УДК 621.316.925

ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ АДАПТИВНОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ОТ МЕЖДУФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

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

Белорусский национальный технический университет

Ступенчатые токовые защиты от междуфазных коротких замыканий (КЗ) содержат в общем случае три ступени: первая ступень – токовая отсечка (ТО), обычно выполняемая без выдержки времени; вторая ступень – токовая отсечка с выдержкой времени (ТОВ), третья ступень – максимальная токовая защита (МТЗ). В зависимости от конкретных условий применения может использоваться одна, две или все три ступени защиты. Измерительными органами (ИО) всех ступеней являются органы максимального тока, включенные на полные токи фаз защищаемого объекта [1].

Чувствительность защит, оцениваемая как отношение минимального тока КЗ (обычно двухфазного) к току срабатывания ИО при известных величинах токов КЗ, определяется током срабатывания $I_{ср}$ ИО. Токи срабатывания ИО всех ступеней выбираются по наиболее тяжелым условиям симметричного режима [2]. Ток срабатывания ИО ТО выбирается по условию отстройки от максимального значения тока трехфазного КЗ $I^{(3)}_{КЗmax}$ в конце защищаемого участка по известному выражению

$$I^{I}_{ср1} = \frac{k_{отс} k_{сх}}{n_{тт}} I^{(3)}_{КЗmax} . \qquad (1)$$

Ток срабатывания МТЗ выбирается по условию отстройки от максимальных нагрузочных токов $I_{н.max}$ с учетом перегрузок и самозапуска электродвигательной нагрузки по формуле

$$I^{III}_{ср1} = \frac{k_{отс} k_{сх} k_{сз}}{k_{в} n_{тт}} I^{(3)}_{н.max} , \qquad (2)$$

где $k_{отс}$, $k_{сх}$, $k_{в}$, $n_{тт}$ – соответственно коэффициенты отстройки, схемы, возврата и трансформации измерительных трансформаторов тока; $k_{сз}$ – коэффициент самозапуска электродвигательной нагрузки. Его величина определяется характером нагрузки и ориентировочно может достигать значений 2,5.

Такие защиты содержат большое количество ИО и имеют меньшую чувствительность к несимметричным повреждениям, чем к симметричным, что в конечном счете ограничивает область их применения.

Например, на предприятии РУП «Минскэнерго» не всегда удается обеспечить требуемую чувствительность МТЗ, равную 1,5. Для решения данной проблемы приходится вводить пуск по напряжению. Однако это тоже не всегда приводит к желаемому результату. Так, в некоторых случаях при самозапуске электродвигателей М (рис. 1) напряжение в месте уста-

новки защиты А1 понизится до 50 % $U_л$, а при КЗ в точке K_1 – до 70 % $U_л$, т. е. в нормальном режиме «посадка» напряжения ниже, чем в аварийном, и следовательно, осуществлять пуск по напряжению не имеет смысла.

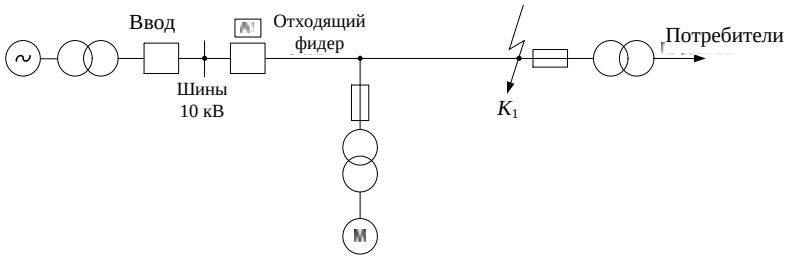

Рис. 1. Сеть с односторонним питанием

Решить данную задачу – повысить чувствительность к несимметричным КЗ – можно, применив адаптивный принцип построения токовой защиты от междуфазных коротких замыканий.

Такой принцип реализован в устройстве (рис. 2), которое содержит входные преобразователи тока 1 (ВПТ1, ВПТ2, ВПТ3), подключаемые к измерительным трансформаторам тока, выходы которых подсоединены к входам максиселектора 2 (MAX) и миниселектора 3 (MIN), а выход максиселектора 2 подключен к входам измерительных органов 4, 5, 6 (ИО1, ИО2, ИО3) соответственно для первой, второй и третьей ступеней защиты с блоками задания уставок 7, 8, 9 (БЗУ1, БЗУ2, БЗУ3), выходы измерительных органов через органы выдержки времени 10,11,12 (ДТ1, ДТ2, ДТ3), органы сигнализации 13, 14, 15 (ОС1, ОС2, ОС3) и логическую схему 16 (ИЛИ) связаны с исполнительным элементом 17 (УЭ), отключающим выключатель защищаемого объекта, а выходы мини- и максиселектора через блок выявления несимметрии токов фаз 18 (ΔI) связаны с пороговым элементом 19 (ПЭ), для воздействия на блоки 7, 8, 9 изменения уставок ИО 4, 5, 6 ступеней защиты.

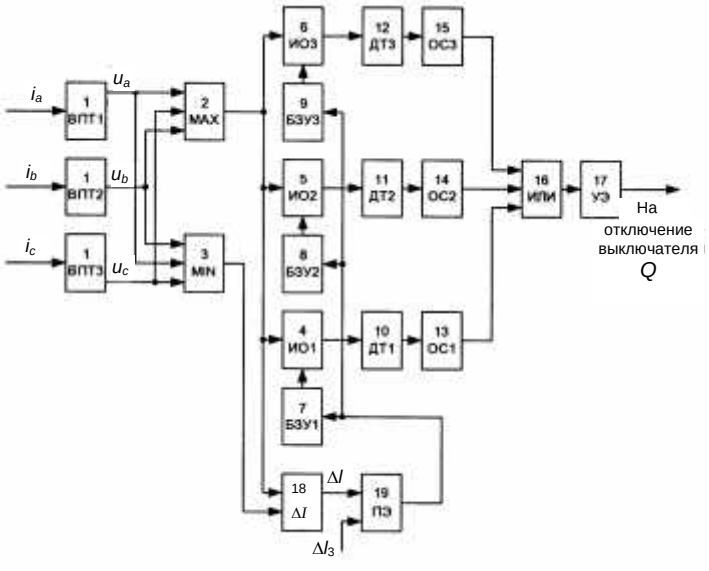

Рис. 2. Функциональная схема адаптивной микропроцессорной токовой защиты от междуфазных коротких замыканий

При помощи минисилектора, блока выявления несимметрии токов фаз и порогового элемента можно повысить чувствительность защиты к несимметричным КЗ за счет выделения наименьшего значения $I_{\min}$ из токов фаз защищаемого объекта и определения значения несимметрии ΔI токов фаз по выражению

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}}. \qquad (3)$$

При такой реализации защиты можно контролировать момент наступления режима несимметричного повреждения и соответствующим образом автоматически уменьшать токи срабатывания ИО ступенчатой защиты. В нормальном режиме, при перегрузках, самозапуске электродвигателей и при симметричных КЗ значение ΔI невелико и токи срабатывания ИО ступеней защиты определяются по формулам (1), (2). В момент наступления режима несимметричного повреждения $I_{\text{ср}}$ ИО ступеней защиты автоматически уменьшаются в соответствии с (4), (5), где ток срабатывания ИО ТО отстраивается от максимального значения тока несимметричного (как правило, двухфазного) КЗ в конце защищаемой линии, что приводит к уменьшению тока срабатывания ИО этой ступени:

$$I_{\text{ср2}}^{\text{I}} = \frac{k_{\text{отс}} k_{\text{сх}}}{n_{\text{тт}}} I_{\text{КЗmax}}^{(2)}. \qquad (4)$$

Ток срабатывания МТЗ отстраивается от максимальных нагрузочных токов $I_{\text{нес}}$ при возникновении несимметричного режима работы в сети без учета самозапуска электродвигательной нагрузки, который является симметричным режимом и сопровождается протеканием практически одинаковых токов во всех фазах защищаемого объекта

$$I_{\text{ср2}}^{\text{III}} = \frac{k_{\text{отс}} k_{\text{сх}}}{n_{\text{тт}}} I_{\text{нес}}. \qquad (5)$$

Ток $I_{\text{ср}}$ ориентировочно в 2,5…4 раза уменьшается, что приводит к значительному повышению чувствительности третьей ступени к несимметричным КЗ.

Для реализации устройства можно использовать серийно выпускаемые промышленностью микроконтроллеры, имеющие в своем составе таймеры, систему прерываний, постоянное запоминающее устройство для хранения промежуточных результатов вычислений, репрограммируемое запоминающее устройство для хранения уставок по току и времени срабатывания ступеней защиты, устройства ввода-вывода для подключения исполнительного элемента и других внешних устройств.

Защита работает следующим образом. Входные токи i_a, i_b, i_c от измерительных трансформаторов тока поступают на входы преобразователей тока, которые выполняют также функцию гальванического разделения цепей контролируемых сигналов и устройства. С выходов преобразователей сигналы u_a, u_b, u_c подаются на входы максиселектора 2 и миниселектора 3, которые выделяют из токов i_a, i_b, i_c соответственно наибольшее $I_{\max}$ и наименьшее $I_{\min}$ значения. По $I_{\max}$ и $I_{\min}$ в блоке 18 определяется текущее

значение несимметрии ΔI токов фаз, которое затем в пороговом элементе сравнивается с уставкой $\Delta I_з$. В нормальном режиме, при симметричной перегрузке, самозапуске электродвигательной нагрузки, а также при трехфазных КЗ $\Delta I < \Delta I_з$ и сигнал на выходе порогового устройства отсутствует. В этих режимах в ИО ступеней происходит сравнение тока I_{min} с уставками I'_{y1}, I''_{y1}, I'''_{y1} ИО ступеней защиты, которые рассчитаны по (1), (2), исходя из условий наиболее неблагоприятного симметричного режима. Если I_{max} меньше уставки соответствующей ступени защиты, то на выходе ИО данной ступени сигнал отсутствует. В варианте, когда I_{max} превышает значение уставки на выходе ИО данной ступени, появится сигнал, который с выдержкой времени, задаваемой в органе выдержки времени ДТ, через логическую схему ИЛИ воздействует на исполнительный элемент, который отключает выключатель защищаемого объекта.

При несимметричных междуфазных КЗ, к которым известные ступенчатые токовые защиты имеют пониженную чувствительность, $\Delta I > \Delta I_з$ и на выходе порогового элемента появляется сигнал, который воздействует на блоки 7, 8, 9 задания уставок ИО ступеней защиты таким образом, что значения уставок ступеней уменьшаются до значения I'_{y2}, I''_{y2}, I'''_{y2}, предварительно рассчитанных по (4), (5). Таким образом, если I_{max} превышает одно или все значения I'_{y2}, I''_{y2}, I'''_{y2}, то на выходе одного или всех ИО ступеней появляются сигналы, которые вызывают отключение выключателя Q с заданной выдержкой времени.

После исчезновения несимметричного режима $\Delta I < \Delta I_з$ сигнал на выходе блока 19 исчезает, а ИО ступеней защиты переходят к сравнению значений I_{max} с уставками I'_{y2}, I''_{y2}, I'''_{y2}, выбранными по условиям симметричного режима работы.

ВЫВОД

Предложенный принцип выполнения адаптивной токовой защиты может быть положен в основу разработки микропроцессорных защит линий распределительных сетей от междуфазных коротких замыканий, что позволит решить проблему повышения чувствительности, возникающую при применении традиционных ступенчатых токовых защит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев А. М. Релейная защита электрических систем. – М.: Энергия, 1976. – 560 с.

2. Чернобровов Н. В. Релейная защита. – М.: Энергия, 1976. – 680 с.

Представлена кафедрой
электрических станций

Поступила 14.12.2004