



PS1 – S1-10



Современная защита и автоматика управления выключателем

А.Н. ПОДШИВАЛИН, С.В. ИВАНОВ

ООО «ИЦ «Бреслер»

Россия

podshivalin_a@ic-bresler.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Автоматика управления выключателем, электромагнит отключения, электромагнит включения, оперативный ток, надежность.

1 ВВЕДЕНИЕ

Современные микропроцессорные устройства (терминалы) релейной защиты и автоматики (РЗА), устанавливаемые на подстанциях высокого напряжения, интегрируют множество функций, которые ранее выполнялись отдельными панелями и устройствами. Такой подход позволяет повысить качество функционирования системы РЗА и облегчить ее обслуживание. Среди прочих, на микропроцессорной основе реализуются функции защиты и автоматики управления выключателем (ЗАУВ).

Многолетний опыт эксплуатации таких устройств позволил выработать типовые схемы для применения на подстанциях разного класса напряжения. Однако выявлено несовершенство традиционных схем ЗАУВ, например, связанные с недостаточной надежностью цепей управления [1]. Кроме того, предъявляются новые требования по реализации сервисных функций в терминалах, связанные с автоматизацией учета износа оборудования.

Настоящий доклад рассматривает современные решения в области повышения надежности и совершенствования алгоритмов управления выключателями за счет применения новых технологий и новых подходов к организации взаимодействия устройств.

2 СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ЗАУВ

В зависимости от применения защиты и автоматику управления выключателем (ЗАУВ), реализованные в виде прикладной функции терминала, целесообразно выполнять отдельным устройством или конструктивно объединять с защитами присоединений (рис. 1).

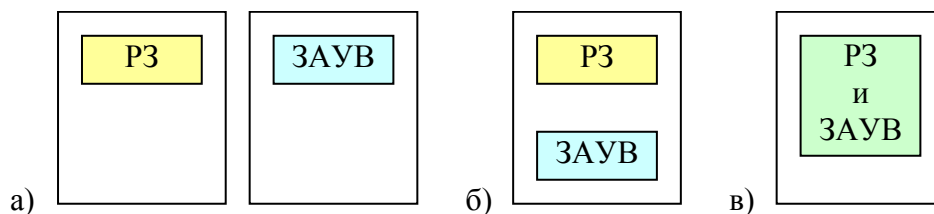


Рис. 1: Варианты выполнения ЗАУВ и защит присоединений:

а – выполнение РЗ и ЗАУВ отдельными шкафами; б – выполнение отдельными терминалами;
в – исполнение в одном терминале

Основная функциональность ЗАУВ включает следующие блоки:

- автоматическое повторное включение (АПВ) присоединения и шин с контролем и улавливанием синхронизма;
- оперативное управление выключателем от ключа управления;
- отключение выключателя от защит;
- резервирование отказа выключателя (функция УРОВ);
- контроль состояния выключателя;
- защита электромагнитов выключателя от длительного протекания тока;
- защиты от неполнофазного режима (ЗНР) и непереключения фаз (ЗНФ) для выключателей с пофазным управлением.

Развитие ЗАУВ предполагает усиление диагностики состояния выключателя и цепей его управления:

- оценка коммутационного и механического ресурсов выключателя;
- диагностика затягивания отключения и включения выключателя;
- контроль целостности цепей управления выключателем.

2.1 Контроль цепей управления

Цепи управления – наиболее ответственные в релейной защите. Традиционно их контроль осуществляется с использованием дискретных входов микропроцессорных терминалов (рис. 2). Здесь дискретный вход DI1 выполнен на напряжение электромагнита и используется для контроля целостности цепи электромагнита, а низковольтный дискретный вход DI2 контролирует протекание достаточного для срабатывания тока через электромагнит при его активации. Необходимо отметить, что резистор R2 выбирается исходя из условий работоспособности дискретного входа DI2 при всех уровнях напряжения и работоспособности электромагнита. При больших значениях тока электромагнита в полной мере удовлетворить этим условиям не удается.

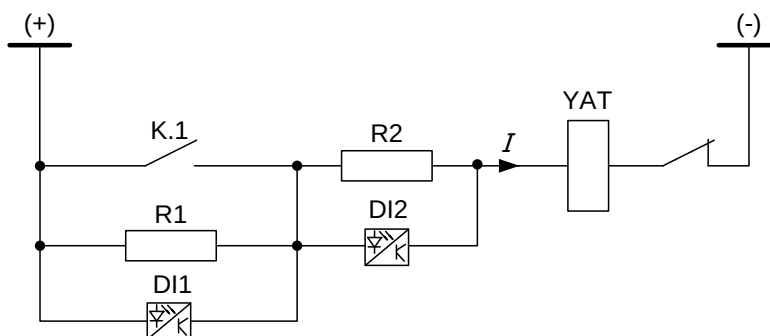


Рис. 2: Использование дискретных входов для контроля цепей управления электромагнитами

Опыт эксплуатации показал, что возможно перегорание дискретных входов вследствие коммутационных и длительных перенапряжений. Особенно этому подвержены низковольтные входы, имеющие соответствующую схемотехнику. В результате устройство ЗАУВ теряет информацию о реальном состоянии цепи. Кроме того, выявлены случаи, когда перегорание входа DI1 приводило к «закорачиванию» цепи и излишнему срабатыванию электромагнитов. Другим недостатком использования дискретных входов является их малая информативность: есть сигнал или его нет. Это не позволяет контролировать, например, повреждение в цепи электромагнита (YAT).

Решение указанных проблем видится в измерении соответствующих величин токов и напряжений в цепях управления. Использование для этой цели электромагнитных трансформаторов тока и напряжения недопустимо, так как измерению подлежат величины постоянного тока. В современных устройствах [2] применяются датчики тока и напряжения, основанные на эффекте Холла. Они обеспечивают требуемые характеристики в плане построения цепей управления – датчики реализуют гальваническую развязку цепей, не вносят дополнительное сопротивление в цепь измерения, обладают высокой стойкостью к перенапряжениям.

Один из вариантов включения датчиков тока показан на рисунке 3. Датчик напряжения MV контролирует уровень напряжения в цепи электромагнита, а датчик тока МА измеряет величину тока электромагнита.

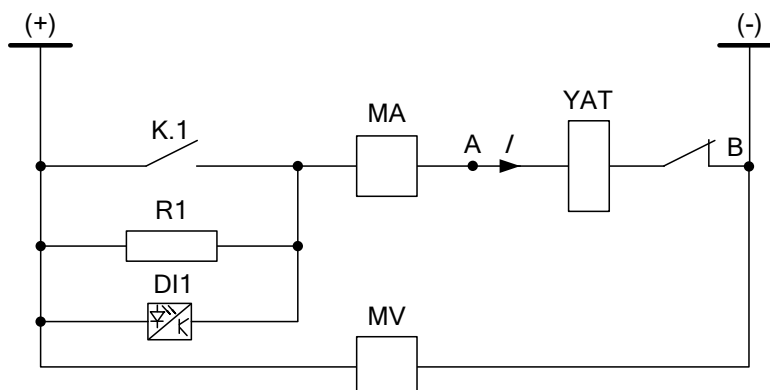


Рис. 3: Использование датчиков тока и напряжения для контроля цепей управления электромагнитами

Такая схема удобна тем, что дает возможность контролировать не только обрывы в цепи, но и проводить другие виды диагностики:

- повреждения электромагнита;
- недопустимое снижение напряжения в цепи электромагнита.

К повреждениям электромагнита (участок АВ на рис. 3) относятся замыкание части его витков и замыкание проводов цепи управления, приводящее к отказу выключателя. Оба повреждения приводят к уменьшению наблюдаемого активного сопротивления. Этот признак может быть эффективно идентифицирован устройством ЗАУВ.

Таким образом, функция диагностики цепи контролирует следующие признаки:

- величина эквивалентного сопротивления цепи входит в номинальный диапазон;
- уровень тока в цепи управления;
- скорость нарастания тока в цепи электромагнита;
- уровень напряжения в каждый момент времени;
- наличие и величина тока в цепи после подачи команды от устройств РЗА.

Стоит отметить, что часть параметров контролируется и в традиционной схеме, однако измерение позволяет обеспечить большую чувствительность к повреждениям. Например, действие автоматического выключателя в цепи электромагнита происходит по превышению током заданного уровня. Однако встроенная токовая отсечка (выполненная на аналоговом принципе) обладает ограниченными возможностями по настройке и низкими параметрами точности. Кроме того, вследствие отсутствия функции предсказания такая отсечка производит деление уже после возрастания тока до опасных для цепи значений.

Типичная форма кривой тока в цепи электромагнита показана на рис. 4. Наблюдаются два участка возрастания тока. Межвитковые замыкания в электромагните приводят к сглаживанию переднего фронта на осциллограмме. Анализ кривой тока в устройстве ЗАУВ может производиться по различным алгоритмам цифровой обработки сигналов [3].

Величина тока, принимаемая за состояние срабатывания, плавно регулируется в устройстве ЗАУВ, что дает возможность упростить схему цепей постоянного тока, а также выполнить типовое устройство для управления выключателями с различными номинальными уровнями токов электромагнитов.

Существует вариант с контролем цепи электромагнита (участок АВ на рис. 3) путем измерения его эквивалентного сопротивления в режиме «отсутствия» тока в электромагните (когда контакт К.1) не замкнут. Тогда предъявляются более высокие требования к точности работы датчиков постоянного тока и напряжения.

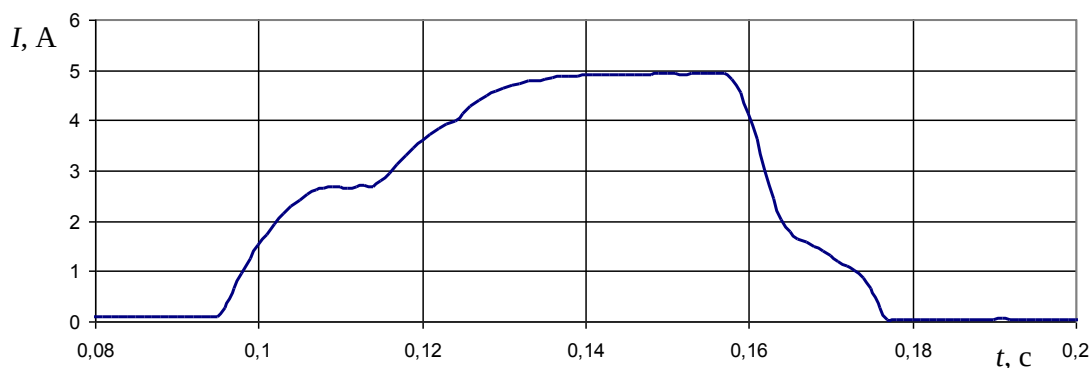


Рис. 4: Осциллограмма тока в цепи электромагнита

Для выключателей с пофазным управлением электромагнитами предусматривается измерение тока в цепи каждой фазы, что необходимо для реализации всех видов диагностики в полной мере.

2.2 Функции блокирования в ЗАУВ

Современные выключатели имеют встроенные функции контроля параметров его состояния: величины давления элегаза или воздуха, уровня оперативного напряжения, состояние двигателей взвода пружин и других. Все эти признаки могут использоваться для сигнализации, а также при принятии решения о выдаче команд на выключатель. Устройства ЗАУВ, как правило, реализуют типовые схемы блокирования команд, а также позволяют модифицировать алгоритм с использованием конфигурации пользователя путем настройки логических связей и их задержек (рис. 5, а). Однако этого может быть недостаточно, так как с целью ускорения воздействия команды на отключение подаются помимо ЗАУВ (рис. 5, б). Тогда целесообразно применение схемы блокировки действия на выключатель от устройства ЗАУВ (К3.1 на рис. 5, б). Эта схема позволяет реализовать также блокирование работы выключателя в зависимости от положения разъединителей и короткозамыкателей.

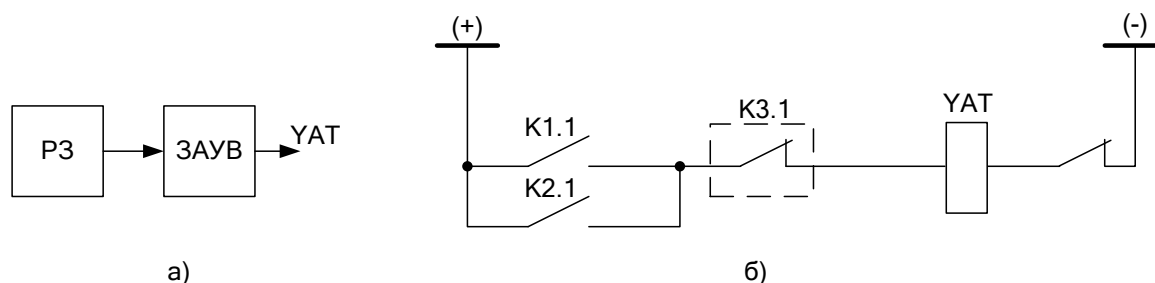


Рис. 5: Варианты воздействия на выключатель

2.3 Диагностика затягивания отключения и включения выключателя

Износ выключателя приводит к отклонению его параметров от номинальных. В частности, это проявляется в увеличении длительности операций включения и отключения. Устройство ЗАУВ имеет возможность диагностировать эту проблему, сигнализировать персоналу, если наблюдается превышение номинальной длительности, или блокировать управление выключателем.

Длительность операции контролируют по разновременности регистрации сигналов команд управления, сигналов положения выключателя, а также токов фаз выключателя.

2.4 Оценка коммутационного и механического ресурса выключателя

Для выключателей коммутационный и механический ресурсы регламентируются как показатели надежности [4], [5]. Устройство ЗАУВ имеет возможность контролировать оба параметра выключателя:

- остаточный механический ресурс выключателя (МРВ) оценивается по числу произведенных коммутаций выключателя;
- остаточный коммутационный ресурс выключателя (КРВ) дополнительно учитывает величину отключаемых токов.

Оценка остаточного ресурса производится по результатам длительного наблюдения циклов включения и отключения выключателя [6]. Начальное состояние выключателя вводится персоналом в устройство ЗАУВ в процессе наладки.

Остаточный механический ресурс выключателя оценивается при каждом отключении. Циклы включения и отключения определяются сменой сигналов положения выключателя. Ложная фиксация циклов при кратковременном снижении напряжения оперативного тока и различных помехах исключается контролем подачи команд на отключение выключателя (оперативных или автоматических).

Расчет остаточного КРВ производится в момент отключения выключателя для каждой фазы (полюса) отдельно. Остаточный коммутационный ресурс уменьшается на величину, определяемую зависимостью допустимого числа циклов отключения от уровня коммутируемого тока $N=f(I_{\text{откл}})$, например, в соответствии с [5] (рис. 6).

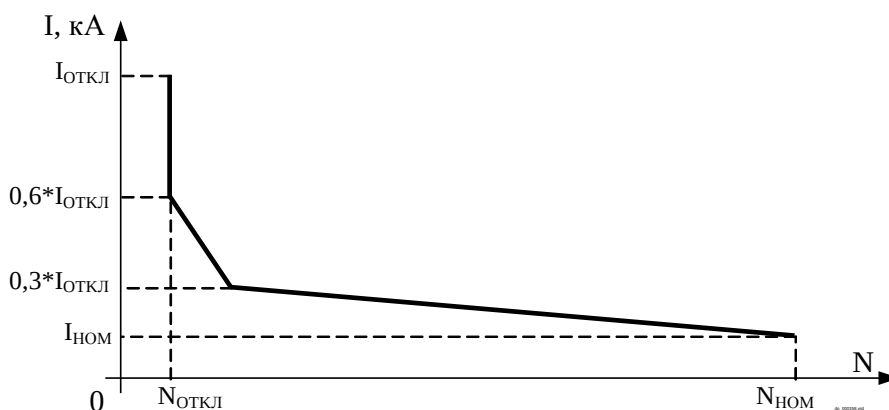


Рис. 6: Типовая характеристика коммутационного ресурса выключателя

Функции контроля МРВ и КРВ производят сигнализацию при снижении остаточного ресурса ниже заранее заданных значений. При достижении нулевого значения остаточного ресурса выключателя может производиться блокирование включения выключателя с целью предотвращения его разрушения.

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные устройства ЗАУВ представляют собой интеллектуальные электронные устройства, в функции которых входит не только исполнение команд диспетчера и защит, но и реализация всесторонней диагностики состояния коммутационного оборудования. Современные технологии, помимо прочего, позволяют повысить надежность цепей управления и выполнить более гибкую систему блокировок при срабатывании технологических защит выключателя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Филатова Н.В., Кержаев Д.В. РЗА подстанций: проектные решения ООО «ИЦ «Бреслер» // Релейная защита и автоматика энергосистем-2008: Сб. докладов XVIII научно-технической конференции. М. 2008. С. 66-69.
- [2] Ефремов В.А., Закончек Я., Лямец Ю.Я., Подшивалин Н.В., Шевелев В.С., Иванов С.В., Подшивалин А.Н., Шевелев А.В. Особенности реализации защит и автоматики 6-750 кВ // Релейная защита и автоматика энергосистем-2009: Сб. докладов XIX научно-технической конференции. М. 2009. С.1-6.

- [3] Liamets Y., Podchivaline A., Nudelman G., Zakonjsek J. Universal relay // Proc. 14th Int. Conf. Power System Protection, Bled, Slovenia, 2004. P. 1-12.
- [4] ГОСТ 18397-86. Выключатели переменного тока на номинальные напряжения 6-220 кВ для частых коммутационных операций. Общие технические условия (A. c. high-voltage circuit-breakers rated voltages 6-220 kV for frequent switching operations. General specifications)
- [5] ГОСТ Р 52565-2006. Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия (Alternating-current circuit-breakers for voltages from 3 to 750 kV. General specifications)
- [6] Минкина И.С., Романов А.А. Алгоритм оценки остаточного ресурса выключателя // Электрические станции. 2005. №12. С. 58-62.