



## ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА ЗАЩИТЫ ДАЛЬНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ВЛ С ОТВЕТВЛЕНИЯМИ ЗА СЧЕТ РАСШИРЕНИЯ ЕЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ

**В.И. Нагай, П.С. Киреев, А.В. Украинцев**, Россия, г. Новочеркасск – г. Чебоксары, ЮРГПУ(НПИ)

**И.В. Нагай, С.В. Сарры**, Россия, г. Новочеркасск – г. Чебоксары, ЮРГПУ(НПИ), ООО «НПП «РЕЛДОН»

**В.В. Нагай**, Россия, г. Новочеркасск – г. Чебоксары, ООО «НПП «РЕЛДОН»

**А.А. Шурупов, Н.А. Дони**, Россия, г. Новочеркасск – г. Чебоксары, ООО «НПП «ЭКРА»

***Ключевые слова:** многоконцевые воздушные линии, релейная защита, дальнее резервирование, короткое замыкание, нагрузочный режим, области токов и сопротивлений.*

### ***Введение***

Достаточно многочисленными элементами распределительных электрических сетей напряжением 6-110 кВ являются многоконцевые воздушные линии с ответвительными (ОПС) и промежуточными (ППС) трансформаторными подстанциями. Одной из главных проблем построения резервных защит данных подстанций является сопоставимость токов короткого замыкания (КЗ) за ними с токами перетока между питающими подстанциями в нормальном режиме, а также возможным наличием несимметричной тяговой нагрузки [1,2]. В работе анализируются варианты системы дальнего резервирования (ДР), алгоритмы которой основаны на многопараметрическом принципе построения устройств и систем релейной защиты, предполагающем использование расширенной информационной базы с контролем сигналов с разных концов защищаемых объектов.

### ***Постановка задачи***

В настоящее время с развитием в электроэнергетике цифровых технологий, современных каналов связи и протоколов коммуникации отмечается тенденция построения защиты нескольких элементов вплоть до всей подстанции (ПС) одним комплексом РЗА. Указанные трудности обеспечения чувствительности



резервных защит вызваны не только текущим развитием и новациями объектов защиты, но и существующими техническими решениями предшествующего периода развития электроэнергетики. В существенной степени чувствительность защит ДР определяется максимальными нагрузками питающих линий, наличием двигательной нагрузки на стороне низшего напряжения (НН) трансформаторов, в том числе тяговой нагрузки, двух- и многостороннего питания как со стороны высшего напряжения (ВН), так и со стороны низшего (среднего) напряжения, что особенно актуально при внедрении систем распределённой генерации.

### *Распознаваемые режимы и влияющие факторы*

Распознаваемые режимы резервных защит трансформаторов ОПС и ППС перечислены выше при описании актуальности задачи. Кроме этого, необходимо учитывать другие влияющие факторы, например, наличие переходного сопротивления (ПХС) в месте КЗ, погрешности измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Переходное сопротивление в месте повреждения приводит к снижению модуля и аргумента тока КЗ и смещению области аварийных режимов в сторону области нагрузочных режимов [1, 3]. Наличие на подстанциях мощной двигательной нагрузки приводит к увеличению модулей и аргументов токов и движению их векторов в сторону области аварийных режимов. Наличие же ПХС приводит к смещению области аварийных режимов к области пусковых режимов ЭД и возможному их пересечению.

В электрических сетях рассматриваемых классов напряжения также не исключены режимы продольно-поперечной несимметрии (ППН), например, такой режим, как обрыв фазного провода с одновременным однофазным КЗ со стороны трансформатора ответвительной ПС, который не сопровождается повышением токов до уровней сопоставимых с токами КЗ [4-6]. Примером влияющих факторов может являться тяговая нагрузка, имеющая ярко выраженный несимметричный характер, который полностью не устраняется возможными методами симметрирования, принятыми в тяговых электрических сетях. При этом необходимо отметить сопоставимость токов обратной последовательности в режиме максимальной тяговой нагрузки и в

режиме двухфазного КЗ за трансформатором, что накладывает дополнительное требование по распознаванию несимметричных аварийных режимов на фоне допустимых нагрузочных режимов.

### *Пути решения проблемы*

Проведенный выше анализ аварийных и допустимых режимов свидетельствует о наличии проблемы их распознаваемости на основе использования традиционных информационных признаков. Это вызывает необходимость использования других информационных признаков, в том числе, и аварийных составляющих токов, сопротивлений (их приращений) (рисунок), что позволит разделить данные области нагрузочных ( $Z1ld$ ,  $Z2ld$ ) и аварийных ( $\Delta Z1sc$ ,  $\Delta Z2sc$ ) режимов. При этом область аварийных режимов, как правило, сужается и удаляется от области допустимых (нормальных) режимов на расстояние, минимально-необходимое для однозначного выявления аварийного режима.

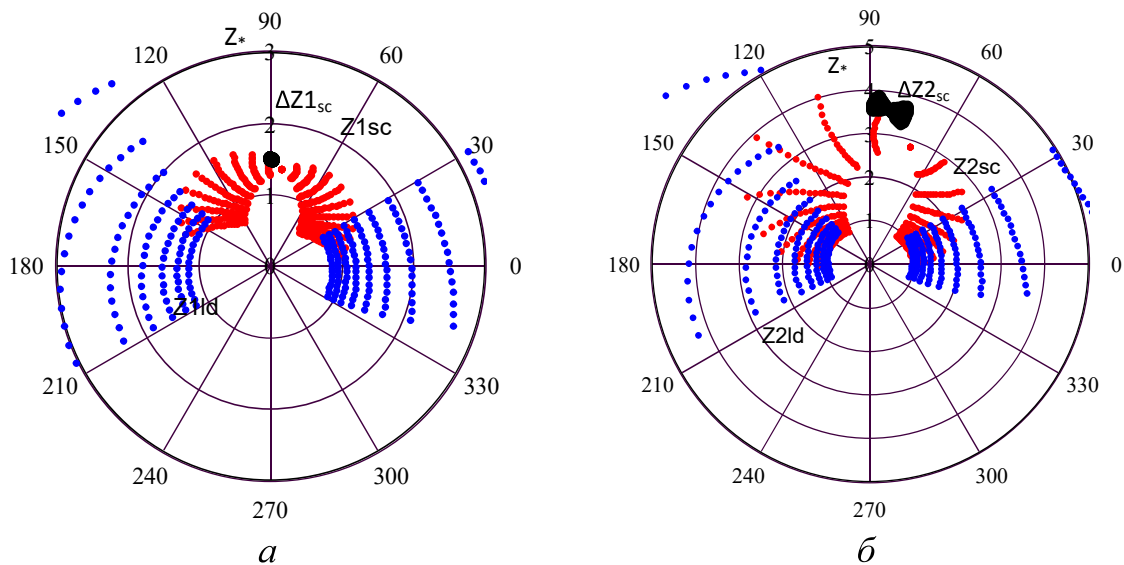


Рисунок. Области сопротивлений нагрузочных ( $Z1ld$ ,  $Z2ld$ ) и аварийных ( $Z1sc$ ,  $Z2sc$ ) режимов и их приращений ( $\Delta Z1sc$ ,  $\Delta Z2sc$ ) транзитной воздушной линии с ответвительными подстанциями для передающей (а) и приемной (б) ее сторон

На основании этого можно сделать вывод, что эффективным путём повышения чувствительности релейной защиты дальнего резервирования является расширение информационной базы (использование принципа многопараметрических защит) и реализация ее измерительных органов на основе адаптации к



режиму защищаемой сети и с контролем аварийных составляющих токов и сопротивлений [1, 5-8].

Реализация многопараметрических защит предполагает расширение пространства информационных признаков с контролем их параметров во взаимосвязи друг с другом.

Контроль состояния коммутационных аппаратов и смежных устройств РЗА на защищаемой ПС позволяет обеспечить снижение выдержек времени резервных защит и в ряде случаев повысить их чувствительность. Обмен информацией между подстанциями транзитных ВЛ с помощью устройств передачи аварийных сигналов и команд также позволяет достичь указанного выше результата [9,10].

### ***Заключение***

Эффективным решением проблемы построения резервной защиты, чувствительной к повреждениям за трансформаторами ответственных подстанций ВЛ с двухсторонним питанием, являются: многопараметрический способ с непосредственным и косвенным контролем фаз токов, сопротивлений (аварийных составляющих) по концам защищаемой линии, расширение информационной базы защиты дальнего резервирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нагай В.И. Релейная защита ответственных подстанций электрических сетей. – Энергоатомиздат, 2002. – 312 с.
2. Нагай И.В. Формирование характеристик срабатывания резервных защит воздушных линий с ответвлениями// Изв. ВУЗов. Электромеханика. – №2. – 2011. – С. 56-61.
3. Нагай В.И., Нагай И.В., Сарры С.В., Киреев П.С., Украинцев А.В. Информационные признаки аварийного режима в высоковольтных электроустановках при наличии переходного сопротивления электрической дуги. Изв. вузов. Электромеханика. 2017. т. 60. № 6. с. 84-90.
4. Маруда И.Ф. Релейная защита проходных подстанций без трансформаторов напряжения на стороне 110 кВ// Электрические станции. – 1999.– № 4.– С. 52-56.
5. Маруда И.Ф. Релейная защита понижающих трансформаторов от коротких замыканий на линиях при разрывах фаз// Электрические станции. – 2003. – № 2. – С. 44-46.



6. Нагай В.В. Анализ распознаваемости несимметричных коротких замыканий за трансформаторами ответвительных и проходных подстанций// Изв. вузов. Сев-Кав. регион. Техн. науки. – 2003. – Спецвыпуск. – С.46-49.

7. Нагай И.В. Обеспечение функций дальнего резервирования релейной защиты трансформаторов в условиях продольно-поперечной несимметрии// Изв. вузов. Сев-Кав. регион. Техн. науки. –2011. – №5. – С. 19-24.

8. Харун Г., Литаш Б. Инновационная защита дальнего и ближнего резервирования трансформаторов// Электроэнергетика. Передача и распределение. – 2015. – №3(29) март- апрель. – С. 88-92.

9. Кужеков С.Л., Нагай В.И., Дегтярев А.А., Нагай И.В., Антонов Д.Б., Кокоулин Д.Н., Литаш Б.С., Харун Г.В. Дифференциально-фазная защита воздушных линий с функцией дальнего резервирования релейной защиты силовых трансформаторов и коммутационных аппаратов подстанций, подключенных к ответвлениям/ Электроэнергия. Передача и распределение, №1(52), 2019, С.108-115.

10. Нагай В.И., Нагай И.В., Сарры С.В., Нагай В.В., Киреев П.С. Возможности повышения технического совершенства системы дальнего резервирования релейной защиты трансформаторов ответвительных подстанций при симметричных КЗ// Релейщик. – 2020. – № 1 (36). – С. 10-13.

**Авторы:**

**Нагай Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрические станции и электроэнергетические системы» (ЭСиЭЭС) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. E-mail: [nvi53@mail.ru](mailto:nvi53@mail.ru).

**Нагай Иван Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, директор ООО НПП «РЕЛДОН». E-mail: [nagayiv@mail.ru](mailto:nagayiv@mail.ru).

**Нагай Владимир Владимирович**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник/ начальник отдела РЗ и ПА ООО НПП «РЕЛДОН»/ филиал ООО «Энерго-Юг» «Южэнергосетьпроект». E-mail: [wwn\\_1978@mail.ru](mailto:wwn_1978@mail.ru).

**Сарры Сергей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» Южно-Российского государственного политехнического





университета (НПИ) имени М.И. Платова, ООО НПП «РЕЛДОН». E-mail: sv@sarry.ru.

**Киреев Павел Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. E-mail: kireevps@yandex.ru.

**Украинцев Александр Валерьевич**, старший преподаватель кафедры «Электрические станции и электроэнергетические системы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. E-mail: kireevps@yandex.ru.

**Дони Николай Анатольевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, директор по науке - заведующий отделом РЗА ООО НПП «ЭКРА». E-mail: doni\_na@ekra.ru.

**Шурупов Алексей Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом разработки подстанционного оборудования ООО НПП «ЭКРА». E-mail: ekra4@ekra.ru.

## СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЭП 6-35 кВ КАК ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОГО РЭС

**А.В. Рекеев**, Россия, г. Чебоксары, ООО «Релематика»

**Ключевые слова:** определение места повреждения, повышение надежности электроснабжения, индикатор повреждения воздушной линии, концентратор, устройство шунтирования замыканий, геоинформационная система ОМП, цифровой РЭС.

### **Введение**

С выходом приказа Минэнерго № 1256 от 29/11/2016 [1] перед энергокомпаниями ставится очень важная задача соответствия требованиям по показателям надежности электроснабжения потребителей, которая определяется средней частотой перерывов электроснабжения (SAIFI), средней продолжительностью перерыва электроснабжения (SAIDI), а также по недоотпуску электроэнергии (ENSI). Кроме этого, стандарт ПАО «Россети» СТО 34.01-21-005-2019 [2] предполагает применение устройств для автоматической идентификации и локализации повреждений в электрической сети с целью сокращения времени простоя