



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2024/0964.1

(22) 11.11.2024

(45) 27.03.2026, бюл. №12

(72) Курабаев Искандер Казбекович; Курабаева Асия Бесембаевна

(73) Некоммерческое акционерное общество «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина»

(56) SU 917127 A1, 30.03.1982

KZ 35922 B, 21.10.2022

KZ 34520 B, 21.08.2020

KZ 34419 B, 26.06.2020

RU 2281521 C1, 10.08.2006

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ
НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ИЗОЛЯЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С
ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ
НАПРЯЖЕНИЕМ ДО И ВЫШЕ 1000 В С
УЧЕТОМ МЕТОДА СИММЕТРИЧНЫХ
СОСТАВЛЯЮЩИХ

(57) Изобретение относится к технике измерений электрических величин активной, реактивной и полной проводимости изоляции сети, а также проводимости фаз относительно земли и предназначено для применения в трехфазной

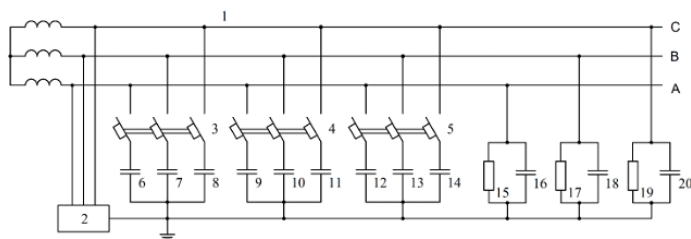
электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В.

Техническим результатом изобретения является повышение точности и безопасности измерений параметров изоляции сети.

Технический результат достигается тем, что способ измерения несимметричных параметров изоляции сети с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В основан на использовании векторного анализа фазных напряжений.

Разработанный способ измерения несимметричных параметров изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В с учетом метода симметричных составляющих позволяет точно определить состояние изоляции каждой фазы путем анализа изменений в фазных напряжениях и их взаимосвязи с дополнительными ёмкостными проводимостями, вводимыми в схему. Разработанный способ учитывает все четыре квадранта комплексной плоскости, что значительно уменьшает вероятность ошибок измерения и повышает надёжность работы защитных устройств.

Способ измерения несимметричных параметров изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В с учетом метода симметричных составляющих



Фиг. 1

Изобретение относится к технике измерений электрических величин активной, реактивной и полной проводимости изоляции сети, а также проводимости фаз относительно земли и предназначено для применения в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В.

Наиболее близким к предлагаемому является способ определения параметров изоляции трехфазных электрических сетей с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В, основанный на измерении величины напряжения нулевой последовательности и напряжения фазы электросети с дополнительной проводимостью относительно земли [Авторское свидетельство СССР № 917127, кл. G01R 27/18, 1982].

Недостатком известного способа является то, что величины измеряемых напряжений, по которым определяются параметры их измерений до и после введения дополнительной проводимости к одной из фаз, содержат значительную погрешность, так как предложенные формулы применимы только для одного квадранта комплексной плоскости. Так же в случае чрезмерного смещения нейтрали повышает фазные напряжения других фаз, что в свою очередь может привести к пробое изоляции или ложного срабатывания средств защит.

Техническим результатом изобретения является повышение точности и безопасности измерений параметров изоляции сети.

Технический результат достигается тем, что способ измерения несимметричных параметров изоляции сети с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В основан на использовании векторного анализа фазных напряжений.

Предлагаемый способ поясняется электрической принципиальной схемой (фиг.1), содержащей: 1 – трехфазная электрическая сеть с фазами А, В и С; 2 – аналого-цифровой преобразователь; 3, 4, 5 – выключатели нагрузки, подключающие дополнительные емкостные проводимости между фазами сети и землей; 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 – дополнительные емкостные проводимости, подключаемые между фазами сети и землей; 15, 17, 19 – активные проводимости изоляции сети; 16, 18, 20 – емкостные проводимости изоляции сети.

Способ осуществляется следующим образом:

1) в несимметричной трехфазной электрической сети – 1, с подключенным аналого-цифровым преобразователем – 2 (например, электронным счётчиком или анализатором качества электроэнергии) производятся измерения фазных напряжений и их фазовых углов. В качестве опорного фазового угла выбирается угол одного из линейных напряжений. С помощью метода симметричных составляющих вычисляется напряжение нулевой последовательности, и на основе векторной диаграммы определяется напряжение смещения нейтрали;

2) после проведения измерений фазных напряжений и расчета напряжения нулевой последовательности, напряжения смещения

нейтрали, выключателем нагрузки 3 производится подключение первой группой дополнительных емкостных проводимостей 6, 7, 8 между фазами электрической сети и землей, аналого-цифровым преобразователем 2 повторно производится измерения фазных напряжений.

3) после проведения измерения фазных напряжений и расчета напряжения нулевой последовательности, напряжения смещения нейтрали, выключателем нагрузки 4 производится подключение второй группой дополнительных емкостных проводимостей 9, 10, 11 между фазами электрической сети и землей аналого-цифровым преобразователем 2 повторно производится измерения фазных напряжений.

4) после проведения измерения фазных напряжений и расчета напряжения нулевой последовательности, напряжения смещения нейтрали, выключателем нагрузки 5 производится подключение третьей группой дополнительных емкостных проводимостей 12, 13, 14 между фазами электрической сети и землей аналого-цифровым преобразователем 2 повторно производится измерения фазных напряжений с последующим отключением выключателей нагрузки 3, 4, 5.

На основе полученных измерений фазных напряжений и их фазовых углов $\bar{U}_A$, $\bar{U}_B$, $\bar{U}_C$, рассчитанных напряжения нулевой последовательности $\bar{U}_0$, напряжения смещения нейтрали $\bar{U}_N$ с учетом симметричного фазного напряжения $\bar{U}_{ph}$, до и после поочередного подключения дополнительных емкостных проводимостей $\bar{y}_{ext1}$, $\bar{y}_{ext2}$, $\bar{y}_{ext3}$ получаем систему уравнений с четырьмя неизвестными $\bar{y}_A$, $\bar{y}_{\Delta1}$, $\bar{y}_{\Delta2}$, $\bar{y}_N$:

$$\begin{cases} a_1 \bar{y}_A + b_1 \bar{y}_{\Delta1} + c_1 \bar{y}_{\Delta2} + d_1 \bar{y}_N = 0 \\ a_2 \bar{y}_A + b_2 \bar{y}_{\Delta1} + c_2 \bar{y}_{\Delta2} + d_2 \bar{y}_N = -a_2 \bar{y}_{ext1} \\ a_3 \bar{y}_A + b_3 \bar{y}_{\Delta1} + c_3 \bar{y}_{\Delta2} + d_3 \bar{y}_N = -a_3 \bar{y}_{ext2} \\ a_4 \bar{y}_A + b_4 \bar{y}_{\Delta1} + c_4 \bar{y}_{\Delta2} + d_4 \bar{y}_N = -a_4 \bar{y}_{ext3} \end{cases}$$

Где:

• $\bar{y}_A$, $\bar{y}_B$, $\bar{y}_C$ – комплексные проводимости фаз А, В и С относительно земли, при этом:

$$\bar{y}_B = \bar{y}_A + \bar{y}_{\Delta1},$$

$$\bar{y}_C = \bar{y}_A + \bar{y}_{\Delta2},$$

$$\bar{y}_A \neq \bar{y}_B,$$

$$\bar{y}_A \neq \bar{y}_C,$$

$$\bar{y}_B \neq \bar{y}_C.$$

• $\bar{y}_{\Delta1}$, $\bar{y}_{\Delta2}$ – разности проводимостей фаз В и С относительно фазы А.

• $\bar{y}_N$ – комплексная проводимость изоляции сети.

• Коэффициенты a_i , b_i , c_i , d_i определяются как:

$$a_i = 3 (\bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i} - \bar{U}_{0_i});$$

$$b_i = \bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i} - \bar{U}_{B_i};$$

$$c_i = \bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i} - \bar{U}_{C_i};$$

$$d_i = \bar{U}_{N_i} = \bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i}.$$

Здесь $i=1,2,3,4$ соответствует различным

состояниям системы (до и после поочередного подключения дополнительных проводимостей).

Предлагаемый способ прост, так как измерительные приборы, которые необходимы для измерения параметров изоляции сети, имеются в службе эксплуатации энергохозяйства предприятия.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ измерения несимметричных параметров изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В с учетом метода симметричных составляющих основан на измерении фазных напряжений и их фазовых углов, **отличающийся** тем, что с целью повышения точности и безопасности производится поочередное подключение дополнительных емкостных проводимостей между фазами сети и землей, и после получают систему уравнений с четырьмя неизвестными $\bar{y}_A, \bar{y}_{\Delta 1}, \bar{y}_{\Delta 2}, \bar{y}_N$ с учетом опорного фазового угла линейного напряжения:

$$\begin{cases} a_1 \bar{y}_A + b_1 \bar{y}_{\Delta 1} + c_1 \bar{y}_{\Delta 2} + d_1 \bar{y}_N = 0 \\ a_2 \bar{y}_A + b_2 \bar{y}_{\Delta 1} + c_2 \bar{y}_{\Delta 2} + d_2 \bar{y}_N = -a_2 \bar{y}_{ext 1} \\ a_3 \bar{y}_A + b_3 \bar{y}_{\Delta 1} + c_3 \bar{y}_{\Delta 2} + d_3 \bar{y}_N = -a_3 \bar{y}_{ext 2} \\ a_4 \bar{y}_A + b_4 \bar{y}_{\Delta 1} + c_4 \bar{y}_{\Delta 2} + d_4 \bar{y}_N = -a_4 \bar{y}_{ext 3} \end{cases}$$

Где:

• $\bar{y}_A, \bar{y}_B, \bar{y}_C$ – комплексные проводимости фаз А, В и С относительно земли, при этом:

$$\bar{y}_B = \bar{y}_A + \bar{y}_{\Delta 1},$$

$$\bar{y}_C = \bar{y}_A + \bar{y}_{\Delta 2},$$

$$\bar{y}_A \neq \bar{y}_B,$$

$$\bar{y}_A \neq \bar{y}_C,$$

$$\bar{y}_B \neq \bar{y}_C.$$

• $\bar{y}_{\Delta 1}, \bar{y}_{\Delta 2}$ – разности проводимостей фаз В и С относительно фазы А.

• $\bar{y}_N$ – комплексная проводимость изоляции сети.

• Коэффициенты a_i, b_i, c_i, d_i определяются как:

$$a_i = 3 (\bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i} - \bar{U}_{0_i});$$

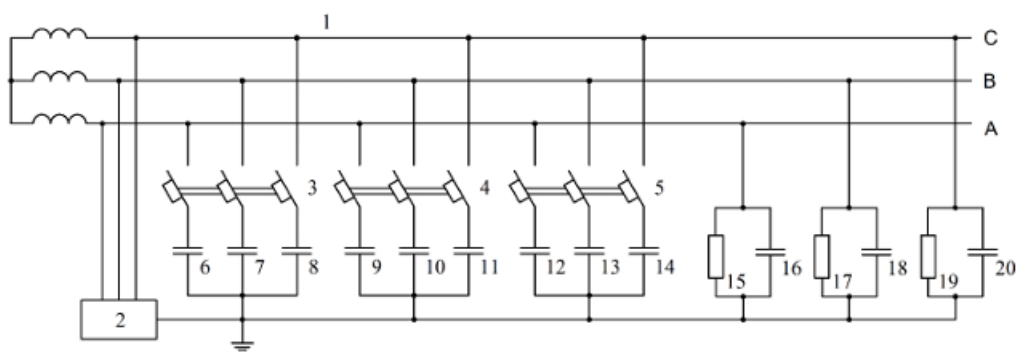
$$b_i = \bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i} - \bar{U}_{B_i};$$

$$c_i = \bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i} - \bar{U}_{C_i};$$

$$d_i = \bar{U}_{N_i} = \bar{U}_{ph_i} - \bar{U}_{A_i}.$$

Здесь $i=1,2,3,4$ соответствует различным состояниям системы (до и после поочередного подключения дополнительных проводимостей).

Способ измерения несимметричных параметров изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В с учетом метода симметричных составляющих



Фиг. 1