

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

(19) **ВУ** (11) **5884**

(13) **С1**

(51)⁷ **G 01R 31/08**



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ
НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

(21) Номер заявки: а 20000244

(22) 2000.03.16

(46) 2004.03.30

(71) Заявитель: Белорусский националь-
ный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Калентионюк Евгений Василь-
евич; Лукьяненко Михаил Юльевич
(ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский нацио-
нальный технический университет (ВУ)

(57)

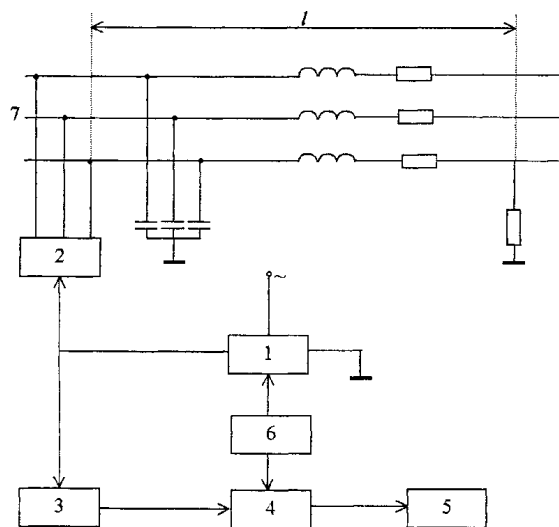
Способ определения места однофазного замыкания на землю в электрической сети, заключающийся в том, что измеряют значения напряжения и тока при двух разных частотах f_1 и f_2 , отличающийся тем, что измеряют значения напряжения и тока, подключенного к поврежденной электрической сети источника синусоидального напряжения, измеряют углы между токами и напряжениями, выделяют активные и реактивные составляющие токов, а расстояние l до места однофазного замыкания на землю определяют по формуле:

$$l = \frac{a_1 a_2 - a_3 a_4}{2\pi L_0 (a_1 a_5 - a_3 a_6)}$$

где $a_1 = f_1 (I_{p1} U_2 f_2 - U_1 I_{p2} f_1)$;

$a_2 = I_{a1} U_2 - I_{a2} U_1$;

$a_3 = I_{a1} U_2 f_2^2 - I_{a2} U_1 f_1^2$;



Фиг. 2

BY 5884 C1

$$a_4 = I_{p1}U_2f_2f_1^{-1} - I_{p2}U_1;$$

$$a_5 = I_{p1}I_{a2}f_1 - I_{p2}I_{a1}f_2;$$

$$a_6 = I_{a1}I_{a2}f_2 + I_{p1}I_{p2}f_1 - U_2U_1^{-1}I_1^2f_2;$$

U_1, U_2 – напряжения генератора при частотах f_1 и f_2 соответственно;

I_{a1}, I_{a2} – активные составляющие тока генератора при частотах f_1 и f_2 соответственно;

I_{p1}, I_{p2} – реактивные составляющие тока генератора при частотах f_1 и f_2 соответственно;

I_1 – ток генератора при частоте f_1 ;

L_0 – удельная индуктивность фазы линии сети.

(56)

SU 1250995 A1, 1986.

RU 2071075 C1, 1996.

RU 2073876 C1, 1997.

RU 2096795 C1, 1997.

US 4151460 A, 1979.

EP 0578123 A, 1994.

JP 01013472 A, 1989.

JP 01223363 A, 1989.

GB 2211621 A, 1989.

Изобретение относится к электротехнике, а именно к определению места повреждения в электрических распределительных сетях.

Известны способы определения места повреждения линий электропередачи, основанные на посылке в линию зондирующих импульсов напряжения, приеме отраженных импульсов и определении расстояния до места повреждения по временной задержке отражаемого от повреждения импульса относительно зондирующего [1, 2]. Недостаток данных способов заключается в низкой достоверности определения мест повреждения в электрической сети с ответвлениями.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является способ определения места однофазного замыкания на землю в электрической сети, основанный на выделении и измерении тока и напряжения двух гармонических составляющих, протекающих по поврежденной фазе электрической сети [3].

Однако этот способ имеет малую точность определения расстояния до места повреждения, так как не учитывает емкости проводов относительно земли. Кроме того, гармонические составляющие тока и напряжения, протекающие в сети, имеют, как правило, небольшие значения, которые весьма трудно измерить с достаточной точностью, что также вносит существенную погрешность в определение расстояния до места однофазного замыкания на землю.

Задачей изобретения является повышение точности определения расстояния до места однофазного замыкания на землю в электрической распределительной сети.

Сущность способа заключается в том, что в способе определения места однофазного замыкания на землю в электрической сети, измеряют значения напряжения и тока при двух разных частотах f_1 и f_2 , измеряют значения напряжения и тока, подключенного к поврежденной электрической сети источника синусоидального напряжения, измеряют углы

ВУ 5884 С1

между токами и напряжениями, выделяют активные и реактивные составляющие токов, а расстояние до места замыкания определяют по формуле

$$\ell = \frac{a_1 a_2 - a_3 a_4}{2\pi L_0 (a_1 a_5 - a_3 a_6)},$$

где a_1, a_2, \dots, a_6 коэффициенты;

$$a_1 = f_1(I_{p1}U_2f_2 - U_1I_{p2}f_1);$$

$$a_2 = I_{a1}U_2 - I_{a2}U_1;$$

$$a_3 = I_{a1}U_2f_2^2 - I_{a2}U_1f_1^2;$$

$$a_4 = I_{p1}U_2f_2f_1^{-1} - I_{p2}U_1;$$

$$a_5 = I_{p1}I_{a2}f_1 - I_{p2}I_{a1}f_2;$$

$$a_6 = I_{a1}I_{a2}f_2 + I_{p1}I_{p2}f_1 - U_2U_1^{-1}I_1^2f_2;$$

U_1, U_2 - напряжения генератора при частотах f_1 и f_2 ;

I_{a1}, I_{a2} - активные составляющие тока при частотах f_1 и f_2 ,

I_{p1}, I_{p2} - реактивный ток генератора при соответствующих замерах;

I_1 - ток генератора при частоте f_1 ;

L_0 - удельная индуктивность фазы линии.

Заявленное техническое решение является новым, так как характеризуется наличием новой совокупности признаков, отсутствующих во всех известных нам технических решениях.

Изложенная совокупность признаков предлагаемого способа обеспечивает получение технического результата во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлена схема замещения электрической сети с подключенным генератором Γ синусоидального напряжения, на фиг. 2 - функциональная схема устройства, реализующего предлагаемый способ.

Сущность способа состоит в следующем.

При подключении к линии генератора повышенной частоты по ней будет протекать ток, величина которого, согласно фиг. 1, определится из уравнения

$$I = \frac{U}{\frac{-jX_c(R + jX_l)}{R + j(X_l - X_c)}}, \quad (1)$$

где U, I - напряжение и ток генератора;

X_l - индуктивное сопротивление линии;

X_c - емкостное сопротивление линии относительно земли;

$R = R_l + R_n$;

R_l - активное сопротивление линии;

R_n - активное переходное сопротивление в месте замыкания.

Представим ток генератора в виде двух составляющих $I = I_a - jI_p$ и проведем последовательное преобразование уравнения (1), получим систему двух уравнений

$$\left. \begin{aligned} I_p R - U \frac{R}{X_c} + I_a X_l &= 0; \\ I_a R - U \frac{X_l}{X_c} + I_p X_l &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $I_a = I \cos \varphi$ - активная составляющая тока генератора;

$I_p = I \sin \varphi$ - реактивная составляющая тока генератора;

φ - угол между током I и напряжением U .

Таким образом имеем систему двух уравнений с четырьмя неизвестными $R, X_l, R/X_c$ и X_l/X_c . Для ее решения необходимо получить еще хотя бы два уравнения, что можно сделать путем проведения минимум двух замеров U, I, φ при двух различных частотах гене-

BY 5884 C1

ратора $f_1(\omega)$. Таким образом, учитывая, что $X_{\perp} = \omega L_0 \ell$, $X_0 = \frac{1}{\omega C_3}$, получим следующую

систему алгебраических уравнений

$$\left. \begin{aligned} I_{p1}R - U_1\omega_1RC_3 + 0 + I_{a1}\omega_1L_0\ell &= 0; \\ I_{a1}R + 0 + U_1\omega_1^2LC_3 - I_{p1}\omega_1L_0\ell &= U_1; \\ I_{p2}R - U_2\omega_2RC_3 + 0 + I_{a2}\omega_2L_0\ell &= 0; \\ I_{a2}R + 0 + U_2\omega_2^2LC_3 - I_{p2}\omega_2L_0\ell &= U_2, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где I_{a1} , I_{a2} - значения активных составляющих токов генератора при угловых частотах ω_1 , ω_2 ;

I_{p1} , I_{p2} - реактивный ток генератора при соответствующих замерах;

U_1 , U_2 - напряжения генератора при угловых частотах ω_1 , ω_2 ;

C_3 - эквивалентная емкость сети;

L - индуктивность фазы линии до места повреждения;

L_0 - удельная индуктивность фазы линии;

$\omega_1 = 2\pi f_1$, $\omega_2 = 2\pi f_2$ - угловые частоты;

ℓ - расстояние до места повреждения.

Из системы линейных уравнений (3), например, методом исключения Гаусса, находим необходимое нам неизвестное ℓ

$$\ell = \frac{a_1a_2 - a_3a_4}{2\pi L_0(a_1a_5 - a_3a_6)}, \quad (4)$$

где a_1 , a_2 , ..., a_6 - коэффициенты;

$$a_1 = f_1(I_{p1}U_2f_2 - U_1I_{p2}f_1);$$

$$a_2 = I_{a1}U_2 - I_{a2}U_1;$$

$$a_3 = I_{a1}U_2f_2^2 - I_{a2}U_1f_1^2;$$

$$a_4 = I_{p1}U_2f_2f_1^{-1} - I_{p2}U_1;$$

$$a_5 = I_{p1}I_{a2}f_1 - I_{p2}I_{a1}f_2;$$

$$a_6 = I_{a1}I_{a2}f_2 + I_{p1}I_{p2}f_1 - U_2U_1^{-1}I_1^2f_2;$$

I_1 - ток генератора при частоте f_1 .

Из формулы (4) следует, что расстояние ℓ до места однофазного замыкания на землю однозначно определяется параметрами U_1 , U_2 , f_1 , f_2 , I_1 , I_{a1} , I_{a2} , I_{p1} , I_{p2} , L_0 и не зависит от активного сопротивления проводов, емкостей между проводами и землей, величины переходного сопротивления в месте замыкания.

Устройство, реализующее способ, содержит (фиг. 2) генератор 1 повышенной частоты, блок 2 присоединения, блок 3 измерения, вычислительный блок 4, блок 5 индикации, пусковой блок 6.

Выход генератора 1 через блок 2 присоединения подключен к фазам электрической сети 6, а также - ко входу блока 3 измерения, выход которого соединен с первым входом вычислительного блока 4, выход вычислительного блока 4 соединен со входом блока 5 индикации, первый выход пускового блока 6 подключен ко входу генератора 1, второй выход - ко второму входу вычислительного блока 4.

Устройство работает следующим образом.

При появлении однофазного замыкания на землю генератор 1 через блок 2 присоединения подключается к фазам электрической сети 7, пусковой блок 6 подключает питание к генератору 1 и задает ему первое значение повышенной частоты f_1 . При этом на вход блока 3 измерения подаются режимные параметры напряжения и тока генератора 1, которые зависят от параметров схемы сети. Информация, полученная блоком 3 измерения, преобразуется в сигналы, пропорциональные U_1 , I_1 , I_{a1} , I_{p1} , f_1 и подаются на вход вычислительного блока 5, где они запоминаются при поступлении сигнала с пускового блока 6. Время

ВУ 5884 С1

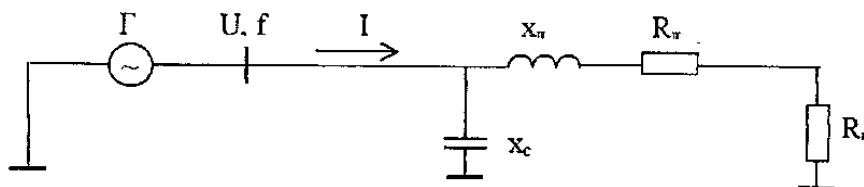
задержки посылки сигнала пускового блока 6 в вычислительный блок 5 необходимо для установления установившегося режима работы генератора 1. После считывания и запоминания информации вычислительным блоком 5, пусковой блок 6 задает генератору 1 второе значение частоты f_2 и с выдержкой времени подает сигнал на вычислительный блок 4 для считывания им сигналов U_2 , I_{a2} , I_{p2} , f_2 и расчета l по формуле (4). Результаты вычислений передаются в блок 5 индикации, на информационном табло которого отражается значение расстояния до места замыкания на землю в электрической сети.

Устройство может быть создано из блоков, выпускаемых промышленностью. Оптимальная частота генератора синусоидального напряжения, как показали исследования, находится в диапазоне $500 \div 1000$ Гц.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет повысить точность определения расстояния до места однофазного замыкания на землю в электрической сети с изолированной нейтралью, так как исключает влияние на точность измерения величин активного сопротивления проводов, емкостей между проводами и землей, переходного сопротивления в месте замыкания.

Источники информации:

1. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. - М.: Энергоиздат, 1982.
2. А.с. СССР 1631471, МПК G 01 R 31/11, 1991.
3. А.с. СССР 1250995, МПК G 01 R 31/08, 1986.



Фиг. 1