

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **19930**

(13) **С1**

(46) **2016.02.28**

(51) МПК

**G 01R 31/08** (2006.01)

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА И ЗОНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ НА  
ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

(21) Номер заявки: а 20130854

(22) 2013.07.16

(43) 2015.02.28

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Калентионюк Евгений Васильевич; Мазурек Юрий Александрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 475571, 1975.

ВУ 5884 С1, 2004.

RU 2475768 С1, 2013.

SU 1413562 А1, 1988.

SU 1661687 А1, 1991.

US 4785249 А, 1988.

CN 102353875 А, 2012.

(57)

Способ определения места и зоны повреждения на линии электропередачи, основанный на измерениях мгновенных значений напряжения и тока аварийного режима на одном конце линии, **отличающийся** тем, что измерения мгновенных значений напряжения и тока аварийного режима выполняют многократно, определяют расстояние до предполагаемого места повреждения  $\ell_k$  в соответствии с выражением:

$$\ell_k = \frac{K_n |u_j i_{j+1} - u_{j+1} i_j|}{x_0 (i_j^2 + i_{j+1}^2)},$$

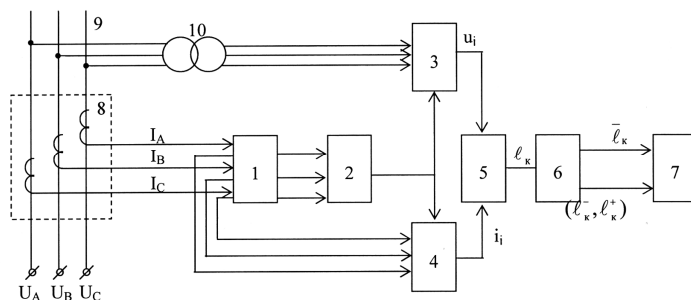
где  $K_n$  - коэффициент пропорциональности, учитывающий коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов тока и напряжения;

$u_j, i_j$  - значения тока и напряжения при  $j$ -м измерении,  $j = 1, 2, \dots, n-1$ ;

$n$  - число измерений тока и напряжения;

$u_{j+1}, i_{j+1}$  - значения величин тока и напряжения при  $(j + 1)$ -м измерении,  $j + 1 = 2, 3, \dots, n$ ;

$x_0$  - удельное реактивное сопротивление линии;



Фиг. 1

**ВУ 19930 С1 2016.02.28**

по полученным расчетным значениям расстояний определяют наиболее вероятное место повреждения, как его математическое ожидание, в соответствии с выражением:

$$\bar{\ell}_k = \sum_{k=1}^{n-1} \ell_k / (n-1),$$

а зону повреждения определяют с заданной надежностью в виде доверительного интервала от  $\ell_k^-$  до  $\ell_k^+$ , где  $\ell_k^- = (\bar{\ell}_k - t_\gamma \sigma_\ell / \sqrt{n-1})$ ;  $\ell_k^+ = (\bar{\ell}_k + t_\gamma \sigma_\ell / \sqrt{n-1})$ ;  $t_\gamma$  - квантиль нормального распределения;  $\sigma_\ell$  - среднее квадратичное отклонение от математического ожидания места повреждения.

Изобретение относится к электроэнергетике и может быть использовано в устройствах автоматики, релейной защиты и телемеханики.

Известен способ определения места и характера повреждения линии электропередачи с использованием ее моделей [1], согласно которому выделяют напряжения и токи основных гармоник, подают напряжения основных гармоник на входы моделей, измеряют токи на указанных входах и сравнивают их с выделенными токами, подключают к каждой модели комплексную нагрузку в месте предполагаемого повреждения, устанавливают активные и реактивные проводимости комплексных нагрузок такими, чтобы токи основных гармоник на входах моделей и выделенных токов линии совпали, определяют углы комплексных нагрузок, выбирают нагрузку с нулевым углом и принимают, что место и характер повреждения соответствуют месту подключения указанной нагрузки и величинам ее активных проводимостей.

Недостатком данного способа является необходимость создания модели линии электропередачи и возникающая при этом методическая погрешность в определении места и характера повреждения из-за неточности моделирования комплексной нагрузки в месте предполагаемого повреждения.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является способ определения места повреждения на линиях электропередачи [2], основанный на измерении мгновенных значений напряжения и тока аварийного режима на одном конце линии и сравнении их с напряжением, получаемым на схеме моделирования удельного участка линии, измеряют мгновенное значение максимальной разности потенциалов на упомянутой схеме моделирования и минимальное напряжение линии в момент времени, когда мгновенное значение характеристического тока равно нулю, и по значению отношения полученных величин определяют расстояние до места повреждения.

Недостатком данного способа является необходимость моделирования удельного участка линии, требующей абсолютно точную работу трансформаторов тока, и возникающая погрешность в определении места повреждения из-за использования в качестве характеристического тока разность токов поврежденных фаз или ток нулевой последовательности вместо тока короткого замыкания в месте повреждения. Кроме того, этот способ не определяет зону повреждения, хотя именно информация о ней ложится в основу организации поиска места повреждения.

Задачей изобретения является определение зоны и повышение точности нахождения наиболее вероятного места повреждения на линиях электропередачи.

Сущность способа определения зоны и места повреждения на линии электропередачи, основанного на измерениях мгновенных значений напряжения и тока аварийного режима на одном конце линии, заключается в том, что измерения мгновенных значений напряжения и тока аварийного режима выполняют многократно, определяют расстояние до предполагаемого места повреждения  $\ell_k$  в соответствии с выражением:

$$\ell_k = \frac{K_n |u_j i_{j+1} - u_{j+1} i_j|}{x_0 (i_j^2 + i_{j+1}^2)},$$

где  $K_n$  - коэффициент пропорциональности, учитывающий коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов тока и напряжения;

$u_j, i_j$  - значения тока и напряжения при  $j$ -м измерении,  $j = 1, 2, \dots, n-1$ ;

$n$  - число измерений тока и напряжения;

$u_{j+1}, i_{j+1}$  - значения тока и напряжения при  $(j + 1)$ -м измерении,  $j + 1 = 2, 3, \dots, n$ ;

$x_0$  - удельное реактивное сопротивление линии;

по полученным расчетным значениям расстояний определяют наиболее вероятное место повреждения, как его математическое ожидание, в соответствии с выражением:

$$\bar{\ell}_k = \sum_{k=1}^{n-1} \ell_k / (n-1),$$

а зону повреждения определяют с заданной надежностью в виде доверительного интервала от  $\ell_k^-$  до  $\ell_k^+$ ,

где  $\ell_k^- = (\bar{\ell}_k - t_\gamma \sigma_\ell / \sqrt{n-1})$ ;  $\ell_k^+ = (\bar{\ell}_k + t_\gamma \sigma_\ell / \sqrt{n-1})$ ;

$t_\gamma$  - квантиль нормального распределения;

$\sigma_\ell$  - среднее квадратичное отклонение от математического ожидания места повреждения.

Сущность изобретения поясняется фигурами, где на фиг. 1 представлена функциональная блок-схема устройства для реализации предлагаемого способа определения зоны и места повреждения на линиях электропередачи, на фиг. 2 - графики напряжений и токов в аварийном режиме при коротком замыкании.

Устройство содержит избиратель 1 вида повреждения, пусковой орган 2, блок 3 измерения напряжения, блок 4 измерения тока, вычислительный блок 5, блок 6 статистической обработки сигналов, информационный блок 7.

Три входа избирателя 1 и блока 4 присоединены к трансформатору 8 тока линии 9 электропередачи. Три входа блока 3 присоединены к трансформатору 10 напряжения линии 9 электропередачи. Выходы избирателя 1 присоединены ко входам пускового органа 2, выходы которого соединены с четвертыми входами блоков 3 и 4. Выходы блоков 3 и 4 соединены со входами блока 5, выход которого соединен через блок 6 с входом блока 7.

Устройство работает следующим образом.

В нормальном симметричном режиме линии электропередачи фазные значения токов одинаковы ( $I_a = I_b = I_c$ ), поэтому на выходе избирателя 1 сигналы отсутствуют и пусковой орган 2 не срабатывает.

При возникновении повреждения, например однофазного короткого замыкания фазы А, избиратель 1 определяет вид повреждения и своим сигналом на выходе приводит к срабатыванию пускового органа 2, выходные сигналы которого подают команду на блок 3 для измерения мгновенных значений напряжения  $u_j = U_A$  и на блок 4 для измерения мгновенных значений тока  $i_j = I_A$  через определенные интервалы времени  $\Delta t$  (фиг. 2, а). Если произошло междуфазное короткое замыкание, например, фаз А и В, то пусковой орган 2 подает команду на блок 3 для измерения мгновенных значений линейного напряжения  $u_j = U_{AB}$  и на блок 4 для измерения разности токов  $i_j = I_A - I_B$  через определенные интервалы времени  $\Delta t$  (фиг. 2, б). Вычислительный блок 5 определяет расстояния до места повреждения по выражению

$$\ell_k = \frac{K_n |u_j i_{j+1} - u_{j+1} i_j|}{x_0 (i_j^2 + i_{j+1}^2)}, \quad (1)$$

где  $K_n$  - коэффициент пропорциональности, учитывающий коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов тока и напряжения;

$u_j, i_j$  - значения тока и напряжения при  $j$ -м измерении,  $j = 1, 2, \dots, n-1$ ;

$n$  - количество измерений тока и напряжения;

$u_{j+1}, i_{j+1}$  - значения тока и напряжения при  $(j + 1)$ -м измерении,  $j + 1 = 2, 3, \dots, n$ ;

$x_0$  - удельное реактивное сопротивление линии.

Расчетные значения расстояний  $l_1, l_2, \dots, l_{n-1}$  поступают на вход блока 6, который определяет наиболее вероятное место повреждения как его математическое ожидание по формуле

$$\bar{l}_k = \sum_{k=1}^{n-1} l_k / (n-1), \quad (2)$$

а зона повреждения находится с заданной надежностью  $\gamma$  в виде доверительного интервала  $(l_k^- \div l_k^+)$ ,

где  $l_k^- = (\bar{l}_k - t_\gamma \sigma_l / \sqrt{n-1})$ ;  $l_k^+ = (\bar{l}_k + t_\gamma \sigma_l / \sqrt{n-1})$ ;

$t_\gamma$  - квантиль нормального распределения;

$\sigma_l$  - среднее квадратичное отклонение от математического ожидания места повреждения.

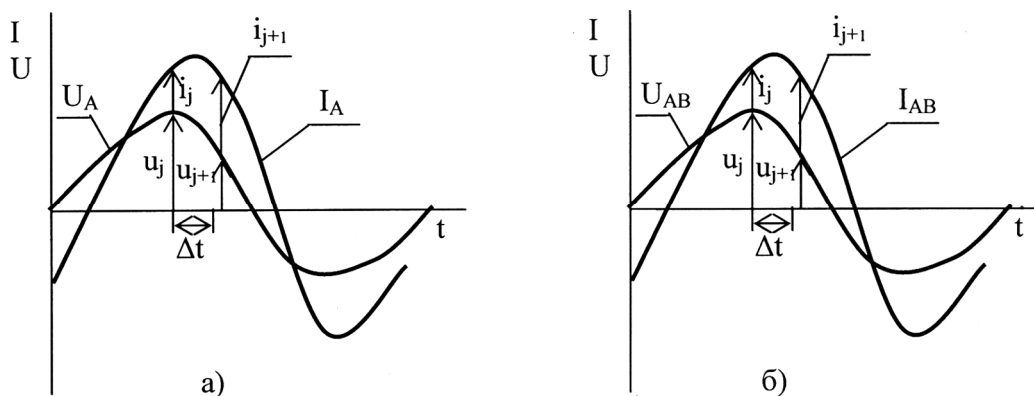
В блоке 7 появляется информация о наиболее вероятном расстоянии до места повреждения  $\bar{l}_k$  и зоне  $(l_k^- \div l_k^+)$  обхода и осмотра линии для точного определения места повреждения.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет более точно определить наиболее вероятное место повреждения и дает информацию о зоне обхода и осмотра линии, которая ложится в основу организации поиска места повреждения. Это позволяет уменьшить продолжительность поиска мест повреждения на линиях электропередачи повысить надежность электроснабжения и уменьшить недоотпуск электроэнергии потребителям.

Устройство, реализующее данный способ, может быть изготовлено на базе микропроцессорной техники.

Источники информации:

1. Патент РФ 2033622, МПК G 01R 31/28, 1995.
2. А.с. СССР 475571, МПК G 01R 31/08, 1975.



Фиг. 2