

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **19315**

(13) **С1**

(46) **2015.08.30**

(51) МПК

G 01R 31/00 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ**

(21) Номер заявки: а 20121289

(22) 2012.09.07

(43) 2014.04.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого" (ВУ)

(72) Авторы: Шабловский Ярослав Олегович; Киселевич Валентин Владимирович (ВУ)

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

(56) RU 2373546 C2, 2009.

RU 2436081 C1, 2011.

SU 1394178 A1, 1988.

SU 1830550 A1, 1993.

JP 4045776 B2, 2008.

JP 4501315 B2, 2010.

(57)

Способ определения остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки, в котором измеряют активное сопротивление выбранного фрагмента изоляции при температуре окружающей среды, приводят его к расчетному значению R_τ , соответствующему унифицированной длине фрагмента данной изоляции и нормированной температуре, и определяют искомый остаточный ресурс $\Delta\tau$ в соответствии с выражением

$$\Delta\tau = \frac{\tau \cdot \ln(\bar{R}/R_\tau)}{\ln(R_\tau/R_0)},$$

где τ - время эксплуатации указанного фрагмента на момент измерения;

\bar{R} - минимально допустимое активное сопротивление фрагмента данной изоляции унифицированной длины при нормированной температуре;

R_0 - начальное активное сопротивление фрагмента данной изоляции унифицированной длины при нормированной температуре, измеренное при вводе изоляции в эксплуатацию.

Изобретение относится к электроэнергетике и электротехнике, а именно к способам определения состояния и остаточного ресурса электрической изоляции электроустановок.

Известен способ определения остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки [1], в котором измеряют мгновенные значения напряжения на выбранном фрагменте изоляции на частоте, по меньшей мере на порядок превышающей промышленную частоту, сравнивают модули измеренных значений с номинальными амплитудами напряжения, выявляют перенапряжения, определяют допустимую длительность их воздействий и определяют остаточный ресурс изоляции. При этом частота обработки определяется максимальной частотой спектра контролируемых перенапряжений. Способ имеет два недостатка. Во-первых, для его осуществления необходима сложная цифровая техника. Во-вторых, способ позволяет достоверно определять состояние электрической изоляции только при непрерывном мониторинге, что трудно осуществимо на практике.

ВУ 19315 С1 2015.08.30

Известен способ определения остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки [2], в котором определяют тангенс угла диэлектрических потерь выбранного фрагмента изоляции на разных частотах, находят эталонное значение частоты максимума тангенса угла диэлектрических потерь, рабочую температуру изоляции, значение частоты максимума тангенса угла диэлектрических потерь для выбранного фрагмента и градуировочные характеристики для образцового фрагмента изоляции при различных температурах, на основании которых определяют остаточный ресурс изоляции. Недостатки данного способа обусловлены тем, что для его осуществления необходимы градуировочные характеристики, соответствующие образцовому фрагменту изоляции электроустановки. Вследствие этого способ сложен в осуществлении и имеет очень ограниченную применимость.

Известен способ определения остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки [3], в котором через систему электродов прикладывают электрическое напряжение к выбранному фрагменту изоляции, регистрируют момент зарождения первичного канала разрушения, измеряют время до появления первичного канала разрушения, после чего расчетным путем определяют время до пробоя изоляции. Недостатком способа является невозможность его осуществления без повреждения диагностируемой изоляции.

Наиболее близок к заявляемому способ определения остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки [4], в котором измеряют активное сопротивление выбранного фрагмента изоляции. По результатам серии таких измерений, произведенных через равные промежутки времени, строят зависимость коэффициента диэлектрических потерь от времени, полученную зависимость последовательно сравнивают с четырьмя предварительно выбранными эталонными кривыми, соответствующими определенным известным эксплуатационным состояниям и величинам ресурса контролируемого фрагмента изоляции, и определяют степень близости анализируемой зависимости к каждой из реперных кривых. Недостатками прототипа являются высокая трудоемкость, обусловленная необходимостью проведения большого количества измерений с последующей обработкой их результатов, а также невозможность количественного определения остаточного ресурса изоляции.

Задачей настоящего изобретения является упрощение количественного определения остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки.

Поставленная задача решается тем, что в способе определения остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки измеряют активное сопротивление выбранного фрагмента изоляции при температуре окружающей среды, приводят его к расчетному значению R_τ , соответствующему унифицированной длине фрагмента данной изоляции и нормированной температуре, и определяют искомый остаточный ресурс $\Delta\tau$ в соответствии с выражением

$$\Delta\tau = \frac{\tau \cdot \ln(\bar{R}/R_\tau)}{\ln(R_\tau/R_0)},$$

где τ - время эксплуатации указанного фрагмента на момент измерения;

\bar{R} - минимально допустимое активное сопротивление фрагмента данной изоляции унифицированной длины при нормированной температуре;

R_0 - начальное активное сопротивление фрагмента данной изоляции унифицированной длины при нормированной температуре, измеренное при вводе изоляции в эксплуатацию.

Упрощение количественного определения остаточного ресурса электрической изоляции заявляемым способом достигается благодаря тому, что для этого достаточно измерить ее активное сопротивление.

Способ осуществляют следующим образом.

Мегаомметром измеряют активное сопротивление R выбранного фрагмента изоляции при температуре окружающей среды. В соответствии со стандартами и техническими условиями на конкретный вид электроустановки приводят измеренное сопротивление R к

ВУ 19315 С1 2015.08.30

расчетному значению R_τ , соответствующему унифицированной длине фрагмента данной изоляции и нормированной температуре. Определяют искомый остаточный ресурс $\Delta\tau$ в соответствии с выражением

$$\Delta\tau = \frac{\tau \cdot \ln(\bar{R}/R_\tau)}{\ln(R_\tau/R_0)}, \quad (1)$$

где τ - время эксплуатации указанного фрагмента на момент измерения;

\bar{R} - минимально допустимое активное сопротивление фрагмента данной изоляции унифицированной длины при нормированной температуре;

R_0 - начальное активное сопротивление фрагмента данной изоляции унифицированной длины при нормированной температуре, измеренное при вводе изоляции в эксплуатацию.

Приведем вывод выражения (1).

Делая допущение об экспоненциальном законе изменения электрического сопротивления во времени, запишем выражение для зависимости активного сопротивления изоляции R от времени ее эксплуатации τ :

$$R(\tau) = R_0 \exp(-\alpha\tau/\bar{\tau}), \quad (2)$$

где α - безразмерный коэффициент, определяемый начальным R_0 и минимально допустимым \bar{R} сопротивлениями изоляции;

$\bar{\tau}$ - фактический срок службы изоляции.

Исходя из того что в момент времени $\tau = \bar{\tau}$ активное сопротивление изоляции будет равно \bar{R} , из выражения (2) определим коэффициент α :

$$\alpha = \ln(R_0/\bar{R}). \quad (3)$$

Подставляя (3) в (2), получим выражение, описывающее характер изменения активного сопротивления изоляции в процессе ее эксплуатации:

$$R(\tau) = R_0 \cdot \left(\frac{\bar{R}}{R_0}\right)^{\frac{\tau}{\bar{\tau}}}. \quad (4)$$

Принимая во внимание, что измеренное в момент времени τ при температуре окружающей среды и пересчитанное на унифицированную длину фрагмента и нормированную температуру сопротивление изоляции $R(\tau) = R_\tau$, из (4) определим фактический срок службы изоляции:

$$\bar{\tau} = \frac{\tau \cdot \ln(\bar{R}/R_0)}{\ln(R_\tau/R_0)}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в формулу

$$\Delta\tau = \bar{\tau} - \tau,$$

получим искомое выражение для определения остаточного ресурса изоляции электроустановки

$$\Delta\tau = \frac{\tau \cdot \ln(\bar{R}/R_\tau)}{\ln(R_\tau/R_0)}.$$

Ниже приведен пример реализации заявляемого способа применительно к поливинилхлоридной изоляции силового кабеля на напряжение 6 кВ.

Кабель марки ВВГ эксплуатировался в течение $\tau = 3$ лет. Минимально допустимое значение активного сопротивления фрагмента поливинилхлоридной изоляции унифицированной длины (1 км) при нормированной температуре (20 °С) в соответствии с ГОСТ 16442-80 равно $\bar{R} = 50$ МОм·км. Начальное значение активного сопротивления фрагмента поливинилхлоридной изоляции унифицированной длины (1 км), измеренное при вводе кабеля в эксплуатацию при температуре окружающей среды и в соответствии с ГОСТ 3345-76 приведенное к нормированной температуре (20 °С), равно $R_0 = 700$ МОм·км. Выбирают фрагмент изолированной жилы кабеля длиной $l = 0,01$ км и мегаомметром на на-

ВУ 19315 С1 2015.08.30

пряжение 2500 В измеряют активное сопротивление R этого фрагмента. Значение $R = 23800$ МОм, измеренное при температуре окружающей среды 25°C , в соответствии с ГОСТ 3345-76 пересчитывают на длину 1 км и температуру 20°C :

$$R_\tau = k_t R_l = 2,1 \cdot 23800 \cdot 0,01 = 500 \text{ МОм} \cdot \text{км},$$

где $k_t = 2,1$ - коэффициент приведения электрического сопротивления изоляции к температуре 20°C .

Подставляя τ , \bar{R} , R_0 и R_τ в формулу (1), определяют искомый остаточный ресурс $\Delta\tau$ изоляции:

$$\Delta\tau = \frac{\tau \cdot \ln(\bar{R} / R_\tau)}{\ln(R_\tau / R_0)} = \frac{3 \cdot \ln(50 / 500)}{\ln(500 / 700)} \approx 20,5 \text{ лет.}$$

Таким образом, заявленный способ позволяет существенно упростить количественное определение остаточного ресурса электрической изоляции электроустановки.

Источники информации:

1. Патент RU 2422966 С1, МПК H02H 9/04, 2011.
2. Патент RU 2044326 С1, МПК G01R 31/00, G01R 31/02, 1995.
3. Патент RU 2375718 С2, МПК G01R 31/12, 2009.
4. Патент RU 2373546 С2, МПК G01R 31/00, 2009.