

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ 6–35 кВ

*Докт. техн. наук, проф. РОМАНЮК Ф. А.,
канд. техн. наук, доц. ТИШЕЧКИН А. А., инж. КОВАЛЕВСКИЙ А. В.*

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время вновь вводимые объекты энергосистемы Беларуси комплектуются современными микропроцессорными средствами защиты энергетического оборудования. Показатели технического совершенства современных микропроцессорных защит значительно выше микроэлектронных, а тем более – электромеханических. Так, мощность, потребляемая от измерительных трансформаторов тока и напряжения, находится на уровне 0,1–0,5 ВА, аппаратная погрешность – в пределах 2–5 %, коэффициент возврата измерительных органов составляет 0,96–0,97.

На рис. 1 приведена упрощенная структурная схема исследуемой адаптивной токовой микропроцессорной защиты линий 6–35 кВ от междуфазных коротких замыканий. Входные преобразователи токов ВПТ1, ВПТ2, ВПТ3, ВПТ4 преобразуют вторичные токи с выхода трансформаторов тока (ТТ) в пропорциональные напряжения и выполняют также функцию гальванического разделения

цепей контролируемых сигналов и устройства. Для построения ВПТ наиболее эффективно использование промежуточных трансформаторов тока с теми же техническими решениями, которые применяются в защитах на микроэлектронной элементной базе [1]. Целесообразность этого подтверждена длительным опытом эксплуатации таких устройств.

Далее сигналы подвергаются частотной фильтрации в аналоговых фильтрах нижних частот ФНЧ1, ФНЧ2, ФНЧ3, ФНЧ4, после чего подаются на вход аналогового мультиплексора (АМ). В настоящее время разработаны различные схемы активных частотных фильтров ФНЧ, из большого числа которых наиболее приемлемыми для использования в защитах являются активные частотные фильтры второго порядка, содержащие два RC-звена. Такой выбор обусловлен тем, что для обеспечения правильной работы защиты требуется, чтобы переходные процессы в фильтрах не вызывали заметных задержек в срабатывании, и тем, что в микро-

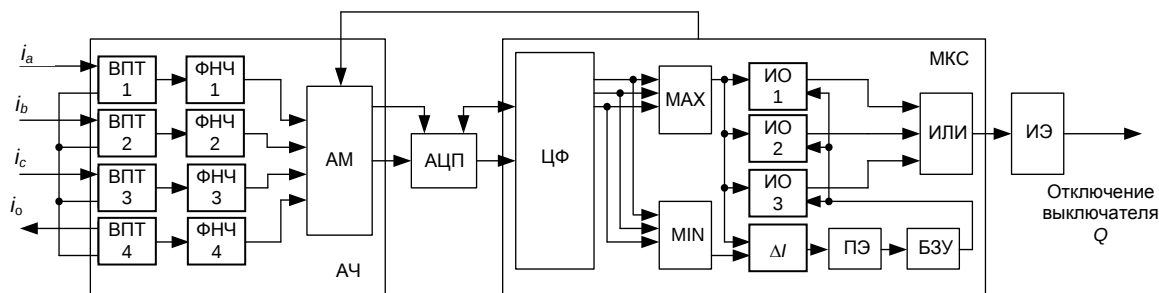


Рис. 1. Упрощенная структурная схема адаптивной токовой микропроцессорной защиты линий 6–35 кВ от междуфазных коротких замыканий

процессорной защите значительная часть обработки сигнала осуществляется цифровой частью. Поэтому требования к аналоговым ФНЧ умеренные, что соответствует, в частности, относительно низкой добротности полюсов. Кроме того, исследования показывают, что в активных фильтрах второго порядка, содержащих два RC-звена, наиболее просто достигается приемлемый характер переходного процесса [2].

Все ВПТ, ФНЧ и АМ представляют собой аналоговую часть защиты.

В аналого-цифровом преобразователе (АЦП) осуществляется преобразование мгновенного значения входного сигнала в пропорциональное ему цифровое значение. Преобразования выполняются с заданной периодичностью. В последующем в микроконтроллерной системе (МКС) по этим выборкам из входных сигналов рассчитываются действующие значения контролируемых сигналов.

На входе в МКС сигналы проходят обработку цифровым фильтром (ЦФ), после чего поступают на вход максиселектора (MAX) и миниселектора (MIN). Сигналы с выхода MAX поступают на измерительные органы ИО1, ИО2, ИО3, в которых заданы уставки соответственно токовой отсечки (ТО), ТО с выдержкой времени (ТОВ), максимальной токовой защиты (МТЗ). При срабатывании любого из ИО происходит воздействие на исполнительный элемент (ИЭ)

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}}. \quad (1)$$

Оба сигнала с выхода MAX и MIN поступают на вход элемента ΔI , в котором по формуле (1) определяется текущее значение несимметрии ΔI токов фаз, а затем в пороговом элементе (ПЭ) сравнивается с уставкой ΔI_3 . В нормальном режиме, при симметричной перегрузке, самозапуске электродвигательной нагрузки и также при трехфазных КЗ $\Delta I < \Delta I_3$, сигнал на выходе порогового ПЭ отсутствует. ИО защиты работают с изначально заданными уставками.

При несимметричных междуфазных КЗ, к которым ступенчатые токовые защиты имеют пониженную чувствительность, $\Delta I > \Delta I_3$, и на выходе ПЭ появляется сигнал, воздействующий

на блок задания уставок (БЗУ), который в свою очередь воздействует на ИО ступеней защиты таким образом, что значения уставок ступеней уменьшаются, за счет чего повышается чувствительность защиты [3].

На рис. 2 приведены зависимости вторичных токов ТТ i_a, i_b, i_c и относительных значений их синусных и косинусных составляющих, выделенных на выходе цифрового фильтра (ЦФ), от времени при двухфазном коротком замыкании (КЗ) между фазами В и С в начале защищаемой линии.

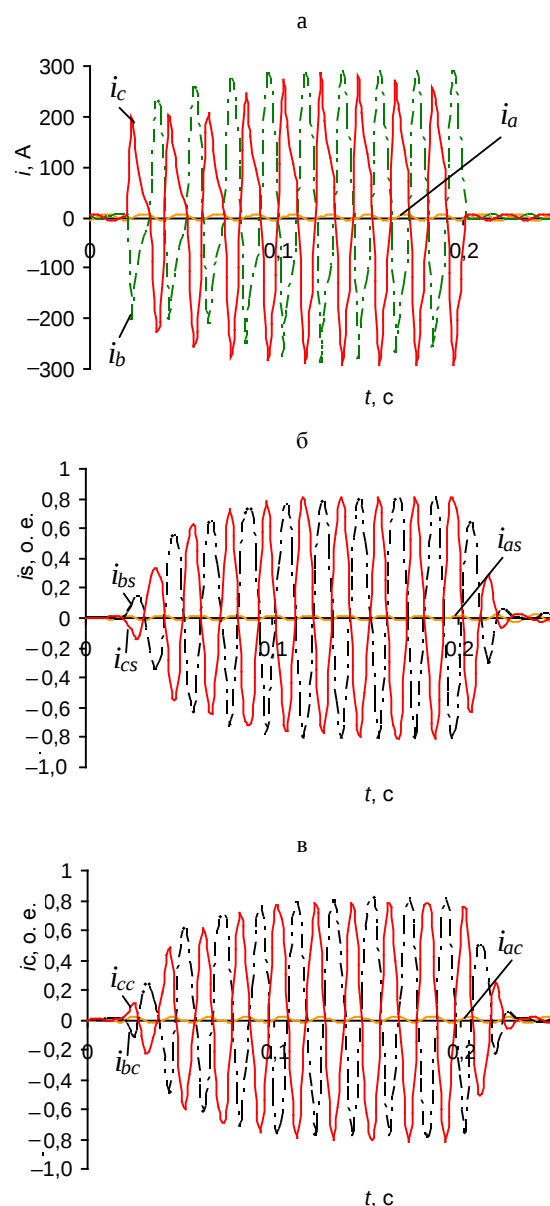


Рис. 2. Зависимости от времени: а – вторичных токов; б – синусной составляющей; в – косинусной составляющей при двухфазном КЗ в начале защищаемой линии

В начале переходного процесса из-за насыщения ТТ происходят искажение формы токов поврежденных фаз и уменьшение их величин. На рис. 2а искажения выражены неявно, так как i_b , i_c отражены в виде токов, воспринимаемых защитой с учетом дискретности измерения мгновенных значений. По мере затухания переходного процесса погрешности ТТ уменьшаются, а токи поврежденных фаз возрастают. После аналоговой и цифровой фильтраций (на выходе цифрового фильтра) (рис. 2б, в) формы токов i_{bs} , i_{cs} , i_{bc} , i_{cc} приближаются к синусоидальным и увеличиваются медленнее, чем токи i_b , i_c , что обусловлено инерционностью ФОС. Это также является причиной непродолжительного существования токов i_{bs} , i_{cs} , i_{bc} , i_{cc} после отключения КЗ.

На рис. 3 показаны кривые изменения относительных действующих значений токов поврежденных фаз I_B и I_C , тока на выходе максиселектора I_M , моменты срабатывания и возврата ТО, ТОВ, МТЗ в виде признаков SR1, SR2, SR3 соответственно. Каждая из ступеней проверялась независимо с выдержкой времени, равной нулю. Во время эксперимента с одной из них две другие были заблокированы. Отношение тока КЗ к току уставки для ТО, ТОВ и МТЗ соответственно составляли 4; 6 и 20, время срабатывания – соответственно 0,0353; 0,0287; 0,0265. Более высокое быстродействие третьей и второй ступеней по отношению к первой объясняется большими кратностями токов КЗ по отношению к уставкам.

На рис. 4, 5 приведены графики, аналогичные графикам на рис. 2, 3, для режима трехфазного КЗ в начале защищаемой линии.

В этом случае момент КЗ задан таким образом, что максимальная апериодическая составляющая наблюдается в токе i_a . Под действием апериодических составляющих разной величины ТТ имеют различные погрешности.

По этой причине в начальной стадии переходного процесса относительные действующие значения токов поврежденных фаз I_A , I_B и I_C различны по величине, вследствие чего появляется ток I_0 . По мере затухания переходного процесса снижается погрешность ТТ и соответственно снижается значение I_0 . В момент лик-

видации КЗ из-за разновременности отключения токов повреждения в разных фазах наблюдается повторный всплеск I_0 . Следует отметить, что ток I_0 не оказывает какого-либо влияния на поведение защиты. Время срабатывания ступенной защиты не изменилось по сравнению с двухфазным КЗ.

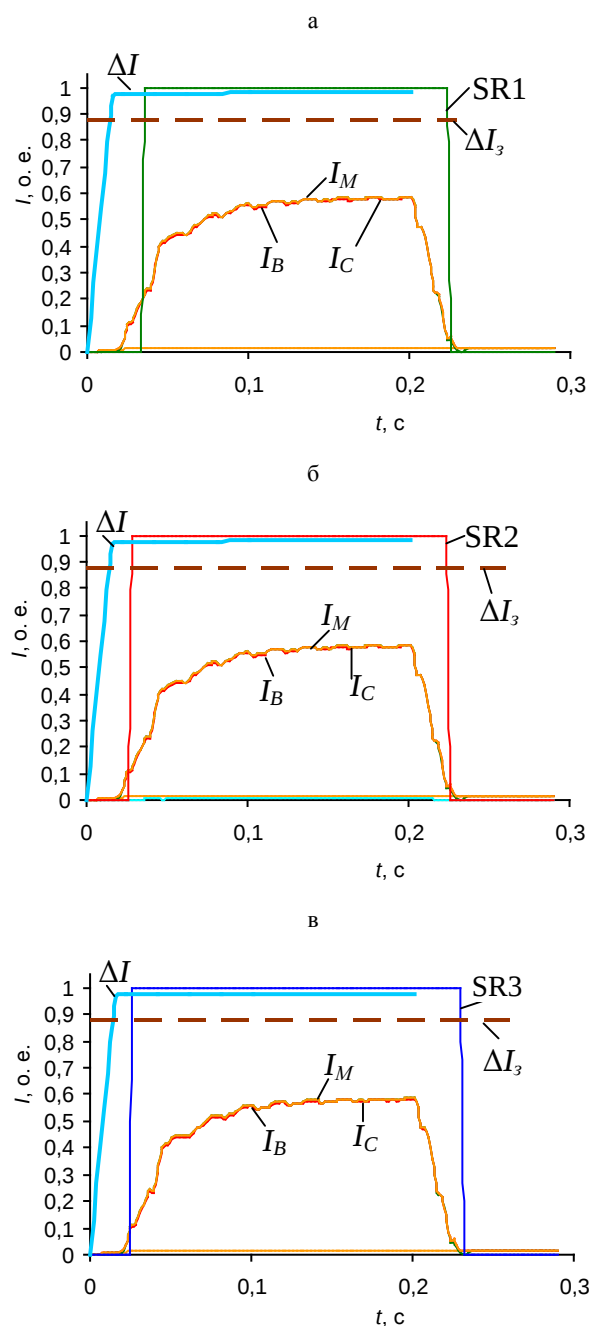


Рис. 3. Изменение относительных действующих значений токов поврежденных фаз и тока на выходе максиселектора, моменты срабатывания и возврата ступеней защиты при двухфазном КЗ в начале защищаемой линии

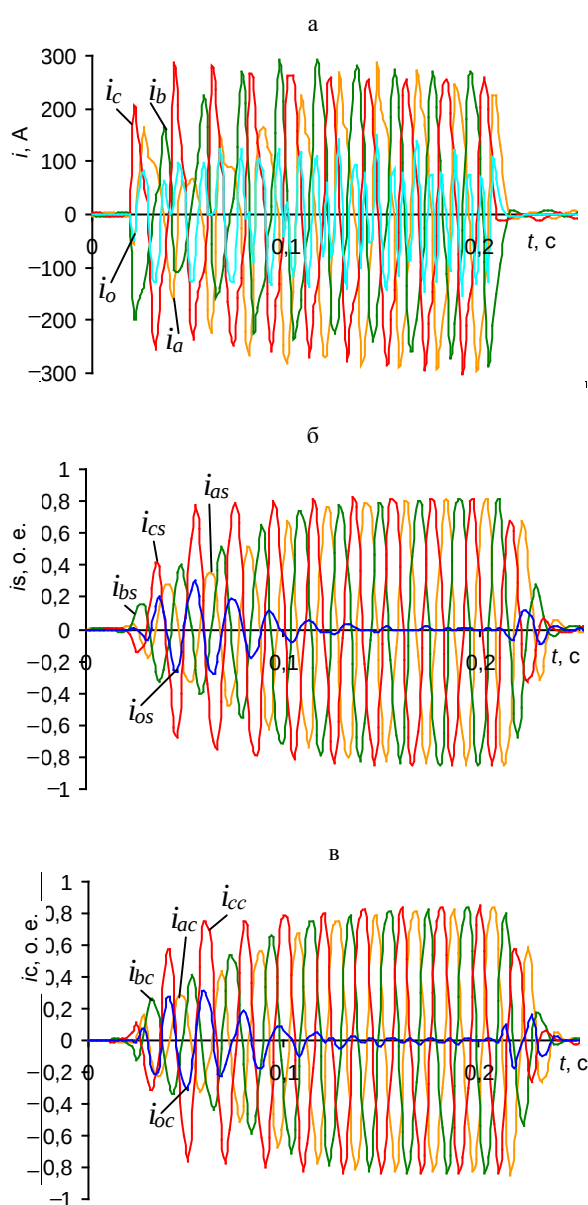


Рис. 4. Зависимости от времени: а – вторичных токов; б – синусной составляющей; в – косинусной составляющей при трехфазном КЗ в начале защищаемой линии

ВЫВОД

Проводилась проверка защиты в различных режимах коротких замыканий и разных точках защищаемой сети с учетом времени срабатывания ТОВ и МТЗ. Во всех режимах защита вела себя корректно, селективно отключая короткие замыкания с заданным временем срабатывания. Благодаря использованию принципа адаптивности чувствительность защиты увеличилась в

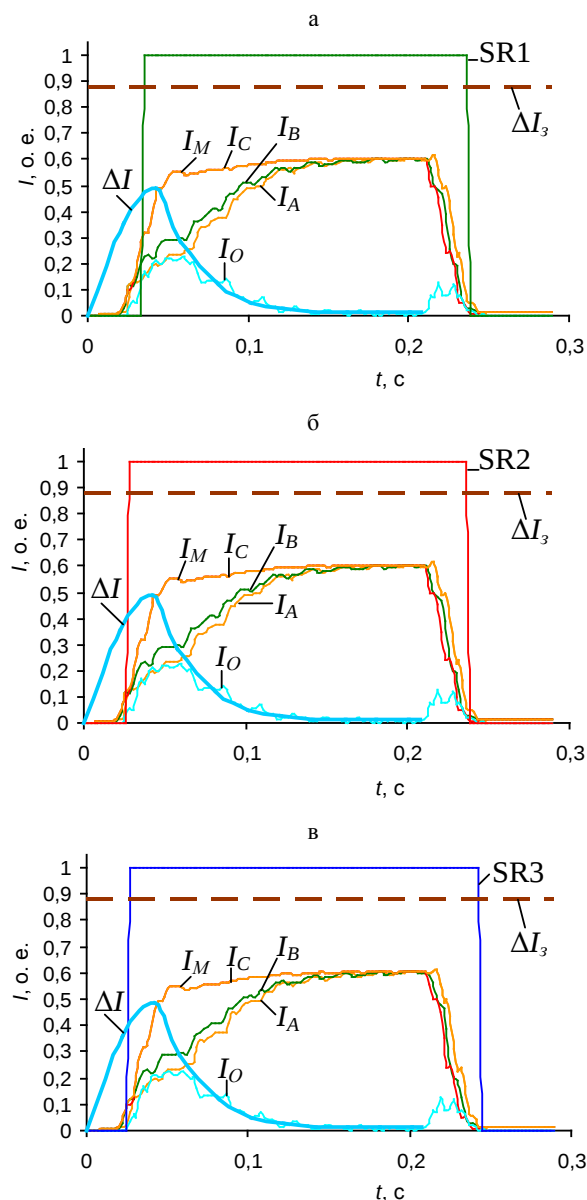


Рис. 5. Изменение относительных действующих значений токов поврежденных фаз и тока на выходе максиселектора, моменты срабатывания и возврата ступеней защиты при трехфазном КЗ в начале защищаемой линии

1,15–1,2 раза, что позволяет в некоторых случаях снять ограничения по применению данного вида защиты. Из этого можно сделать вывод о том, что выбранный алгоритм работы удовлетворяет требованиям, предъявляемым к релейной защите, и может быть использован на практике в современных микропроцессорных терминалах в качестве токовой защиты от междуфазных коротких замыканий линий 6–10 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельфанд, Я. С. Релейная защита распределительных сетей / Я. С. Гельфанд. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
2. Линт, Г. Э. Серийные реле защиты, выполненные на интегральных микросхемах / Г. Э. Линт. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.

3. Романюк, Ф. А. Принципы выполнения адаптивной микропроцессорной токовой защиты от междуфазных коротких замыканий / Ф. А. Романюк, А. А. Тищенко, А. В. Ковалевский // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2005. – № 2. – С. 11–14.

Поступила 5.05.2007

УДК 629.114.2

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УБОРОЧНЫХ МАШИН ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

Инж. БАСАЛАЙ Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Ежегодные объемы добычи фрезерного торфа для брикетирования в Республике Беларусь составляют свыше 2,4 млн т. На всех предприятиях концерна «Белтопгаз» эта программа реализуется однотипным технологическим комплексом машин, выполняющих поверхностно-послойное фрезерование залежи, ворошение сушеной в естественных условиях сфрезерованной крошки, валкование и уборку торфа в полевые складочные единицы – штабели.

Принципиальные конструктивные схемы основных машин фрезерного способа добычи торфа отработаны в середине прошлого столетия и проектировались прицепными к гусеничным тракторам класса тяги 3. В дальнейшем они претерпели ряд модернизаций с целью увеличения ширины захвата или емкости бункера и с более высокими эксплуатационными показателями рабочих органов.

Уборочные прицепные машины фрезерного торфа типа УМПФ конструктивно включают гусеничный движитель, раму с прицепным устройством, скрепер, ковшовый элеватор и бункер с подвижным дном, а также механический привод рабочих органов от заднего вала отбора мощности тягача и гидросистему управления. Наиболее распространенными в настоящее время являются машины МТФ-43А, созданные для агрегатирования с гусеничными тракторами ДТ-75Б.

Планируемая сезонная программа на один уборочный МТА по нормативам концерна

«Белтопгаз» – 20 тыс. т, при этом пробег агрегата – до 8 тыс. км.

Производственные испытания на предприятиях «Зеленоборское» и «Усяж» показали, что крюковое усилие на передвижение порожней машины МТФ-43А составляет около 7 кН, а с полным бункером – 12–16 кН. Сегодня это позволяет эффективно эксплуатировать данные машины на ряде предприятий концерна «Белтопгаз» в агрегате с отечественными колесными тракторами классов тяги 1,4 и 2, оборудованными специальными движителями.

Рабочий цикл машинно-тракторного агрегата включает проход по технологической карте с уборкой торфа из валка на длине до 350 м и движение вдоль штабеля в режиме равномерной выгрузки его из бункера в навалы. Работая по кольцевой схеме, МТА в одном цикле совершает четыре поворота на 90° радиусом 7–10 м.

Аналитически основные режимы уборки и выгрузки выражаются из уравнения

$$N_{\text{д}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5, \quad (1)$$

где $N_{\text{д}}$ – эксплуатационная мощность двигателя трактора; N_1 и N_2 – мощности на передвижение трактора и уборочной машины; N_3 – мощность на преодоление сопротивления скрепера; N_4 и N_5 – затраты мощности на работу ковшового элеватора и конвейера подвижного дна соответственно.