



**НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор

В.В. Молодюк

ПРОТОКОЛ

совместного заседания секции «Управления режимами энергосистем, РЗиА», секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России» НП «НТС ЕЭС» и секции 3 НТС ПАО «Россети» «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управления в электрических сетях» по теме " **Вопросы координации работы релейной защиты и измерительных трансформаторов тока**".

11 сентября 2015 г.

г. Москва

Присутствовало: 69 человек (список представлен в Приложении 1).

На заседании выступили:

С вступительным словом:

Заместитель председателя секции «Управления режимами энергосистем, РЗиА», к.т.н. - А.В. Жуков.

Руководитель секции 3 НТС ПАО «Россети» «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управление в электрических сетях», к.т.н. – Г.С. Нудельман.

С докладами:

1. «О результатах работы рабочей группы по выявлению причин излишней работы устройств РЗА (исследование причин возникновения тока нулевой последовательности во вторичных цепях трансформаторов тока (ТТ) 500 кВ) при аварии на Ростовской АЭС, произошедшей 04.11.2014» – В.С. Воробьев (ОАО «СО ЕЭС») (Приложение 2).
2. «Вопросы стандартизации измерительных трансформаторов тока» - Г.А. Ведерников (ООО «Эльмаш» (УЭТМ)) (Приложение 3).
3. «Стандарты на измерительные трансформаторы» - Р.Ф. Раскулов (ОАО «СЗТТ») (Приложение 4).
4. «Анализ отключения ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Южная и ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск при внешнем повреждении» - Н.А. Дони (ООО НПП «ЭКРА») (Приложение 5).
5. «О результатах моделирования электромагнитных переходных процессов при аварийных событиях на Ростовской АЭС 04.11.2014 с использованием программно-аппаратного комплекса RTDS с целью изучения влияния величины остаточной намагниченности на время работы ТТ без насыщения» - А.А. Наволочный (ОАО «ВНИИР») (Приложение 6).
6. «О требованиях, предъявляемых к ТТ и устройствам РЗ, при которых обеспечивается правильное функционирование устройств релейной защиты производства компании Siemens» - В.Ю. Перевертов (ООО «Сименс») (Приложение 7).
7. «Вопросы координации работы релейной защиты и измерительных трансформаторов тока» - А.Н. Подшивалин (ООО «ИЦ Бреслер») (Приложение 8).
8. «Координация работы релейной защиты с трансформаторами тока класса ТРХ» - С.Л. Кужеков (ООО НПФ «Квазар») (Приложение 9).

В обсуждении докладов и прениях выступили:

Г.С. Нудельман, А.В. Жуков, А.П. Арсентьев, Я.Л. Арцишевский, А.В. Булычев, А.З. Вильниц, А.А. Чулков, Ю.П. Гусев, А.С. Шеметов, А.А. Шапеев, М.А. Янин, В.Г. Точилкин, В.В. Нагай, В.А. Коротков.

Заслушав доклады, выступления участников в дискуссии, заседание отмечает следующее:

1. 4 ноября 2014 года при возникновении трехфазного короткого замыкания в открытом распределительном устройстве (ОРУ) 500 кВ Ростовской АЭС зафиксирована неправильная (излишняя) работа устройств релейной защиты.
2. Для определения причин излишней работы РЗА создана рабочая группа, в составе представителей ОАО «СО ЕЭС», ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «Россети», ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «РусГидро», ВНИИАЭС, НИАЭП,

ООО НПП ЭКРА, ООО «Сименс», TRENCH (Германия), ООО «Эльмаш» (УЭТМ), ОАО «ВНИИР».

3. В феврале 2015 года проведены испытания трансформаторов тока SAS 550 (производитель TRENCH) на ОРУ 500 кВ Ростовской АЭС. Дополнительно для получения сравнительных характеристик отечественных и импортных трансформаторов тока в марте 2015 года на ОРУ 500 кВ Чебоксарской ГЭС проведены испытания трансформаторов типа ТФНКД-500, традиционно используемых на подстанциях ЕЭС России. Все испытания проводились с участием специалистов компании TRENCH с применением специализированного оборудования, позволяющего измерять остаточную намагниченность (тип испытательного оборудования согласован с заводом – изготовителем ТТ).

4. Измеренная остаточная намагниченность сердечников ТТ типа SAS550 находилась в диапазоне от 12% до 86% (максимальная остаточная намагниченность в 61% и 86% была замерена на сердечниках, к которым были подключены излишне сработавшие устройства РЗ). Измеренная остаточная намагниченность сердечников ТТ типа ТФНКД-500 II составила для нижних каскадов в диапазоне от 16% до 35%, верхних каскадов – от 4% до 24%.

5. Установлено, что причиной неправильной (излишней) работы устройств релейной защиты стало насыщение трансформатора SAS 550 апериодической составляющей тока короткого замыкания и наличие остаточного намагничивания его сердечников. Намагничивание произошло в процессе проведения пуско-наладочных работ.

6. Основными причинами, способствующими насыщению ТТ при протекании через него тока КЗ, не превышающего предельную кратность, установленную производителем в соответствии с заданными техническими характеристиками, являются:

- величина и длительность протекания апериодической составляющей тока КЗ;
- величина остаточной намагниченности той же полярности, которую имеет апериодическая составляющая тока КЗ.

7. Применение элегазовых выключателей, создающих возможность включения на КЗ при минимальном напряжении сети, приводит к достижению апериодической составляющей тока КЗ максимальной величины.

8. Наличие в сети значительного количества генераторов, трансформаторов, шунтирующих реакторов приводит к длительному существованию апериодической составляющей в токе КЗ.

9. Остаточная намагниченность характерна для всех ферромагнитных материалов как производства 1980-х годов, так и для современных. Величина остаточной намагниченности не нормируется и носит случайный характер, зависит от значения тока КЗ, постоянной времени и величины апериодической составляющей тока КЗ, моментов его возникновения и отключения, а также от

коммутаций и измерений, проводимых во вторичных цепях во время эксплуатации и наладки.

10. Остаточная намагниченность ТТ существует неопределенно длительное время и ее величина достигает 86%. Снять остаточную намагниченность ТТ можно только выполнив принудительное размагничивание магнитопроводов ТТ.

11. В эксплуатационной документации на ТТ КО «Запорожский завод высоковольтной аппаратуры» содержится требование на необходимость выполнения размагничивания ТТ после:

- протекания сквозного тока КЗ;
- отключения ЛЭП под током;
- случайного размыкания вторичных цепей (для восстановления первоначальной точности вторичных обмоток).

12. Причиной возникновения тока нулевой последовательности во вторичных цепях и излишней работы РЗА явилось избыточное насыщение магнитопроводов обмоток ТТ В-60 класса точности 10Р при протекании через него в течение 76 мс тока КЗ кратностью к номинальному 4,9 (9,7 кА), с апериодической составляющей 114% (11,0 кА или 190% от значения первой гармоники), с постоянной времени затухания (T_p) не менее 40 мс. (данные для первого периода КЗ). Непосредственной причиной насыщения данных магнитопроводов является протекание через ТТ тока КЗ со значительной апериодической составляющей, а также возможная остаточная намагниченность.

13. Причиной излишней работы ДЗШ IV СШ 500 кВ Ростовской АЭС явилось отсутствие в панели ПДЭ-2006 блокировки по 2 гармонике, которая возникает, в том числе, при насыщении магнитопроводов обмоток ТТ. Наличие насыщения магнитопроводов обмоток ТТ В-50 обусловлено протеканием в течение 80 мс. суммарного тока КЗ кратностью к номинальному 12,2 (24,3 кА) со значительной апериодической составляющей 77% (18,7 кА или 121% от значения первой гармоники) с постоянной времени затухания (T_p) не менее 40 мс. (данные для фазы «А», первый период КЗ). Уменьшение времени «без насыщения» ТТ В-50 обусловлено также наличием в сердечниках остаточной намагниченности до 76% в связи с проведением проверки целостности токовых цепей на Ростовской АЭС непосредственно перед включением на КЗ. Второй комплект ДЗШ IV СШ 500 кВ Ростовской АЭС типа ШЭ2710 562, имеющий в своем составе блокировку по 2 гармонике, в этих условиях излишне не срабатывал, при том что была сформирована сигнализация о неисправности цепей тока, подтверждающая наличие небаланса.

14. В Межгосударственном стандарте ГОСТ 7746 – 2001 «Трансформаторы тока. Общие технические условия» учитывается работа ТТ только в установившихся режимах, требования нормативной документации к работе ТТ в переходных режимах отсутствуют.

15. Международным стандартом МЭК 61869-2 (2012) «Трансформаторы измерительные. Часть 2. Дополнительные требования для токовых трансформаторов» определены требования для работы ТТ в переходных режимах (с 1992 по 2012 год требования к работе ТТ в переходных режимах определялись требованиями международного стандарта МЭК 60044/1-6).

16. В международном стандарте МЭК 61869-2 (2012) определены три класса точности ТТ для переходных процессов в зависимости от конструкции сердечника:

- *ТРХ* – замкнутый стальной сердечник, с определением требований к переходной характеристике;
- *ТРУ* – с воздушным зазором, ограничивающим остаточную намагниченность менее 10%;
- *ТРЗ* – с линейризованным сердечником, остаточной намагниченностью можно пренебречь.

В мире используются все три класса трансформаторов тока. В Германии в сетях высокого и сверхвысокого напряжения используются ТТ класса ТРЗ.

17. В соответствии с требованиями МЭК 61869-2 (2012) зарубежные производители устройств РЗ указывают требования к переходным характеристикам ТТ, гарантирующих их правильную работу в переходных режимах. В нормативной документации РФ аналогичные требования к производителям устройств РЗ отсутствуют.

18. Поставку значительного количества ТТ импортного производства без учёта требований МЭК 61869-2. Отечественные производители и проектировщики РЗА не выдвигают требований к работе ТТ в переходных режимах, поэтому при насыщении ТТ их устройства РЗА работают неправильно;

19. В рамках работы подкомитета ПК-2 «Электрические сети» ТК 016 «Электроэнергетика» ОАО «СЗТТ» подготовлены проекты стандартов на измерительные трансформаторы ГОСТ 7746 «Трансформаторы тока. Общие технические условия» и ГОСТ 1983 «Трансформаторы напряжения. Общие технические условия». В связи с отсутствием требований к работе трансформаторов тока в переходных режимах указанные проекты стандартов отправлены в ОАО «СЗТТ» на доработку, чего выполнено не было.

20. ОАО «Эльмаш (УЭТМ)» в инициативном порядке осуществляет разработку новой группы стандартов на измерительные трансформаторы тока. Проект стандарта «Общие требования для измерительных трансформаторов» представлен в ПК-2 30.06.2015, проект стандарта «Дополнительные требования к трансформаторам тока» подготовлен 30.08.2015, проект стандарта «Дополнительные требования к индуктивным трансформаторам напряжения» - к 30.11.2015.

21. Необходимость изучения параметров работы трансформаторов тока типа ТРХ, ТРУ в переходных режимах в рамках научно-исследовательской или

опытно-конструкторской работы. Не решен вопрос о допустимости использования указанных типов трансформаторов тока в конкретных условиях их применения.

22. Недопустимость прямого применения стандартов МЭК, которые не учитывают весь объем требований, методов испытаний и их детализации, связанных с условием эксплуатации отечественной продукции, а также национальной системы стандартов. Прямое применение стандартов МЭК неприемлемо для российской энергетики, принятие Российских Стандартов идентичных МЭК узаконит применение зарубежных измерительных трансформаторов на российском рынке, которые неработоспособны в Российских условиях;

23. Требования стандарта ГОСТ Р МЭК 61869-2-2015 «Трансформаторы измерительные. Часть 2. Дополнительные требования к трансформаторам тока», разработчиками которых выступали ОАО «ВНИИМС» и Научно-производственное республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС)» распространяются на трансформаторы тока только для экспортных поставок и не рассчитаны для отечественного рынка.

24. Оба случая излишнего срабатывания шкафов релейной защиты, содержащих комплекты ступенчатых защит (КЗС), один из которых установлен на ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС– Южная, а второй – на ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Буденновск, и, соответственно, отключения линий явились следствием неправильного определения направленности реле сопротивления (РС) 1-й зоны защиты при замыканиях на землю. Излишние срабатывания РС 1 произошли соответственно через 56 мс и 72 мс после возникновения внешнего повреждения (данные зафиксированы встроенными осциллографами терминалов).

25. Результаты моделирования аварийных событий, полученные с использованием цифровых динамических моделей реального времени, подтвердили правильность выводов о влиянии насыщения ТТ на функционирование защит, позволили проанализировать поведение защит при варьировании параметров аварийного режима (в том числе, условий насыщения ТТ).

26. Предложения ООО НПП «ЭКРА» для исключения излишней работы устройств РЗ при внешних КЗ:

- для существующих устройств релейной защиты линий электропередачи, включенных на физическую сумму токов двух выключателей, принято использование схемы фиксации внешнего направления КЗ на заданное время с введением задержки на 0,05 с в действие первых ступеней ДЗ после изменения направления повреждения;

- при применении терминалов РЗ ЛЭП с двумя или тремя трехфазными токовыми цепями с отдельным подведением токов от ТТ двух выключателей реализована блокировка от внешних КЗ, основанная на сравнении направлений токов, проходящих через ТТ двух выключателей.

Совместное заседание секции «Управление режимами энергосистем, РЗА», секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления в ЕЭС России» НИ «НТС ЕЭС» и секции 3 НТС ПАО «Россети» «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управления в электрических сетях» приняло следующее решение:

1. Рекомендовать субъектам электроэнергетики в распределительных устройствах (РУ) крупных электростанций и выборочно подстанций, где возможно появление длительно затухающей апериодической составляющей тока КЗ, провести замеры остаточной намагниченности сердечников ТТ, закупленных в течение последних 15 лет, и определить время до насыщения ТТ при КЗ. На основании полученных результатов разработать технические мероприятия, обеспечивающие корректную работу РЗ в условиях возможного насыщения указанных ТТ.

2. Рекомендовать производителям устройств РЗА:

2.1. выполнить квалификационные испытания МП устройств РЗА, допущенных к применению на объектах России, с моделированием режима КЗ, произошедшего при аварии на Ростовской АЭС 04.11.2014;

2.2. провести всесторонний анализ требований МЭК 61869-2 по вопросам координации взаимодействия ТТ и РЗА, разработать мероприятия по обеспечению правильной работы устройств в переходных режимах, включая методики выбора уставок;

2.3. определить возможность осуществления организационно - технических мероприятий, позволяющие отказаться от проектных решений, предусматривающих соединение ТТ в группы, и перейти на цифровую сборку вторичных токов от одиночных ТТ, для чего должны быть внесены соответствующие изменения в устройства РЗА. Подготовить предложения по внесению изменений в существующую НТД;

2.4. сформировать требования к трансформаторам тока, технические характеристики которых гарантируют правильную работу устройств РЗА отдельных производителей в переходных режимах для их учета при проектировании и выборе закупаемого оборудования.

3. Рекомендовать ТК 016 разработку Национального стандарта, учитывающего работу ТТ в переходных режимах. К трансформаторам тока для релейной защиты, помимо требований, изложенных в Межгосударственном стандарте ГОСТ 7746 – 2001 «Трансформаторы тока. Общие технические условия», должны устанавливаться дополнительные требования с учётом рекомендаций международного стандарта МЭК 61869-2 (2012) «Трансформаторы измерительные. Часть 2. Дополнительные требования для токовых трансформаторов», учитывающие насыщение ТТ апериодической составляющей тока КЗ.

4. Рекомендовать субъектам электроэнергетики при проведении замеров омического сопротивления обмоток и проверки фазировки вторичных цепей ТТ

применять приборы, обеспечивающие выполнение замеров без намагничивания магнитопроводов ТТ.

5. Разработанные технические решения по п. 1 – 4 Решили, учитывающие работу ТТ в переходных режимах, рассмотреть на совместном заседании секций «Управление режимами энергосистем, РЗА», «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средств автоматического системного управления в ЕЭС России» НП «НТС ЕЭС» и секции 3 НТС ПАО «Россети» «Управление режимами, автоматизация и применение автоматического управления в электрических сетях».

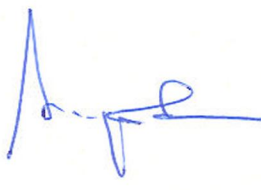
Ученый секретарь
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

 Я.И. Исамухамедов

Ученый секретарь секции «Управление
режимами энергосистем, РЗА»
НП «НТС ЕЭС»

 А.Ф. Морозова

Заместитель председателя секции
«Управления режимами энергосистем,
РЗА» НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

 А.В. Жуков

Председатель секции «Управление
режимами энергосистем, РЗА»
НП «НТС ЕЭС»

 А.Ф. Бондаренко

Зам. председателя секции «Проблемы
надежности и эффективности релейной
защиты и средства автоматического
системного управления в ЕЭС России»
НП «НТС ЕЭС», д.т.н.

 Б.К. Максимов

Руководитель секции 3 НТС ПАО
«Россети» «Управление режимами,
автоматизация и применение
автоматического управления в
электрических сетях», к.т.н.

 Г.С. Нудельман