

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033308**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.09.30(51) Int. Cl. **H02H 3/28 (2006.01)**(21) Номер заявки
201700191(22) Дата подачи заявки
2017.03.24**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЛИНИЯХ 6-35 КИЛОВОЛЬТ**(43) **2018.09.28**(56) BY-C1-5111
RU-C1-2033623
WO-A1-2013181809(96) **2017/EA/0014 (BY) 2017.03.24**(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(BY)**(72) Изобретатель:
**Романюк Федор Алексеевич, Каченя
Владислав Станиславович (BY)**

(57) Изобретение относится к электротехнике, может быть использовано в устройствах релейной защиты электроэнергетических систем и предназначено для повышения надёжности определения вида короткого замыкания на линиях 6-35 кВ. Цель изобретения - повышение надёжности определения вида короткого замыкания на линиях 6-35 кВ. Предложен способ определения вида короткого замыкания на линиях 6-35 кВ, при котором заранее вычисляют ток двухфазного короткого замыкания в конце контролируемого участка. Затем в реальном времени периодически фиксируют мгновенные значения токов фаз А, В и С, по которым вычисляют их действующие значения. Из рассчитанных действующих значений выделяют максимальное и минимальное действующие значения, а также в предаварийном режиме запоминают ток нагрузки. После этого по формуле (1) рассчитывают уровень относительной несимметрии (ΔI) и по формуле (2) - граничный уровень относительной несимметрии ($\Delta I_{гр}$) с дальнейшей проверкой выполнения условия (3):

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

$$1 - \frac{I_n}{I_{кз, рас}^{(2)}} = \Delta I_{гр}, \quad (2)$$

$$\Delta I \geq \Delta I_{гр} \quad (3)$$

где I_{\max} - максимальное действующее значение тока короткого замыкания; I_{\min} - минимальное действующее значение тока короткого замыкания; $I_{кз, рас}^{(2)}$ - расчётное значение тока двухфазного короткого замыкания при повреждении в конце защищаемого участка; I_n - ток нагрузки в предаварийном режиме. При выполнении условия (3) фиксируют двухфазное короткое замыкание. В противном случае - трёхфазное.

B1**033308****033308****B1**

Изобретение относится к электротехнике, может быть использовано в устройствах релейной защиты электроэнергетических систем и предназначено для повышения надёжности определения вида короткого замыкания (КЗ) на линиях 6-35 кВ.

Известен способ определения вида КЗ на линиях 6-35 кВ [1], при котором фиксируют мгновенные значения токов фаз А, В и С. По этим данным вычисляют действующие величины токов фаз А, В и С. Из вычисленных действующих значений выделяют максимальное и минимальное действующие значения, после чего рассчитывают разность между максимальным и минимальным действующими значениями и находят отношение этой разности к минимальному действующему значению, затем полученный результат сравнивают с предполагаемой граничной величиной 0,5. Фиксация двухфазного КЗ производится при превышении значения отношения 0,5. Фиксация трёхфазного КЗ производится при значении отношения меньше или равно 0,5.

Достоинства данного способа: правильное определение вида КЗ при кратностях тока в повреждённой фазе к току нагрузки больше 1,5, достаточно небольшое время определения вида КЗ, простота в реализации.

Недостатком данного способа является то, что при токах нагрузки, равных нулю, теряется его работоспособность. Также к недостаткам можно отнести то, что при достаточно высокой чувствительности способа к двухфазным повреждениям трёхфазное КЗ через переходное сопротивление может определяться как двухфазное.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и достигаемому результату является способ определения вида КЗ [2], при котором фиксируют мгновенные значения токов фаз А, В и С. По этим данным вычисляют действующие величины токов фаз А, В и С. Из вычисленных действующих значений выделяют максимальное и минимальное действующие значения, после чего рассчитывают разность между максимальным и минимальным действующими значениями и находят отношение этой разности к максимальному действующему значению. Далее полученный результат сравнивают с предполагаемой граничной величиной 0,6. Фиксация двухфазного КЗ производится при превышении значения отношения 0,6. Фиксация трёхфазного КЗ производится при значении отношения меньше или равно 0,6.

Достоинством данного способа является достоверное определение вида КЗ при токах нагрузки равных нулю, небольшое время определения вида КЗ и простота в реализации.

Недостатком данного способа является то, что в сильно нагруженных линиях при отношении максимального тока в повреждённой фазе к току нагрузки, меньше 2,5, вид КЗ может быть определён неверно.

Цель изобретения - повышение надёжности определения вида КЗ на линиях 6-35 кВ.

Способ определения вида КЗ на линиях 6-35 кВ, при котором заранее вычисляют ток двухфазного КЗ в конце контролируемого участка. Затем в реальном времени периодически фиксируют мгновенные значения токов фаз А, В и С, по которым вычисляют их действующие значения. Из рассчитанных действующих значений выделяют максимальное и минимальное действующие значения, а также в предаварийном режиме запоминают ток нагрузки. После этого по формуле (1) рассчитывают уровень относительной несимметрии (ΔI) и по формуле (2) - граничный уровень относительной несимметрии ($\Delta I_{гр}$) с дальнейшей проверкой выполнения условия (3):

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

$$1 - \frac{I_n}{I_{\text{КЗ.рас}}^{(2)}} = \Delta I_{гр}, \quad (2)$$

$$\Delta I \geq \Delta I_{гр} \quad (3)$$

где I_{\max} - максимальное действующее значение тока КЗ;

I_{\min} - минимальное действующее значение тока КЗ;

$I_{\text{КЗ.рас}}^{(2)}$ - расчётное значение тока двухфазного КЗ при повреждении в конце защищаемого участка;

I_n - ток нагрузки в предаварийном режиме.

При выполнении условия (3) фиксируют двухфазное КЗ. В противном случае - трёхфазное.

Данный способ может быть реализован на элементах микроэлектронной или цифровой вычислительной техники. Наиболее просто он реализуется на основе микропроцессорной элементной базы.

Сущность способа и его реализация поясняется фигурами, где на фиг. 1 приведена зависимость изменения граничного уровня относительной несимметрии $\Delta I_{гр}$ от тока нагрузки, отнесённого к минимальному значению тока двухфазного КЗ, а на фиг. 2 приведена функциональная схема логической части устройства определения вида КЗ, реализованная по способу, описанному выше.

При изменении тока нагрузки происходит изменение $\Delta I_{гр}$, (фиг. 1).

Чем больше значение тока нагрузки I_n^* , тем меньше значение $\Delta I_{гр}$. Таким образом обеспечивается автоматическое регулирование чувствительности способа.

При трёхфазном КЗ ΔI будет равно 0, при этом $\Delta I_{гр}$ при любых условиях будет больше 0, так как $I_{КЗ,рас}^{(2)}$ должно быть больше тока нагрузки, иначе произойдёт неправильное действие устройств релейной защиты.

При работе линии на холостом ходу $\Delta I_{гр}$ примет значение равным 1, в случае возникновения двухфазного КЗ ΔI будет также равно 1. Исходя из формулы (3) вид повреждения будет определён верно.

В сильно нагруженных линиях при возникновении КЗ в конце защищаемого участка максимальное значение тока КЗ будет больше чем $I_{КЗ,рас}^{(2)}$, так как расчётный ток выбирается без учёта влияния тока нагрузки. Исходя из этого будет выполняться следующее неравенство $\Delta I > \Delta I_{гр}$.

Нагрузочный режим работы не является аварийным, ввиду этого определение вида КЗ не происходит.

Таким образом, данный способ работает на границе правильного определения вида двухфазного КЗ, что, в свою очередь, даёт повышенную чувствительность к трёхфазным КЗ, а автоматическое изменение $\Delta I_{гр}$ обеспечивает правильное определение вида двухфазного КЗ.

Предлагаемый способ определения вида КЗ на линиях напряжением 6-35 кВ реализуется на основе сравнения уровня относительной несимметрии с граничным уровнем относительной несимметрии, зависящим от тока нагрузки.

Устройство для реализации способа фиг. 2 содержит блоки 1 и 2, выделения максимального и минимального значений соответственно. К их входам подводятся действующие величины токов фаз А, В и С. Выход блока 1 подключается к одному из входов блока 3, а также к блоку 5. Выход блока 2 подключается к одному из входов блока 3, а также к блоку 4. Блок 3 предназначен для вычисления ΔI в соответствии с формулой 1, его выход подключается к одному из входов блока 10. Блок 4 производит задержку сигнала, подведённого к его входу на 20 мс. Выход данного элемента подключается к первому входу блока 7. Блок 5 представляет собой пусковой орган, к одному из входов которого подводится выход блока 1, а к другому - выход блока 6. Блок 6 необходим для задания минимального значения тока двухфазного КЗ. Выход этого элемента подключается к одному из входов блоков 5 и 10. Блок 7 представляет собой ключ, который переключается между входами 1, 2 и выходом, а с помощью входа 3 производится переключение. К входу 1 данного элемента подводится сигнал с выхода блока 4, к входу 2 подключается выход блока 8, а к входу 3 - выход блока 5. Блок 8 осуществляет задержку входного сигнала на 1 мс. К его входу подключается выход блока 7, а выход заводится на второй вход этого же блока. В совокупности блоки 4, 5, 6, 7 и 8 представляют собой устройство запоминания тока нагрузки в предаварийном режиме, где на выходе блока 7 будет действующее значение тока нагрузки. С помощью блока 9 производится вычисление $\Delta I_{гр}$ в соответствии с формулой (2). На входы данного элемента заводятся выходы блоков 7 и 6. Выход данного элемента подключается к одному из входов блока 10. Блок 10 производит сравнение выходных величин с блоками 3 и 9 в соответствии с выражением 3. Его выход подключается к одному из входов блока 11. На другой вход блока 11 заводится выход блока 5. В данном блоке производится определение вида КЗ путём анализа сигналов с блоков 10 и 5.

Блоки 1 и 2 производят выделение максимального и минимального действующих значений токов фаз.

Блок 3 вычисляет ΔI в соответствии с формулой (1).

Блок 4 осуществляет задержку сигнала, поступающего к его входу, на 20 мс.

Блок 5 производит выявление режима работы защищаемого участка энергосистемы, сравнивает максимальное действующее значение токов фаз с минимальным значением тока двухфазного КЗ, величина которого задаётся в блоке 6.

Блок 6 - блок задания величины тока двухфазного КЗ в конце защищаемого участка.

Блок 7 выполняет роль переключателя между его первым и вторым входами и выходом, а с помощью третьего входа выполняется переключение. Когда на входе 3 нет никакого сигнала, то на выход поступает сигнал с входа 1. Во время существования сигнала на входе 3 на выходе будет сигнал с входа 2.

Блок 8 осуществляет задержку сигнала, поступающего к его входу, на 1 мс.

Блок 9 вычисляет $\Delta I_{гр}$ в соответствии с формулой (2).

Блок 10 производит сравнение сигналов, поступающих на его входы, в соответствии с формулой 3.

Блок 11 производит определение режима КЗ и выдаёт информацию о его виде в зависимости от комбинации поданных на его вход сигналов.

Представленное на фиг. 2 устройство работает следующим образом.

Блок 1 выделяет максимальное, а блок 2 минимальное действующее значение токов фаз. Максимальное и минимальное действующие значения подводится к блоку 3, в котором вычисляется ΔI в соответствии с формулой (1). В блоке 4 производится задержка сигнала с миниселектора блока 2 на 20 мс, и отстающий сигнал подаётся на первый вход блока 7. На второй вход блока 7 подключён сигнал с его выхода, задержанный с помощью блока 8 на 1 мс. Блок 5 сравнивает текущее максимальное действующее значение с минимальным расчётным значением тока двухфазного КЗ, который задаётся в блоке 6. При

превышении сигналом с блока 1 уставки блока 6 на выходе блока 5 будет логическая единица. Сигнал с блока 5 подводится к третьему выходу блока 7. С помощью блока 7 происходит запоминание тока нагрузки предаварийного режима и, в зависимости от состояния входа 3, его выходным сигналом будет величина с его первого входа при отсутствии сигнала с блока 5 либо со второго входа при присутствии сигнала с блока 5. Блок 9 осуществляет расчёт $\Delta I_{гр}$ в соответствии с формулой (2). На его входы заводятся действующее значение тока нагрузки с блока 7 и расчётная величина минимального тока двухфазного КЗ с блока 6. В блоке 10 производится сравнение ΔI и $\Delta I_{гр}$ в соответствии с формулой (3). При выполнении условия выходным сигналом блока будет логическая единица. Блок 11 производит определение вида КЗ, и при наличии сигналов с блоков 5 и 10 происходит идентификация двухфазного КЗ, а при наличии сигнала только с блока 5 - трёхфазного.

Блоки 4, 5, 6, 7 и 8 образуют устройство для запоминания тока нагрузки в предаварийном режиме. В нормальном режиме работы пусковой орган блока 5 находится в несрабатанном состоянии, и на вход 3 блока 7 поступает логический 0. Ввиду этого выходным сигналом блока 7 будет сигнал с его первого входа. На первый вход этого блока в данном режиме подаётся ток нагрузки, задержанный на 20 мс блоком 4.

При возникновении повреждения максимальное время, необходимое для срабатывания блока 5, составляет 20 мс. При этом, пока не произошло срабатывание блока 5, на вход 1 блока 7 будет подаваться ток нагрузки, соответственно на выходе также будет ток нагрузки. В момент срабатывания блока 5 происходит переключение выходного сигнала блока 7 на второй его вход. Ко второму входу блока 7 подведено значение с его выхода, задержанное на 1 мс блоком 8. Так как до срабатывания блока 5 на выходе блока 7 существовал сигнал, пропорциональный току нагрузки, то после переключения этот же сигнал останется. С помощью блока 8 организуется развязка контура запоминания. Таким образом на выходе блока 7 будет всегда существовать сигнал, соответствующий току нагрузки.

При трёхфазном КЗ на защищаемом участке токи в фазах по действующим значениям будут примерно равны, при этом ΔI , рассчитанное по формуле (1), будет равно 0. Граничный уровень относительной несимметрии будет рассчитан исходя из тока нагрузки в предаварийном режиме в соответствии с формулой (2). Так как в данном режиме $\Delta I < \Delta I_{гр}$, то условие (3) выполняться не будет. В такой ситуации сигнал с выхода блока 10 будет равен 0. При этом максимальное значение тока с блока 2 превысит уставку блока 6, и на выходе блока 5 появится единица. Блок 11 определит данный режим как трёхфазное КЗ.

При двухфазном КЗ на контролируемом участке на выходе максиселектора 1 будет значение тока КЗ, а на выходе блока 2 ток нагрузки. Так как значение тока КЗ будет больше уставки, заданной в блоке 6, то $\Delta I > \Delta I_{гр}$ и выполнится условие (3). При этом на выходе блока 10 и 5 будет логическая единица. Блок 11 идентифицирует данный режим как режим двухфазного КЗ.

Работоспособность предлагаемого способа проверялась методом вычислительного эксперимента с использованием математической модели сети 10 кВ и математической модели устройства, представленного выше. В результате вычислительного эксперимента подтверждена работоспособность способа.

Источники информации

1. Патент ВУ 15999 С1, "Устройство для токовой защиты от междуфазных коротких замыканий элементов электроэнергетических систем с односторонним питанием", 2006.
2. Патент ВУ 5111 С1, "Устройство адаптивной ступенчатой токовой защиты от междуфазных коротких замыканий", 2003.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ определения вида короткого замыкания на линии 6-35 кВ, при котором предварительно рассчитывают любым известным способом действующее значение тока двухфазного короткого замыкания в конце линии $(I_{КЗ\text{ расч}}^{(2)})$ при ее работе на холостом ходу в режиме минимальной питающей мощности, в нормальном режиме периодически в реальном времени фиксируют мгновенные значения токов фаз А, В и С, по которым вычисляют их действующие значения, из рассчитанных действующих значений токов выделяют и запоминают наибольший фазный ток нормального режима $I_{н}$, сравнивают его с действующим значением тока двухфазного короткого замыкания $I_{КЗ\text{ расч}}^{(2)}$, при достижении током $I_{н}$ уровня $I_{КЗ\text{ расч}}^{(2)}$ фиксируют наступление режима короткого замыкания и определяют граничный уровень относительной несимметрии с использованием предыдущего значения наибольшего фазного тока нормального режима $I_{н}$

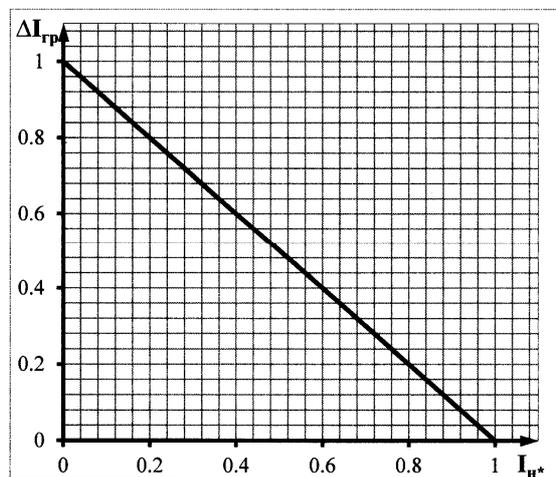
$$\Delta I_{гр} = 1 - \frac{I_{н\text{ пред}}}{I_{КЗ\text{ расч}}^{(2)}},$$

затем в режиме короткого замыкания в реальном времени фиксируют мгновенные значения токов фаз А, В и С, по которым определяют их действующие значения и выделяют максимальное $I_{\text{макс}}$ и минимальное $I_{\text{мин}}$ действующие значения токов с последующим расчетом текущего уровня относительной не-

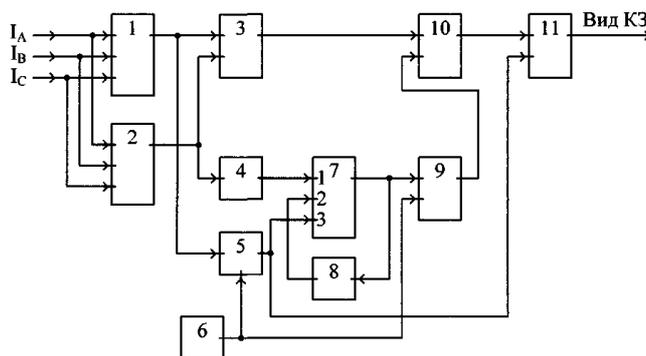
симметрии

$$\Delta I = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}}$$

который сравнивают с граничным значением $\Delta I_{\text{гр}}$, при превышении текущим уровнем несимметрии ΔI граничного значения $\Delta I_{\text{гр}}$ фиксируют режим двухфазного короткого замыкания, в противном случае - режим трехфазного короткого замыкания.



Фиг. 1



Фиг. 2

