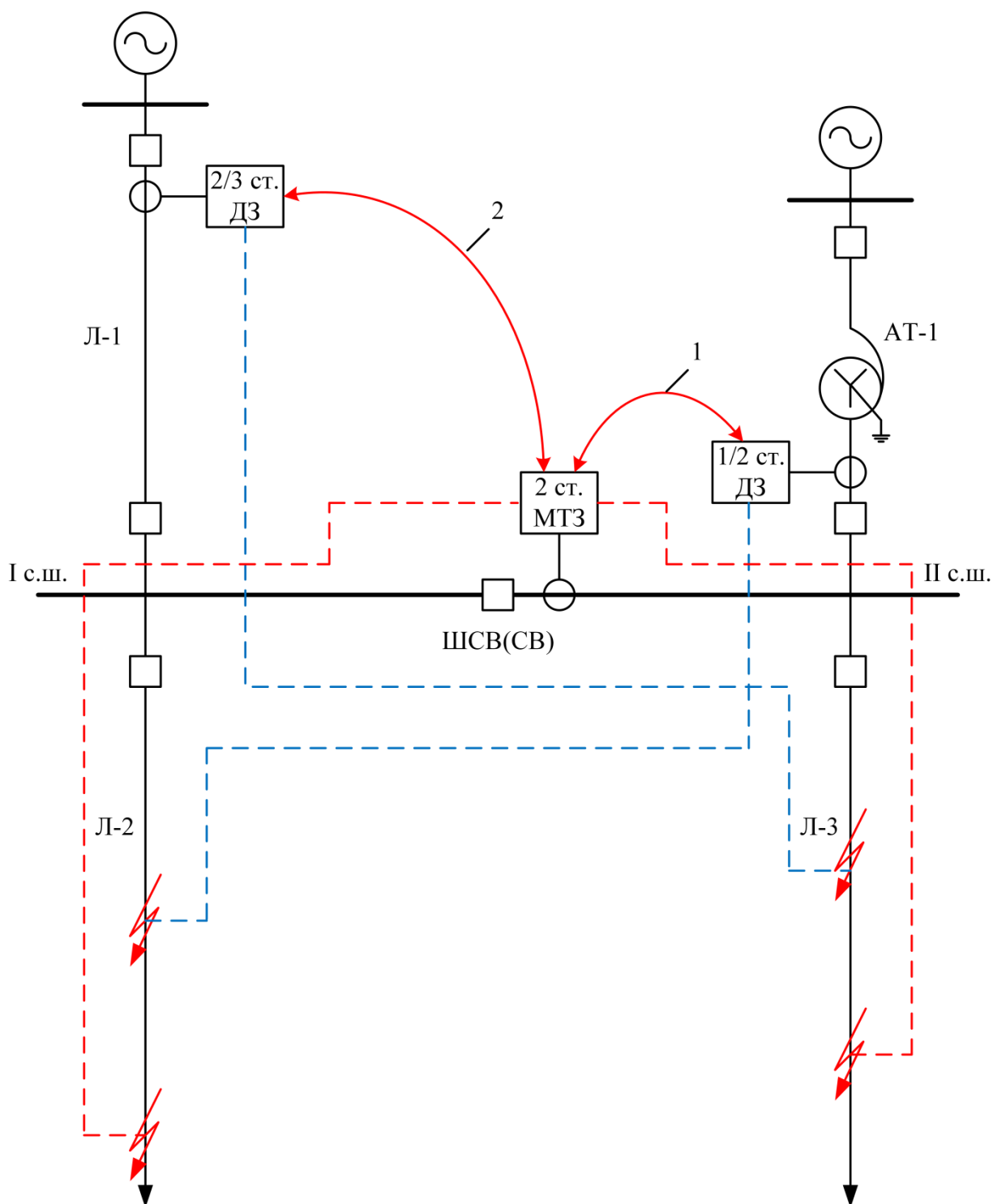


Рисунок Г1 – Принцип согласования 2 ступени МТЗ ШСВ(СВ) по току срабатывания с защитами питающих присоединений РУ для опережающего деления шин: 1 – согласование в направлении присоединений 1 секции шин; 2 – согласование в направлении присоединений 2 секции шин; пунктиром показаны зоны чувствительности согласуемых защит

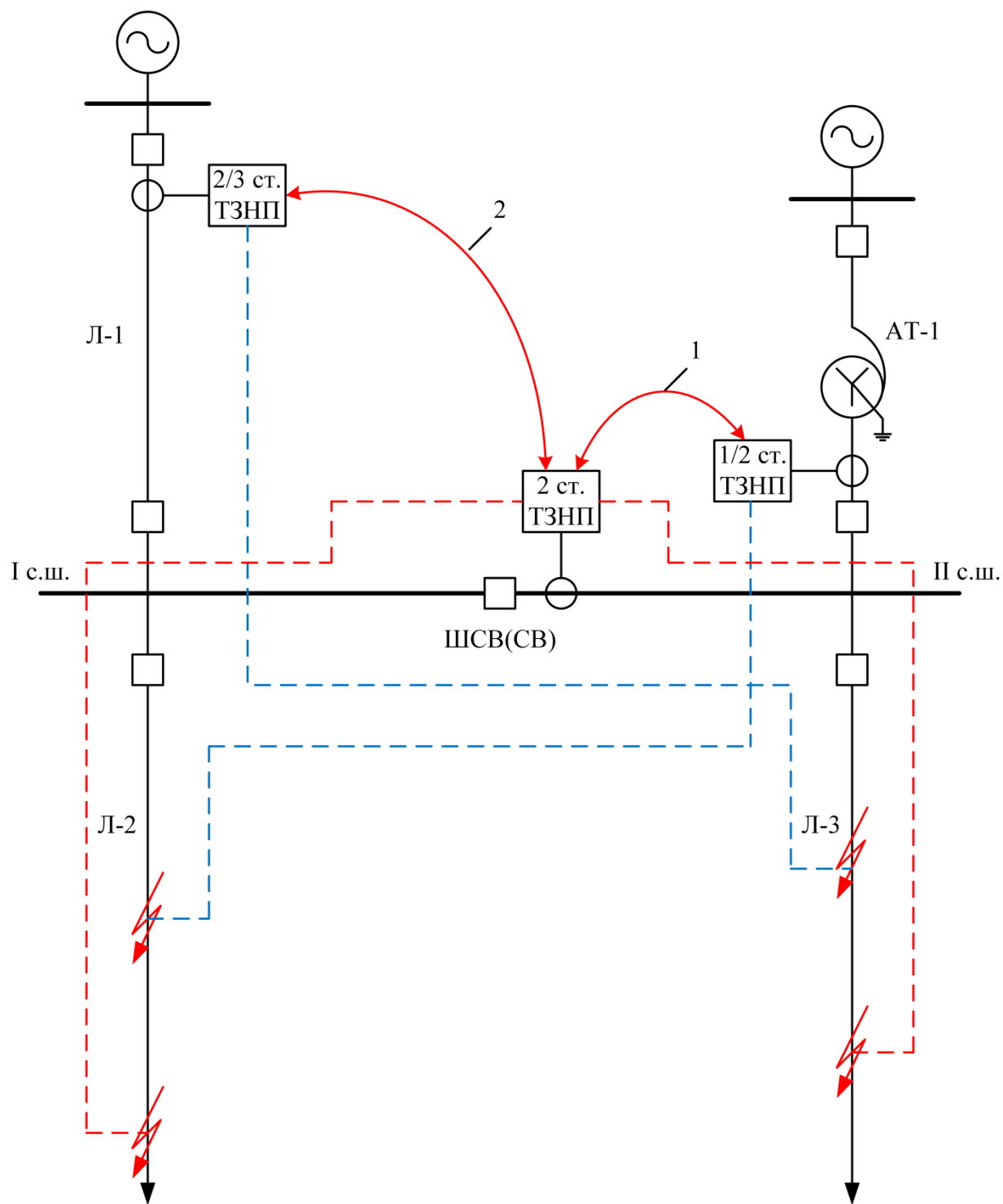


Рисунок Г2 – Принцип согласования 2 степени ТЗНП ШСВ(СВ) по току срабатывания с защитами питающих присоединений РУ для опережающего деления шин: 1 – согласование в направлении присоединений 1 секции шин; 2 – согласование в направлении присоединений 2 секции шин; пунктиром показаны зоны чувствительности согласуемых защит

Приложение Д

Пример расчёта уставок шкафа релейной защиты и автоматики СВ 110 кВ

В данном приложении рассматриваются функции шкафа РЗА секционного выключателя **ШЭ2607 015**.

Рассматриваются четыре способа выполнения защиты секционного выключателя:

- 1) классический способ согласования, п.Д1;
- 2) способ согласования защит при действии на опережающее деление шин (используется для улучшения условий дальнего резервирования и предотвращения полного погашения ПС при отказе защиты присоединения), п.Д2;
- 3) схема ввода защиты СВ при опробовании, п.Д3;
- 4) схема ввода защиты СВ для резервирования ДЗШ, п.Д4.

Также рассматривается выбор уставок функций УРОВ (п.Д5) и ТАПВ с КС (п.Д6).

Выбор уставок функций защит и автоматики по току и напряжению производится в именованных единицах, в первичных величинах или вторичных величинах.

Перевод первичных величин во вторичные осуществляется по формулам:

$$\text{– для токовых органов: } I_{\text{ВТОР}} = \frac{I_{\text{ПЕРВ}}}{K_{\text{ТТ}}};$$

$$\text{– для органов по напряжению: } U_{\text{ВТОР}} = \frac{U_{\text{ПЕРВ}}}{K_{\text{ТН}}}.$$

Неиспользуемые ступени МТЗ и ТЗНП выводятся из работы соответствующим конфигурированием внутренних дискретных сигналов.

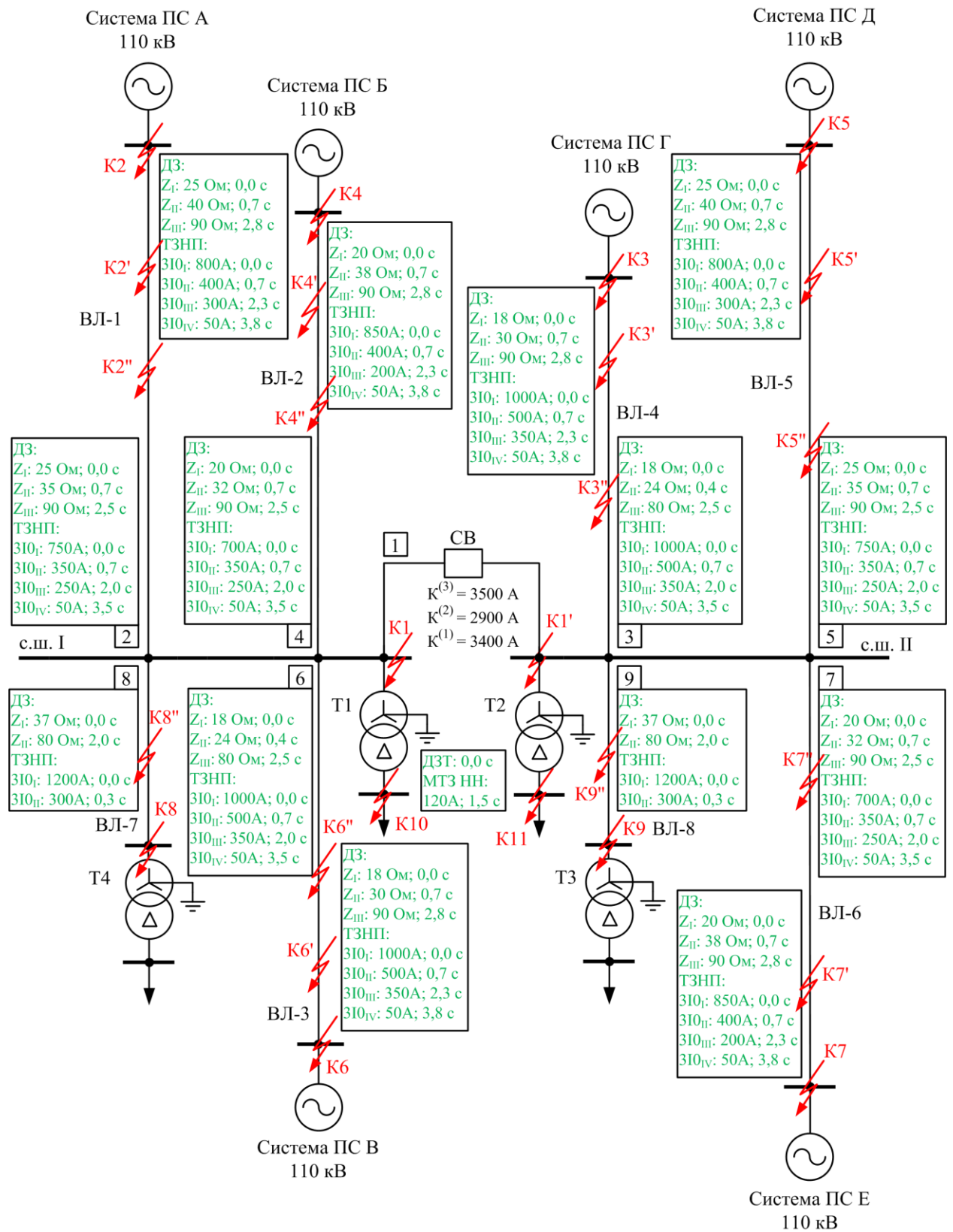


Рисунок Д1 – Схема ПС 110/10 кВ с СВ 110 кВ

Примечания

1. На рисунке Д1 показаны начальные уставки защит ВЛ на защищаемой и смежных ПС. При расчете уставок СВ они могут быть скорректированы.

2. Зоны защит ДЗ и ТЗНП отличаются, на рисунке Д1, для упрощения, они обозначены точками с одним названием и для ДЗ, и для ТЗНП ($K1, K1', K2, K2', K2'', K3, K3'$ и т.д.).

3. Токи через секционный выключатель при КЗ в указанных точках вычислены с учетом предшествующего нагрузочного режима.

Максимально возможный ток через СВ при качаниях: 1000 А.

Максимально возможный нагрузочный ток: 200 А.

Все нейтралы трансформаторов глухозаземлённые.

Коэффициент трансформации ТТ СВ: 500/1.

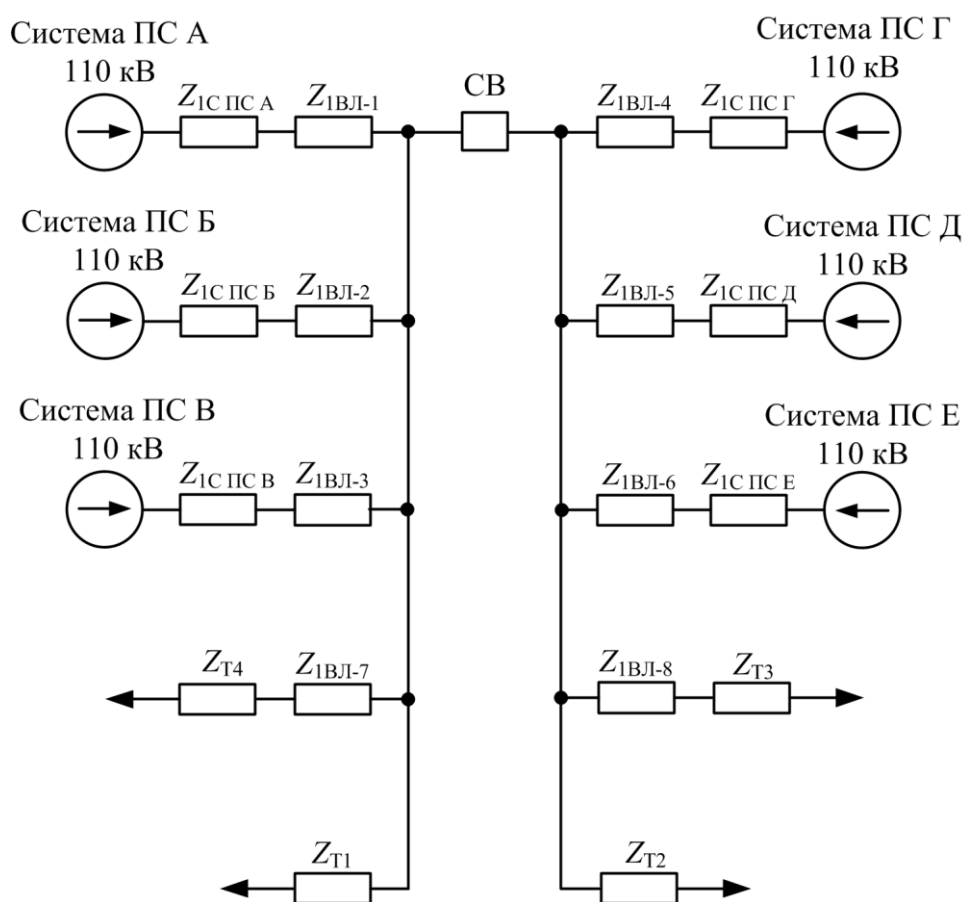


Рисунок Д2 – Схема замещения прямой (обратной) последовательности

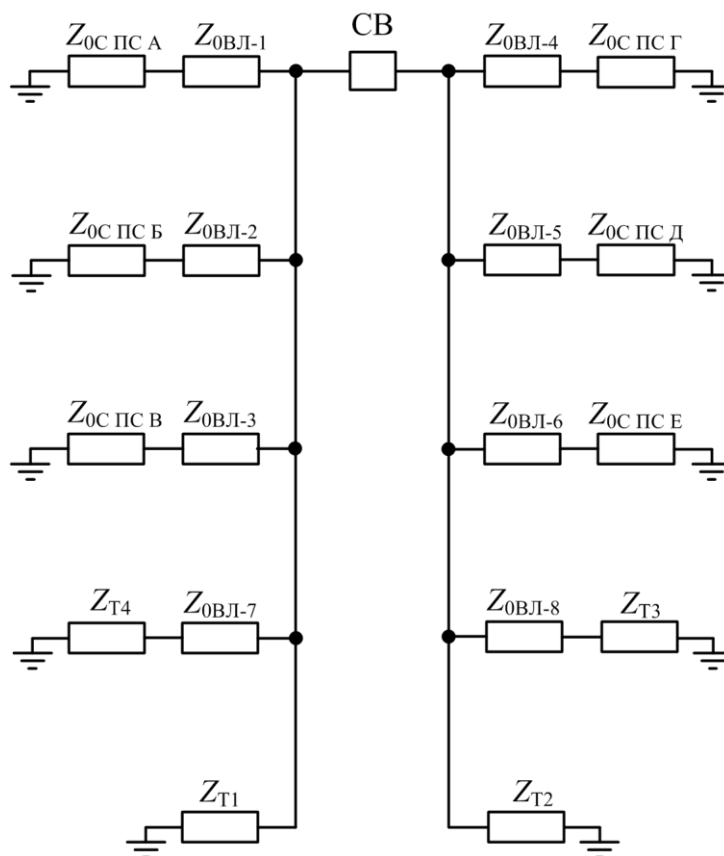


Рисунок Д3 – Схема замещения нулевой последовательности

Устройства РЗА (рисунки Д2, Д3):

- 1 – ШЭ2607 015: РЗА секционного выключателя;
- 2, 3, 4, 5,6,7 – защиты отходящих ВЛ;
- 8, 9 – защиты отходящих тупиковых ВЛ;
- 10, 11 – защиты трансформаторов Т-1 и Т-2.

Параметры элементов схемы

Системы:

Система ПС А:

$$U_{НОМ} = 110 \text{ кВ}; X = 10 \text{ Ом}; X_0 = 10 \text{ Ом}; R = 2 \text{ Ом}; R_0 = 2 \text{ Ом};$$

Система ПС Б:

$$U_{НОМ} = 110 \text{ кВ}; X = 10 \text{ Ом}; X_0 = 10 \text{ Ом}; R = 1 \text{ Ом}; R_0 = 1 \text{ Ом};$$

Система ПС В:

$$U_{НОМ} = 110 \text{ кВ}; X = 5 \text{ Ом}; X_0 = 5 \text{ Ом}; R = 1 \text{ Ом}; R_0 = 1 \text{ Ом};$$

Система ПС Г:

$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ кВ}; X = 5 \text{ Ом}; X_0 = 5 \text{ Ом}; R = 1 \text{ Ом}; R_0 = 1 \text{ Ом};$

Система ПС Д:

$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ кВ}; X = 10 \text{ Ом}; X_0 = 10 \text{ Ом}; R = 2 \text{ Ом}; R_0 = 2 \text{ Ом};$

Система ПС Е:

$U_{\text{НОМ}} = 110 \text{ кВ}; X = 10 \text{ Ом}; X_0 = 10 \text{ Ом}; R = 1 \text{ Ом}; R_0 = 1 \text{ Ом}.$

ВЛ:

ВЛ-1: $l = 75 \text{ км}; X = 30 \text{ Ом}; X_0 = 120 \text{ Ом}; R = 7,5 \text{ Ом}; R_0 = 30 \text{ Ом};$

ВЛ-2: $l = 60 \text{ км}; X = 24 \text{ Ом}; X_0 = 96 \text{ Ом}; R = 6 \text{ Ом}; R_0 = 24 \text{ Ом};$

ВЛ-3: $l = 50 \text{ км}; X = 20 \text{ Ом}; X_0 = 80 \text{ Ом}; R = 5 \text{ Ом}; R_0 = 20 \text{ Ом};$

ВЛ-4: $l = 60 \text{ км}; X = 24 \text{ Ом}; X_0 = 96 \text{ Ом}; R = 6 \text{ Ом}; R_0 = 24 \text{ Ом};$

ВЛ-5: $l = 75 \text{ км}; X = 30 \text{ Ом}; X_0 = 120 \text{ Ом}; R = 7,5 \text{ Ом}; R_0 = 30 \text{ Ом};$

ВЛ-6: $l = 50 \text{ км}; X = 20 \text{ Ом}; X_0 = 80 \text{ Ом}; R = 5 \text{ Ом}; R_0 = 20 \text{ Ом};$

ВЛ-7: $l = 40 \text{ км}; X = 16 \text{ Ом}; X_0 = 64 \text{ Ом}; R = 4 \text{ Ом}; R_0 = 16 \text{ Ом};$

ВЛ-8: $l = 40 \text{ км}; X = 16 \text{ Ом}; X_0 = 64 \text{ Ом}; R = 4 \text{ Ом}; R_0 = 16 \text{ Ом}.$

Трансформаторы:

T1-110/10: $S_{\text{НОМ}} = 40 \text{ МВА}; X = 30,25 \text{ Ом};$

T2-110/10: $S_{\text{НОМ}} = 40 \text{ МВА}; X = 30,25 \text{ Ом};$

T3-110/10: $S_{\text{НОМ}} = 40 \text{ МВА}; X = 30,25 \text{ Ом};$

T4-110/10: $S_{\text{НОМ}} = 40 \text{ МВА}; X = 30,25 \text{ Ом}.$

Д1. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа СВ-110 кВ ШЭ2607 015 (классический способ согласования)

Д1.1 Выбор уставок первой степени МТЗ

Выбор уставки $I_{\text{СЗ.1МТЗ}}$ производится по следующим условиям.

Д1.1.1 Выполнение защиты без комбинированного пуска. Отстройка от максимального тока нагрузки на секциях/системах шин данного РУ ПС (в расчетных рабочих режимах работы электрических сетей), **п.2.1.1.1.1:**

$$I_{\text{СЗ.1МТЗ}} \geq \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{САМ}}}{K_{\text{В}}} \cdot I_{\text{РАБ.МАКС}} = 380 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,2$; $K_{\text{В}} = 0,95$;

$I_{\text{РАБ.МАКС}} = 200 \text{ А}$ – максимальный ток 1-й и 2-й секций; $K_{\text{САМ}} = 1,5$.

Д1.1.2 Отстройка от тока включения (броска тока намагничивания) трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС при включении СВ/ШСВ), **п.2.1.1.2:**

$$I_{\text{СЗ.1МТЗ}} \geq (4 \div 5) \cdot I_{\Sigma.\text{НОМ.ТР}} = 4 \cdot 420 = 1680 \text{ А},$$

где $I_{\Sigma.\text{НОМ.ТР}} = \frac{S_{\Sigma.\text{НОМ.ТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{80000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 420 \text{ А}$.

Д1.1.3 Отстройка от максимального тока при трехфазных КЗ на сторонах смежных напряжений трансформаторов Т1 и Т2, питающихся от шин РУ ПС, **п.2.1.1.3:**

$$I_{\text{СЗ.1МТЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{К.МАКС.ТР}} = 1,2 \cdot 1050 = 1260 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,2$;

$I_{\text{К.МАКС.ТР}} = 1050 \text{ А}$ при КЗ на стороне НН Т1/Т2 (К10/К11, рисунок Д1) и отключенной ВЛ-3/ВЛ-4.

Д1.1.4 Согласование с первыми ступенями ДЗ, ТЗНП линий, присоединенных на шинах данного РУ ПС, **п.2.1.1.4:**

$$I_{\text{СЗ.1МТЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{К.МАКС}} = 1,1 \cdot 1700 = 1870 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,1$;

$I_{К.МАКС} = 1700$ А, при $K^{(3)}$ в конце зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-3(ВЛ-4), при отключенной ВЛ-1(ВЛ-5).

Д1.1.5 Отстройка от токов режима качаний, **п.2.1.1.5:**

$$I_{СЗ.1МТЗ} \geq K_{ОТС} \cdot I_{КАЧ} = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ А,}$$

где $K_{ОТС} = 1,2$; $I_{КАЧ} = 1000$ А.

Д1.1.6 Принимаем уставку $I_{СЗ.1МТЗ}$ равную 1870 А по условию согласования с первой ступенью ДЗ отходящих ВЛ.

Условие обеспечения $K_{ч} > 1,5$ при междуфазном КЗ на шинах данного напряжения ПС в минимальном режиме работы сети, **п.2.1.1.6:**

$$K_{ч} = \frac{I_{КЗ.МИН}}{I_{СЗ.1МТЗ}} = \frac{2900}{1870} = 1,55 > 1,5,$$

где $I_{КЗ.МИН} = 2900$ А – минимальный фазный ток проходящий через ШСВ (СВ) при КЗ (междуфазное КЗ в точке К1, ВЛ-4 – отключена; К1', ВЛ-3 – отключена, рисунок Д1).

Чувствительность выбранной уставки $I_{СЗ.1МТЗ}$ обеспечивается, пуск по напряжению и согласование с более чувствительными защитами отходящих от шин ВЛ не требуются.

Принимаем:

«Ток срабатывания ПО I ст. МТЗ» = 1870 А.

Д1.1.7 Выбор выдержки времени срабатывания первой ступени МТЗ.

Выдержка времени первой ступени МТЗ выбирается по условию отстройки от действия основных быстродействующих защит и согласования с защитами присоединений шин данного РУ ПС, **п.2.1.1.7:**

$$t_{СР.1МТЗ} = t_{РЗ1} + \Delta t = 0,4 \text{ с,}$$

где $t_{РЗ1} = 0,1$ с – максимальное время действия защит от междуфазных КЗ и КЗ на землю присоединений секций/систем шин данного РУ ПС; $\Delta t = 0,3$ с.

Принимаем: **«DT01 Задержка на срабатывание I ст. МТЗ» = 0,4 с.**

Примечание – Соответственно, условие отстройки ступени от броска тока намагничивания (п.Д1.1.2) является неактуальным (п.2.1.1.2).

Таблица Д1 – Токи КЗ для согласования первой ступени МТЗ СВ

Максимальный фазный ток через СВ	Место и вид КЗ	Режим
1500 А 1250 А 820 А 1360 А	Точка К2' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-1 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-1 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-3 отключена
1660 А 1100 А 720 А 1150 А	Точка К4' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-2 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-2 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-3 отключена
1700 А 1400 А 900 А 1600 А	Точка К6' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-3 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-3 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-1 отключена
1700 А 1400 А 900 А 1600 А	Точка К3' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-4 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-4 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-5 отключена
1500 А 1250 А 820 А 1360 А	Точка К5' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-5 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-5 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-4 отключена
1660 А 1100 А 720 А 1150 А	Точка К7' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-6 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-6 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-4 отключена
700 А	Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-7 К ⁽³⁾ ТЗНП охватывает всю ВЛ и сторону ВН трансформатора	ВЛ-3 отключена
700 А	Конец зоны действия 1 ступени ДЗ ВЛ-8 К ⁽³⁾ ТЗНП охватывает всю ВЛ и сторону ВН трансформатора	ВЛ-4 отключена

Д1.2 Выбор уставок второй степени МТЗ

Выбор уставки $I_{СЗ.2МТЗ}$ производится по следующим условиям.

Д1.2.1 Отстройка от максимального тока нагрузки на секциях/системах шин данного РУ ПС (в расчетных рабочих режимах работы электрических сетей), **п.2.1.2.1:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot K_{САМ}}{K_B} \cdot I_{РАБ.МАКС} = 380 \text{ А},$$

где $K_{ОТС} = 1,2$; $K_B = 0,95$;

$I_{РАБ.МАКС} = 200 \text{ А}$ – максимальный ток 1-й и 2-й секций; $K_{САМ} = 1,5$.

Д1.2.2 Отстройка от тока включения (броска тока намагничивания) трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС при включении СВ/ШСВ), **п.2.1.2.2:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} \geq (4 \div 5) \cdot I_{\Sigma.НОМ.ТР} = 4 \cdot 420 = 1680 \text{ А},$$

где $I_{\Sigma.НОМ.ТР} = \frac{S_{\Sigma.НОМ.ТР}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{80000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 420 \text{ А}$.

Примечание – Данное условие отстройки является неактуальным (**п.2.1.1.2**).

Д1.2.3 Отстройка от токов режима качаний, **п.2.1.2.3:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} \geq K_{ОТС} \cdot I_{КАЧ} = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ А},$$

где $K_{ОТС} = 1,2$; $I_{КАЧ} = 1000 \text{ А}$.

Д1.2.4 Согласование со вторыми ступенями ДЗ (МТЗ), ТЗНП линий, присоединенных к системе/секции шин данного РУ ПС, **п.2.1.2.5:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} \geq K_{ОТС} \cdot I_{К.МАКС} = 1650 \text{ А},$$

где $K_{ОТС} = 1,1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас;

$I_{К.МАКС} = 1500 \text{ А}$ – $K^{(3)}$ в точке К6 (К3).

Таблица Д2 – Токи КЗ для согласования второй ступени МТЗ СВ

Максимальный фазный ток через СВ	Место и вид КЗ	Режим
1400 А 1200 А 1000 А 1200 А	Точка К2 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ДЗ ВЛ-1 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-1 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-3 отключена
1200 А 1100 А 900 А 1100 А	Точка К4 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ДЗ ВЛ-2 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-2 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-3 отключена
1500 А 1400 А 1150 А 1400 А	Точка К6 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ДЗ ВЛ-3 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-3 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-1 отключена
1500 А 1400 А 1150 А 1400 А	Точка К3 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ДЗ ВЛ-4 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-4 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-5 отключена
1400 А 1200 А 1000 А 1200 А	Точка К5 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ДЗ ВЛ-5 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-5 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-4 отключена
1200 А 1100 А 900 А 1100 А	Точка К7 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ДЗ ВЛ-6 К ⁽³⁾ К ^(1,1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-6 К ⁽¹⁾ К ^(1,1)	ВЛ-4 отключена

По условию согласования со вторыми ступенями защит линий присоединённых к системе/секции шин данного РУ ПС, в первичных величинах принимаем: 1650 А.

Д1.2.5 Проверка чувствительности 2-й ступени МТЗ в зоне резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.2МТЗ}}} = 0,51 < 1,2,$$

где $I_{\text{К.МИН}} = 850$ А – минимальный ток, протекающий в месте установки защиты при двухфазных КЗ в конце линий, отходящих от шин данного РУ, при каскадном отключении на стороне противоположной ПС.

Условие чувствительности 2-й ступени МТЗ не обеспечивается. В соответствии с Примечаниями к п.2.1.5.2 изменяется условие согласования с третьими ступенями (вместо вторых) защит линий, отходящих от шин данного РУ:

$$I_{\text{СЗ.2МТЗ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{К.МАКС}} = 660 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,1$ – коэффициент отстройки, учитывающий погрешность реле и необходимый запас;

$$I_{\text{К.МАКС}} = 600 \text{ А} - K^{(3)} \text{ в зоне дальнего резервирования защит ВЛ-1(ВЛ-5)}.$$

С учётом согласования 2-й ступени МТЗ по времени с третьими ступенями, условие отстройки от тока при качаниях или асинхронном ходе является неактуальным ($t_{\text{СР}} \geq 1,5$ сек).

По условию согласования с третьими ступенями защит линий присоединённых к системе/секции шин данного РУ ПС, в первичных величинах принимаем: 660 А.

Принимаем:

$$\langle \text{Ток срабатывания ПО II ст. МТЗ} \rangle = 660 \text{ А}.$$

Повторная проверка чувствительности 2-й ступени МТЗ в зоне резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.2МТЗ}}} = 1,28 > 1,2,$$

где $I_{\text{К.МИН}} = 850 \text{ А}$; $I_{\text{СЗ.2МТЗ}} = 660 \text{ А}$.

Чувствительность выбранной уставки $I_{\text{СЗ.2МТЗ}}$ обеспечивается.

Д1.2.6 Выбор выдержки времени срабатывания 2-й ступени МТЗ.

Выдержка времени 2-й ступени МТЗ выбирается по условию согласования со ступенями защит с которыми производится согласование по току срабатывания (третьи ступени ДЗ ВЛ отходящих от шин ПС), **п.2.1.2.6**:

$$t_{\text{CP}} = t_{\text{PЗ}} + \Delta t = 2,8 \text{ с},$$

где $t_{\text{PЗ}} = 2,5 \text{ с}$, $\Delta t = 0,3 \text{ с}$.

«DT02 Задержка на срабатывание II ст. МТЗ» = 2,8 с.

Д1.3 Автоматическое ускорение МТЗ при включении выключателя

Ступень вводится в режимах оперативного/автоматического включения при опробовании секции шин рабочим напряжением после ее повреждения и срабатывания ДЗШ (при отсутствии напряжения и наличии отдельных присоединений на опробуемой секции шин).

«XB87 Ускорение действия II ст. при включении выключателя» = «предусмотрено».

Примечание – При расчёте уставки рассматриваются все возможные режимы ручного и автоматического включения секционирующего аппарата (**п.2.1.3**).

Д1.3.1 Отстройка от максимального тока нагрузки на секциях/системах шин данного РУ ПС (в расчетных рабочих режимах работы электрических сетей), **п.2.1.3.1**:

$$I_{\text{СЗ.2МТЗ.АУ}} \geq \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{САМ}}}{K_{\text{В}}} \cdot I_{\text{РАБ.МАКС}} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,95} \cdot 200 = 380 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,2$; $K_{\text{В}} = 0,95$; $K_{\text{САМ}} = 1,5$;

$I_{\text{РАБ.МАКС}} = 200 \text{ А}$ – максимальный ток секции 1 и секции 2.

Д1.3.2 Отстройка от тока включения (броска тока намагничивания) трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС при включении СВ/ШСВ) **п.2.1.3.2:**

$$I_{\text{СЗ.2МТЗ.АУ}} \geq (4 \div 5) \cdot I_{\Sigma, \text{НОМ.ТР}} = 4 \cdot 420 = 1700 \text{ А,}$$

Д1.3.3 Отстройка от токов режима качаний, **п.2.1.3.3:**

$$I_{\text{СЗ.2МТЗ.АУ}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot I_{\text{КАЧ}} = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ А,}$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,2$; $I_{\text{КАЧ}} = 1000 \text{ А}$.

Д1.3.4 Условие обеспечения минимальной $K_{\text{ч}} \geq 1,5$ при междуфазном КЗ на шинах в минимальном режиме (во всех возможных режимах включения СВ/ШСВ) **п.2.1.3.4:**

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЗ.МИН}}}{I_{\text{СЗ.2МТЗ.АУ}}} = \frac{2900}{1700} = 1,7 \geq 1,5,$$

где $I_{\text{КЗ.МИН}} = 2900 \text{ А}$ – минимальный фазный ток проходящий через СВ при КЗ на шинах.

Принимаем: «Ток срабатывания ПО II ст. МТЗ» = 1700 А.

Д1.3.5 Выбор выдержки времени срабатывания при включении выключателя

Т.к. ступень вводится в работу без выдержки времени только при опробовании (ручном/автоматическом включении) шин, принимаем минимальную уставку:

«DT03 Задержка на сраб. II ст. МТЗ при вкл. выключателя» = 0,05 с.

«DT08 Время ввода ускорения II ст. при вкл. выключателя» = 1 с. (по условиям эксплуатации).

Д1.4 Выбор уставок первой ступени ТЗНП

Выбор уставки $I_{\text{СЗ.1ТЗНП}}$ производится по следующим условиям.

Д1.4.1 Согласование с первыми (вторыми) ступенями защит линий, **п.2.2.1.2:**

$$I_{\text{СЗ.1ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot 3I_{\text{РАСЧ}} = 1,1 \cdot 590 = 650 \text{ А,}$$

где $K_{\text{отс}} = 1,1$; $3I_{\text{расч}} = 590 \text{ А}$.

Д1.4.2 Условие отстройки от тока небаланса в нулевом проводе ТТ при качаниях или асинхронном ходе, в соответствии с п.2.2.1.4:

$$I_{\text{сз.1тзпп}} \geq K_{\text{отс}} \cdot K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{нб}} \cdot I_{\text{расч}} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 0,05 \cdot 1000 = 94 \text{ А},$$

где $K_{\text{отс}} = 1,25$; $K_{\text{пер}} = 1,5$; $K_{\text{нб}} = 0,05$; $I_{\text{расч}} = 1000 \text{ А}$.

По условию согласования с первыми ступенями защит линий принимаем:

$$I_{\text{сз.1тзпп}} = 650 \text{ А}.$$

Таблица Д3 – Токи КЗ для согласования первой ступени ТЗНП СВ

Максимальный ток 3I0 через СВ	Место и вид КЗ	Режим
520 А 500 А	Точка К2' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-1 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	ВЛ-3 отключена
430 А 410 А	Точка К4' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-2 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	ВЛ-3 отключена
590 А 570 А	Точка К6' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-3 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	ВЛ-1 отключена
590 А 570 А	Точка К3' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-4 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	ВЛ-5 отключена
520 А 500 А	Точка К5' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-5 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	ВЛ-4 отключена
430 А 410 А	Точка К7' (рисунок Д1) Конец зоны действия 1 ступени ТЗНП ВЛ-6 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	ВЛ-4 отключена

Д1.4.3 Условие обеспечения чувствительности с $K_{\text{ч}} > 1,5$ при КЗ на шинах в минимальном режиме работы сети, п.2.2.1.6:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0\text{мин}}}{I_{\text{сз.1тзпп}}} = \frac{3100}{650} = 4,7 \geq 1,5,$$

где $3I_{0\text{МИН}} = 3100\text{ А}$ – ток нулевой последовательности через СВ при двухфазном КЗ на землю на шинах при отключенных Т1 и ВЛ-3(Т2 и ВЛ-4).

Принимаем:

«Ток срабатывания ПО I ст. ТЗНП» = 650 А.

Д1.4.4 Выбор выдержки времени срабатывания 1-й ступени ТЗНП.

Выдержка времени первой ступени ТЗНП выбирается по условию отстройки от действия основных быстродействующих защит, **п.2.2.1.7:**

$$t_{\text{CP}} = t_{\text{PЗ}} + \Delta t = 0,1 + 0,3 = 0,4 \text{ с,}$$

где $t_{\text{PЗ}} = 0,1$ – время действия первых ступеней защит от замыканий на землю смежных присоединений;

$$\Delta t = 0,3 \text{ с.}$$

Принимаем:

«DT04 Задержка на срабатывание I ст. ТЗНП» = 0,4 с.

Д1.5 Выбор уставок второй ступени ТЗНП

Выбор уставки $I_{\text{СЗ.2ТЗНП}}$ производится по следующим условиям.

Д1.5.1 Условие отстройки от тока небаланса в нулевом проводе ТТ при качаниях или асинхронном ходе, **п.2.2.2.2:**

$$I_{\text{СЗ.2ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{РАСЧ}} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 0,05 \cdot 1000 = 94 \text{ А,}$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,25$; $K_{\text{ПЕР}} = 1,5$; $K_{\text{НБ}} = 0,05$; $I_{\text{РАСЧ}} = 1000 \text{ А.}$

Д1.5.2 Согласование со вторыми ступенями ТЗНП (ДЗ от замыканий на землю), линий, присоединенных на секции шин данного РУ ПС, **п.2.2.2.4:**

$$I_{\text{СЗ.2ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot 3I_{0\text{РАСЧ}} = 550 \text{ А,}$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,1$; $3I_{0\text{РАСЧ}} = 500 \text{ А.}$

По условию согласования с ТЗНП принимаем:

«Ток срабатывания ПО II ст. ТЗНП» = 550 А.

Проверка чувствительности 2-й ступени ТЗНП в зоне резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{I_{\text{СЗ.2ТЗНП}}} = \frac{700}{550} = 1,27 \geq 1,2,$$

где $I_{\text{Ю}_{\text{МИН}}} = 700 \text{ А}$ – минимальный ток, протекающий в месте установки защиты при однофазных и двухфазных КЗ на землю в конце линий, отходящих от шин данного РУ, при каскадном отключении на стороне противоположной ПС.

Чувствительность второй ступени ТЗНП СВ обеспечивается.

Таблица Д4 – Токи КЗ для согласования второй ступени ТЗНП СВ

Максимальный ток ЗЮ через СВ	Место и вид КЗ	Режим
430 А 420 А	Точка К2 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-1 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	Т1 отключен
400 А 380 А	Точка К4 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-2 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	Т1 отключен
500 А 480 А	Точка К6 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-3 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	Т1 отключен
500 А 480 А	Точка К3 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-4 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	Т2 отключен
430 А 420 А	Точка К5 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-5 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	Т2 отключен
400 А 380 А	Точка К7 (рисунок Д1) Конец зоны действия 2 ступени ТЗНП ВЛ-6 $K^{(1,1)}$ $K^{(1)}$	Т2 отключен

Д1.5.3 Выбор выдержки времени срабатывания второй ступени ТЗНП.

Выдержка времени второй ступени ТЗНП выбирается по условию согласования со ступенями защит от замыканий на землю, с которыми производится согласование по току срабатывания (п.2.2.2.5):

$$t_{\text{CP}} = t_{\text{PЗН}} + \Delta t = 0,7 + 0,3 = 1 \text{ с.}$$

Принимаем:

«DT05 Задержка на срабатывание II ст. ТЗНП» = 1 с.

Д1.6 Выбор уставок третьей ступени ТЗНП

Выбор уставки $I_{\text{СЗ.ТЗНП}}$ производится по следующим условиям.

Д1.6.1 Условие отстройки от тока небаланса в нулевом проводе ТТ при качаниях или асинхронном ходе, **п.2.2.3.2:**

$$I_{\text{СЗ.ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{РАСЧ}} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 0,05 \cdot 1000 = 94 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,25$; $K_{\text{ПЕР}} = 1,5$; $K_{\text{НБ}} = 0,05$; $I_{\text{РАСЧ}} = 1000 \text{ А}$.

Д1.6.2 Отстройка от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при внешних замыканиях между фазами на стороне НН Т1(Т2), **п.2.2.3.3:**

$$I_{\text{СЗ.ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{РАСЧ}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot 1071 = 67 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,25$; $K_{\text{ПЕР}} = 1,5$; $K_{\text{НБ}} = 0,05$; $I_{\text{РАСЧ}} = 1075 \text{ А}$.

Д1.6.3 Ток срабатывания третьей ступени ТЗНП ШСВ (СВ) дополнительно проверяется по условию (**п.2.2.3.4**) отстройки от суммарного тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока защиты, протекающего в максимальном нагрузочном режиме, по выражению:

$$I_{\text{СЗ.ТЗНП}} \geq \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot (I_{0.\text{НБ}} + 3I_{0.\text{НР}})}{K_{\text{В}}} = \frac{1,25 \cdot (0,05 \cdot 300 + 0)}{0,95} = 16 \text{ А},$$

где $I_{0.\text{НБ}} = K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{Н.МАКС}}$ – первичный ток небаланса нулевого провода ТТ в рассматриваемом режиме;

$I_{\text{Н.МАКС}} = 300 \text{ А}$ – максимальный расчетный ток нагрузочного режима;

$K_{\text{НБ}} = 0,05$ – коэффициент небаланса; $3I_{0.\text{НР}} = 0$; $K_{\text{ОТС}} = 1,25$; $K_{\text{В}} = 0,95$.

Д1.6.4 Согласование с третьими (четвертыми) ступенями ТЗНП линий, присоединенных на шинах данного РУ ПС, **п.2.2.3.6:**

$$I_{\text{СЗ.ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot 3I_{0.\text{РАСЧ}} = 165 \text{ А},$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,1$;

$3I_{0.\text{РАСЧ}} = 150 \text{ А}$, при $K^{(3)}$ в конце зоны действия 3 ступени ТЗНП ВЛ-3(ВЛ-4), при отключенной ВЛ-1(ВЛ-5).

«Ток срабатывания ПО III ст. ТЗНП» = 165 А.

Проверка чувствительности третьей ступени ТЗНП в зоне резервирования:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I0_{\text{МИН}}}{I_{\text{СЗ.ЗТЗНП}}} = \frac{700}{165} = 4,24 > 1,2,$$

минимальный ток, протекающий в месте установки защиты при однофазных и двухфазных КЗ на землю в конце линий, отходящих от шин данного РУ, при каскадном отключении на стороне противоположной ПС.

Чувствительность третьей ступени ТЗНП СВ обеспечивается.

Д1.6.5 Выбор выдержки времени срабатывания

Выдержка времени третьей ступени ТЗНП выбирается по условию согласования со ступенями защит с которыми производится согласование по току срабатывания

$$t_{\text{СР}} = t_{\text{РЗ}} + \Delta t = 2,3 \text{ с},$$

где $t_{\text{РЗ}} = 2 \text{ с}$; $\Delta t = 0,3 \text{ с}$.

Принимаем:

«DT07 Задержка на срабатывание III ст. ТЗНП» = 2,3 с.

Д1.7 Автоматическое ускорение ТЗНП при включении выключателя

3-я ступень ТЗНП вводится в работу без выдержки (с минимальной выдержкой) времени при опробовании секции/системы шин (ручном/автоматическом включении секционирующего аппарата), **п.2.2.3.9.**

«XB28 Ускорение ТЗНП при включении выключателя» = предусмотрено. «XB27 Ускоряемая ступень ТЗНП при включении выключателя» = III ступень.

Проверка обеспечения чувствительности с $K_{\text{ч}} \geq 1,5$ при опробовании при КЗ на шинах:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I0_{\text{МИН}}}{I_{\text{СЗ.ЗТЗНП}}} = 4,24 > 1,5.$$

Чувствительность ускоряемой ступени обеспечивается.

«DT06 Задержка на срабатыв. Ускор. ТЗНП при вкл. выключателя»
= 0,05 с.

«DT09 Время ввода ускорения II(или III)ст. при вкл. выключателя» = 1 с. (по условиям эксплуатации).

Д2. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015 с действием на опережающее деление шин

Д2.1 Выбор уставок первой ступени МТЗ

Выбор уставок первой ступени МТЗ производится аналогично п.Д1.1.

Д2.2 Выбор уставок второй ступени МТЗ

Д2.2.1 Отстройка от максимального тока нагрузки на секциях/системах шин данного РУ ПС (в расчетных рабочих режимах работы электрических сетей), **п.2.1.2.1:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} \geq \frac{K_{ОТС} \cdot K_{САМ}}{K_B} \cdot I_{РАБ.МАКС} = \frac{1,1}{0,95} \cdot 300 = 350 \text{ А},$$

где $K_{ОТС} = 1,1; K_B = 0,95;$

$$I_{Н.МАКС} = K_{САМ} \cdot I_{РАБ.МАКС} = 1,5 \cdot 200 = 300 \text{ А}; I_{РАБ.МАКС} = 200 \text{ А}; K_{САМ} = 1,5.$$

Д2.2.2 Отстройка от тока включения (броска тока намагничивания) трансформаторов, питающихся от шин данного РУ ПС при включении СВ/ШСВ) **п.2.1.2.2:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} \geq (4 \div 5) \cdot I_{\Sigma.НОМ.ТР} = 4 \cdot 420 = 1680 \text{ А},$$

где $I_{\Sigma.НОМ.ТР} = 420 \text{ А}.$

Данное условие является неактуальным, поскольку выдержка времени второй ступени МТЗ превышает 0,4 с.

Д2.2.3 Отстройка от токов режима качаний, **п.2.1.2.3:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} \geq K_{ОТС} \cdot I_{КАЧ} = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ А},$$

где $K_{ОТС} = 1,2; I_{КАЧ} = 1000 \text{ А}.$

Д2.2.4 Условие обеспечения минимальной чувствительности ($K_{\chi} \geq 1,2$) при двухфазных КЗ на присоединениях данной секции/системы шин (с учетом возможности каскадного отключения поврежденного присоединения) в конце зоны чувствительности защит от междуфазных КЗ, установленных на противоположных концах и надежно действующих по всей длине, с охватом защищаемых линий, **п.2.1.2.4:**

$$I_{СЗ.2МТЗ} = \frac{I_{КЗ.МИН}}{K_{ч}} = \frac{2200}{1,2} = 1834 \text{ А},$$

где $I_{КЗ.МИН} = 2200 \text{ А}$ – минимальный ток защиты ШСВ (СВ) в конце зоны чувствительности вторых ступеней ДЗ и ТЗНП, установленных на противоположных концах и надёжно действующих по всей длине.

Поскольку данное условие является определяющим, вторая ступень МТЗ может использоваться для реализации опережающего деления сети.

Принимаем:

«Ток срабатывания ПО I ст. МТЗ» = 1850 А.

Таблица Д5 – Токи КЗ для согласования второй ступени МТЗ СВ действующей на опережающее деление

Описание режима и тока КЗ	Ток через секционный выключатель
Минимальный из фазных токов в конце зон действия 2-ых ступени ДЗ и ТЗНП ВЛ-1 установленных на противоположном конце ВЛ. ВЛ-3 отключена (точки К3'', К5'', К9'', К7'')	$K^{(2)} 2500 \text{ А}$
Минимальный из фазных токов в конце зон действия 2-ых ступени ДЗ и ТЗНП ВЛ-2 установленных на противоположном конце ВЛ ВЛ-3 отключена (точки К3'', К5'', К9'', К7'')	$K^{(2)} 2450 \text{ А}$
Минимальный из фазных токов в конце зон действия 2-ых ступени ДЗ и ТЗНП ВЛ-3 установленных на противоположном конце ВЛ ВЛ-1 отключена (точки К3'', К5'', К9'', К7'')	$K^{(2)} 2200 \text{ А}$
Минимальный из фазных токов в конце зон действия 2-ых ступени ДЗ и ТЗНП ВЛ-4 установленных на противоположном конце ВЛ ВЛ-5 отключена (точки К2'', К4'', К6'', К8'')	$K^{(2)} 2200 \text{ А}$
Минимальный из фазных токов в конце зон действия 2-ых ступени ДЗ и ТЗНП ВЛ-5 установленных на противоположном конце ВЛ ВЛ-4 отключена (точки К2'', К4'', К6'', К8'')	$K^{(2)} 2500 \text{ А}$
Минимальный из фазных токов в конце зон действия 2-ых ступени ДЗ и ТЗНП ВЛ-6 установленных на противоположном конце ВЛ ВЛ-4 отключена (точки К2'', К4'', К6'', К8'')	$K^{(2)} 2450 \text{ А}$

Д2.2.5 Выбор выдержки времени срабатывания.

Выдержка времени второй ступени МТЗ выбирается по условию согласования со ступенями защит от междуфазных КЗ с которыми производится согласование по току срабатывания, с учетом требования предварительного деления сети, опережающего действие указанных защит

$$t_{CP} = t_{PЗ} - \Delta t = 0,4 \text{ с},$$

где $t_{PЗ} = 0,7 \text{ с}$; $\Delta t = 0,3 \text{ с}$.

Принимаем:

«ДТ02 Задержка на срабатывание II ст. МТЗ» = 0,4 с.

Д2.3 Выбор уставок первой ступени ТЗНП

Выбор уставки $I_{CЗ.1ТЗНП}$ производится аналогично п.Д1.4.

Д2.5 Выбор уставок второй ступени ТЗНП

Д2.5.1 Условие отстройки от тока небаланса в нулевом проводе ТТ при качаниях или асинхронном ходе, п.2.2.2.2:

$$I_{CЗ.2ТЗНП} \geq K_{ОТС} \cdot K_{ПЕР} \cdot K_{НБ} \cdot I_{РАСЧ} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 0,05 \cdot 1000 = 93,75 \text{ А},$$

где $K_{ОТС} = 1,25$; $K_{ПЕР} = 1,5$; $K_{НБ} = 0,05$; $I_{РАСЧ} = 1000 \text{ А}$.

Д2.5.2 Условие обеспечения минимальной чувствительности ($K_{ч} \geq 1,2$) при КЗ на землю на присоединениях данной секции/системы шин (с учетом возможности каскадного отключения поврежденного присоединения) в конце зоны чувствительности защит от КЗ на землю, установленных на противоположных концах и надежно действующих по всей длине, с охватом защищаемых линий:

$$I_{CЗ.2ТЗНП} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{K_{ч.\text{МИН}}} = \frac{1500}{1,2} = 1250 \text{ А},$$

где $3I_{0\text{МИН}} = 1500 \text{ А}$ (см. таблицу Д6), $K_{ч} = 1,2$.

Поскольку данное условие является определяющим, вторая ступень ТЗНП может использоваться для реализации опережающего деления сети.

Принимаем: «Ток срабатывания ПО II ст. ТЗНП» = 1250 А.

Таблица Д6 – Токи КЗ для согласования 2-й ступени ТЗНП действующей на опережающее деление

Описание режима и тока КЗ	Ток через секционный выключатель
Минимальный из утроенных токов нулевой последовательности в конце зон действия 2-ой зоны ТЗНП ВЛ-1 установленной на противоположном конце ВЛ-1 при однофазном и междуфазном замыкании на землю. Т1 отключен (точки К3'', К5'', К9'', К7'')	$K^{(1)}$ 2000 А $K^{(1,1)}$ 2100 А
Минимальный из утроенных токов нулевой последовательности в конце зон действия 2-ой зоны ТЗНП ВЛ-2 установленной на противоположном конце ВЛ-2 при однофазном и междуфазном замыкании на землю. Т1 отключен (точки К3'', К5'', К9'', К7'')	$K^{(1)}$ 1800 А $K^{(1,1)}$ 1900 А
Минимальный из утроенных токов нулевой последовательности в конце зон действия 2-ой зоны ТЗНП ВЛ-3 установленной на противоположном конце ВЛ-3 при однофазном и междуфазном замыкании на землю. Т1 отключен (точки К3'', К5'', К9'', К7'')	$K^{(1)}$ 1500 А $K^{(1,1)}$ 1550 А
Минимальный из утроенных токов нулевой последовательности в конце зон действия 2-ой зоны ТЗНП ВЛ-4 установленной на противоположном конце ВЛ-4 при однофазном и междуфазном замыкании на землю. Т2 отключен (точки К2'', К4'', К6'', К8'')	$K^{(1)}$ 1500 А $K^{(1,1)}$ 1550 А
Минимальный из утроенных токов нулевой последовательности в конце зон действия 2-ой зоны ТЗНП ВЛ-5 установленной на противоположном конце ВЛ-5 при однофазном и междуфазном замыкании на землю. Т2 отключен (точки К2'', К4'', К6'', К8'')	$K^{(1)}$ 2000 А $K^{(1,1)}$ 2100 А
Минимальный из утроенных токов нулевой последовательности в конце зон действия 2-ой зоны ТЗНП ВЛ-6 установленной на противоположном конце ВЛ-6 при однофазном и междуфазном замыкании на землю. Т2 отключен (точки К2'', К4'', К6'', К8'')	$K^{(1)}$ 1800 А $K^{(1,1)}$ 1900 А

Д2.5.3 Выбор выдержки времени срабатывания

Выдержка времени второй ступени ТЗНП выбирается по условию согласования со ступенями защит от замыканий на землю, с которыми

производится согласование по току срабатывания, с учетом требования предварительного деления сети, опережающего действие указанных защит

$$t_{\text{CP}} = t_{\text{PЗН}} - \Delta t = 0,7 - 0,3 = 0,4 \text{ с,}$$

Принимаем:

«DT05 Задержка на срабатывание II ст. ТЗНП» = 0,4 с.

Д2.6 Выбор уставок третьей ступени ТЗНП

Д2.6.1 Условие отстройки от тока небаланса в нулевом проводе ТТ при качаниях или асинхронном ходе, п.2.2.3.2:

$$I_{\text{СЗ.3ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{РАСЧ}} = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 0,05 \cdot 1000 = 93,75 \text{ А,}$$

где $K_{\text{ОТС}} = 1,25$; $K_{\text{ПЕР}} = 1,5$; $K_{\text{НБ}} = 0,05$; $I_{\text{РАСЧ}} = 1000 \text{ А}$.

Д2.6.2 Отстройка от тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока при внешних замыканиях между фазами на стороне НН Т1(Т2), п.2.2.3.3:

$$I_{\text{СЗ.3ТЗНП}} \geq K_{\text{ОТС}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{РАСЧ}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 0,05 \cdot 1071 = 67 \text{ А.}$$

Д2.6.3 Ток срабатывания третьей ступени ТЗНП ШСВ (СВ) дополнительно проверяется по условию (п.2.2.3.4) отстройки от суммарного тока небаланса в нулевом проводе трансформаторов тока защиты, протекающего в максимальном нагрузочном режиме, по выражению:

$$I_{\text{СЗ.3ТЗНП}} \geq \frac{K_{\text{ОТС}} \cdot (I_{0,\text{НБ}} + 3I_{0,\text{НР}})}{K_{\text{В}}} = \frac{1,25 \cdot (0,05 \cdot 300 + 0)}{0,95} = 42 \text{ А,}$$

где $I_{0,\text{НБ}} = K_{\text{НБ}} \cdot I_{\text{Н.МАКС}}$ – первичный ток небаланса нулевого провода ТТ в рассматриваемом режиме;

$I_{\text{Н.МАКС}} = 300 \text{ А}$ – максимальный расчетный ток нагрузочного режима;

$K_{\text{НБ}} = 0,05$ – коэффициент небаланса; $3I_{0,\text{НР}} = 0$; $K_{\text{ОТС}} = 1,25$; $K_{\text{В}} = 0,95$.

Д2.6.4 Условие обеспечения минимальной чувствительности ($K_{\text{ч}} \geq 1,2$) при замыканиях на землю в сети присоединений данной секции/системы шин в конце зоны чувствительности защит от замыканий на землю, надежно резервирующих вышеуказанные присоединения по всей длине.

$$I_{\text{сз.тЗНП}} = \frac{3I_{0\text{МИН}}}{K_{\text{ч}}} = \frac{180}{1,2} = 150 \text{ А,}$$

где $3I_{0\text{МИН}} = 180 \text{ А}$ – минимальный утроенный ток нулевой последовательности через секционный выключатель при замыкании на землю на противоположных концах отходящих от шин ВЛ (точки К2÷К8).

Поскольку данное условие является определяющим, третья ступень ТЗНП может использоваться для реализации опережающего деления сети.

Принимаем:

«Ток срабатывания ПО III ст. ТЗНП» = 150 А.

Д2.6.5 Выбор выдержки времени срабатывания.

Выдержка времени третьей ступени ТЗНП выбирается по условию согласования со ступенями защит от замыканий на землю, с которыми производится согласование по току срабатывания, с учетом требования предварительного деления сети, опережающего действие указанных защит

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{рЗНП}} - \Delta t = 2,3 - 0,3 = 2 \text{ с,}$$

Принимаем:

«DT07 Задержка на срабатывание III ст. ТЗНП» = 2 с.

Д3. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015 в режиме опробования шин

Д3.1 Выбор уставок ступени МТЗ при опробовании шин

Рассматривается применение второй ступени МТЗ СВ для опробования секций/систем шин рабочим напряжением после ремонта или аварийного отключения шин включением секционирующего аппарата в ручном или автоматическом режиме.

Расчет уставок ступени приведен в п.Д1.3.

Д3.2 Выбор уставок ступени ТЗНП при опробовании шин

Рассматривается применение третьей ступени ТЗНП СВ для опробования секций/систем шин рабочим напряжением после ремонта или аварийного отключения шин включением секционирующего аппарата в ручном или автоматическом режиме.

Расчет уставок ступени приведен в п.Д1.7.

Д4. Выбор уставок МТЗ и ТЗНП шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015 в режиме резервирования ДЗШ.

Д4.1 Выбор уставок ступени МТЗ при выводе ДЗШ

Расчет уставок ступени МТЗ приведен в п.Д1.1.

Д4.2 Выбор уставок ступени ТЗНП при выводе ДЗШ

Расчет уставок ступени ТЗНП приведен в п.Д1.4.

Д5. Выбор уставок функции УРОВ шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015

Д5.1 Выбор уставки пускового органа УРОВ:

$$I_{\text{СЗ.ПО.УРОВ}} \leq 0,8 \cdot I_{\text{РЗ.МИН}} = 120 \text{ А},$$

где $I_{\text{РЗ.МИН}} = 150 \text{ А}$.

Принимаем:

«Ток срабатывания ПО УРОВ» = 120 А.

Д5.2 Выбор выдержки времени УРОВ, **п.2.5.2.1.**

Д5.2.1 Выдержка времени на повторное отключение выключателя, **п.2.5.2.3:**

$$T_{\text{СР.УРОВ.НАСЕБЯ}} = 0,01 \text{ с.}$$

Принимаем:

«DT11 Задержка на срабатывание УРОВ “на себя”» = 0,01 с.

Д5.2.2 Выдержка времени УРОВ на отключение смежных присоединений, **п.2.5.2.3.:**

$$T_{\text{СР.УРОВ}} = 0,3 \text{ с.}$$

Принимаем:

«DT11 Задержка на срабатывание УРОВ» = 0,3 с.

Д6. Выбор уставок функции ТАПВ и КС шкафа РЗА СВ-110 кВ ШЭ2607 015

Д6.1 Длительность бестоковой паузы в цикле однократного АПВ при опробовании шин, по условию отстройки от времени деионизации среды в месте КЗ после его отключения, **п.2.6.3.1:**

$$T_{\text{АПВ}} \geq T_{\text{д}} + T_{\text{ЗАП}} = 0,6 \text{ с},$$

где $T_{\text{д}} = 0,2 \text{ с}; T_{\text{ЗАП}} = 0,4 \text{ с}.$

Д6.2 Длительность бестоковой паузы АПВ выключателя, включаемого вторым (или в числе последующих), **п.2.6.3.2:**

$$T_{\text{АПВ}} \geq T_{\text{АПВ1}} + T_{\text{ВКЛ}} + \Delta T_{\text{АПВ1}} + \Delta T_{\text{АПВ2}} + T_{\text{ЗАП}} = 1,6 \text{ с},$$

где $T_{\text{АПВ1}} = 0,6 \text{ с}; T_{\text{ВКЛ}} = 0,5 \text{ с}; \Delta T_{\text{АПВ1}} = \Delta T_{\text{АПВ2}} = 0; T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \text{ с}.$

Д6.3 Условие отстройки от времени готовности механической части привода выключателя к повторному включению после отключения, **п.2.6.3.3:**

$$T_{\text{АПВ}} \geq T_{\text{ГОТ.ПОВТ}} + T_{\text{ЗАП}} = 0,7 \text{ с},$$

где $T_{\text{ГОТ.ПОВТ}} = 0,2 \text{ с}. T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \text{ с}.$

Д6.4 Условие учёта времени ликвидации повреждения на присоединении данной системы/секции шин резервными защитами противоположных концов линий (с контролем наличия напряжения на шинах), **п.2.6.3.4:**

$$T_{\text{АПВ}} = T_{\text{СЗ.ПК}} - T_{\text{СЗ.ДС}} + T_{\text{ЗАП}} = 2,4 \text{ с},$$

где $T_{\text{СЗ.ДС}} = 0,4 \text{ с}; T_{\text{СЗ.ПК}} = 2,3 \text{ с}; T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \text{ с}.$

Принимаем, время бестоковой паузы ТАПВ для всех видов ТАПВ кроме АПВ шин:

«ДТ101 Время первого цикла АПВ» = 2,4 с.

Для режима АПВ шин, принимаем:

«ДТ101 Время первого цикла АПВ» = 1,6 с.

Д6.5 Минимальная выдержка времени подтверждения готовности функции АПВ к действию (запускаемая после включения выключателя, при отсутствии сигнала пуска АПВ), **п.2.6.3.5:**

$$T_{\text{ГОТОВ.АПВ}} \geq T_{\text{РЗ}} + T_{\text{ОТКЛ}} + T_{\text{ЗАП}} = 3,4 \text{ с},$$

где $T_{\text{РЗ}} = 2,8 \text{ с}$; $T_{\text{ОТКЛ}} = 0,1 \text{ с}$; $T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \text{ с}$.

Принимаем:

«DT104 Время подготовки АПВ» = 5 с.

Д6.6 Выдержка времени включения выключателя от АПВ ($T_{\text{ВКЛ.АПВ}}$),
п.2.6.3.6:

$$T_{\text{ВКЛ.АПВ}} = T_{\text{ВВ}} = 0,5 \text{ с},$$

где $T_{\text{ВВ}} = 0,5 \text{ с}$.

Принимаем:

«DT103 Время включения от АПВ» = 5 с.

Д6.7 Уставка по времени сброса готовности АПВ при длительно отключенном выключателе ($T_{\text{СБР}}$), **2.6.3.8:**

$$T_{\text{СБР}} \geq T_{\text{АПВ}} + T_{\text{ВКЛ}} + T_{\text{ЗАП}} = 3,4 \text{ с},$$

где $T_{\text{АПВ}} = 2,4 \text{ с}$; $T_{\text{ВКЛ}} = 0,5 \text{ с}$; $T_{\text{ЗАП}} = 0,5 \text{ с}$.

Принимаем:

«DT100 Время сброса готовности АПВ при отключенном выключ.» = 10 с.

Д6.8 Уставки ИО в части контроля напряжений шин (**п.2.6.4.1**).

Д6.8.1 Уставки ПО по минимальному напряжению:

$$U_{\text{МИН}} = 0,3U_{\text{НОМ}} = 30 \text{ В},$$

где $U_{\text{НОМ}} = 100 \text{ В}$ (вторичная величина).

Принимаем (во вторичных величинах):

«Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения Ш1» = 30 В.

«Напряжение срабатывания ПО минимального напряжения Ш2» = 30 В.

Д6.8.2 Уставки ПО по максимальному напряжению:

$$U_{\text{МАКС}} = 0,75U_{\text{НОМ}} = 75 \text{ В}.$$

Принимаем (во вторичных величинах):

«Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения Ш1» = 75 В.

«Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения Ш2» = 75 В.

Д6.9 Уставки ИО в части контроля синхронизма напряжений шин (п.2.6.4.2).

Д6.9.1 Допустимая разность напряжений 1-й и 2-й секций шин:

$$\Delta U = 0,2U_{\text{НОМ}} = 20 \text{ В}.$$

Принимаем:

«Разность напряжений ИО контроля синхронизма» = 20 В.

Д6.9.2 Допустимая разность частот:

$$\Delta f = 0,1 \text{ Гц}.$$

Принимаем:

«Скорость изменения угла ИО контроля синхронизма» = 0,1 Гц.

Д6.9.3 Разность фаз векторов напряжений шин, предварительная уставка:

$$\Delta \varphi = 20^\circ.$$

С учётом отсутствия обходной связи в рассматриваемой схеме примера, угол срабатывания органа КС выбирается по выражению:

$$\Delta \varphi_{\text{СР.АПВ}} \leq \varphi_{\text{МАКС}} \cdot T_{\text{АПВ.КС}} / [K_{\text{Н}} \cdot (1 + K_{\text{В}}) \cdot T_{\text{ВКЛ}} + T_{\text{АПВ.КС}}] = 48,38^\circ,$$

где $\varphi_{\text{МАКС}} = 70^\circ$; $T_{\text{АПВ.КС}} = 2,4 \text{ с}$; $T_{\text{ВКЛ}} = 0,5 \text{ с}$; $K_{\text{В}} = 0,95$; $K_{\text{Н}} = 1,1$.

Принимаем:

«Угол между напряжениями ИО контроля синхронизма» = 20°.

Список используемой литературы

1. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. 8-й выпуск. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во. 2007. 854 с., ил.
2. Рубинчик В.А. Резервирование отключения коротких замыканий в электрических сетях. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 120 с.: ил.
3. Сборник распорядительных материалов по эксплуатации энергосистем (СРМ-2000). Электротехническая часть. Издание пятое, переработанное и дополненное. Часть 1. ОРГРЭС. 2002.
4. СТО 56947007-29.120.70.241-2017. Технические требования к микропроцессорным устройствам РЗА. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС». Дата введения: 28.02.2017.
5. Руководящие указания по релейной защите. Вып.7. Дистанционная защита линий 35- 330 кВ. – М. Энергия, 1966.
6. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 9. Дифференциально-фазная высокочастотная защита линий 110-330 кВ. М.: Энергия, 1972.
7. М.А. Шабад. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. Спб.: ПЭИПК, 2003.
8. Шкаф резервных защит и автоматики управления секционного (шиносоединительного) выключателя напряжением 110-220 кВ типа ШЭ2607 015 (версия ПО 015_300). Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.053 РЭ. Редакция от 16.06.2016.
9. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 12. Токовая защита от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты. – М.: Энергия, 1980.
10. Методические указания по устойчивости энергосистем. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
11. В.В. Овчинников. Автоматическое повторное включение. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. – 108 с.: ил.

12. СТО 56947007-29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. 2007.

13. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 11. Расчеты токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики в сетях 110-750 кВ. – М.: Энергия, 1979.

14. Руководящие указания по релейной защите. Выпуск 3. Защита шин 6-220 кВ станций и подстанций. – М.: Энергия, 1961.

15. Шкаф резервных защит и автоматики управления секционного (шиносоединительного) выключателя напряжением 110-220 кВ типа ШЭ2607 015 (версия 015_200). Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.053 РЭ. Редакция от 26.01.2015.

16. СТО 56947007-29.240.10.248-2017. Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС). Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС». Дата введения: 25.08.2017.