

Источники

1. Зотин О.Т., Морозова Н.О. Энергоресурсосберегающее управление в наружном освещении. Возможные принципы построения, сравнительная оценка вариантов. СПб.: ОАО «НИИ ТМ», 2013. 7 с.
2. Техника высоких напряжений: учеб. пособие для вузов / И.М. Богатенков [и др.]; под ред. Г.С. Кучинского. СПб.: Изд-во ПЭИПК, 1998. 700 с.
3. Mohan T.M., Undeland W.P. Robbins Power Electronics: Converters, Applications, and Design. 3rd ed. John Wiley and Sons. Inc., 2011. 802 p.
4. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986. 464 с.

УДК 621.316.9

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВНЫХ ЗАЩИТ АВТОТРАНСФОРМАТОРА

Ф.Р. Сиразутдинов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук А.Н. Гавриленко

Аннотация. При междуфазных коротких замыканиях на стороне низкого напряжения автотрансформатора установленная на сторонах высокого и среднего напряжения резервная защита в ряде случаев не обладает достаточной чувствительностью. Для повышения надежности защиты автотрансформатора появилась необходимость организации защит ближнего резервирования на стороне низкого напряжения автотрансформаторов.

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

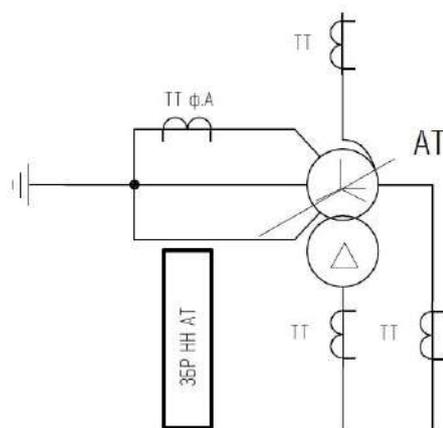
Отказ релейной защиты (РЗ) при коротких замыканиях (КЗ) является наиболее опасным нарушением, приводящим к недоотпуску электроэнергии потребителям, уменьшению технико-экономических показателей электроснабжения и надежности работы энергосистем, повреждению силового оборудования и устройств вторичной коммутации. Уменьшить последствия подобных событий позволяют системы защит дальнего и ближнего резервирования (ДР и БР) релейной защиты.

Резервирование междуфазных КЗ на стороне низкого напряжения (НН) АТ защитами питающих линий в ряде случаев может оказаться неэффективным из-за недостаточной чувствительности и большого времени ликвидации аварии.

Для повышения эффективности защиты в условиях отказа или вывода из работы дифференциальной защиты автотрансформатора одним из решений является 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. В качестве резервной защиты АТ с высшим напряжением 110–220 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.

Опыт эксплуатации и расчетов уставок показал, что при междуфазном повреждении на стороне НН чувствительности МТЗ и ТО и 2 ступень ДЗ в ряде случаев недостаточна. Для обеспечения быстрого отключения КЗ на стороне НН предлагается использовать 5 ступень дистанционной защиты, направленную в сторону АТ. При срабатывании реле сопротивления (РС) данной ступени и одновременном срабатывании РС 5 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, т.е. ЗБР с ускорением.

В случае отсутствия микропроцессорных (МП) защит АТ 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) (см. рисунок). Защита является резервной к МТЗ на стороне НН АТ и к дифференциальной защите АТ при КЗ на стороне НН (элемент ближнего резервирования).



Защита ближнего резервирования

Основными условиями выбора уставки по току является надёжная отстройка защиты ближнего резервирования от нагрузки и обеспечение необходимой чувствительности в зоне резервирования к междуфазным КЗ на стороне НН АТ в минимальном режиме.

Выдержка времени защиты выбирается по условию согласования с последними, наиболее чувствительными ступенями резервных защит от многофазных КЗ, установленных на сторонах ВН, СН и НН защищаемого автотрансформатора, а именно: с МТЗ стороны ВН, СН и НН АТ и с дистанционной защитой стороны ВН АТ.

$$t_{сз}^{збр} = t_{сз.макс} + \Delta t, \quad (1)$$

где $t_{сз. макс}$ – максимальная выдержка времени ступени резервной защиты с которой производится согласование, с; Δt - степень селективности, с.

При выводе основной защиты автотрансформатора возможен ввод оперативного ускорения защиты ближнего резервирования.

Установка дополнительного комплекта ЗБР и изменение логики МП защит позволяет обеспечить надёжную 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.

Источники

1. Сиразутдинов Ф.Р. Повышение надёжности защиты автотрансформатора с учетом ближнего и дальнего резервирования // Тинчуринские

чтения: матер. докл. XII Междунар. молодежной науч. конф. / под общ. ред. ректора ФГБОУ ВО «КГЭУ» Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2017. Т. 1. С. 335–336.

2. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110–500 кВ: схемы: руководящие указания по релейной защите. М.: Энергоатомиздат, 1985. Вып. 13А. 112 с.

3. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110–500 кВ: схемы: руководящие указания по релейной защите. М.: Энергоатомиздат, 1985. Вып. 13Б. 96 с.

4. Шкаф резервной защиты и автоматики управления выключателем автотрансформатора ШЭ 2607 071 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ekra.ru/produkcija/rza-podstancionnogo-oborudovaniya-110-220-kv/zashchity-avtotransformatora-rezervnye/276-she2607-071.html> (дата обращения: 04.12.2018).

5. Шкаф резервной защиты автотрансформатора ШЭ 2607 072 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ekra.ru/produkcija/rza-podstancionnogo-oborudovaniya-110-220-kv/zashchity-avtotransformatora-rezervnye/277-she2607-072.html> (дата обращения: 04.12.2018).

УДК 621.316.925.1

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ТЕРМИНАЛА SERAM

А.С. Сушков¹, И.С. Мизгирев²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
^{1,2}mizgirev1995@gmail.com

Науч. рук. канд. техн. наук Ю.В. Писковацкий

Аннотация. На сегодняшний день в системе высшего профессионального образования главенствующее значение имеет учебное лабораторное оборудование. Подготовка специалистов, обладающих полным набором навыков работы с микропроцессорными терминалами релейной защиты и автоматики, а также необходимость закрепления пройденного материала студентами требует создания узкоспециализированных лабораторий, которые позволяют работать с уникальным дорогостоящим оборудованием, ставить реальные эксперименты с возможностью работы нескольких студентов за одним стендом одновременно. Лабораторные стенды помогают в образовательном процессе и дают возможность наглядно демонстрировать все, что уже было изучено в теории, способствуют лучшему усвоению материала, существенно упрощают задачу преподавателя. Они также являются незаменимыми во время практических занятий, поскольку способствуют формированию определенных навыков для ведения полноценной исследовательской деятельности. Качественный лабораторный стенд – залог успешного высшего образования.