

Непрерывному контролю состояния изоляции в оперативных цепях постоянного тока на подстанциях и электростанциях уделяется серьезное внимание. Многие компании предлагают для решения этой задачи стационарные и переносные приборы, большинство которых формирует специальные тестовые импульсы тока.

Насколько это безопасно для безаварийной работы современной релейной защиты? Каким требованиям должны удовлетворять подобные устройства? Что делать, если уже приобретены приборы, не удовлетворяющие требованиям эксплуатации?

Эти и другие вопросы на основе собственного опыта эксплуатации устройств контроля изоляции рассматривает в своем материале Владимир Гуревич.



Владимир Гуревич,
к.т.н., начальник сектора
Центральной электрической
лаборатории Электрической
компании Израиль,
г. Хайфа

ОПЕРАТИВНЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Проблемы контроля изоляции

Оперативные цепи постоянного тока (ОЦПТ) на подстанциях и электростанциях являются важнейшими компонентами систем электроснабжения, без которых немислима надежная работа релейной защиты, автоматики и систем управления. Эти цепи выполняются полностью изолированными от земли и имеют большую протяженность. В случае повреждения изоляции цепей одного из полюсов и появления на них земли, ОЦПТ продолжают нормально функционировать, но это повреждение должно быть выявлено и устранено как можно быстрее, потому что при повреждении изоляции цепей дополнительно и второго полюса произойдет КЗ в системе оперативного питания.

Поэтому, в соответствии с п. 3.4.18 ПУЭ, в разветвленных ОЦПТ должны быть предусмотрены устройства контроля изоляции, обеспечивающие измерение значения сопротивления изоляции полюсов и подачу сигнала при снижении изоляции ниже установленного значения. Однако после выявления факта снижения изоляции необходимо еще и найти место повреждения, что без специальных приборов выполнить очень сложно.

ПЕРЕНОСНЫЕ УСТРОЙСТВА

Практическое применение нашли различные приборы, обеспечивающие реализацию требования ПУЭ и поиска неисправности, как российского (ИПИ-1М, ЭКРА-СКИ, СКИФ, БИМ Р30 и др.), так и зарубежного производства (рис. 1). Лидирующее положение в области разработки и производства устройств контроля изоляции занимает германская фирма Walter Bender GmbH, которая хорошо известна и российским специалистам.

Все эти приборы содержат, как правило, генератор тестовых импульсов, приемник этих импульсов и токовые клещи.

К сожалению, в технических характеристиках большинства типов приборов не указывается значение тестового тока, генерируемого этими устройствами в цепи оперативного питания постоянного тока.

Исключение из этого правила представляет, например, прибор типа BGL компании Multi-Amp, максимальное значение тока которого составляет 110 мА. Ток такой величины в приборе BGL, а также полное пренебрежение значениями рабочих токов производителями других приборов свидетельствуют о недооценке этого параметра.

Как оказалось на практике, это очень важный параметр, который может быть решающим в выборе того или иного типа устройства контроля изоляции. Настолько важный, что его неучет может привести к возникновению тяжелых аварий в энергосистеме при использовании прибора. Например, в практике эксплуатации известны случаи срабатывания выключателей и отключения линий электропередачи и трансформаторов во время поиска эксплуатирующей организацией

места поврежденной изоляции в ОЦПТ с помощью переносных приборов.

Что же происходит в ОЦПТ при работе прибора поиска поврежденной изоляции? Рассмотрим этот вопрос на примере приборов фирмы Bender (рис. 2).

При возникновении в ОЦПТ замыкания одного из полюсов на землю ток через место замыкания будет обусловлен лишь утечкой через нормальную изоляцию второго, неповрежденного полюса и может быть исчезающе мал, поэтому обнаружить такое повреждение и тем более установить его местонахождение чрезвычайно сложно.

Для того чтобы увеличить ток через место повреждения, генератор импульсов (рис. 2) автоматически включает с низкой частотой (от единиц до долей герца в разных приборах) между каждым из полюсов и землей дополнительное регулируемое сопротивление, которое в зависимости от уровня напряжения ОЦПТ ограничивает ток, протекающий через место повреждения. И если при отсутствии повреждения токи в одном и в другом направлении, протекающие через токовые клещи, одинаковы и поэтому взаимно компенсируются, то при включении дополнительного сопротивления и наличии поврежденной изоляции появляется разностный ток, определяемый величиной этого сопротивления. Понятно, что чем выше значение этого тока, тем легче и точнее можно определить место повреждения изоляции.

Как отмечалось выше, во многих приборах российского производства этот ток вообще не указывается в технических характеристиках, а в приборах фирмы Bender производства предыдущих лет этот ток мог быть выбран с помощью переключателя в пределах 10 или 25 мА.

Меры для решения проблем

В чем же опасность протекания столь малых токов в ОЦПТ? Проблема обнаруживается тогда, когда место повреждения изоляции находится на участке L , соединяющем электромагнитные промежуточные реле или логические входы микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ) с включающим контактом K внешнего аппарата управления (рис. 3). В этом случае при работе прибора поиска места повреждения через катушку этого промежуточного реле или через логический вход МУРЗ будет протекать рабочий ток прибора при разомкнутом контакте K .

Если этот рабочий ток прибора окажется больше или даже равен току активации логического входа МУРЗ или току срабатывания промежуточного реле Rel , то неприятностей не избежать. Выполненные измерения показали, что ток срабатывания (не путать с номинальным рабочим током) электромагнитных промежуточных реле с высокоомными катушками при напряжении 230 В постоянного тока составляет 2,4 мА, а ток активации логических входов МУРЗ типа

REL/REC/RET 316 серии (производства АББ) – 3–4 мА. Таким образом, при использовании большинства типов приборов (имеющих рабочие токи 5 мА и выше) для отыскания места повреждения изоляции в ОЦПТ существует высокая вероятность ложного включения или отключения высоковольтных выключателей.

Что же делать в такой ситуации? Прежде всего необходимо выяснить, с каким рабочим током работает конкретный прибор. Если окажется, что этот ток превышает 5 мА (а такое значение имеют большинство приборов), то пользование этим прибором необходимо немедленно прекратить и приобрести прибор, например, типа EDS3091 компании Bender, работающий с токами 1 или 2,5 мА.

Другой альтернативой может служить искусственное загрубление некоторых промежуточных реле и некоторых логических входов МУРЗ, ложная активация которых может привести к аварийным отключениям выключателей. Для этого достаточно зашунтировать катушки таких промежуточных реле и логические входы МУРЗ резисторами таким образом, чтобы их токи срабатывания (активации) превышали 10 мА. В табл. 1 приведены токи срабатывания промежуточных электромагнитных реле с номинальным напряжением 220 В постоянного тока с катушками сопротивлением 19 кОм, зашунтированными резисторами с различными сопротивлениями.

В качестве шунтирующих резисторов рекомендуется использовать проволочные резисторы мощностью 50 Вт типов HSA50, THS50, WH50 и др. в корпусах, удобных для крепления на внутренней стенке металлических шкафов.

Мощность, постоянно рассеиваемая резисторами (в случае если данный вход МУРЗ или катушка промежуточного реле длительное время находится под напряжением), не превышает 10 Вт (для обеспечения токов срабатывания 12–15 мА), поэтому нагрев пятидесятиваттных резисторов незначителен, особенно если они установлены непосредственно на внутренней стенке металлического шкафа.

При установке таких резисторов обеспечивается безопасная работа по отысканию мест повреждения в ОЦПТ и нет необходимости в приобретении новых приборов.

Таким образом, можно констатировать, что переносные приборы для отыскания мест повреждения в ОЦПТ представляют потенциальную опасность для энергосистемы, поскольку их работа может вызвать несанкционированное отключение выключателей.

Необходимо незамедлительно отказаться от использования приборов с рабочим током, превышающим 1–2 мА, заменив их приборами нового поколения с уменьшенными рабочими токами, или предпринять меры по загрублению чувствительности некоторых промежуточных электромеханических реле и некоторых логических входов МУРЗ, функционально связанных с отключением выключателей.

СТАЦИОНАРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Еще одна проблема, которая была обнаружена в связи с применением устройств контроля изоляции в оперативных цепях постоянного тока, относится к стационарным устройствам, используемым на подстанциях с несколькими уровнями напряжений, например 220 В и 60 (или 48) В. При наличии ▶

Токи срабатывания промежуточных электромагнитных реле с номинальным напряжением 220 В постоянного тока с катушками сопротивлением 19 кОм, зашунтированными резисторами с различными сопротивлениями

Таблица 1 •

Ток срабатывания промежуточного реле, мА	Сопротивление шунтирующего резистора, кОм
2,4	—
12,9	10
15,2	6,8
20,1	4,7

Некоторые типы приборов для поиска места замыкания на землю в оперативных цепях постоянного тока

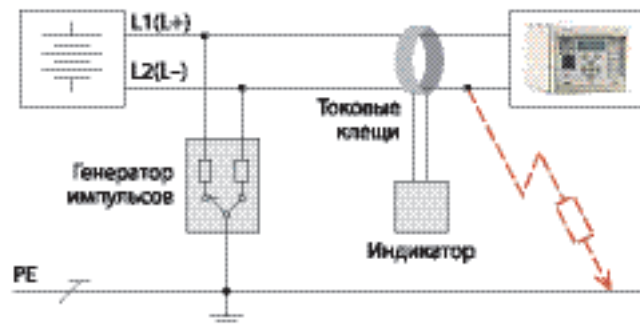
Рис. 1 •



- 1 – СКИФ («Техэлектро СТ»);
- 2 – ИПИ-1М (Псковский электротехнический завод);
- 3 – GAO AOE10003 (GAO Tek Inc.);
- 4 – Digitrace DC (Taurus Powertronics Ltd);
- 5 – GFL-1000 (Eagle Eye Power Solutions)

Принцип действия переносных приборов для отыскания поврежденной изоляции в ОЦПТ

Рис. 2 •



14-я специализированная выставка
ЭНЕРГЕТИКА. ЛЕКТРОТЕХНИКА.
 Энерго- и ресурсосбережение.

РОССИЯ НИЖНИЙ НОВГОРОД НИЖЕГОРОДСКАЯ ЯРМАРКА

15-18 мая 2012 года

603086, г. Нижний Новгород, ул. Совнаркомовская, 13
 Телефоны: (831) 277-56-90, 277-55-95
 Факс: (831) 277-55-68
 e-mail: irina@yarmarka.ru
 http://www.yarmarka.ru/

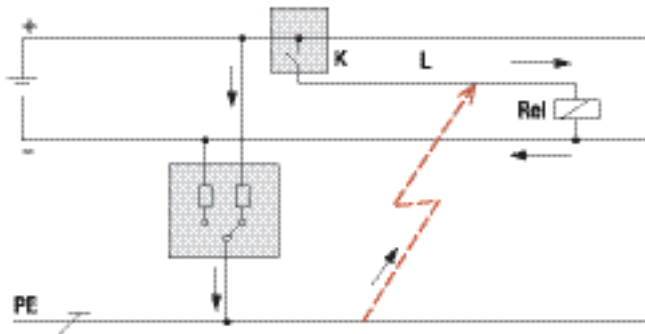
Организаторы: Министерство энергетики РФ, Правительство Нижегородской области, Нижегородский электротехнический университет, Всероссийское ЗАО «Нижегородский ярмарка».

При поддержке: Полномочного представителя Президента РФ в Приволжском федеральном округе, Комитета по энергетике Государственной Думы ФС РФ.

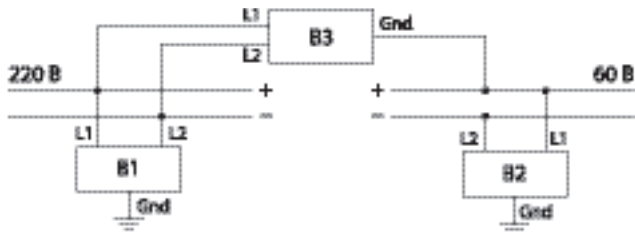
Проект Форума «Великие реки» IGEF

Генеральный информационный партнер: ЭНЕРГО-ИНФОРМ

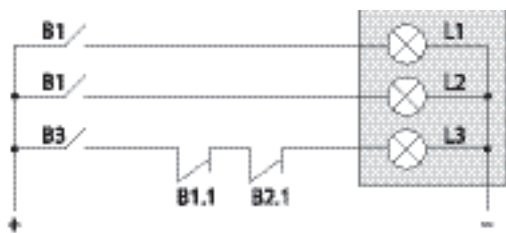
- **Рис. 3.** Схема образования контура, обуславливающего ложное срабатывание промежуточных реле или активацию логических входов МУРЗ



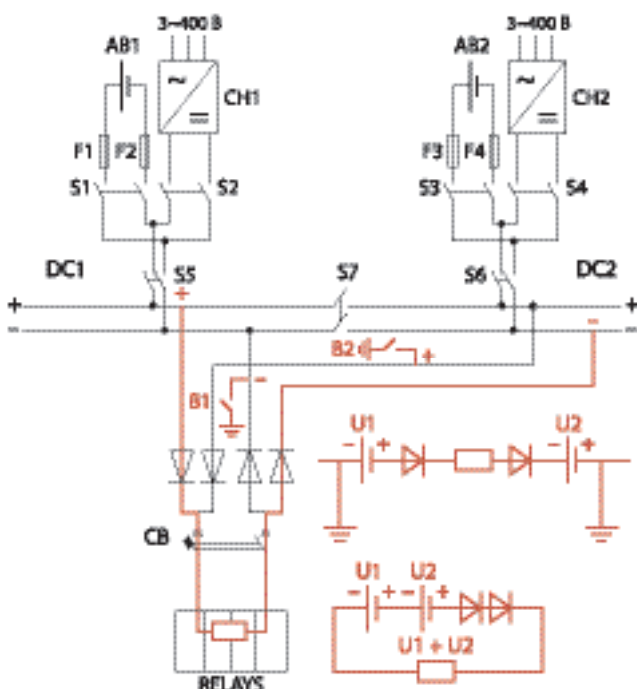
- **Рис. 4.** Схема подключения стационарных приборов (B1, B2, B3) контроля изоляции на подстанции с двумя изолированными системами оперативного питания разного напряжения



- **Рис. 5.** Схема индикации состояния приборов контроля изоляции, не реагирующая на ложные срабатывания



- **Рис. 6.** Схема образования цепи с двойным напряжением в ОЦПТ с двумя системами шин DC1 и DC2 и разделительными диодами в цепи нагрузки



двух систем оперативного питания стационарные приборы контроля изоляции устанавливаются в цепях каждого из них, а в дополнение к этому устанавливается третий прибор, который контролирует изоляцию между этими двумя системами (рис. 4).

При использовании приборов типа IRDN375 оказалось, что при возникновении земли в системе 220 В срабатывает не только прибор B1, но также и B3. Причем все приборы синхронизированы между собой посредством собственного канала связи таким образом, что когда один прибор создает тестовый импульс тока, все остальные приборы в это время не реагируют на появление земли. Почему происходит ложное срабатывание прибора B3, установить не удалось даже после консультаций с производителем, но это срабатывание существенно затрудняет определение поврежденной системы на подстанции. Речь идет именно о визуальном определении состояния устройств (сработало – не сработало), а не о выходном сигнале, который объединяется от всех трех приборов в один общий сигнал о повреждении изоляции. Решить эту проблему можно с помощью трех сигнальных ламп, включенных по простейшей схеме (рис. 5).

Следующая проблема относится к разряду вероятных, поскольку реально замечена не была, но имеется достаточно большая вероятность ее появления. Речь идет о применении стационарных приборов контроля изоляции в ОЦПТ, состоящих из двух отдельных систем DC1 и DC2, с резервированием потребителей посредством диодов (рис. 6). Подробно о назначении этой схемы и ее особенностях рассказано в [1].

Сегодня на рынке имеется большое разнообразие стационарных приборов для контроля состояния изоляции в ОЦПТ, работающих на различных принципах, производимых как небольшими компаниями в Индии, Китае, Канаде, США, так и промышленными гигантами: ABB, Siemens и др.

Наибольшее распространение получили приборы, контролирующие баланс плюсового и минусового потенциала относительно искусственно образованной в приборе заземленной точки с нулевым потенциалом, а также приборы, формирующие тестовые импульсы тока (аналогичные описанным выше переносным приборам) путем периодического подключения плюса и минуса к земле через токоограничивающее сопротивление.

Если приборы последнего типа будут применены в схеме, приведенной на рис. 6, то возможна ситуация, при которой один из них подключит на землю минус одной системы шин (B1), а второй – плюс на землю второй системы шин (B2). При этом окажется, что обе системы шин соединены последовательно, а к потребителям приложено двойное напряжение питания, то есть около 450 В. Ток величиной 10–20 мА, ограничиваемый приборами, вполне достаточен для повреждения варисторов во входных цепях модулей I/O и источников питания МУРЗ.

В действительности случаи сложения напряжений двух систем шин в схеме с разделительными диодами известны (по другим причинам) из практики эксплуатации ОЦПТ, и они всегда приводят к массовым повреждениям источников питания МУРЗ. Предотвратить опасность возникновения такого режима можно путем применения приборов контроля изоляции, синхронизированных между собой, когда их одновременная работа исключается, или приборов, не использующих принцип работы, основанный на формировании импульсов тока.

ВЫВОД

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что некоторые приборы контроля изоляции в ОЦПТ представляют значительную потенциальную опасность и могут привести к повреждению электронного оборудования и к тяжелым авариям в сетях. Поэтому к их выбору нужно относиться с большим вниманием, тщательно изучая технические характеристики устройств с учетом приведенных в данной статье рекомендаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич В.И. Проблемы повышения надежности систем оперативного питания РЗА на постоянном токе // Электроэнергия. Передача и распределение. 2012. № 3. ■

КОММЕНТАРИЙ

РАЗРАБОТЧИКА УСТРОЙСТВ
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Существует еще одна проблема контроля изоляции в оперативных цепях постоянного тока: на ложные срабатывания устройств релейной защиты оказывают влияние емкости сети оперативного тока. Разработано и решение данной проблемы на основе Т-образного моста.

Юрий Алимов, заместитель технического директора по релейной защите и автоматике
Игорь Галкин, ведущий инженер отдела НКУ
ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары

В статье В.И. Гуревича правильно описаны проблемы контроля изоляции в цепях оперативного постоянного тока, однако не учтено влияние собственных емкостей сети оперативного тока. Предлагаемое шунтирование реле и дискретных входов МУРЗ резисторами помогает отстройке от влияния инжектируемых токов и некоторых других режимов, но не решает проблему влияния емкостей сети оперативного тока на ложные срабатывания.

Для решения этой проблемы в течение нескольких десятилетий в СССР широко использовалась и продолжает использоваться в России стандартная схема контроля изоляции на основе Т-образного моста, два плеча которого образованы резисторами 1 кОм, потенциометром П2ДС, а третье плечо – электромеханическим реле РН 51/32. Применение этой схемы позволяет значительно снизить вероятность ложных срабатываний устройств релейной защиты, связанных с повреждением изоляции и работой самих устройств контроля изоляции, поскольку фиксируется потенциал земли относительно полюсов.

Из всех перечисленных в статье устройств контроля изоляции лишь система «ЭКРА-СКИ» позволяет работать совместно со стандартной схемой контроля изоляции или ее аналогом, обеспечивая без наложений чувствительность поиска присоединения с поврежденной изоляцией не хуже 60 кОм.

Следует отметить, что устройство EDS 3091 фирмы Bender, работающее с токами 1 и 2,5 мА, – не панацея от ложного срабатывания устройств релейной защиты. Дело в том, что при таких токах определить место повреждения изоляции на участке, соединяющем электромагнитные промежуточные реле или логические входы МУРЗ (рис. 2), – неразрешимая задача, особенно в сетях оперативного тока с емкостями более 20 мкФ. Кроме того, к примеру, устройство IRDN 575 обладает высоким собственным сопротивлением полюса относительно земли, примерно 300 кОм. Поэтому при токе 10 мА и сопротивлении дискретного входа 20 кОм напряжение на входе составит примерно 200 В, что приведет к срабатыванию устройства. В случае применения стандартной схемы контроля изоляции при тех же условиях напряжение на дискретном входе не превысит 130 В, что недостаточно для ложного срабатывания. ■

КОММЕНТАРИЙ

ПРОИЗВОДИТЕЛЯ СИСТЕМ
КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ

Необходимо учитывать и такое явление, как перекоп напряжения по полюсам относительно земли до момента замыкания на землю, так как его величина и емкость сети могут приводить к ложным срабатываниям в ОЦПТ.

Василий Маркевич,
генеральный директор
ООО «Техэлектро СТ», г. Смоленск

Решение, предлагаемое В.И. Гуревичем, – шунтирование высокоомных реле и дискретных входов МУРЗ – абсолютно верное. Только шунтирование позволяет одновременно решить три задачи:

- обеспечить надежное срабатывание реле контроля изоляции при замыкании на землю в рассматриваемых цепях;
- повысить общую помехозащищенность;
- подгрузить контакты реле для надежного прожига оксидной пленки.

Это решение можно рассматривать в качестве основного, но не единственного. Дополнительно могут быть предприняты такие действия, как задержка срабатывания дискретных входов МУРЗ, связанных с отключением основного оборудования; надежное заземление панелей; совершенствование схем дискретных входов; установка дополнительных промежуточных реле и др.

Кроме того, в рамках темы, предложенной статьей В.И. Гуревича, важно, на мой взгляд, рассмотреть еще один момент: перекоп напряжения по полюсам относительно земли до момента замыкания на землю, ведь его величина и емкость сети могут приводить к ложным срабатываниям в рассматриваемых цепях.

Схемные решения реле контроля изоляции, которое используется с системой контроля изоляции фидеров «СКИФ», не приводят к значительным опасным перекопам по полюсам сети, а уровень амплитуды опорного напряжения устройства «СКИФ-С» недостаточен для ложного срабатывания рассматриваемых цепей. В основе работы устройств «СКИФ-С» и «СКИФ-П» лежит амплитудно-фазный метод. ■

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКЕ!

9-11
октября 2012



Энергетика.
Энергосбережение

III Всероссийская специализированная выставка

Место проведения выставки:
г. Ижевск, ул. Косперативная, 9

Выставочный центр «УДМУРТИЯ»
тел./факс: (3412) 731-171, 731-116, 733-624, 733-664
energy@ucudmurtia.ru, www.energy.ucudm.ru



Генеральный спонсор:
завод теплового оборудования
АЛЬТЕРНАТИВНАЯ
ЭНЕРГИЯ

Интернет-партнер: elec.ru
Информационные партнеры:
ПОСРЕДНИЧЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКА
ЭНЕРГЕТИКА
ЭНЕРГЕТИКА