

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ (19) ВУ (11) 7281

(13) U

(46) 2011.06.30

(51) МПК

H 02H 6/00 (2006.01)

H 02H 5/04 (2006.01)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОРМАЛЬНОГО НАГРЕВА ОДНОЖИЛЬНОГО СИЛОВОГО КАБЕЛЯ

(21) Номер заявки: u 20100913

(22) 2010.11.03

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Гомельский государственный техни-
ческий университет имени П.О.Су-
хого" (ВУ)

(72) Авторы: Зализный Дмитрий Иванович;
Лось Дмитрий Михайлович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Гомельский государственный
технический университет имени
П.О.Сухого" (ВУ)

(57)

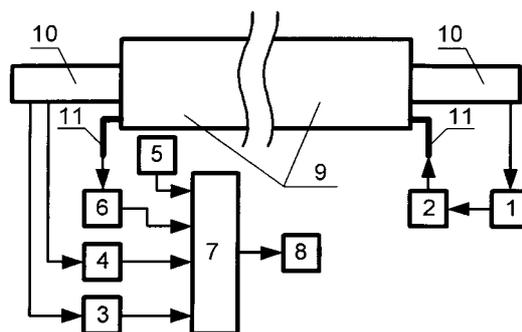
1. Устройство для выявления аномального нагрева одножильного силового кабеля, содержащее датчик тока жилы силового кабеля и блок расчета температуры жилы силового кабеля, отличающееся тем, что дополнительно содержит датчик напряжения на входе жилы силового кабеля, датчик напряжения на выходе жилы силового кабеля, блок передачи данных по экрану силового кабеля, блок приема данных по экрану силового кабеля, а также датчик температуры окружающей среды и блок сигнализации, при этом датчик напряжения на выходе жилы силового кабеля соединен с входом блока передачи данных по экрану силового кабеля, а датчик напряжения на входе жилы силового кабеля, датчик тока жилы силового кабеля, датчик температуры окружающей среды и выход блока приема данных по экрану силового кабеля соединены с соответствующими входами блока расчета температуры жилы силового кабеля, выход этого блока соединен с входом блока сигнализации.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что датчик температуры окружающей среды расположен на расстоянии от поверхности силового кабеля не менее значения его внешнего диаметра.

(56)

1. Патент США 4707686, МПК H 02H 5/04, 1987.

2. Патент США 7039535, МПК H 02H 5/04, 2006.



ВУ 7281 U 2011.06.30

BY 7281 U 2011.06.30

Полезная модель относится к области электротехники, а более конкретно к устройствам, реагирующим на нежелательные отклонения температуры элементов защищаемых устройств от нормальных значений, с использованием тепловых моделей защищаемых устройств. Полезная модель может быть использована в системах электроснабжения, имеющих силовые кабельные линии электропередачи с одножильными кабелями.

Известно устройство для обнаружения перегрева силового кабеля [1], содержащее датчик распределенной температуры поверхности силового кабеля, соединенный с входом блока контроля температуры, выход которого соединен с блоком сигнализации. Данное устройство реагирует на недопустимые значения температуры на каком-либо из участков кабеля.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому устройству является устройство для анализа состояния линии электропередачи на основе определения в реальном времени ее тепловых параметров [2], содержащее датчик тока жилы силового кабеля и датчик распределенной температуры поверхности силового кабеля, выходы которых соединены с соответствующими входами блока расчета температуры жилы силового кабеля. Данное устройство реагирует на перегрев силового кабеля и не позволяет в диапазоне температур ниже критических выявлять аномальный, то есть дополнительный нагрев жилы силового кабеля, обусловленный ухудшением свойств изоляции силового кабеля.

Задачей заявляемой полезной модели является выявление аномального нагрева жилы одножильного силового кабеля, что позволяет повысить надежность его эксплуатации.

Поставленная задача достигается тем, что в устройстве, содержащем датчик тока жилы силового кабеля и блок расчета температуры жилы силового кабеля, согласно полезной модели, дополнительно введены датчик напряжения на входе жилы силового кабеля, датчик напряжения на выходе жилы силового кабеля, блок передачи данных по экрану силового кабеля, блок приема данных по экрану силового кабеля, а также датчик температуры окружающей среды и блок сигнализации, при этом датчик напряжения на выходе жилы силового кабеля соединен с входом блока передачи данных по экрану силового кабеля, а датчик напряжения на входе жилы силового кабеля, датчик тока жилы силового кабеля, датчик температуры окружающей среды и выход блока приема данных по экрану силового кабеля соединены с соответствующими входами блока расчета температуры жилы силового кабеля, выход этого блока соединен с входом блока сигнализации.

Датчик температуры окружающей среды расположен в непосредственной близости от силового кабеля на расстоянии от его поверхности не менее значения его внешнего диаметра.

Введение датчиков напряжения на входе и выходе жилы силового кабеля, подключенных к противоположным концам кабеля, и блоков приема и передачи данных по экрану силового кабеля в совокупности с датчиком тока жилы кабеля и датчиком температуры окружающей среды позволяет с помощью блока расчета температуры жилы силового кабеля в реальном времени на основе закона Ома определять значение активного сопротивления жилы силового кабеля, и затем пересчитывать это значение в значение средней температуры жилы силового кабеля. Сравнивая полученные значения температуры жилы кабеля со значениями, рассчитанными на основе математической модели тепловых процессов силового кабеля, устройство в диапазоне температур ниже критических выявляет аномальный (дополнительный) нагрев силового кабеля, обусловленный ухудшениями свойств его изоляции или перегрев кабеля, выдавая сигналы опасности в блок сигнализации.

На фигуре показана структурная схема заявляемого устройства и силового кабеля.

Согласно приведенной на фигуре структурной схеме, заявляемое устройство содержит датчик напряжения 1 на выходе жилы силового кабеля, соединенный с входом блока передачи данных 2 по экрану силового кабеля, датчик напряжения 3 на входе жилы силового кабеля, датчик тока 4 жилы силового кабеля, датчик температуры окружающей среды 5 и блока приема данных 6 по экрану силового кабеля, выходы которых соединены с соответствующими входами блока расчета 7 температуры жилы силового кабеля, выход этого блока соединен с входом блока сигнализации 8.

Полезная модель работает следующим образом.

С помощью датчика напряжения 1 на выходе жилы 10 силового кабеля 9 измеряется напряжение $U_2(t)$ (где t - время). Отсчеты мгновенных значений этого напряжения передаются на сторону входа силового кабеля 9 по его экрану 11 с помощью блока передачи данных 2 по экрану силового кабеля, а на входе кабеля принимаются с помощью блока приема данных 6 по экрану силового кабеля. С помощью датчика тока 4 жилы силового кабеля измеряется ток $I(t)$. С помощью датчика напряжения 3 на входе жилы 10 силового кабеля 9 измеряется напряжение $U_1(t)$. С помощью датчика температуры окружающей среды 5 измеряется температура $\theta_{\text{окр}}(t)$. Датчик температуры окружающей среды расположен в непосредственной близости от силового кабеля на расстоянии от его поверхности не менее значения его внешнего диаметра, где кабель практически не оказывает влияния на температуру окружающей среды. Отсчеты мгновенных значений измеренных величин $U_2(t)$, $U_1(t)$, $I(t)$ и $\theta_{\text{окр}}(t)$ записываются в память блока расчета 7 температуры жилы силового кабеля, где с помощью программного обеспечения производится расчет требуемых величин.

В блоке расчета 7 температуры жилы силового кабеля вначале осуществляется расчет действующих значений и фазовых сдвигов измеренных напряжений и тока, а затем расчет полного сопротивления жилы кабеля по формуле:

$$\dot{z} = \frac{U_1 \cdot e^{j\varphi_1} - U_2 \cdot e^{j\varphi_2}}{I \cdot e^{j\varphi_1}} = Z \cdot e^{j\varphi_z},$$

где U_1 , U_2 , I - действующие значения соответствующих напряжений и тока; φ_1 , φ_2 , φ_1 - фазовые сдвиги соответствующих напряжений и тока; Z - модуль полного сопротивления; φ_z - аргумент полного сопротивления.

Затем осуществляется расчет активной составляющей полного сопротивления по формуле:

$$R = Z \cdot \cos\varphi_z.$$

Далее рассчитывается средняя температура жилы силового кабеля:

$$\theta_{\text{ж}} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{R \cdot S}{p \cdot l} - 1 \right) + 20, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где α - температурный коэффициент сопротивления материала жилы кабеля [$1/^\circ\text{C}$]; S - площадь сечения жилы кабеля [м^2]; p - удельное электрическое сопротивление жилы кабеля при температуре 20°C [$\text{Ом}\cdot\text{м}$]; l - длина кабеля [м].

Математическая модель тепловых процессов одножильного силового кабеля аналогична модели, используемой в [2], и в программном обеспечении блока расчета температуры жилы силового кабеля представлена в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} C_1 \cdot \frac{d\theta_1}{dt} + \frac{\theta_1 - \theta_2}{R_1} = P; \\ C_2 \cdot \frac{d\theta_2}{dt} + \frac{\theta_2 - \theta_1}{R_1} + \frac{\theta_2 - \theta_3}{R_2} = 0; \\ C_3 \cdot \frac{d\theta_3}{dt} + \frac{\theta_3 - \theta_2}{R_2} + \frac{\theta_3 - \theta_4}{R_3} = 0; \\ C_4 \cdot \frac{d\theta_4}{dt} + \frac{\theta_4 - \theta_3}{R_3} + \frac{\theta_4 - \theta_5}{R_4} = 0, \end{cases}$$

где $\theta_1 \dots \theta_5$ - соответственно, температуры однородных тел: токоведущей жилы, основной изоляции жилы, защитной оболочки кабеля, первого и второго слоя окружающей среды ($^\circ\text{C}$); $C_1 \dots C_4$ - теплоемкости соответствующих однородных тел ($\frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{^\circ\text{C}}$); $R_1 \dots R_4$ - тепло-

BY 7281 U 2011.06.30

вые сопротивления соответствующих однородных тел $\left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}\right)$; P - потери активной мощности в токоведущей жиле (Вт).

Первый слой окружающей среды - это слой почвы, воздуха, или других видов окружающей среды, на температуру которого кабель оказывает влияние. На температуру второго слоя окружающей среды кабель не оказывает влияния. В заявляемом устройстве датчик температуры окружающей среды располагается во втором слое окружающей среды на расстоянии, равном диаметру силового кабеля. При этом выполняется соотношение:

$$\theta_{\text{окр}} = \theta_5.$$

Алгоритм выявления аномального нагрева силового кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена имеет следующий вид:

рассчитывается характеристическая разность: $\Delta\theta = \theta_{\text{ж}} - \theta_1$;

если $\Delta\theta \leq 2^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал отсутствия аномального нагрева кабеля;

если $\Delta\theta > 2^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал низкого уровня опасности аномального нагрева кабеля;

если $\Delta\theta > 6^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал среднего уровня опасности аномального нагрева кабеля;

если $\Delta\theta > 12^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал высокого уровня опасности аномального нагрева кабеля;

если $\Delta\theta > 18^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал очень высокого уровня опасности аномального нагрева кабеля.

Алгоритм выявления перегрева силового кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена имеет следующий вид:

если $\theta_{\text{ж}} \leq 90^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал отсутствия перегрева кабеля;

если $\theta_{\text{ж}} > 90^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал среднего уровня опасности перегрева кабеля;

если $\theta_{\text{ж}} > 130^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал высокого уровня опасности перегрева кабеля;

если $\theta_{\text{ж}} > 250^{\circ}\text{C}$, то в блок сигнализации выдается сигнал очень высокого уровня опасности перегрева кабеля.

Таким образом, в отличие от устройства-аналога заявляемое устройство способно выявлять аномальный нагрев и перегрев жилы одножильного силового кабеля, что позволяет повысить надежность его эксплуатации.