

Авторы:
к.т.н. Галкин И.А.,
Виноградов А.Ю.,
Лопатин А.А.,
ООО НПП «ЭКРА»,
г. Чебоксары, Россия.

К ВОПРОСУ О ТРЕБОВАНИЯХ К ОБОРУДОВАНИЮ КОНТРОЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ СОПТ, СНИЖАЮЩИХ ЛОЖНУЮ РАБОТУ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

Аннотация: в статье изложены вопросы, связанные с требованиями к оборудованию контроля сопротивления изоляции. На основе анализа схемы замещения сети оперативного постоянного тока и опыта внедрения системы контроля изоляции ЭКРА-СКИ выбраны дополнительные требования к оборудованию контроля сопротивления изоляции.

Ключевые слова: релейная защита, контроль сопротивления изоляции, ложная работа устройств РЗА.



Галкин Игорь Александрович
Дата рождения: 23.06.1952 г.
В 1974 г. окончил ЧГУ им. И.Н. Ульянова.
В 1988 г. в Омском политехническом институте защитил диссертацию на соискание звания кандидата технических наук по теме «Разработка индукторных систем для магнитно-импульсной обработки металлов».
Руководитель направления систем контроля изоляции департамента НКУ и КРУ, ООО НПП «ЭКРА».

Введение

Одними из важнейших частей систем электроснабжения подстанций и электростанций, обеспечивающих бесперебойную работу устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), аварийных систем, АСУ ТП связи являются сети оперативного постоянного тока (СОПТ). Они имеют большую протяженность и связь с «землей» через делители напряжения.

Несмотря на то, что при снижении сопротивления изоляции в этой сети всё оборудование продолжает нормально функционировать, повреждение должно быть выявлено и устранено в кратчайший срок, во избежание появления КЗ в системе оперативного питания и неправильной работы зависимого от этой сети оборудования.

В наиболее полной мере этим задачам соответствуют системы непрерывного контроля состояния изоляции с возможностью определения места повреждения.

В последнее время наблюдается рост количества разработанных новых устройств контроля изоляции (УКИ) в сети оперативного постоянного тока, принцип работы которых основан на методе смещения нейтрали и выявлении присоединений со сниженным сопротивлением изоляции с помощью дифференциальных датчиков постоянных токов.

К таким УКИ относятся устройства фирм: НПП «ЭКРА» (г. Чебоксары), «НПО Энергоавтоматика» (г. Москва), «Электросбыт» (г. Чебоксары), «МПОТК Технокомплект» (г. Дубна), «РАДИУС

Автоматика» (г. Зеленоград), ПК «ЭлектроКонцепт» (г. Новосибирск), «C&T Elmech» (г. Прущ-Гданьский, Польша), «State Grid Corporation of China» (г. Пекин, Китай) и др.

Вопросам защиты дискретных входов устройств РЗА посвящены работы [3-6]. В настоящее время при проектировании СОПТ используют стандарты [1, 2]. Как показывает опыт внедрения УКИ в СОПТ, при проектировании оборудования контроля изоляции у различных производителей нет единого подхода, поэтому, мы предлагаем некоторые требования к оборудованию контроля сопротивления изоляции, полученные на основе внедрения системы контроля изоляции «ЭКРА-СКИ».

Одним из важнейших вопросов, возникающих при внедрении таких устройств, является величина сопротивлений выравнивающих резисторов, включенных между полюсами сети и «землей», и их влияние на работу дискретных входов (ДВ) МП РЗА.

Ложная работа ДВ может произойти в следующих случаях:

1) при снижении сопротивления изоляции положительного полюса относительно «земли» и последующем замыкании положительного входа ДВ на «землю»;

2) при работе УКИ и одновременном замыкании положительного входа ДВ на «землю».

Для оценки влияния выравнивающих резисторов рассмотрим расчетную эквивалентную схему замещения сети оперативного постоянного тока (рис. 1), где R_1, R_2 – сопротивления выравни-



Лопатин

Андрей Анатольевич

Дата рождения: 16.08.1980 г.

Окончил в 2003 г.

ЧГУ им. И.Н. Ульянова,
кафедра «Электрические
аппараты».

Директор департамента НКУ
и КРУ, ООО НПП «ЭКРА».



Виноградов

Аксар Юрьевич

Дата рождения: 11.12.1983 г.

Окончил в 2006 г.

электротехнический
факультет

ЧГУ им. И.Н. Ульянова.

Руководитель направления

систем оперативного

постоянного тока, НКУ и КРУ,

ООО НПП «ЭКРА».

нивающих резисторов; $C1, C2$ – емкости полюсов сети относительно «земли»; $R3, R4$ – сопротивления соответственно положительного и отрицательного полюсов сети относительно «земли»; $R5$ – сопротивление дискретного входа (ДВ); $R6$ – сопротивление, шунтирующее ДВ; $S2$ – ключ, имитирующий замыкание на «землю»; $S1$ – ключ (не используется); ДДТ – датчик дифференциального тока для контроля сопротивления изоляции присоединения относительно «земли».

Начальными условиями для расчета первого случая ложной работы приняты: напряжение на аккумуляторной батарее 235 В, емкости сети относительно «земли» 20 мкФ; сопротивление ДВ 60 кОм, сопротивление положительного полюса относительно «земли» 20 кОм, напряжение срабатывания и возврата ДВ устройств РЗА 158-170/132-154 В.

Расчетная модель показывает, что при снижении сопротивления изоляции положительного полюса относительно «земли» и одновременном замыкании положительного вывода ДВ на «землю» напряжение на ДВ увеличивается. Величина амплитуды импульса напряжения на ДВ зависит от величины сопротивления положительного полюса относительно «земли» и величин сопротивлений выравнивающих резисторов, а длительность импульса зависит от емкости полюсов сети относительно «земли», величин сопротивлений выравнивающих резисторов и сопротивления ДВ.

Результаты расчетов сведены в табл. 1, где приведены величины амплитуд импульсов напряжения на ДВ при замыкании дискретного входа терминала (ДВ) на «землю» и время длительности импульса до момента снижения на-

пряжения на ДВ до 132 В при различных величинах сопротивлений выравнивающих резисторов.

Таблица 1. Расчетные величины моделирования ложной работы ДВ

Сопротивление выравнивающих резисторов, кОм	1 случай		2 случай	
	Амплитуда импульса напряжения на ДВ, В	Время длительности импульса, мсек	Напряжение на ДВ при замыкании его входа на «землю»	Допустимое напряжение смещения нейтрали сети при поиске поврежденного присоединения, В
10	141	0	109	49
30	168	35	94	64

Как видно из таблицы, для сети с сопротивлением выравнивающих резисторов 30 кОм при снижении сопротивления изоляции положительного полюса относительно «земли» 20 кОм (уставка «Авария») амплитуда импульса составляет 168 В, а длительности импульса 35 мс до момента снижения напряжения до 132 В, что достаточно для ложной работы ДВ. Для исключения ложной работы ДВ необходимо, чтобы сопротивление выравнивающих резисторов было не более 10 кОм, при применении выравнивающих резисторов 30 кОм необходимо ДВ шунтировать сопротивлением примерно 10 кОм.

Проанализируем второй случай возможной ложной работы ДВ при работе УКИ и одновременном замыкании положительного вывода ДВ на «землю». Первоначальные расчетные условия модели те же, как и в первом случае.

Как видно из табл. 1, с увеличением сопротивлений выравнивающих резисторов напряжение на ДВ уменьшается, что не является критичным с точки зрения ложной работы ДВ, однако данный режим является предаварийным.

При снижении сопротивления изоляции на положительном полюсе сети или при работе УКИ, у которого напряжение смещения нейтрали составляет более 49 В, возможна ложная работа терминала защиты. Примером может служить авария на ПС «Бугульма» 500 кВ в 2010 году. Поэтому важным требованием, предъявляемым к УКИ, является определение датчиком дифференциального тока металлического замыкания ДВ на «землю». Проведенные испытания системы

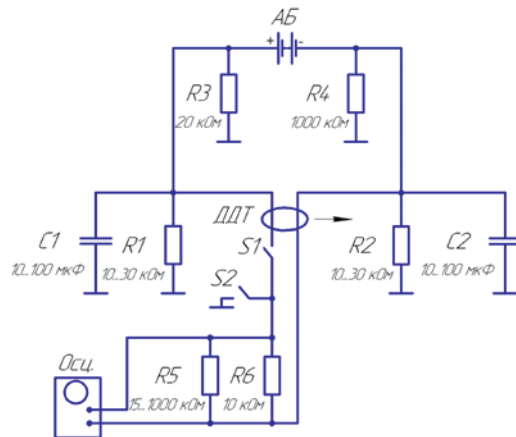


Рис. 1. Эквивалентная схема замещения сети оперативного постоянного тока



«ЭКРА-СКИ», например, в щите постоянного тока Белорусской АЭС, показали, что это возможно, если сопротивление ДВ не превышает 100 кОм. К таким устройствам относятся терминалы защиты НПП «ЭКРА» типов Э242А, Э223А и БЭ2704А.

Другой вопрос, связанный с ложной работой реле и терминалов РЗА, возникает при эксплуатации терминалов, разработанных задолго от появления устройств автоматического поиска присоединений с поврежденной изоляцией. К таким устройствам относятся реле защиты «Орион-КИ» («РАДИУС Автоматика»), терминалы БЭ2704 выпуска до 2005 года (НПП «ЭКРА») и устройства РЗА других фирм. Проведенные при внедрении системы контроля изоляции «ЭКРА-СКИ» исследования на ПС «Киндери»

500 кВ (ОАО «Сетевая компания») показали, что для терминалов, напряжение срабатывания которых составляет примерно 135-140 В, при снижении сопротивления на положительном полюсе до 20 кОм и металлическом замыкании положительного входа ДВ на «землю» может произойти ложное срабатывание ДВ даже при применении выравнивающих резисторов 10 кОм. Для исключения этого необходимо контролировать, чтобы напряжение на отрицательном полюсе сети не превышало 135 В. При этом контроль перекоса напряжений между полюсами сети, который заявлен в [1], не может гарантировать отсутствие ложной работы устройств РЗА.

В случаях применения переносных устройств контроля изоляции (ПКИ) некоторых производителей требуется

отключить стационарную систему контроля изоляции (СКИ), которая совместно работает с выравнивающими резисторами. При этом возрастает сопротивление полюсов сети относительно «земли», что, в свою очередь, может привести, как было отмечено при анализе первого случая, к ложной работе ДВ.

В настоящее время в стандартах ПАО «ФСК ЕЭС» [1, 2] отсутствуют требования к подключаемым в сеть СОПТ устройствам, например, устройствам мигающего света, по величине и длительности импульсов, накладываемых на полюса сети относительно «земли». Это приводит к тому, что применяемые в сети устройства конфликтуют между собой. На рис. 2 приведена осциллограмма напряжения на полюсе сети при совместной работе УКИ типа «ЭКРА-СКИ» и устройства ППБР-2М. Таким образом, перед разработчиками УКИ ставится задача борьбы с помехой от этих устройств. Другим решением могло бы быть поручение функции мигающего света терминалам центральной сигнализации либо применение шкафа с гальванически развязанным источником для формирования в сети шинки мигающего света.

Авторы считают, что при наладке устройств контроля изоляции необходима методика, позволяющая определить область применения УКИ, при которой невозможна ложная работа устройств РЗА. Такая методика была применена при наладке «ЭКРА-СКИ» в 2017 году на ПС «Киндери» 500 кВ.

На наш взгляд, испытания УКИ на ЭМС, проводимые при аттестации ПАО «Россети», не в полной мере удовлетворяют требованиям потребителей, особенно по предотвращению ложной работы устройств РЗА. Считаем, что необходимо в полной мере выработать общие технические требования к УКИ и внести их в нормативные документы. Также предлагаем создать лабораторию на базе одного из известных институтов, например, МЭИ, в которой будет проводиться проверка УКИ различных производителей с выдачей рекомендаций по их применению.

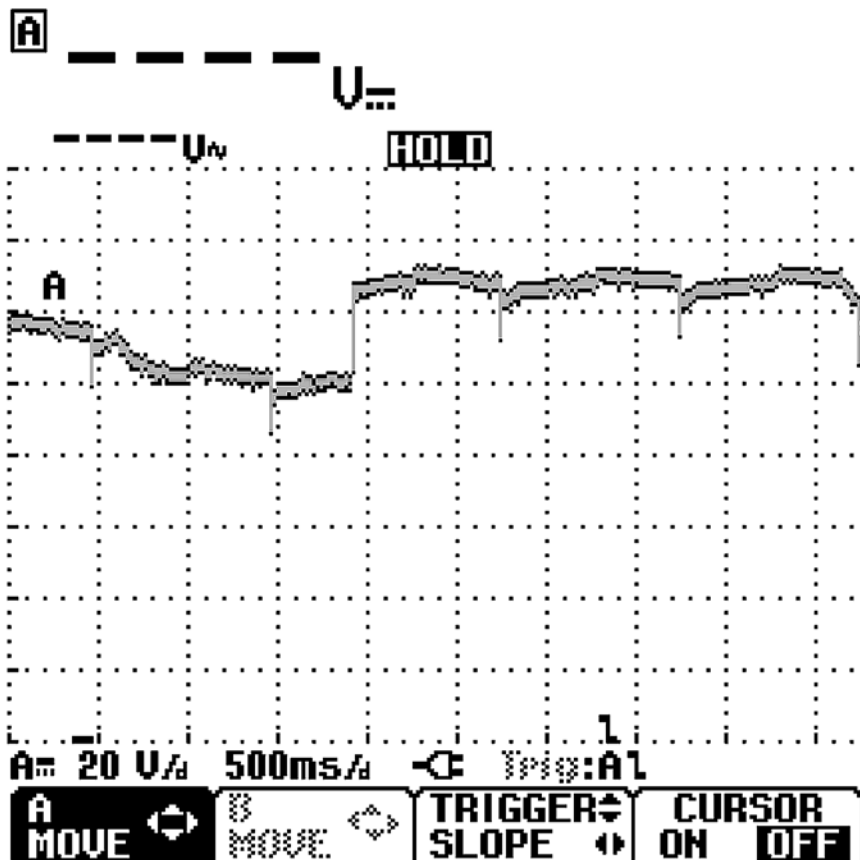


Рис. 2. Осциллограмма напряжения на положительном полюсе сети при одновременной работе «ЭКРА-СКИ» и ППБР-2М

Выводы

1. Для исключения ложной работы ДВ при существующей уставке снижения сопротивления изоляции, равной 20 кОм (уставка «Авария»), необходимо применять выравнивающие резисторы не более 10 кОм.

2. Датчик дифференциального тока, применяемый для контроля сопротивления изоляции присоединения, должен определять металлическое замыкание на «землю» ДВ, при этом сопротивление ДВ не должно превышать 100 кОм.

3. На энергообъектах, где установлены терминалы, выпущенные до 2005 года, необходимо применять УКИ, позволяющие контролировать превышение напряжения на отрицательном полюсе сети оперативного постоянного тока выше 135 В.

4. В случаях применения ПКИ при отключении стационарной системы контроля изоляции необходимо

оставлять подключенные между полюсами сети и «землей» выравнивающие резисторы.

5. Необходимо доработать общие технические требования к УКИ и внести их в нормативные документы.

6. Необходимо разработать методические указания по эксплуатации устройств контроля сопротивления изоляции в СОПТ, позволяющие определить границы применения УКИ, при которых отсутствует ложная работа РЗА.

7. Необходимо создать на базе одного из известных институтов, например МЭИ, лабораторию, в которой будет проводиться проверка УКИ различных производителей с выдачей рекомендаций по их применению.

Литература:

1. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.120.40.102-2011 Методические указания по инженерным расчетам в системах оперативного

постоянного тока для предотвращения неправильной работы дискретных входов микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, при замыканиях на землю в цепях оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС.

2. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.120.40.262-2018 Руководство по проектированию систем оперативного постоянного тока (СОПТ) ПС ЕНЭС. Стандарт организации, 2018.

3. Гусев Ю.П., Монаков Ю.В. Предотвращение срабатываний дискретных входов микропроцессорных релейных защит при замыканиях на землю в системах оперативного постоянного тока // Известия вузов. Электромеханика, – 2013, – №1, – С. 81-83.

4. Информационное письмо службы РЗА МЭС Центра №10-20/5-2011. О повышении помехоустойчивости оптовоходов МП терминалов РЗ и ПА.

5. Антонов Л., Новиков А. СОПТ – система оперативного постоянного тока. Часть 4, Допустимые уровни напряжения // Цифровая подстанция.

6. Ворошилов А. Влияние синфазных помех на работу РЗА в СОПТ. Борьба с ложными срабатываниями // Новости электротехники, 2016, – №2 (98).



KazInterPower-2019

8-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ
ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

28-30
мая

КАЗАХСТАН
г.ПАВЛОДАР

На правах рекламы

По вопросам участия
обращайтесь
к организаторам:



тел./факс: +7 (727) 250-75-19
тел: +7 (727) 313-76-28, 313-76-29
e-mail: kazexpo@kazexpo.kz

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Союз инженеров-
энергетиков
Республики Казахстан



Казахстанская
Электроэнергетическая
Ассоциация



Палата Предпринимателей
Павлодарской Области