

УДК 621.3

Усовершенствованная схема защиты микропроцессорных устройств релейной защиты от преднамеренного дистанционного деструктивного воздействия

Федосевич Э.А.

Научные руководители – к.т.н., доцент БЛАДЫКО Ю. В.,
ст. препод. САПОЖНИКОВА А.Г.

Современные тенденции замены электромеханических реле защиты (ЭМРЗ) микропроцессорными устройствами релейной защиты (МУРЗ) обусловили появление совершенно новой проблемы, не известной ранее в релейной защите. Такой проблемой является возможность преднамеренного дистанционного деструктивного воздействия (ПДДВ) на релейную защиту с целью выведения ее из строя или принудительного выполнения операций, не связанных с текущим режимом работы защищаемого электрооборудования.

В структуре современной энергосистемы МУРЗ являются самым критичным звеном, которое с одной стороны наиболее уязвимо к ПДДВ, а с другой – непосредственно связано с силовыми коммутационными аппаратами, влияющими на состояние энергосистемы. Поэтому именно на МУРЗ и направлены в первую очередь ПДДВ в виде кибератак и преднамеренных электромагнитных деструктивных воздействий (ПЭДВ).

Как нами уже было неоднократно показано ранее, задачу повышения надежности релейной защиты невозможно решить при совмещении функций МУРЗ с функциями, не имеющими отношения к РЗ, например таких популярных, как мониторинг исправности электрооборудования, дистанционное управление выключателями и т.п. МУРЗ должны использоваться исключительно для решения задач релейной защиты. Тем более, что для решения других задач, например, для мониторинга электрооборудования, сегодня на рынке имеется огромное количество специализированных устройств, от простейших реле, контролирующих целостность цепи отключающей катушки выключателя, до сложнейших комплексов, контролирующих в режиме реального времени состав газов, растворенных в масле трансформаторов или уровень частичных разрядов в изоляции.

Что касается дистанционного управления выключателями посредством МУРЗ, то при таком его использовании очень трудно отличить санкционированный дистанционный доступ от несанкционированного, поэтому такое использование МУРЗ должно быть исключено. Тем более, что при разделении функций удастся достаточно простыми аппаратными средствами обеспечить защиту от ПДДВ и системы дистанционного управления выключателями.

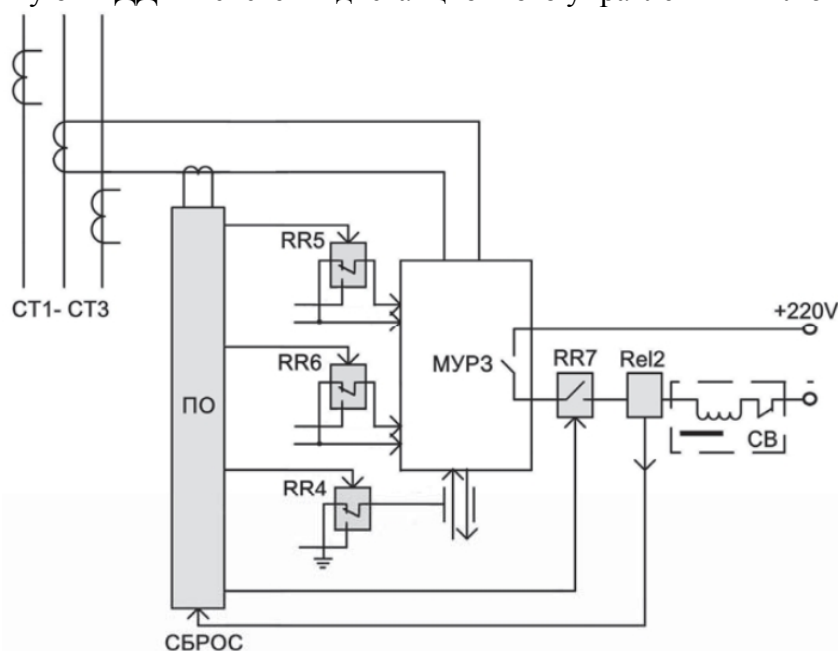


Рисунок 1 – Структурная схема устройства защиты МУРЗ от ПДДВ

Общая идея, лежащая в основе предлагаемого аппаратного метода защиты МУРЗ от ПДДВ, заключается в использовании совместно с МУРЗ электромеханического пускового органа на герконах (ПО), функционально включенного последовательно с МУРЗ, и быстродействующих электромеханических исполнительных элементов (RR1–RR7), обеспечивающих блокировку чувствительных входов МУРЗ и отключение его выходной цепи.

Возврат сработавшего ПО в исходное состояние осуществляется по факту срабатывания выключателя и дублируется командой СБРОС по истечении заранее заданного небольшого промежутка времени. Без активации током и/или напряжением такого пускового органа, МУРЗ не сможет воздействовать на режим работы энергосистемы, даже будучи подвергнутым воздействию ПДДВ или просто мощной электромагнитной помехи. Если же пусковой орган был активирован и МУРЗ деблокирован, то ничего не мешает использованию особых характеристик и широких функциональных возможностей МУРЗ.

При этом излишние срабатывания самого пускового органа никак не влияют на работу релейной защиты и поэтому никаких особых требований к точности срабатывания пускового органа не предъявляется. Важно лишь, чтобы он срабатывал всегда до МУРЗ, то есть имел несколько меньшие уставки срабатывания по контролируемому параметру. Если срабатывание пускового органа оказалось излишним и срабатывания МУРЗ не произошло, то устройство автоматически возвращается в исходное состояние.

Основными техническими требованиями к такому устройству являются его высокая надежность, нечувствительность к коротким импульсным (микро- и наносекундного диапазона) и высокочастотным помехам, стойкость к значительным перенапряжениям, высокий уровень гальванической развязки от внешних цепей, высокое быстродействие на срабатывание (несколько миллисекунд).

В данной статье приведено описание усовершенствованного устройства, предназначенного для защиты МУРЗ от ПДДВ, удовлетворяющего сформулированным выше требованиям. Схема защиты представлена на рисунке 2.

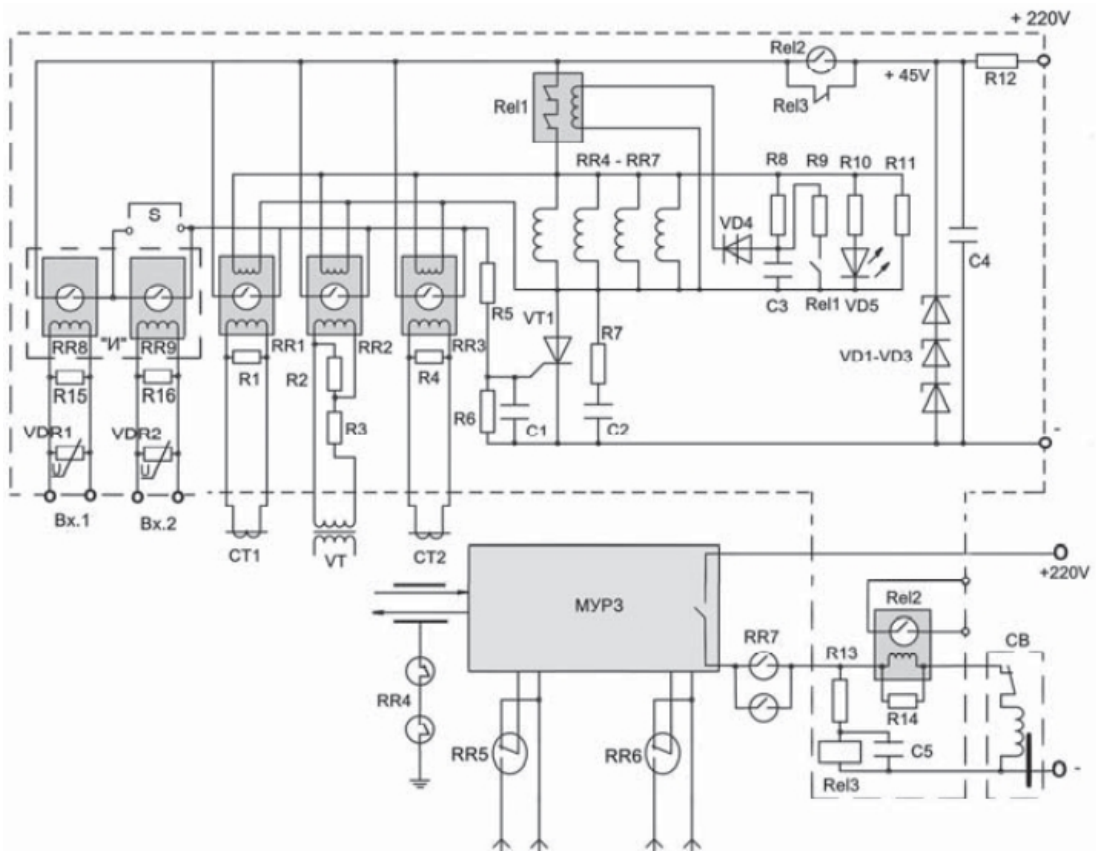


Рисунок 2 – Усовершенствованная схема устройства защиты МУРЗ от ПДДВ

Работает устройство следующим образом. В исходном состоянии, при нормальном режиме работы защищаемого объекта, все входные герконовые реле (датчики тока, напряжения и т.д.) RR1–RR3 находятся в отпущенном состоянии. Тиристор VT1 заперт, катушки исполнительных герконовых реле RR4-RR7 обесточены. Нормально замкнутые контакты RR5 и RR6 закорачивают логические входы МУРЗ, контакты RR4 – канал связи, а контакты RR7 разрывают выходную цепь МУРЗ. Таким образом, в этом состоянии МУРЗ оказывается полностью заблокирован и по входу и по выходу и никакие ПДДВ не могут привести к ложному его срабатыванию и несанкционированному замыканию цепи отключающей катушки выключателя СВ. Шунтирование логических входов МУРЗ и канала связи повышает также его живучесть при воздействии мощного электромагнитного импульса.

При возникновении аварийного режима защищаемого объекта, хотя бы один из контролируемых параметров (ток, напряжение, мощность) резко изменяется. Это изменение приводит к срабатыванию хотя бы одного из герконовых реле RR1- RR3 за время не более 1 мс. При срабатывании начинает вибрировать с удвоенной частотой сети геркон соответствующего реле. При первом же замыкании контактов этого геркона отпирается за время в несколько микросекунд тиристор VT1 и катушки исполнительных герконовых реле RR4-RR7 получают питание. Срабатывание реле RR4-RR6 (размыкание герконов) происходит за время не более 2 - 4 мс, а замыкание мощных контактов герконового реле RR7 на герконе типа Bestact R15U – за время не более 5 мс.

Таким образом, суммарное время реакции всего устройства на аварийный режим не превышает 6 мс, что при собственном минимальном времени срабатывания МУРЗ 30-40 мс вполне приемлемо. В таком режиме работы устройства защиты МУРЗ будет полностью разблокировано и возвращено в нормальный режим функционирования с сохранением всех его уставок и характеристик. Как видно на схеме, представленной на рисунке 1, каждое из входных реле (датчиков) снабжено второй обмоткой на герконе, которая получает питание от источника постоянного напряжения при отпирании тиристора VT1.

Благодаря дополнительному магнитному полю, создаваемому этой обмоткой, геркон сработавшего реле перестает вибрировать и переходит в стабильное замкнутое состояние. После того, как МУРЗ отработает заданную его характеристикой выдержку времени, его внутренний выходной контакт замкнется и подаст напряжение на отключающую катушку выключателя СВ. Ток, протекающий в цепи отключающей катушки выключателя, приводит к срабатыванию герконового реле Rel2 с мощным герконом типа Bestact R15U и замыканию его контактов, включенных параллельно нормально замкнутому контактам Rel3. С некоторой очень небольшой задержкой по времени (порядка 20-50 мс), срабатывает реле Rel3. Эта выдержка времени необходима для того, чтобы контакт реле Rel2 всегда замыкался до размыкания контакта Rel3.

В конце цикла срабатывания выключателя СВ размыкается его блок-контакт и разрывается цепь питания отключающей катушки. При этом отпускает реле Rel2 и его контакт разрывает анодную цепь тиристора VT1, который при этом мгновенно запирается, обесточивая обмотки реле RR4-RR7 и обмотки постоянного тока реле RR1–RR3. Все устройство быстро возвращается в исходное состояние и готово к новому циклу работы. Если срабатывание устройства оказалось излишним и МУРЗ не выдало команду на отключение выключателя, цепь питания тиристора VT1 будет кратковременно разорвана нормально замкнутым контактом реле Rel1, после заряда конденсатора C3 через резистор R8 и отпирания диода VD4. Емкость этого конденсатора и сопротивление резистора обеспечивают выдержку времени в несколько секунд, превышающую максимально возможное время, необходимое для завершения полного цикла работы МУРЗ, чтобы не мешать его работе, если она необходима. Срабатывание реле Rel1 кратковременное, поскольку сразу после его срабатывания и размыкания нормально замкнутого контакта в цепи тиристора, замыкается его нормально разомкнутый контакт и разряжает конденсатор C3 через низкоомный резистор R9, обеспечивая его полный разряд и возврат в исходное

состояние. При этом динистор VD4 запирается и катушка реле Rel1 обесточивается. Таким образом осуществляется принудительный возврат устройства в исходное состояние, если его срабатывание оказалось излишним.

Резистор R11 необходим для увеличения тока, протекающего через мощный тиристор VT1 и его надежного удержания в проводящем состоянии. Светодиод VD4 является индикатором состояния устройства. С целью повышения надежности устройства и его стойкости к ПЭДВ в нем применено всего лишь несколько полупроводниковых приборов и они выбраны с очень большими запасами по напряжению и току, которые в обычной аппаратуре промышленного назначения не применяются. Так, например, при рабочем напряжении 45 В, тиристор VT1 выбран на максимальное напряжение 1200 В, при рабочем токе в доли ампера он способен работать при токах в десятки ампер и пропускать кратковременные импульсы тока в сотни ампер. С многократными запасами по мощности выбраны также стабилитроны VD1-VD3 и динистор VD4.

Промежуточные реле Rel1 и Rel3 выбраны герметичными с контактами повышенной мощности. Описанное схемотехническое решение призвано подтвердить техническую возможность реализации идеи защиты МУРЗ от ПДДВ помощью аппаратных, а не программных средств и может служить некоей отправной точкой для конкретных разработок устройства, пригодного для промышленного производства. Дальнейшие усилия должны быть направлены на разработку конструкций входных реле на герконах (датчиков тока и напряжения) с регулируемым порогом срабатывания. Опыт создания устройств такого типа уже имеется.