

АЛГОРИТМЫ БЛОКИРОВКИ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ ЦЕПЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ. ОДНОВРЕМЕННЫЙ МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ

Воробьев Е.С., Иванов Н.Г., Глазырин А.В., Антонов В.И., Солдатов А.В., Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, ООО НПП «ЭКРА», г. Чебоксары, Россия

***Аннотация.** Одним из главных требований, предъявляемых к блокировке при неисправностях цепей напряжения (БНН) является ее срабатывание при повреждениях во вторичных цепях трансформатора напряжения (ТН), и несрабатывание при КЗ в первичной сети. Однако применяемые в отечественной и иностранной практике релейной защиты (РЗА) алгоритмы БНН имеют свои недостатки и могут ложно срабатывать или не действовать вовсе. В статье излагаются принципы реализации БНН отечественных и иностранных производителей РЗА.*

***Ключевые слова:** релейная защита, БНН, цепи напряжения, неисправность.*

Введение

В цепях напряжения возможны несимметричные (обрыв или КЗ одной, или двух фаз) и симметричные (трехфазный обрыв или КЗ) повреждения. При КЗ или обрыве во вторичной цепи ТН напряжение на входе ИО снижается до нуля, что может привести к ложному срабатыванию релейной защиты. Для предотвращения ложной работы используется блокировка при неисправностях в цепях напряжения (БНН). Основным требованием к БНН является срабатывание при неисправностях во вторичных цепях трансформатора напряжения, и несрабатывание при КЗ в первичной сети.

В отечественной практике получил распространение принцип сравнения напряжений звезды и разомкнутого треугольника ТН. За рубежом обычно применяется БНН, основанный на принципе обнаружения составляющих обратной и нулевой последовательностей [1].

Целью статьи является изложение принципов реализации алгоритмов БНН иностранных и отечественных производителей микропроцессорной РЗА, основанных на одновременном мониторинге напряжений и токов.

вильной работы защиты в этом режиме в схеме вводится выдержка времени на срабатывания «*TFltFix*», выводящая из действия токовый критерий снятия блокировки. Значение «*TFltFix*» выбирается больше максимального времени отключения КЗ на смежных участках электрической сети, с целью предотвращения фиксации неисправности ТН при несимметрии напряжения, вызванном внешнем КЗ [2].

Уставки по напряжению обратной U_{2set} и нулевой U_{0set} последовательности выбираются выше максимального напряжения небаланса в нормальном режиме электрической сети, но ниже напряжений при повреждениях в цепи. Уставки по току обратной I_{2set} и нулевой I_{0set} последовательности должны выбираться выше максимального тока небаланса, но ниже тока при удаленном повреждении в электрической сети, сопровождающемся повышением напряжения обратной и нулевой последовательности выше значений U_{2set} и U_{0set} .

Если минимальный ток повреждения оказывается ниже максимального тока небаланса, то контроль уровней тока обратной и нулевой последовательности не может использоваться для разграничения режимов повреждения в цепи ТН и КЗ во внешней сети. В этом случае для обнаружения несимметричных повреждений контролируют приращение этих токов (рис. 2). Полная схема обнаружения несимметричного повреждения в цепях ТН приведена на рис. 1.

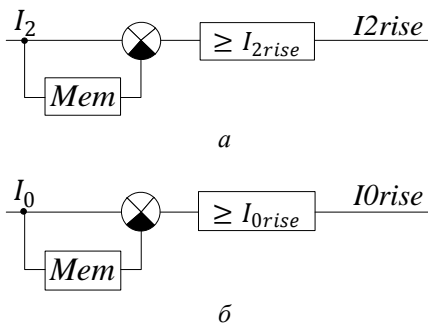


Рис. 2. Детекторы изменения тока: *а* – обратной последовательности; *б* – нулевой последовательности

Симметричные повреждения в цепи ТН характеризуется одновременным снижением трех напряжений при нормальном уровне фазных токов. Для обнаружения такого вида повреждений контролируются напряжения и ток прямой последовательности (рис. 4, а) или напряжения и фазные токи (рис. 4, б) [2].

Возможны несколько ситуаций, когда напряжение снижается: неисправность в цепи ТН, включение ЛЭП с отключенным ТН и близкие КЗ. В первом и втором случае функция БНН должна заблокировать действие защиты, а в третьем случае блокировка должна позволить защите отключить повреждение. Для разграничения этих режимов используется контроль тока прямой последовательности или фазных токов. Уставки по напряжению U_{1set} и U_{phset} выбирается ниже минимального рабочего напряжения. Уставки по току прямой последовательности I_{1set} и фазному току I_{phset} должны быть выше максимального нагрузочного тока (для отстройки от включения ЛЭП с отключенным ТН), но ниже минимального тока повреждения.

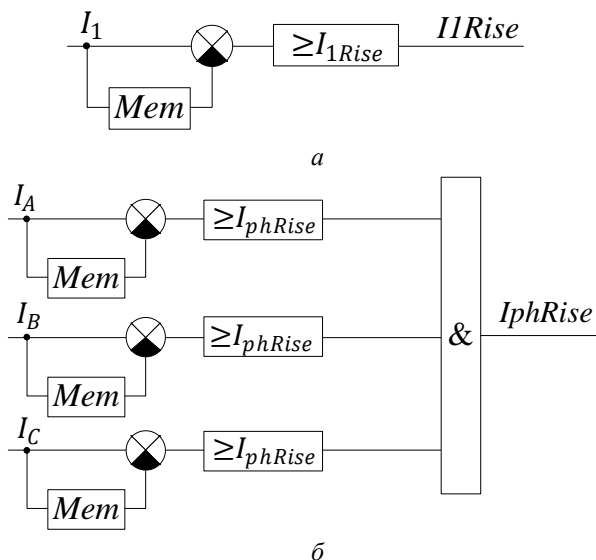


Рис. 3. Детекторы изменения: а – тока прямой последовательности; б – фазного тока

Если ТН установлен со стороны ЛЭП, то при отключении ЛЭП напряжение и ток равны нулю, что характерно и для неисправности ТН. Для предотвращения излишнего срабатывания в этом режиме схема дополняется сигналом положения блок-контакта выключателя «CBCIs» (рис. 4).

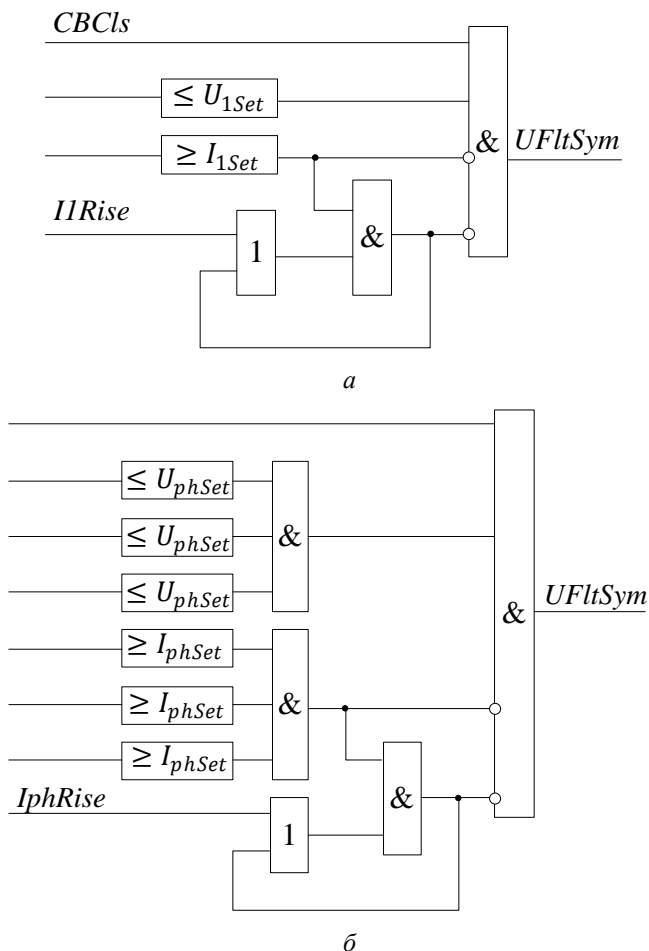


Рис. 4. Полная схема обнаружения симметричных повреждений: *a* – с использованием электрических величин прямой последовательности; *б* – с использованием фазных электрических величин

Если минимальный ток повреждения оказывается ниже максимального нагрузочного тока, то аналогично блокировке при несимметричных повреждениях, для обнаружения КЗ контролируют приращение тока (рис. 3).

Полная схема обнаружения симметричного повреждения в цепях ТН представлена на рис. 4.

Выводы

БНН на основе одновременного мониторинга напряжений и токов не позволяет контролировать обрыв нулевого провода «звезды», поскольку в этом режиме при симметричной нагрузке не появляется составляющей нулевой последовательности. Поэтому функция не чувствует это повреждение. Введение искусственной несимметричной нагрузки ТН позволяет обнаружить повреждение по появлению напряжения нулевой последовательности. Такой признак может использоваться в сети с глухозаземленной нейтралью. В сети с изолированной нейтралью появление напряжения нулевой последовательности может являться признаком ОЗЗ и неисправностью нулевого провода, и не может использоваться для обнаружения обрыва.

Блокировка может кратковременно сработать при КЗ в примыкающей сети, сопровождающемся появлением несимметрии напряжения при малых токах нагрузки. Однако это не создает опасности несрабатывания защиты при КЗ на защищаемой ЛЭП, поскольку при этом токовый признак позволяет быстро снять блокировку при внутренних КЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дони Н.А., Сдобин А.В. Об использовании обмоток ТН, соединенных в «разомкнутый треугольник / Н.А. Дони, А.В. Сдобин // Релейщик. –2009. – №4. – С.73-77.
2. Loss of ac Voltage Considerations For Line Protection. – A report prepared for the Line Protection Subcommittee Of the IEEE Power Engineering Society. – Power System Relaying Committee. – 28 с.
3. Руководство по эксплуатации C53000-G1156-C155-8. Дистанционная защита 7SA522 (версия 4.61). – 2017. – С. 356-360.

Авторы:

Воробьев Евгений Сергеевич, инженер 3 категории департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». В 2019 году окончил электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получил степень магистра по направлению «Автоматика энергосистем». E-mail: vorobev_es@ekra.ru.

Иванов Николай Геннадьевич, руководитель группы разработки ИЭУ НПП «ЭКРА». Получил степень магистра техники и технологии по направлению «Электроэнергетика и электротехника» в 2013 году на кафедре ТОЭ и РЗА электроэнергетического факультета ЧГУ им. И.Н. Ульянова. E-mail: ivanov_ng@ekra.ru.

Глазырин Анатолий Вячеславович, инженер департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». В 2020 году окончил Энергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова, получил степень бакалавра по направлению «Релейная защита и автоматика». E-mail: glazyrin_av@ekra.ru.

Антонов Владислав Иванович, доцент кафедры теоретических основ электротехники и релейной защиты и автоматики ЧГУ им. И.Н. Ульянова, главный специалист департамента автоматизации энергосистем ООО НПП «ЭКРА». Получил диплом инженера-электрика в 1978 году на факультете электрификации и автоматизации промышленности ЧГУ им. И.Н. Ульянова. В 2018 году защитил докторскую диссертацию «Теория и приложения адаптивного структурного анализа сигналов в интеллектуальной электроэнергетике» в ЧГУ им. И.Н. Ульянова. E-mail: antonov_vi@ekra.ru.

Солдатов Александр Вячеславович, Заместитель директора департамента автоматизации энергосистем по научному сопровождению продукции ООО НПП «ЭКРА». Окончил в 2006 году электроэнергетический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова. E-mail: soldatov_av@ekra.ru.