



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭКРА»

УТВЕРЖДЕН

ЭКРА.656132.091 Д7 - ЛУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ

Руководство пользователя

ЭКРА.656132.091 Д7

Авторские права на данную документацию принадлежат НПП "ЭКРА" (г. Чебоксары).

Снятие копий или перепечатка разрешается только по соглашению с разработчиком.

Содержание

1	Описание функции ОМП	4
1.1	Общие сведения	4
1.2	Определение вида повреждения	4
1.2.1	Идентификация трехфазного короткого замыкания	5
1.2.2	Идентификация междуфазного короткого замыкания	5
1.2.3	Идентификация замыканий на землю	6
1.2.4	Выбор особой фазы	6
1.3	Определение расстояния до места повреждения	6
2	Задание уставок	8
2.1	Задание коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов	8
2.2	Общие уставки ОМП	8
2.3	Задание удельных параметров однородной линии	9
2.4	Задание удельных параметров неоднородной линии	9
3	Дополнительные рекомендации	10
4	Рекомендации по проверке функции ОМП	10
4.1	Общие положения	10
4.2	Испытания при помощи программы «RL-модель энергосистемы»	10
4.3	Испытания при помощи программы «Автоматическая проверка ОМП»	11
4.4	Использование специализированных систем моделирования режимов энергосистемы	11
4.5	Испытания ОМП при наличии параллельной линии	11

В настоящем руководстве пользователя описан алгоритм работы, а также настройка функции одностороннего определения места повреждения (ОМП) терминалов БЭ2704, реализующих защиты линий электропередачи (ЛЭП).

Перед использованием функции ОМП необходимо ознакомиться с настоящим руководством пользователя.

1 Описание функции ОМП

1.1 Общие сведения

Функция ОМП в терминалах БЭ2704 имеет два режима работы:

- для однородных ЛЭП;
- для неоднородных ЛЭП.

Однородной называется ЛЭП, удельные параметры которой на всем ее протяжении не меняются и которая не содержит ответвлений.

Любое срабатывание основных или вторых ступеней резервных защит при введенной функции ОМП приводящее к отключению инициирует расчет места и вида повреждения. Результаты расчета выводятся на индикатор устройства, а также помещаются в **Регистратор ОМП**, данные из которого могут быть впоследствии прочитаны с помощью комплекса программ **EKRASMS** и сохранены в «*Базе данных результатов ОМП*».

Алгоритм ОМП учитывает влияние тока одной (ближайшей или эквивалентной) параллельной линии. Ток от этой линии заводится на специально выделенный токовый вход (см. руководства по эксплуатации ЭКРА.656132.091 РЭ «Терминалы защиты серии БЭ2704»).

1.2 Определение вида повреждения

Выбор вида замыкания основан на известных из теоретических основ электротехники (ТОЭ) соотношениях между векторами токов прямой, обратной и нулевой последовательностей аварийного режима в месте измерения (установки терминала).

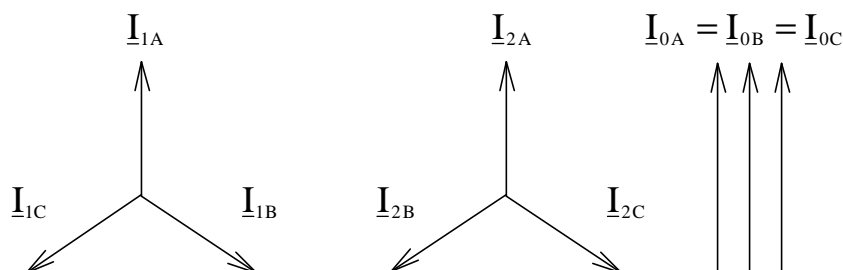


Рисунок 1 – Векторные диаграммы симметричных составляющих тока в месте повреждения

На рисунке 1 представлены известные из ТОО векторные диаграммы симметричных составляющих трехфазного тока в месте повреждения. Индексом 1 обозначена прямая, 2 – обратная, 0 – нулевая последовательности.

Выбор вида повреждения осуществляется, с учетом приведенных диаграмм, в предположении, что особой фазой является фаза А. Следует также отметить, что в месте установки защиты системы токов обратной и нулевой последовательности могут поворачиваться на углы φ_2 и φ_0 соответственно. Это обусловлено различием сопротивлений прямой и нулевой последовательности на участке «Место установки защиты – место повреждения», наличием трансформаторов с различными группами соединения обмоток и т.п.

1.2.1 Идентификация трехфазного короткого замыкания

Трехфазное короткое замыкание (КЗ) является симметричным, что обуславливает отсутствие составляющих обратной и нулевой последовательности в системе трехфазного тока. Наличие этих составляющих при трехфазном КЗ является следствием небаланса, вызванного несимметрией параметров фаз линии. Этот небаланс много меньше, чем ток прямой последовательности, генерируемый источниками на электрических станциях.

Идентификация трехфазного КЗ осуществляется в соответствии с соотношением

$$I_1 > K_1 I_2, \quad (1)$$

где I_1 и I_2 – модули векторов токов соответственно прямой и обратной последовательностей;

K_1 – коэффициент отстройки от небаланса по обратной последовательности.

Сравнение с током обратной последовательности производится вследствие того, что небаланс по току обратной последовательности есть при любом виде несимметричного КЗ, а для появления нулевой последовательности необходим замкнутый контур через землю. Такой выбор позволяет идентифицировать трехфазные КЗ без земли и с землей.

Коэффициент K_1 принят равным четырем.

Если описанное соотношение не выполняется, производится дальнейшая идентификация.

1.2.2 Идентификация междуфазного короткого замыкания

Междуфазное короткое замыкание не содержит замкнутого контура по земле и следовательно в нем отсутствует нулевая последовательность.

Идентификация производится согласно соотношению

$$I_2 > K_2 I_0, \quad (2)$$

где I_2 и I_0 – модули векторов токов соответственно обратной и нулевой последовательностей;

K_2 – коэффициент отстройки от небаланса по нулевой последовательности.

Коэффициент K_2 принят равным шести.

Если описанное соотношение не выполняется, производится дальнейшая идентификация.

1.2.3 Идентификация замыканий на землю

Если не выполнилось ни одно из вышеописанных условий, производится идентификация замыканий на землю (выбор между однофазным и двухфазным замыканиями). Этот выбор осуществляется по фазовым соотношениям.

Из ТОЭ известно, что для однофазных замыканий в месте повреждения выполняется соотношение

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 = \underline{I}_0, \quad (3)$$

где \underline{I}_1 , \underline{I}_2 и \underline{I}_0 – комплексные значения токов соответственно прямой, обратной и нулевой последовательностей.

Как уже было сказано выше, при переходе в место установки защиты, токи обратной и нулевой последовательности поворачиваются относительно вектора прямой последовательности на какие-то заранее не известные углы. Из опыта эксплуатации известно, что при однофазном замыкании ток нулевой последовательности в подавляющем большинстве случаев расходится с вектором тока прямой последовательности на угол от 0° до 90° . Исходя из этого, выбор типа замыкания производится по расхождению этих векторов. Если оно меньше 90° – то это однофазное КЗ, если больше – то двухфазное.

1.2.4 Выбор особой фазы

Выбор особой фазы осуществляется по принципу минимального сопротивления в поврежденной фазе. Для однофазных замыканий в качестве сравниваемых величин берутся фазные сопротивления с компенсацией нулевой последовательности, а для всех остальных – междуфазные сопротивления.

1.3 Определение расстояния до места повреждения

Алгоритм определения расстояния до повреждения построен на известном дистанционном принципе замера реактивного сопротивления до места аварии с компенсацией тока нулевой последовательности.

Для проведения расчета необходим предварительный расчет вида замыкания и определение поврежденных фаз.

Расчет ОМП для однофазного КЗ производится по формуле

$$L = \frac{\operatorname{Im} \left(\frac{\underline{U}_{\phi,f}}{\underline{I}_{\phi,f} + \frac{\underline{Z}_0^0 - \underline{Z}_1^0}{\underline{Z}_1^0} \underline{I}_0 + \frac{\underline{Z}_{M0}^0}{\underline{Z}_1^0} \underline{I}_{0,л}} \right)}{X_1^0}, \quad (4)$$

где $\underline{U}_{\phi,f}$ – замеренное фазное напряжение поврежденной фазы;

$\underline{I}_{\phi,f}$ – замеренный фазный ток поврежденной фазы;

\underline{I}_0 – ток нулевой последовательности;

$\underline{I}_{0,л}$ – ток нулевой последовательности параллельной линии;

$\underline{Z}_1^0, \underline{Z}_0^0, \underline{Z}_{M0}^0$ – удельные параметры линии по прямой и нулевой последовательностям, а также удельное сопротивление взаимоиндукции нулевой последовательности с параллельной линией;

X_1^0 – удельное реактивное сопротивление прямой последовательности.

Для всех остальных видов КЗ расчет производится по формуле

$$L = \frac{\operatorname{Im} \left(\frac{\underline{U}_{M\phi,f}}{\underline{I}_{M\phi,f}} \right)}{X_1^0}, \quad (5)$$

где $\underline{U}_{M\phi,f}$ – междуфазное напряжение поврежденных фаз;

$\underline{I}_{M\phi,f}$ – междуфазный ток поврежденных фаз;

X_1^0 – удельное реактивное сопротивление прямой последовательности.

Дистанционный принцип и, соответственно приведенные выше формулы основываются на предположении, что замыкание носит металлический характер. Наличие переходного сопротивления вносит в результаты расчета значительную погрешность. Для борьбы с этой погрешностью дополнительно введена компенсация нагрузки. Компенсация нагрузки наиболее эффективна при однофазных замыканиях.

Примечание - В режиме работы с однородными линиями компенсация нагрузки при трехфазных замыканиях отсутствует.

2 Задание уставок

Процесс изменения уставок описан в руководствах по эксплуатации ЭКРА.656132.091 РЭ «Терминалы защиты серии БЭ2704» и ЭКРА.00002-01 90 01 «Комплекс программ **EKRASMS**».

2.1 Задание коэффициентов трансформации измерительных трансформаторов

Для правильного функционирования ОМП необходима информация о коэффициентах трансформации измерительных трансформаторов тока и напряжения. Это связано с тем, что удельные параметры линии принято задавать в первичных величинах, а токи и напряжения в терминале присутствуют во вторичных величинах. Причем, задавать эти коэффициенты следует в первую очередь, до задания удельных параметров. Изменение установленного порядка, в определенных случаях может повлечь порчу введенных удельных параметров (это касается лишь параметров однородной линии).

Коэффициенты трансформации располагаются в общей памяти уставок и настраиваются через программу **Программа мониторинга** комплекса **EKRASMS** или индикатор устройства. Коэффициенты находятся внутри узла дерева уставок в **Программе мониторинга**:

<Регулируемые параметры>

<Служебные параметры>

<Первичная/вторичная величина датчиков аналоговых входов>;

и в подменю индикатора устройства:

<Служ. Параметры>

<Пер/втор.Ан.Вх.>.

Коэффициенты задаются для датчика напряжения фазы А, тока фазы А и тока нулевой последовательности параллельной линии. Для остальных фаз коэффициенты предполагаются равными введенным для фазы А.

Для каждого датчика задаются его первичная и вторичная номинальные величины, которые при делении дают искомый коэффициент.

2.2 Общие уставки ОМП

Уставки ОМП находятся внутри узла дерева уставок в **Программе мониторинга**:

<Регулируемые параметры>

<Уставки определителя места повреждения>;

и в подменю индикатора устройства: *<Уставки ОМП>*.

Непосредственно в этом подразделе находятся уставки, общие для всех алгоритмов, а именно:

- **Функция ОМП** позволяет осуществлять ввод/вывод ОМП;
- **Время задержки подготовки данных ОМП, с** («t подг. ОМП, с» для индикатора) – время задержки измерения токов и напряжений аварийного режима для отстройки от переходного процесса (изменяется в диапазоне от 0 до 0,06 с). Значение этого параметра должно удовлетворять двум условиям. Во-первых, это время должно быть больше времени существования электромагнитного переходного процесса в линии, чтобы он не влиял на результаты расчета. Во-вторых, это время должно быть меньше времени отключения выключателя;
- **Тип линии** позволяет выбрать тип линии (однородная или неоднородная) для которой производится расчет.

Примечание – В программах терминалов выпущенных до апреля 2010 года уставка **Тип Линии** отсутствует. Вместо нее доступна уставка **Алгоритм ОМП**. Она позволяет числом от 0 до 4 выбрать один из встроенных алгоритмов ОМП. Однако, в силу того, что в реализациях алгоритмов 1 и 3 этих устройств обнаружена неточность, которая вносит существенную погрешность в расчет в определенных режимах, а алгоритм 4 практически неприменим в реальной эксплуатации (т.к. он является двусторонним, а измерений с противоположного конца линии у терминала нет) пакет **EKRASMS** заменяет эту уставку для пользователя уставкой **Тип линии**, значения которой *Однородная* и *Неоднородная*, соответствуют значениям 0 и 2 внутренней уставки **Алгоритм ОМП**. Пакет **EKRASMS** автоматически перезаписывает уставку **Алгоритм ОМП** в значение 0, если обнаруживает, что она выставлена в 1 и в значение 2, если обнаруживает что она выставлена в 3 или 4. Если вы не используете для настройки своих терминалов **EKRASMS**, то настоятельно рекомендуем устанавливать уставку **Алгоритм ОМП** только в значения 0 или 2 в зависимости от типа вашей ЛЭП.

2.3 Задание удельных параметров однородной линии

Внутри узла, описанного в 2.2 находится подраздел **Параметры линии** в котором содержатся записи о сопротивлениях линии по прямой и нулевой последовательностям, длине линии и сопротивлению взаимной индукции нулевой последовательности между защищаемой и параллельными линиями, которые используются только упрощенными алгоритмами. В терминалах защит 500 кВ и выше этот подраздел находится прямо в узле *<Регулируемые параметры>* (в главном меню индикатора).

При установке сопротивления взаимной индукции равным нулю учет параллельной линии отключается.

Параметры могут задаваться как в первичных (только в программе **Программа мониторинга**), так и во вторичных величинах.

2.4 Задание удельных параметров неоднородной линии

Удельные параметры неоднородной линии задаются при помощи программы **Менеджер памяти**, работа с которой описана в руководстве пользователя ЭКРА.00002-01 90 01 «Комплекс программ **EKRASMS**».

Примечание – Если значение уставки *Тип линии* установлено равным *Неоднородная* и вы не поместили в устройство описание неоднородной линии, то функция ОМП автоматически перейдет на работу в режиме однородной линии.

3 Дополнительные рекомендации

Результаты расчета ОМП в терминалах серии БЭ2704 не всегда бывают удовлетворительными. Это связано в первую очередь с тем, что расчет производится в строго определенный момент относительно начала КЗ, который определяется уставкой *Время задержки подготовки данных ОМП*. Если к этому моменту переходный процесс не затух, то и результаты расчета будут неверными. В связи с этим, рекомендуется проводить проверочные расчеты в программе *WNDR32* (см. ЭКРА.00003-01 90 01), в которой реализованы и односторонний и несколько двусторонних алгоритмов ОМП. Анализируя осциллограмму вы можете выбрать расчетные точки там, где переходный процесс уже завершился.

Следует помнить, что точность расчета напрямую зависит от адекватности данных, приведенных в описании линии, и самой линии электропередачи.

4 Рекомендации по проверке функции ОМП

4.1 Общие положения

Проверку функции ОМП терминалов серии БЭ2704 рекомендуется проводить с применением установок РЕТОМ или аналогичного испытательного оборудования. Далее все рекомендации будут приводиться применительно к установкам РЕТОМ, как наиболее распространенным в России.

Суть проверки состоит в том, чтобы для определенной конфигурации линии смоделировать определенную аварийную ситуацию и убедиться, что результат расчета ОМП будет адекватен смоделированной аварийной ситуации.

4.2 Испытания при помощи программы «RL-модель энергосистемы»

Для испытания ОМП на однородных линиях, в качестве программы, моделирующей аварийную ситуацию, может быть использована программа «RL-модель энергосистемы» из пакета РЕТОМ 41 или РЕТОМ 51. Она позволяет моделировать все виды КЗ на однородной линии, в том числе, с учетом дуги в месте замыкания, и выдавать рассчитанные токи и напряжения посредством РЕТОМа.

Для моделирования аварии в данной программе необходимо задать удельные параметры однородной линии, параметры источников электродвижущей силы (э.д.с.) и коэффициенты трансформации по току и напряжению. Удельные параметры линии и коэффициенты трансформации должны соответствовать уставкам устройства (см. 2.1 и 2.3).

4.3 Испытания при помощи программы «Автоматическая проверка ОМП»

Для испытания ОМП на неоднородной линии в качестве моделирующей программы рекомендуется использовать программу **Автоматическая проверка ОМП** из пакета РЕТОМ 51. Данная программа функционирует на базе описанной в 4.2 RL-модели, но, в отличие от нее, позволяет задать линию как совокупность участков с различными удельными параметрами.

Примечание – Программа не поддерживает работу с ответвлениями.

Для моделирования аварии в данной программе необходимо задать удельные параметры каждого участка неоднородной линии, параметры источников э.д.с. и коэффициенты трансформации по току и напряжению. Коэффициенты трансформации должны соответствовать уставкам устройства (см. 2.1), а описание линии должно соответствовать файлу описания линии, созданному и помещенному в испытуемое устройство при помощи программы **Менеджер памяти**.

4.4 Использование специализированных систем моделирования режимов энергосистемы

Для проведения испытаний ОМП может быть рекомендована методика, состоящая из следующих шагов:

1 Получение осциллограммы аварийного процесса в формате *COMTRADE* с использованием специализированной системы моделирования режимов энергосистемы (например, ТКЗ 3000).

2 Выдача полученной осциллограммы на устройство с применением программы **COMTRADE** из пакета РЕТОМ 41 или РЕТОМ 51.

4.5 Испытания ОМП при наличии параллельной линии

В силу того, что установка РЕТОМ имеет всего три источника тока и три источника напряжения, она может моделировать только одну ЛЭП. Для проверки ОМП при наличии параллельной линии понадобится еще одна установка РЕТОМ, которая необходима для синхронизированной по времени выдачи тока нулевой последовательности параллельной линии.

В данном случае должна использоваться методика, данная в 4.4.

На первом этапе, помимо осциллограммы защищаемой ЛЭП, система моделирования должна выдавать синхронизированную с ней по времени осциллограмму (полную или только тока нулевой последовательности) для режима параллельной линии.

На втором этапе данные осциллограммы должны быть синхронно выданы на устройство двумя установками РЕТОМ (о синхронизации установок РЕТОМ см. руководство по эксплуатации на установки РЕТОМ 41 или РЕТОМ 51).

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1		все			12				08.04.10