

приходят с трансформаторных подстанций. Информационные системы включают в себя несколько компонентов:

1. Система диспетчерского контроля и сбора данных. Обеспечивает сбор данных от коммунальных служб, а затем использует полученные данные в процессе управления электросетевой инфраструктурой. Эта система связана с другими информационными системами: информация о потребителях, геоинформационная система (ГИС), развитая система учета, в которой информация от приборов учета передается как в саму систему, так и между приборами учета.

2. Система контроля и управления доступом и система управления отключениями. Эти системы являются основными, так как они взаимодействуют со всеми другими системами и совместно гарантируют надежность сети и удовлетворительное обслуживание потребителей.

Литература

1. Automatic Electrical Meter Reading System and Remote Monitoring Using Zigbee., January 2015, http://www.irdindia.in/journal_ijeecs/pdf/vol2iss10/6 (дата обращения: 09.09.2019).
2. Explain about 3 Basic Types of Energy Meters?, 8 March, 2014 <https://www.edgefx.in/introduction-on-energy-meter-different-types-of-energy-meters> (дата обращения: 09.09.2019).
3. Visualising urban energy use: the use of LiDAR and remote sensing data in urban energy planning, 29 December 2017, <https://link.springer.com/article/10.1186/s40327-017-0060-3> (дата обращения: 09.09.2019).

УДК 621.316.9

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗАЩИТЫ БЛИЖНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ АВТОТРАНСФОРМАТОРА

Ф.Р. Сиразутдинов

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Отказ релейной защиты в отключении оборудования при коротких замыканиях является наиболее опасным нарушением, приводящим к обесточиванию потребителей, повреждению силового оборудования и устройств вторичной коммутации. Избежать или значительно уменьшить последствия подобных событий позволяют системы дальнего и ближнего резервирования релейной защиты.

Осуществление дальнего и ближнего резервирования релейной защиты линий электропередачи и трансформаторов относится к наиболее сложным решениям.

Накопленный опыт эксплуатации, расчетов уставок и обслуживания микропроцессорных защит автотрансформаторов дает понять, что система дальнего резервирования междофазных КЗ на стороне НН АТ 220–500 кВ, действующей РЗ в голове питающих линий, неэффективна, а также позволяет выделить проблему, которая возникает при выборе параметров настроек резервных защит автотрансформаторов и требует решения.

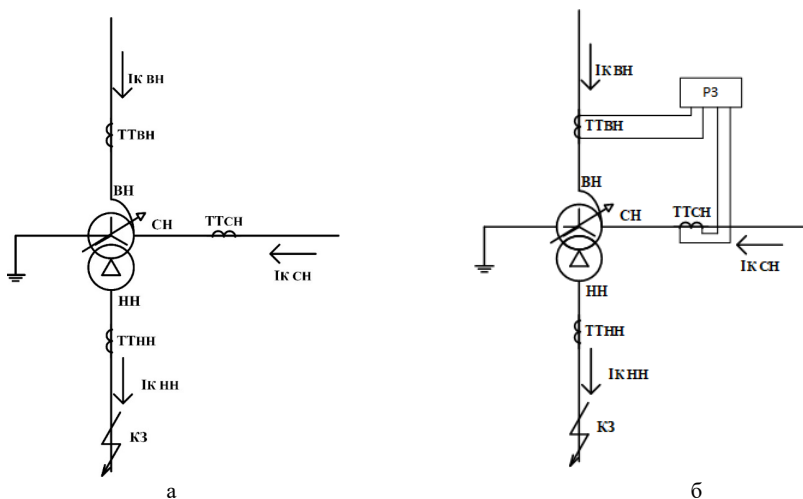


Рис. 1 а) КЗ на НН АТ; б) включение защит на сумму токов

Эта проблема заключается в сложности обеспечения чувствительности защит ближнего резервирования автотрансформаторов при междофазных КЗ на стороне низкого напряжения АТ, что подтверждается конкретными расчетами уставок на большинстве объектов ОЗ РДУ Татарстана. Например, согласно рис. 1, а ликвидация междофазных КЗ на стороне НН или на вводах НН АТ происходит только в каскаде (а в некоторых случаях 2 ступень ДЗ не чувствительна к междофазным КЗ), что при неисправности или выводе из работы основной защиты может привести к серьезным повреждениям АТ.

Как известно, основным условием выбора уставок МТЗ и 2 ступени ДЗ АТ является обеспечение чувствительности к междуфазным КЗ в АТ и на шинах смежного напряжения.

Однако при выборе уставок по условию чувствительности к междуфазным КЗ на стороне НН АТ уставки по току или сопротивлению срабатывания невозможно отстроить от нагрузочного режима в сети смежного напряжения.

Решить данную проблему можно, подключив защиты на сумму токов, как показано на рис. 1, б.

Однако реализация такого рода защиты в большинстве случаев невозможна. Это объясняется отсутствием свободных кернов ТТ, встроенных во вводы автотрансформаторов на действующих объектах, которые можно было бы подключить на сумму токов, а также тем, что большинство резервных защит АТ не имеют возможности подключения дополнительных токовых цепей.

В таком случае решением организации защит ближнего резервирования на стороне низкого напряжения автотрансформаторов может стать установка дополнительного комплекта защит. Это ненаправленная одноступенчатая или двухступенчатая токовая защита от междуфазных КЗ на стороне низкого напряжения (НН) автотрансформаторов АТ-220 кВ (500 кВ) с двумя выдержками времени: на отключение ввода НН и на отключение всего АТ. Данная защита включена на трансформаторы тока общих (нейтральных) выводов обмоток АТ (косвенно на сумму токов сторон ВН и СН АТ), рис. 2. Защита является резервной к МТЗ на стороне НН АТ и к дифференциальной защите АТ при КЗ на стороне НН (элемент ближнего резервирования).

Основными условиями выбора уставки по току должна быть надёжная отстройка защиты ближнего резервирования от тока нагрузки, а также обеспечение необходимой чувствительности в зоне резервирования к междуфазным КЗ на стороне НН АТ в минимальном режиме.

Также для повышения эффективности защиты в условиях отказа или вывода из работы дифференциальной защиты автотрансформатора одним из решений может стать совершенствование работы микропроцессорной релейной защиты производства

ООО НПП «ЭКРА», установленной на большинстве объектов операционной зоны РДУ Татарстана, путем разработки новых алгоритмов работы релейной защиты и изменение ее логики (рис. 3). В качестве резервной защиты для АТ с высшим напряжением 220 кВ служит шкаф ШЭ2607 072 (071). Данный шкаф устанавливается на сторонах высшего и среднего напряжения АТ и содержит один комплект, реализующий функции ДЗ, ТНЗНП, МТЗ, ТО и АРПТ.

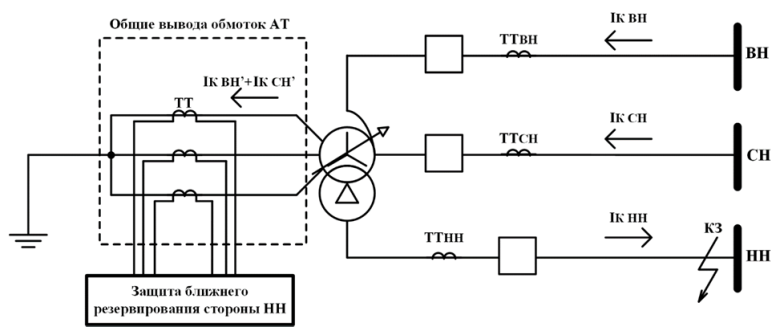


Рис. 2. Защита ближнего резервирования

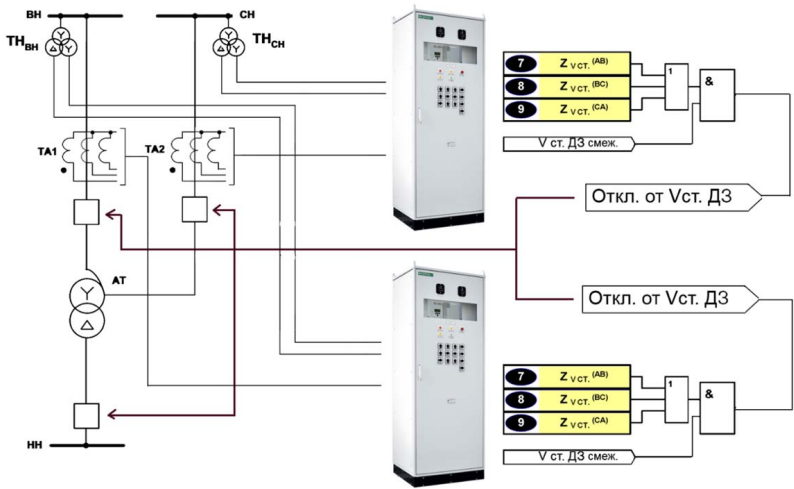


Рис. 3. Логика работы 5 ступени ДЗ

Для обеспечения быстрого отключения КЗ на стороне НН предлагается использовать 5 ступеней ДЗ (либо выделить дополнительную 6 ступень) с большими уставками по сопротивлению и выдержками времени, с включением на фазные токи и фазные напряжения с направлением их в АТ и действием на отключение АТ без выдержки времени или с $t = 0,2$ с в случае КЗ на стороне НН или в АТ. При срабатывании реле сопротивления (РС) данной ступени и одновременном срабатывании РС 5(6) ступени ДЗ резервной защиты АТ смежной стороны или отключенного состояния выключателя смежной стороны (таким образом определяется факт КЗ в АТ или в сети НН АТ) защита действует на отключение. При пуске МТЗ НН, сигнал которой приходит на дискретные входы шкафов резервной защиты АТ стороны ВН и СН, защита ближнего резервирования действует с 1-й выдержкой времени на отключение выключателя НН АТ и далее со 2-й выдержкой времени на отключение всего АТ с запретом АПВ, т. е. резервирует действие МТЗ НН. При этом время срабатывания ЗБР согласовывается с временем срабатывания МТЗ НН. Если пуска МТЗ НН не было или защита отсутствует (АТ не ошинован по стороне НН), то защита ближнего резервирования действует на отключение всего АТ с запретом АПВ с минимальной выдержкой времени $t = 0,2$ с — ЗБР с ускорением.

Выводы. Установка дополнительного комплекта ЗБР и изменение логики МП защит позволяет обеспечить надежную защиту автотрансформатора резервными защитами, а также существенно уменьшить время ликвидации короткого замыкания на стороне низкого напряжения автотрансформатора в условиях отказа на срабатывание основных защит АТ и повысить чувствительность защит ближнего резервирования.

Литература

1. Сиразутдинов Ф.Р. Повышение надежности защиты автотрансформатора с учетом ближнего и дальнего резервирования // Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. В 3 т. — Казань : Казан. гос. энерг. ун-т., 2017. — Т. 1. — С. 335—336.
2. Руководящие указания по релейной защите Вып. 13А. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110—500 кВ: Схемы. — М. : Энергоатомиздат, 1985. — 112 с.