

РАЗВИТИЕ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

DEVELOPMENT OF LONG-RANGE BACKUP PROTECTION

Авторы:

Д.С. Васильев,
к.т.н. В.Н. Козлов,
к.т.н. А.О. Павлов,
ООО «НПП Бреслер».

D.S. Vasilyev,
V.N. Kozlov,
A.O. Pavlov.

Ключевые слова:

дальнее резервирование, ответвительная подстанция, силовой трансформатор.

Article's abstract:

The sensitivity of distance protection of power lines and a selective tripping of hard recognizable short circuits in power transformers or on the side of low voltage of branch substations are shown.

Keywords:

distance protection, long-range backup protection, tapping substation, power transformer.

Аннотация: в работе представлены результаты исследования, направленного на повышение чувствительности дистанционных защит линий и обеспечения селективного отключения при трудно распознаваемых замыканиях в силовых трансформаторах и на стороне низшего напряжения ответвительных подстанций.

Защита дальнего резервирования устанавливается на головных концах линий электропередачи 35-220 кВ и обеспечивает выявление коротких замыканий (КЗ) в силовых отпаечных трансформаторах и на стороне низшего напряжения.

При реализации дальнего резервирования защит трансформаторов ответвительных подстанций возникает ряд проблем:

- отстройка от нагрузочных (транзитных) токов линий;
- выбор характеристик срабатывания реле сопротивления;
- согласование с линейными защитами и с защитами, установленными на отпайках;
- диапазон изменения токов в режиме аварии на линии превышает диапазон изменения токов при замыканиях в трансформаторах ответвительных подстанций;
- необходимость учитывать наличие тяговой нагрузки на некоторых линиях.

С целью выявления достоинств нового предлагаемого метода можно рассмотреть поведение классического дистанционного органа на примере имитационной модели, показанной на рис. 1. Примем, что отпаечный трансформатор не нагружен. Будем моделировать трехфазные замыкания на стороне низшего напряжения подстанции.

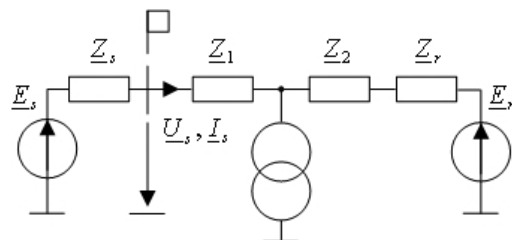


Рис. 1. Имитационная модель ЛЭП с ответвительной подстанцией

В симметричном нагрузочном режиме входное сопротивление на зажимах дистанционного органа в месте наблюдения определяется соотношением:

$$\frac{Z_s^{np}}{I_s^{np}} = \frac{U_s^{np}}{I_s^{np}} = \frac{(Z_1 + Z_2 + Z_r) + Z_s E_r / E_s}{1 - E_r / E_s} \quad (1)$$

При трехфазном замыкании с переходным сопротивлением $R_f = 0$ Ом на стороне низшего напряжения трансформатора (рис. 1) входное сопротивление Z_s^k на зажимах дистанционного органа в месте наблюдения определяется соотношением:

$$Z_s^k = \frac{U_s^k}{I_s^k} = \frac{E_s(Z_1 + Z_2 + Z_r) / (Z_1 + Z_2 + Z_r) + E_r Z_s / (Z_1 + Z_2 + Z_r)}{E_s - E_r Z_1 / (Z_1 + Z_2 + Z_r)} \quad (2)$$

Найдем области, в которых располагается сопротивление на зажимах дистанционного органа с учетом ограничений, определяемых тем, что соотношение ЭДС по модулю не выходит за пределы $k_1 \leq \text{mod}(E_r / E_s) \leq k_2$, где $k_1 = \text{mod}(E_{r, \min} / E_{s, \max})$ и $k_2 = \text{mod}(E_{r, \max} / E_{s, \min})$. Другое ограничение определяется из условия устойчивости энергетической системы: $\alpha_1 < \arg(E_r / E_s) < \alpha_2$.

Для нагрузочного режима из выражения (1) получим соотношения:

$$\frac{E_{r, \min}}{E_{s, \max}} < \text{mod} \left(\frac{Z_s^{np} - a_{np}}{Z_s^{np} - b_{np}} \right) < \frac{E_{r, \max}}{E_{s, \min}}; \alpha_1 < \arg \left(\frac{Z_s^{np} - a_{np}}{Z_s^{np} - b_{np}} \right) < \alpha_2,$$

где $a_{np} = Z_1 + Z_2 + Z_r$, $b_{np} = -Z_s$,

$$\text{mod}(Z_r / (Z_1 + Z_2 + Z_r)) \cdot \frac{E_{r, \min}}{E_{s, \max}} < \text{mod} \left(\frac{Z_s^k - a_{k3}}{Z_s^k - b_{k3}} \right) < \frac{E_{r, \max}}{E_{s, \min}} \cdot \text{mod}(Z_r / (Z_1 + Z_2 + Z_r));$$

$$\alpha_1 + \arg(Z_r / (Z_1 + Z_2 + Z_r)) < \arg \left(\frac{Z_s^k - a_{k3}}{Z_s^k - b_{k3}} \right) < \alpha_2 + \arg(Z_r / (Z_1 + Z_2 + Z_r)),$$

где $a_{k3} = (Z_1 + Z_r)(Z_2 + Z_r) / (Z_1 + Z_2 + Z_r)$, $b_{k3} = -Z_s$

На рис. 2 построены области замера сопротивления для имитационной модели с параметрами $0.9 \leq \text{mod}(E_r / E_s) \leq 1.1$, $-60^\circ < \arg(E_r / E_s) < 60^\circ$, $Z_1 = Z_2 = 9.96 + j17.08$ Ом, $Z_s = Z_r = 15.63 + j31.25$ Ом и $Z_1 = 14.7 + j220.4$ Ом.

На практике необходимо учитывать изменения величин загрузки трансформаторов, со-

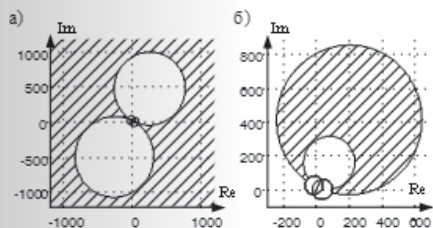


Рис. 2. Области расположения входного сопротивления дистанционного органа
а) Нагрузочный режим; б) Замыкание за трансформатором

противлений эквивалентных ЭДС. Поэтому осуществить полноценное дальней резервирование при замыканиях на стороне низшего напряжения ответвительных подстанций на линии с двухсторонним питанием используя классический дистанционный орган затруднительно.

В защите Бреслер-0107.030 проблема выявления повреждения отпаечного трансформатора решена путем расширения информационной базы. С помощью нового метода, названного информационным анализом [1], разработана защита дальнего резервирования, оперирующая всей доступной информацией при наблюдении за линией электропередачи с одного конца: током и напряжением предшествующего и аварийного режимов [2-4]. Данная защита решает проблему выявления факта повреждения отпаечного трансформатора.

В основу защиты положен адаптивный дистанционный принцип, оперирующий с алгоритмической моделью объекта (АМО). Алгоритмическая модель объекта позволяет оценить токи и напряжения в произвольной точке защищаемой схемы. Зная значения аварийных и предшествующих токов и на-

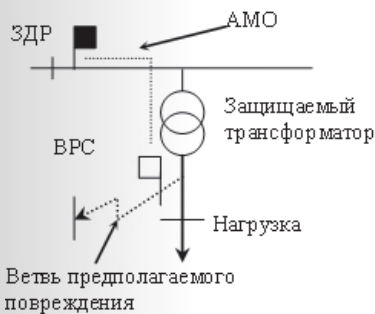


Рис. 3. Алгоритмическая модель объекта

пряжений в месте установки защиты, она по определенным законам оценивает токи и напряжения в месте установки виртуального реле сопротивления (ВРС), в данном случае в ветви предполагаемого повреждения за трансформатором на ответвительной подстанции (рис. 3). С помощью алгоритмических моделей удастся настроить виртуальные реле на каждую защищаемую ответвительную подстанцию, если их несколько. Это позволяет упростить расчет уставочных характеристик и добавляет возможность идентифицировать поврежденную отпайку. Данный способ эффективен тем, что решает проблему объединения информации о защищаемом объекте.

Алгоритмическую модель объекта разделяют на модель предшествующего и чисто аварийного режимов. Модель предшествующего режима формирует замер напряжений $U_r^{пл}$ в ветви предполагаемого повреждения, по замерам напряжения $U_s^{пл}$ и тока $I_s^{пл}$ из места наблюдения. АМО в предрезиме представлена формулой:

$$U_r^{пл} = K_1^{пл} U_s^{пл} + K_2^{пл} I_s^{пл} \quad (3),$$

где $U_s^{пл}$ – фазное напряжение в предрезиме в месте установки защиты, В;

$I_s^{пл}$ – ток в предрезиме в месте установки защиты, А;

$K_1^{пл}, K_2^{пл}$ – передаточные коэффициенты предрезиме АМО;

$U_r^{пл}$ – фазное напряжение предрезиме в ветви повреждения, В.

В предшествующем режиме в ветви предполагаемого повреждения отсутствовали токи, поэтому $I_r^{пл} = 0$.

Модель чисто аварийного режима формирует замер напряжений $U_r^{аб}$ и токов $I_r^{аб}$ в ветви предполагаемого повреждения по замерам чисто аварийных составляющих напряжения $U_s^{аб}$ и тока $I_s^{аб}$ из места установки защиты. Классическая алгоритмическая модель чисто аварийного режима представлена формулой:

$$U_r^{аб} = K_1^{аб} U_s^{аб} + K_2^{аб} I_s^{аб},$$

$$I_r^{аб} = K_3^{аб} U_s^{аб} + K_4^{аб} I_s^{аб},$$

$U_s^{аб}$ – фазное напряжение чисто аварийного режима в месте установки защиты, В;

$I_s^{аб}$ – ток чисто аварийного режима в месте установки защиты, А;

$K_1^{аб}, K_2^{аб}, K_3^{аб}, K_4^{аб}$ – передаточные коэффициенты чисто аварийного режима классиче-

ской алгоритмической модели;

$U_r^{аб}$ – напряжение чисто аварийного режима в ветви предполагаемого повреждения, В;

$I_r^{аб}$ – ток в ветви предполагаемого повреждения чисто аварийного режима, А.

При замыкании на стороне низшего напряжения трансформатора малой мощности величина $U_s^{аб}$ незначительна. При этом в классической алгоритмической модели объекта модуль комплексного коэффициента $K_1^{аб}$ больше единицы. Наблюдается закономерность: чем меньше мощность трансформатора, тем больше модуль $K_1^{аб}$. Таким образом, погрешность измерения малой величины $U_s^{аб}$ оказывает существенное влияние на замер алгоритмического реле сопротивления. Происходит усиление погрешности при умножении на $K_1^{аб}$. Аналогичный эффект возникает для трансформаторов средней и малой мощности при наличии обходной связи между системами.

В «НПП Бреслер» разработаны усовершенствованные алгоритмические модели объекта [5]. Их основная черта – отсутствие усиления погрешности вычисления $U_s^{аб}$. Данные алгоритмические модели имеют следующий вид:

АМО 1

$$U_r^{тк} = K_1^{пл} U_s^{пл} + K_2^{пл} I_s^{пл} + 1 \cdot U_s^{аб} + K_2^{аб} I_s^{аб},$$

$$I_r^{тк} = K_3^{аб} U_s^{аб} + K_4^{аб} I_s^{аб},$$

АМО 2

$$U_r^{тк} = K_1^{пл} U_s^{пл} + K_2^{пл} I_s^{пл} + K_u^{аб} U_s^{аб},$$

$$I_r^{тк} = K_3^{аб} I_s^{аб},$$

где $K_2^{аб}, K_3^{аб}, K_4^{аб}$ – передаточные коэффициенты алгоритмической модели чисто аварийного режима с единичным усилением $U_s^{аб}$;

$K_u^{аб}, K_3^{аб}$ – передаточные коэффициенты алгоритмической модели объекта чисто аварийного режима, отстроенной от $U_s^{аб}$.

В классической АМО принимается, что ток $I_s^{аб}$ и напряжение $U_s^{аб}$ не связаны друг с другом, поэтому передаточные коэффициенты не зависят от величины эквивалентной системы «за спиной» Z_s . В усовершенствованных АМО в чисто аварийном режиме ток и напряжения в месте наблюдения связаны между собой. Для линии без обходных связей справедливо равенство: $U_s^{аб} = -I_s^{аб} Z_s$.



Васильев Дмитрий Сергеевич.

Дата рождения: 08.06.1984 г. Окончил Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова в 2008 г., кафедра «ТОЭРЗА». Аспирант кафедры «ТОЭРЗА» Чувашского государственного университета, заведующий сектором защиты дальнего резервирования ООО «НПП Бреслер».

В зависимости от конфигурации сети и защищаемой ответственной подстанции в алгоритме защиты Бреслер-0107.030 применяется либо классическая, либо отстроенная от \underline{U}_s^{ab} алгоритмическая модель.

Составляющие чисто аварийного режима в месте наблюдения определяются следующим образом, как комплексная разность $\underline{U}_s^{ab} = \underline{U}_s^{TK} - \underline{U}_s^{пл}$, $\underline{I}_s^{ab} = \underline{I}_s^{TK} - \underline{I}_s^{пл}$. Передаточные коэффициенты АМО зависят только от пассивных параметров схемы замещения предшествующего и чисто аварийного режимов.

Учитывая, что $\underline{I}_f^{TK} = \underline{I}_f^{ab}$, $\underline{U}_f^{TK} = \underline{U}_f^{ab} + \underline{U}_f^{пл}$, получаем текущие значения тока \underline{I}_f^{TK} и напряжения \underline{U}_f^{TK} в ветви предполагаемого повреждения по составляющим предшествующего и чисто аварийного режимов.

Кроме алгоритмической модели объекта в виртуальное реле сопротивления входит формирователь замера сопротивления, который объединяет информацию о токах и напряжениях различных режимов (предшествующего и чисто аварийного) в единый алгоритмический параметр – замер текущего сопротивления в месте предполагаемого повреждения. Специфика отпаечного трансформатора такова, что возможны только два вида повреждения на низшей стороне трансформатора. В защите реализовано четыре формирователя замера текущего сопротивления: три для междуфазных и один для трехфазного замыканий:

$$\underline{Z}_f^{TK} = \frac{\underline{U}_f^{TK}}{\underline{I}_f^{TK}}; \underline{Z}_{fb}^{TK} = \frac{\underline{U}_{fb}^{TK} - \underline{U}_{fc}^{TK}}{\underline{I}_{fb}^{TK} - \underline{I}_{fc}^{TK}}; \underline{Z}_{fc}^{TK} = \frac{\underline{U}_{fc}^{TK} - \underline{U}_{fa}^{TK}}{\underline{I}_{fc}^{TK} - \underline{I}_{fa}^{TK}}; \underline{Z}_{fa}^{TK} = \frac{\underline{U}_{fa}^{TK} - \underline{U}_{fb}^{TK}}{\underline{I}_{fa}^{TK} - \underline{I}_{fb}^{TK}}$$

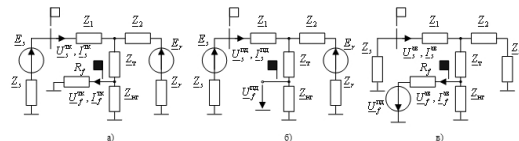


Рис. 4. Алгоритм работы виртуального реле сопротивления

а) Схема замещения сети в режиме замыкания; б) Схема замещения предаварийного режима; в) Схема замещения чисто аварийного режима

Таким образом, в защите заложен дистанционный принцип выявления факта повреждения защищаемого трансформатора. Защита оперирует оцениваемыми алгоритмической моделью величинами. Для каждой из защищаемых отпаяк применяется своя АМО и уставочная характеристика, при трехфазных и междуфазных замыканиях, полигональной формы, позволяющая гибко отстроиться от рабочих коммутаций.

На примере имитационной модели (рис. 1)

приведен принцип работы ВРС при трехфазном замыкании на стороне низшего напряжения трансформатора. Как известно, расчет токов и напряжений в режиме замыкания (рис. 4 а) можно заменить расчетом предшествующего (рис. 4 б) и чисто аварийного (рис. 4 в) режимов. В модели чисто аварийного режима в ветви повреждения находится источник ЭДС, равный напряжению в точке замыкания в предшествующем режиме.

Замер виртуального реле сопротивления при трехфазном замыкании равен:

$$\underline{Z}_f^{TK} = \frac{\underline{U}_f^{TK}}{\underline{I}_f^{TK}} = \frac{\underline{U}_f^{пл} + \underline{U}_f^{ab}}{\underline{I}_f^{ab}} = \frac{\underline{U}_f^{пл}}{\underline{I}_f^{ab}} + \frac{\underline{U}_f^{ab}}{\underline{I}_f^{ab}}, \text{ где } \frac{\underline{U}_f^{ab}}{\underline{I}_f^{ab}} = -\underline{Z}_{эКВ} -$$

эквивалентное сопротивление за спиной виртуального реле сопротивления.

Из схемы замещения чисто аварийного режима (рис. 4 в) вытекает следующее равенство:

$$\frac{\underline{U}_f^{пл}}{\underline{I}_f^{ab}} = R_f + \underline{Z}_{эКВ}$$

Таким образом,

$$\underline{Z}_f^{TK} = \frac{\underline{U}_f^{TK}}{\underline{I}_f^{TK}} = R_f + \underline{Z}_{эКВ} - \underline{Z}_{эКВ} = R_f$$

Видно, что замер виртуального реле сопротивления не зависит от величин эквивалентных ЭДС систем и угла передачи между ними. Замер ВРС отстроен от нагрузочных режимов и зависит от переходного сопротивления в месте замыкания и адекватности реальной сети к алгоритмической модели. Альтернативными режимами для адаптивной защиты, реагирующей на изменения режима, являются рабочие коммутации и замыкания в смежных элементах.

На практике модель адекватна объекту не в полной мере, что, в свою очередь, приводит к смещению замера и, соответственно, к расширению области наблюдаемых режимов. Это может быть вызвано изменением нагрузки трансформатора, оперативными переключениями на смежных объектах или изменениями параметров самого трансформатора (например, при изменении положения РПН). В методике расчета уставок используется линейная аппроксимация сложной области наблюдаемых режимов четырехугольником в целях упрощения операции определения попадания замера АРС в область, ограниченную уставочной характеристикой.

Для правильной работы защиты в цикле АПВ и при включении линии реализован алгоритм, основанный на классическом дистанционном принципе. В данных режимах адаптивный дистанционный орган заблокирован, поскольку отсутствует информация о предшествующем режиме.

При междуфазных замыканиях за трансформа-



Козлов Владимир Николаевич.

Дата рождения: 15.08.1952 г. Окончил Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова в 1975 г., кафедра «Электрические аппараты». В 1985 г. защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском политехническом институте на тему «Комплексная защита судовых генераторов». Доцент кафедры «ТОЭРЗА» Чувашского госуниверситета, главный конструктор ООО «НПП Бреслер».

торами с четной группой соединения применяется дистанционный орган междуфазного типа, а при замыканиях за трансформаторами с нечетной группой соединения – фазного типа [6]. При трехфазных замыканиях замеры фазного и междуфазного типа дают одинаковый результат.

В качестве дополнительного в защите реализован алгоритм, основанный на замерах сопротивления $Z^{st} = \frac{U^{TK}}{I^{TK} - I^{пл}}$, отстроенных от тока предшествующего режима.

Для выявления места междуфазного замыкания (за трансформатором $Y_0/\Delta-11$ или $Y_0/Y-12$ группы соединения) применяется измерительный орган вида:

$$\text{angle}\left(\frac{U_1 I_2^*}{|U_1|}\right),$$

где U_1 и I_2 – напряжение прямой последовательности и ток обратной последовательности.

Упрощенная схема алгоритма приведена на рис. 5. Применение данного алгоритма оправ-

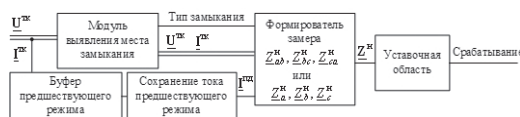


Рис. 5. Структурная схема защиты

дано при замыканиях в ответственных подстанциях средней и большой мощности.

Пусковой орган защиты дальнего резервирования оперирует аварийными составляющими, возникающими при изменении режима работы сети [7]. Реагирует на векторное приращение контролируемой величины: тока прямой последовательности (трехфазные замыкания) и тока обратной последовательности (междуфазные замыкания). Измерительный орган, реагирующий на мощность аварийных составляющих $S^{ab} = U^{ab} I^{ab}$, определяет место замыкания: в зоне или за спиной [8]. Орган, реагирующий на аварийную составляющую передаваемой мощности $\Delta S^{ab} = S^{TK} - S^{пл}$, контролирует тип коммутации: наброс или сброс реактивной мощности. В данных органах в качестве контролируемых величин используются составляющие прямой последовательности, поскольку они изменяются при любых замыканиях и коммутациях в энергосистеме.

Логика пуска и блокирования, построенная на данных измерительных органах, корректно обрабатывает при замыканиях за спиной, при переходе междуфазного замыкания в трехфазное и наоборот, при различных коммутациях в приемной и передающей системах во время

замыкания. Реализована дополнительная блокировка, отслеживающая гашение электрической дуги при увеличении сопротивления из-за ее растяжения. Такие режимы сопровождаются плавным изменением тока замыкания до нормальных величин.

В защите дальнего резервирования Бреслер-0107.030 реализованы следующие органы блокировки:

- при неисправности цепей напряжения;
- при броске тока намагничивания (включение силовых трансформаторов);
- при пуске и самозапуске электродвигателей.

Защита Бреслер-0107.030 решает проблему дальнего резервирования во всех случаях, в том числе и тех, где невозможно дальнейшее резервирование традиционным способом или там, где нет вовсе дистанционной защиты, а токовая защита не обладает достаточной чувствительностью. К настоящему моменту проведены испытания на объектах обоих типов.

Рассмотрим результаты испытаний на объекте первого типа, линии «Орша-Бобр» (Витебскэнерго, Белоруссия) с пятью отпайками.

Устройство защиты дальнего резервирования в декабре 1998 г. было установлено в опытную эксплуатацию в Витебскэнерго на подстанции «Орша-330», транзитная ЛЭП-110 кВ «Орша-Бобр» с пятью отпайками. Дальнее резервирование условно нагружено тяговой нагрузкой (до 40% по току обратной последовательности). К тому же максимальные токи транзита превышают токи КЗ за трансформаторами отпаек.

В 1998 и 2000 гг. были проведены натурные испытания адаптивной защиты при КЗ на фидерах, отходящих от отпаечных трансформаторов малой мощности (2,5 МВА – ПС «Лисуны» и ПС «Славное»), как в режиме транзита, так и в тупиковом (разрыв транзита на ПС «Бобр»). Результаты подтвердили высокую чувствительность и правильную работу разработанной защиты.

Ко второму типу относится ВЛ «Саянская-Агинская» Красноярскэнерго. Данная линия до установки микропроцессорного терминала была оборудована только токовой защитой, чувствительность которой не хватало для целей дальнего резервирования. Изначально защита настраивалась на распознавание замыканий в трансформаторе подстанции «Унер», а опытное междуфазное КЗ было решено провести в 10 км от подстанции на отходящем фидере. Даже при столь значительном расширении зоны дальнего резервирования защита сработала правильно, продемонстрировав свою высокую чувствитель-



Павлов Александр Олегович.

Дата рождения: 14.11.1975 г. Окончил Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова в 1998 г., кафедра «ТОЭРЗА». В 2002 г. защитил кандидатскую диссертацию в Чувашском госуниверситете на тему «Информационные аспекты распознавания коротких замыканий в линиях электропередачи в приложении к защите дальнего резервирования». Доцент кафедры «ТОЭРЗА» Чувашского госуниверситета, начальник отдела РЗА ООО «НПП Бреслер».

ность. Терминал устанавливался на одной стороне.

В 2003 году испытания проводились на ВЛ «Полоцк – Глубокое» при двухстороннем замере. Токи коротких замыканий за трансформатором чаще всего не превышают нормальные токи нагрузочных режимов, что является основной трудностью для осуществления дальнего резервирования. Особенности последнего объекта является переток активной мощности от сильного источника к слабому и наличие обходной связи, что вызывает дополнительные трудности для защиты, установленной на слабом конце. Опыты междуфазных коротких замыканий проходили на подстанции «Прозороки» на шинах низшего напряжения. Со стороны ПС «Полоцк» защита сработала, со стороны ПС «Глубокое» потребовалось дополнительное обучение. Трехфазное короткое замыкание ставилось на ПС «Караси». При этом оба терминала сработали.

Таким образом, на практических опытах в реальных условиях доказана высокая чувствительность и селективность дальнего резервирования на основе виртуальных реле сопротивления.

Проведены натурные испытания в различных режимах линии электропередачи: транзита и тупика. Отмечена корректная работа при появлении альтернативной ситуации – разрыва транзита.

Разработана методика выбора уставок защиты, которая реализована в программном комплексе BresModel.

В настоящее время в различных энергосистемах установлены и работают более 60-ти устройств высокочувствительной защиты дальнего резервирования. Наиболее крупная поставка состоялась в 2008-2009 гг. в Камчатскэнерго, где введены в работу 29 терминалов защиты дальнего резервирования, установленных в 11-ти шкафах, что подтверж-

дает высокую востребованность защит данного типа.

Литература:

1. Y. Liamets, S. Ivanov, A. Podchivaline, G. Nudelman, J. Zakonjšek Informational analysis – new relay protection tool; Proc. 13th Int. Conf. Power System Protection, Bled, 2002, P. 197-210.
2. Павлов А.О., Васильев Д.С. Высокочувствительная защита дальнего резервирования линий электропередачи; Энергетик, 2008, №12, с. 5-7.
3. Васильев Д.С., Павлов А.О. Реализация дальнего резервирования на линиях с двухсторонним питанием; Вестник Чувашского университета, Естественные и технические науки, № 2, 2009, с. 106-116.
4. Бычков Ю.В., Васильев Д.С., Павлов А.О. Алгоритмические модели на примере защиты дальнего резервирования и определения места повреждения; Известия высших учебных заведений Электромеханика, № 6, 2010, с. 63-67.
5. Васильев Д.С., Тарасова В.Н. Развитие методов алгоритмического моделирования для задач дальнего резервирования; Человек. Гражданин. Ученый. Сборник трудов регионального фестиваля студентов и молодежи Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, 2010, с. 202-204.
6. Васильев Д.С., Павлов А.О. Поведение дистанционных защит при замыканиях за трансформаторами Y0/Δ-11 и Y0/Y-12; Вестник Чувашского университета, Естественные и технические науки, № 3, 2010, с. 205-213.
7. Васильев Д.С., Журавлев Д.П. Особенности реализации пускового органа по комплексному приращению входной величины; Повышение эффективности электрического хозяйства потребителей в условиях ресурсных ограничений. Труды XXXIX конференции по электрификации, том II, Москва, Технетика, 2009, с. 177-179.
8. Васильев Д.С., Журавлев Д.П. Особенности работы логической схемы защиты дальнего резервирования; Известия высших учебных заведений Электромеханика, Специальный выпуск «Диагностика энергооборудования», 2010, с. 80-83.



ООО НПП «ПРОЭЛ»
190005, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, д. 118А, лит. Л, тел./факс (812) 331-50-33(34)
e-mail: proel@land.ru proel-2001@mail.ru www.proel.spb.ru

ДУГОВАЯ ЗАЩИТА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



Дуговая защита «ОВОД-Л» основана на многоблочной конфигурации и применении шины CAN для обмена информацией и управления. Устройство имеет основные технические характеристики аналогичные УДЗ «ОВОД-МД», отличаясь при этом своими эксплуатационными возможностями:

- возможность оснащения КРУ устройствами защиты непосредственно на заводе-изготовителе;
- блочная структура построения, при которой отказ любого из блоков не влияет на работоспособность других;
- подключение до 128 основных блоков УДЗ на одну шину данных без повторителей;
- высокая помехозащищенность за счет применения промышленной шины данных CAN;
- уменьшение длины ВОД, а также соединительных кабелей от схем РЗА КРУ.