

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗАЩИТЫ БЛИЖНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ АВТОТРАНСФОРМАТОРА

Ф.Р. Сиразутдинов  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
SirazutdinovFR@yandex.ru

При междуфазных коротких замыканиях (КЗ) на стороне низкого напряжения (НН) автотрансформатора (АТ) установленная на сторонах высокого и среднего напряжения резервная защита (РЗ) в ряде случаев не обладает достаточной чувствительностью. Для повышения надежности защиты автотрансформатора появилась необходимость организации защит ближнего резервирования на стороне НН автотрансформаторов. Реализовать защиту возможно с помощью установки дополнительной защиты в нейтральные выводы автотрансформатора, совершенствование логики работы защит и применений технологий цифровых подстанций.

**Ключевые слова:** повышение надежности релейной защиты, резервные защиты автотрансформатора, ближнее резервирование.

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 междуфазных 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.

Эта проблема заключается в сложности обеспечения чувствительности защит ближнего резервирования автотрансформаторов при междуфазных КЗ на стороне низкого напряжения АТ, что подтверждается конкретными расчетами уставок на большинстве объектов ОЗ РДУ Татарстана. Например, согласно рис. 1, а, ликвидация междуфазных КЗ на стороне НН или на вводах НН АТ происходит только в каскаде (а в некоторых случаях

2 ступень ДЗ не чувствительна к междуфазным КЗ), что при неисправности или выводе из работы основной защиты может привести к серьезным повреждениям АТ.

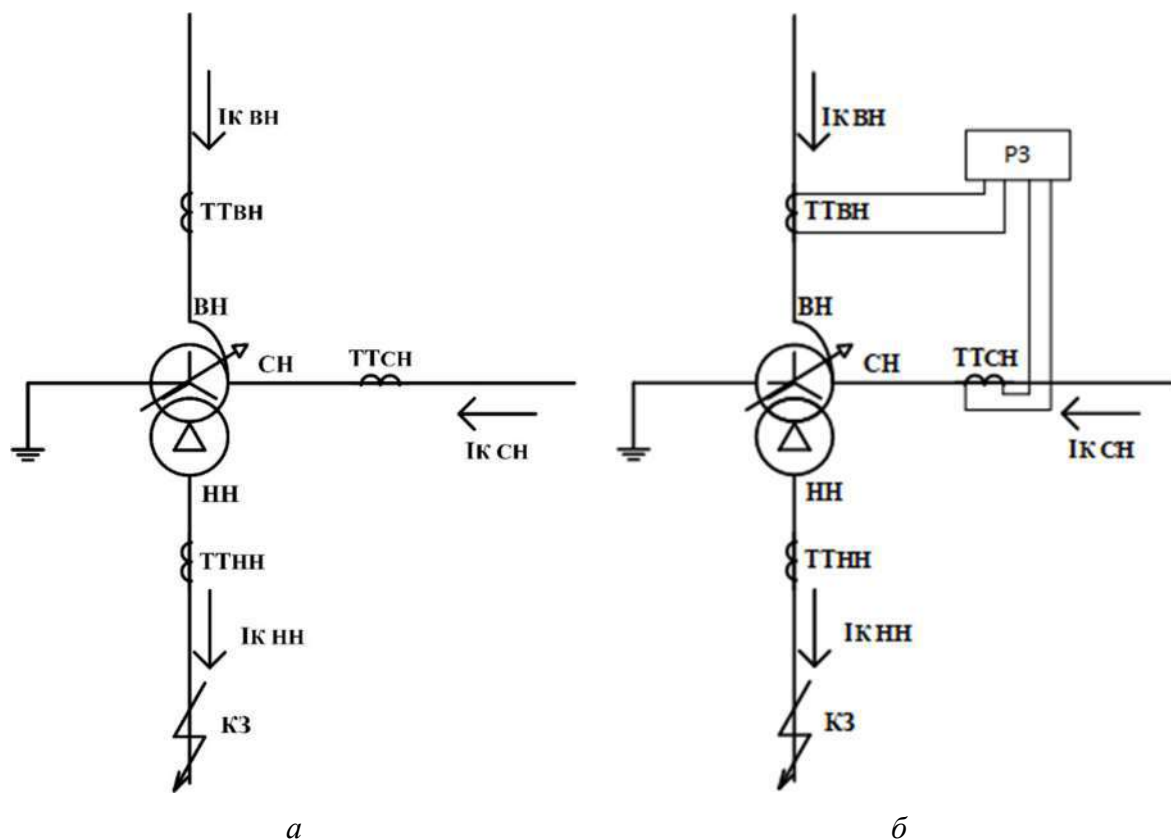


Рис. 1. Ликвидация междуфазных КЗ на НН АТ: *а* – каскад; *б* – включение защит на сумму токов

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 ввода 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 междофазных 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 междофазным КЗ на стороне НН АТ в минимальном режиме.

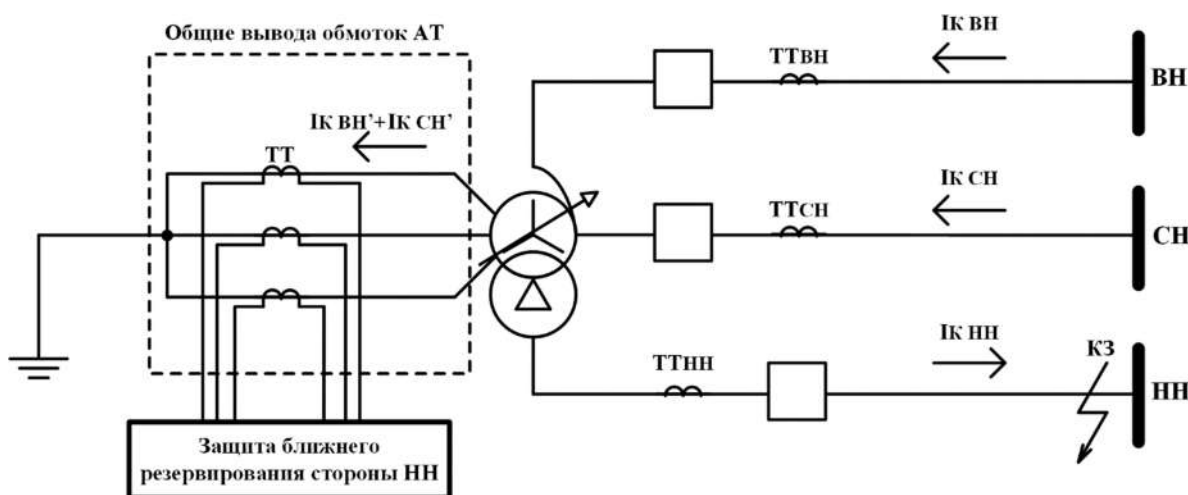


Рис. 2. Защита ближнего резервирования

Также одним методом 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 объектах 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.

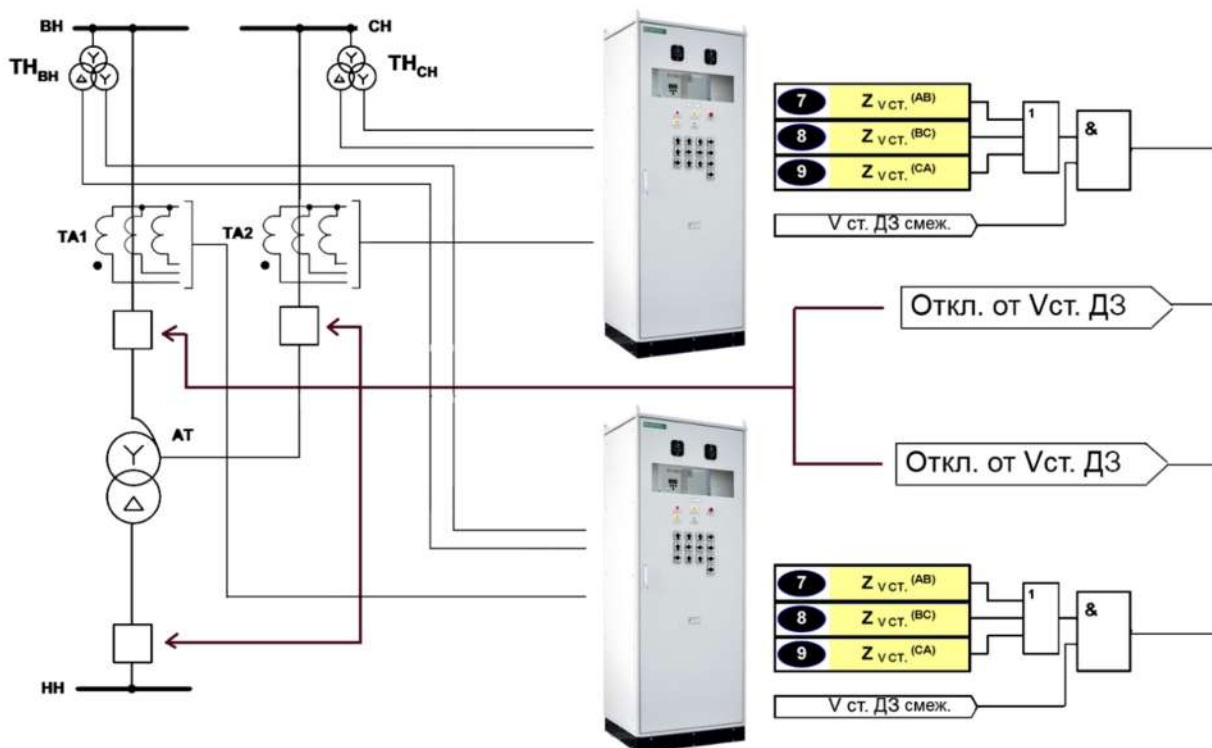


Рис. 3. Логика работы 5 ступени ДЗ

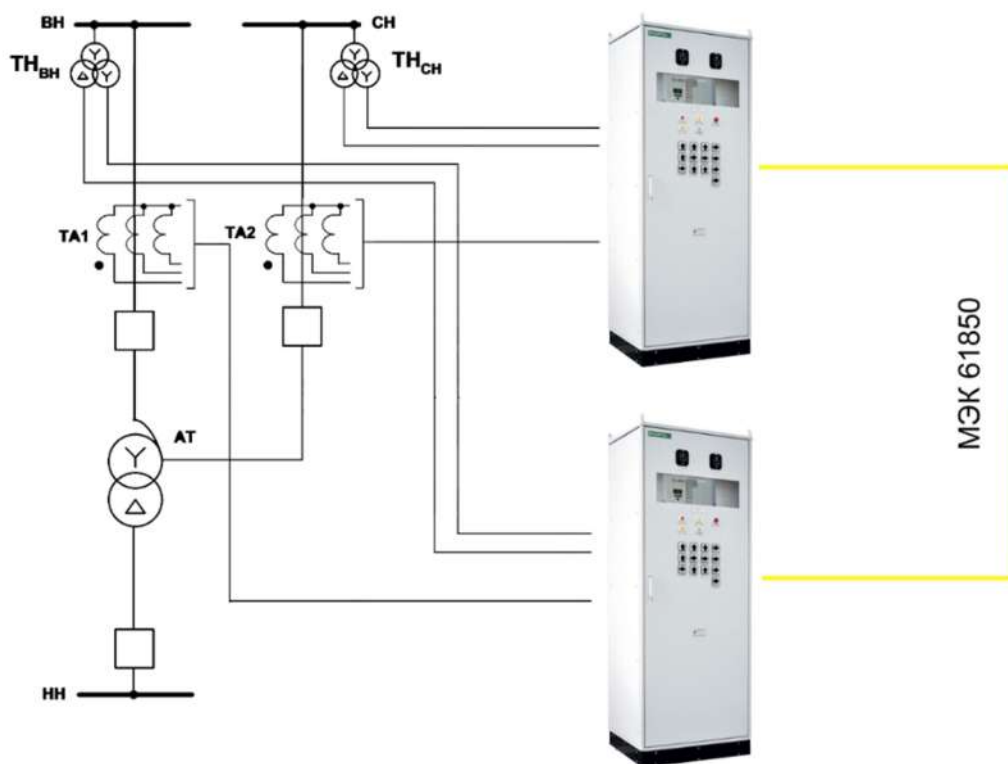


Рис. 4. Организация ЗБР по протоколу МЭК 61850-9.2 и МЭК 61850-8.1

Для обеспечения быстрого отключения КЗ на стороне НН предлагается использовать 5 ступени ДЗ (либо выделить дополнительные 6 ступени) 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-ой выдержкой времени на отключение выключателя НН АТ и далее со 2-ой выдержкой времени на отключение всего АТ с запретом АПВ, т.е. резервирует действие МТЗ НН. При этом времена срабатывания ЗБР согласовываются с временами 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.

Так же одним из решений данных проблем может стать применение элементов цифровых подстанций (рис. 4). В данном случае информация в виде значений токов и напряжений, дискретных сигналов будет передаваться от одного терминала по протоколу МЭК 61850-9.2 и МЭК 61850-8.1. В таком случае есть возможность реализовать два предложенных выше варианта совершенствования защит ближнего резервирования АТ.

Таким образом, установка дополнительного комплекта ЗБР и изменение логики МП защит, а также применение элементов ЦПС позволяет обеспечить надежную защиту автотрансформатора резервными защитами и 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.

### Источники

1. Сиразутдинов Ф.Р. Повышение надежности защиты автотрансформатора с учетом ближнего и дальнего резервирования // Тинчуринские чтения: матер. докл. XII Междунар. молод. науч. конф. 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.