



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

ФИЛИАЛ АО «СО ЕЭС» ТУЛЬСКОЕ РДУ

ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЗНП НА ПОНИЖАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

XVI Научно-практическая конференция «Планирование и управление электроэнергетическими системами»
Новосибирск, 2025

Шабаль Николай Сергеевич
Начальник отдела расчётов ПНУРЗА



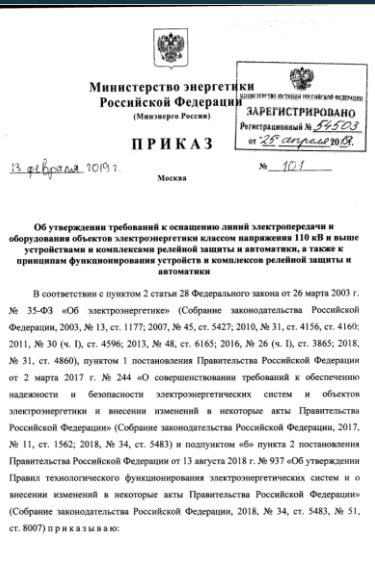
ТРЕБОВАНИЯ НТД О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЗНП НА ПОНИЖАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ



ПРИКАЗ МИНЭНЕРГО РФ №101 ОТ 13.02.2019

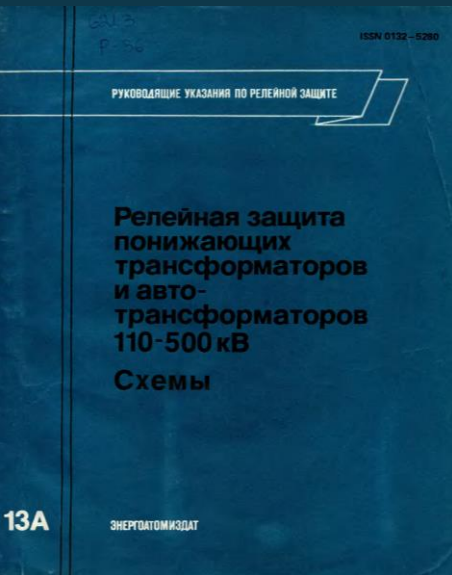
57. На АТ (Т) должны устанавливаться защиты от внутренних, внешних КЗ и от ненормальных режимов их работы.

58. РЗ АТ (Т) с высшим классом напряжения 110 кВ и выше должна включать основные защиты и резервные защиты от междофазных КЗ и от однофазных КЗ.





РУ ПО РЗ №13А. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ПОНИЖАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ 110-500 КВ.

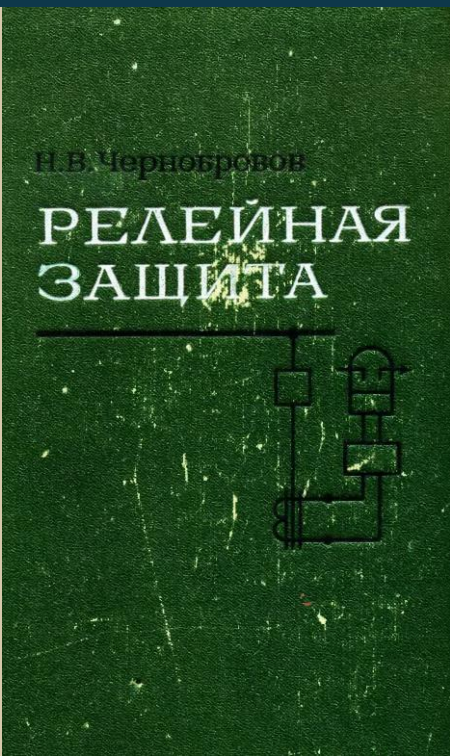


1.1.5. Одноступенчатая ненаправленная токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю устанавливается на стороне высшего напряжения 110-220 кВ трехобмоточных трансформаторов при наличии питания с других сторон трансформатора. Защита предназначена для резервирования отключения замыкания на землю на шинах 110-220 кВ и линиях 110-220 кВ, а также для резервирования основных защит трансформатора.



РУ ПО РЗ №13А. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ПОНИЖАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ 110-500 КВ.

5



г) Токовая защита нулевой последовательности

Защита на трансформаторах реагирует на ток I_0 , появляющийся при внешних к.з. (однофазных и двухфазных на землю) и в трансформаторе. Она устанавливается на повысительных трансформаторах со стороны обмотки высшего и среднего напряжения, если последние соединены по схеме звезды и работают с глухозаземлённой нулевой точкой.



СТО 56947007-29.120.70.99-2011

СТО 56947007-29.120.70.137-2012

СТО 56947007-29.120.70.098-2011

6

СТО 56947007-29.120.70.99-2011

1.5. ТЗНП резервирует отключение замыканий на землю на шинах и линиях со стороны ВН трансформатора, а также резервирует основные защиты трансформатора. Используется при наличии питания с других сторон трансформатора.

СТО 56947007-29.120.70.137-2012

Б1.5. Защита предназначена для резервирования быстродействующих защит при КЗ на землю в обмотке и на стороне (в сети) ВН трансформатора, имеющего питание на стороне СН.

СТО 56947007-29.120.70.098-2011

1.6 Основное назначение одноступенчатой ТЗНП со стороны ВН понижающих трансформаторов - защита самого трансформатора при наличии подпитки КЗ со стороны СН и/или НН

Но ни в одном НТД не конкретизируется необходимость установки ТЗНП на понижающих трансформаторах

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.120.70.99-2011

Методические указания
по выбору параметров срабатывания устройств РЗА
подстанционного оборудования
производства ООО НИИ «ЭКРА»

Стандарт организации

Дата введения: 13.09.2011

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.120.70.137-2012

Методические указания
по выбору параметров срабатывания устройств РЗА
серии SIPROTEC (Siemens AG) трансформаторов
с высоким напряжением 110-220 кВ

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.120.70.098-2011

Методические указания
по выбору параметров срабатывания устройств РЗА оборудования
подстанций производства
ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы»

Стандарт организации

Дата введения: 13.09.2011
Дата введения изменений: 14.12.2016



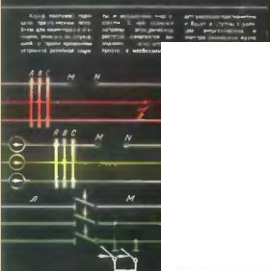
ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ, ПРИ КОТОРЫХ РАССМАТРИВАЕТСЯ ПРИМЕНЕНИЕ ТЗНП НА ПОНИЖАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ



ПРИМЕРЫ РАСЧЁТОВ НЕПОЛНОФАЗНЫХ РЕЖИМОВ И КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Помимо коротких замыканий и прочих ненормальных режимов работы, в литературе и научных статьях рассматривается такой вид повреждения как обрыв фазы с замыканием на землю в сторону трансформатора, работающего с заземлённой нейтралью.

А. М. Авербух. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ НЕПОЛНОФАЗНЫХ РЕЖИМОВ И КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ



«ЭНЕРГИЯ». Ленин

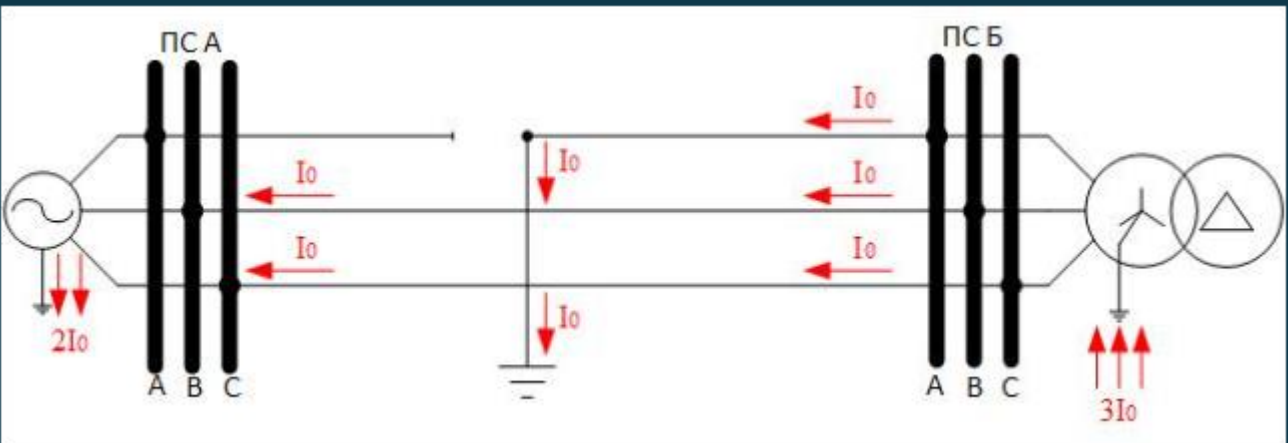
Релейная защита понижающих трансформаторов от коротких замыканий на линиях при разрывах фаз

Методы расчёта коротких замыканий в электрических сетях

Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания



В целях необходимости ликвидации таких повреждений ЦСЗ Мосэнерго были разработаны Указания и выпущено Распоряжение.



ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ ПониЖАЮЩИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ



ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЗНП, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЗАЩИТУ Понижающих Т ОТ ОБРЫВА ФАЗЫ И ЗАМЫКАНИЯ ЕЁ В СТОРОНУ Т

НАЗВАНИЕ
СПИСКА

- 1 Применение ТЗНП ЛЭП со стороны ПС откуда осуществляется питание:
 - Существующие ступени ТЗНП
 - Установка дополнительных ступеней ТЗНП
- 2 Установка ТЗНП на трансформаторе с заземлённой нейтралью

Повреждение, связанное с обрывом фазы и замыканием её на землю в сторону трансформатора, требует внимания только в случае с заземлением нейтрали трансформатора



ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАССМАТРИВАЕМЫХ ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ТЗНП

ТЗНП ЛЭП со стороны ПС откуда осуществляется питание

- + Использование существующих устройств РЗ
- Большие выдержки времени
- Сложности с обеспечением селективности
- Реагирует только на часть тока ЗИО
- Излишний объём отключений

ТЗНП на трансформаторе

- + Реагирует на полный ток ЗИО
- + Объём отключения ограничен защищаемым Т
- Необходимость модернизации устройств РЗ Т

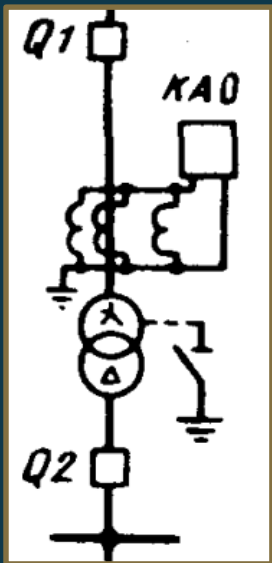
В зависимости от схемы присоединения ТЗНП

- ⇒ Выдержка времени
- ⇒ Обеспечение селективности

Использование варианта ТЗНП трансформатора предпочтительнее

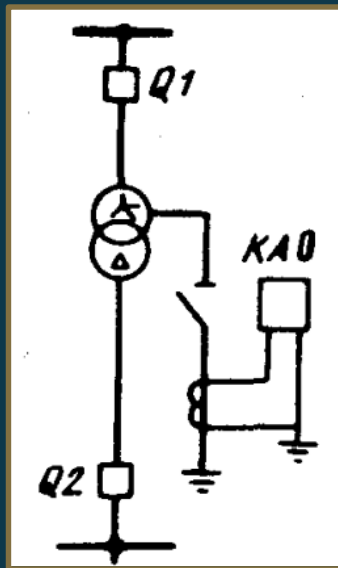


ВАРИАНТЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТЗНП, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ТРАНСФОРМАТОР СО СТОРОНЫ ПРИЁМНОЙ ПС



Включение на ТТ ВН трансформатора, соединённые в фильтр токов нулевой последовательности

1 вариант



Включение на ТТ нейтрали трансформатора

2 вариант

Оба варианта подключения ТЗНП к ТТ будут реагировать на КЗ с обрывом фазы и возникновением замыкания на землю в сторону трансформатора



ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАССМАТРИВАЕМЫХ ВАРИАНТОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТЗНП К ТТ ТРАНСФОРМАТОРА

Включение на ТТ ВН трансформатора

- + Использование существующей функции ТЗНП в МП устройствах РЗ Т
- + Дополнительная защита Т
- + Защита Т вне зависимости от режима работы нейтрали
- Большие выдержки времени
- Сложности с обеспечением селективности

При использовании РМ НП

- + Использование существующей функции ТЗНП в МП устройствах РЗ Т
- + Обеспечение селективности
- Отсутствие дополнительной защиты Т
- Наличие ТН на ВН трансформатора

Включение на ТТ нейтрали трансформатора

- + Обеспечение селективности
- + Отсутствие необходимости использовать направленность
- ± Дополнительная защита Т зависит от режима работы нейтрали
- Необходимость модернизации устройств РЗ Т
- Необходимость ТТ в нейтрали Т

Использование варианта включение ТЗНП на ТТ нейтрали Т предпочтительнее



ЗАКЛЮЧЕНИЕ



- ⇒ Обрыв фазы с замыканием её на землю в сторону трансформатора с заземлённой нейтралью несёт угрозу повреждения трансформаторного оборудования на ПС с односторонним питанием тупиковых и отпаечных
- ⇒ Защиты ЛЭП, устанавливаемые со стороны питающих ПС, могут не обладать достаточной чувствительностью к указанному повреждению, а в случае обеспечения чувствительности, выбор таких защит значительно усложняется и может вести к появлению неселективностей
- ⇒ ТЗНП, устанавливаемая на трансформаторе, при подключении по токовым цепям к ТТ нейтрали выгодно отличается от других вариантов обеспечения защиты от повреждений, вызванных обрывом фазы и замыканием её в сторону трансформатора

Отсутствует однозначное решение в обеспечении защиты Т при обрыве фазы с замыканием её на землю в сторону трансформатора с заземлённой нейтралью



- ⇒ Наличие в отраслевых НТД общих формулировок, в части оснащения устройствами РЗА трансформатора, указывающего на необходимость обеспечения защиты от КЗ и ненормальных режимов работы
- ⇒ В НТД субъектов электроэнергетики ТЗНП трансформатора предусматривается только в случаях наличия питания со стороны НН(СН), а в таком случае, защита от обозначенного повреждения возлагается на защиты ЛЭП
- ⇒ Субъекты электроэнергетики по своей инициативе осуществляют реализацию ТЗНП на трансформаторах с односторонним питанием тупиковых и отпаечных ПС, что требует взаимодействие субъектов и ДЦ при расчете и согласовании параметров настройки

Отсутствие целостного подхода и общего понимания в организации процесса реализации защиты при обрыве фазы с замыканием её на землю в сторону трансформатора с заземлённой нейтралью, выбора/согласования параметров настройки



- ➔ Внесение в НТД субъектов или НТД Минэнерго требований о необходимости оснащения ТЗНП понижающих трансформаторов с односторонним питанием, которые могут работать с заземлённой нейтралью
- ➔ Реализовывать вариант ТЗНП, устанавливаемой на трансформаторе, с подключением по токовым цепям к ТТ нейтрали
- ➔ Выявление уже используемых ТЗНП понижающих трансформаторов с односторонним питанием на объектах субъектов электроэнергетики, проведение анализа корректности выставленных уставок, а также проведения взаимодействия субъектов с ДЦ в части: реализации схем подключения, распределения функций выбора/согласования параметров настройки



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

НАЗВАНИЕ ФИЛИАЛА

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

www.so-ups.ru
Официальный
сайт



https://t.me/so_ups_official
Официальный
Телеграм-канал



Шабаль Николай Сергеевич
Начальник отдела расчётов ПНУРЗА