

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ И УТЕЧКИ В НЕСИММЕТРИЧНОЙ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, А.Б. Уахитова, Б.М. Бегентаев

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

При эксплуатации сетей напряжением до 1000 В на горных предприятиях необходимо знать величины токов однофазного замыкания на землю и утечки с целью разработки организационных и технических мероприятий. По организационным и техническим мероприятиям повышается эффективность работы устройств защитного отключения, а также производится контроль напряжения прикосновения и шага. Так как напряжение прикосновения и шага являются основными параметрами характеризующее состояние электробезопасности при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В на горнодобывающих предприятиях. Поэтому требуется разработать новые методы определения токов однофазного замыкания на землю и утечки в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В. Так как разработанные ранее методы не нашли своего применения за счет сложности производства работ при измерении тока однофазного замыкания на землю. На пример метод прямого замыкания на землю разработанный профессором Л.В. Гладилиным. Использование метода прямого замыкания на землю является не безопасным, поскольку при этом в месте замыкания будет иметь место максимальное значение величин напряжения прикосновения и шага. Кроме того, при прямом замыкании напряжения двух других фаз будут равными линейным значениям, что может привести к многофазному короткому замыканию, то есть к аварийному режиму, где потребуются дополнительные капитальные вложения на устранение причин выхода из строя электрооборудования или средств канализации электрической энергии. Другие методы разработаны для определения тока однофазного замыкания на землю в симметричных сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В и использование их в несимметричных сетях не обеспечивает удовлетворительную точность.

Разработанные методы определения токов однофазного замыкания на землю и утечки в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В основывается на методе определения параметров изоляции в данной сети. Метод определения параметров изоляции в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В основан на измерении величин модулей линейного напряжения и напряжения фаз А, В и С относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости g_1 между фазой А электрической сети и землей.

При этом полагается, что имеет место повреждение изоляции между фазой А и землей электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В.

По измеренным величинам модулей U_{ε} – линейного напряжения и напряжения фаз $U_A, U_{A1}, U_{\hat{A}}, U_{\hat{A}1}, U_{\hat{N}}, U_{\hat{N}1}$ относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости g_1 и с учетом активной дополнительной проводимости производится определение искомых величин по математическим формулам:

– полная проводимость изоляции электрической сети

$$y = \frac{\sqrt{3}U_A}{U_A \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_{\varepsilon}^2 U_{A1}^2 - (U_{C1}^2 - U_{B1}^2)^2]}} - U_{A1} \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + 3U_{\hat{A}}^2 - \sqrt{3[4U_{\varepsilon}^2 U_{\hat{A}}^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}} g_1, \quad (1)$$

– активная проводимость повреждения изоляции фазы электрической сети относительно земли

$$g_o = \frac{\sqrt{3}U_{A1} \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + 3U_{\hat{A}}^2 - \sqrt{3[4U_{\varepsilon}^2 U_{\hat{A}}^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}}{U_A \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_{\varepsilon}^2 U_{A1}^2 - (U_{C1}^2 - U_{B1}^2)^2]}} - U_{A1} \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + 3U_{\hat{A}}^2 - \sqrt{3[4U_{\varepsilon}^2 U_{\hat{A}}^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}} g_1. \quad (2)$$

Ток однофазного замыкания на землю в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В определяется, совместным решением уравнения (1) определения полной проводимости изоляции электрической сети с уравнением закона Ома для участка цепи выраженные через полную проводимость и описывается математическим уравнением

$$I_o = \delta \cdot \frac{U_{\varepsilon}}{\sqrt{3}} = \frac{U_{\varepsilon} U_A}{U_A \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_{\varepsilon}^2 U_{A1}^2 - (U_{C1}^2 - U_{B1}^2)^2]}} - U_{A1} \sqrt{U_{\varepsilon}^2 + 3U_{\hat{A}}^2 - \sqrt{3[4U_{\varepsilon}^2 U_{\hat{A}}^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}} g_1. \quad (3)$$

Для определения тока утечки в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В используется математическая зависимость

$$I_{yt} = g_o \cdot U_{A1}. \quad (4)$$

Решая совместно уравнения (2) и (4) определяется величина тока утечки в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В по формуле

$$I_{yt} = \frac{\sqrt{3}U_{A1}^2 \sqrt{U_A^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_A^2 U_{A1}^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}}{U_A \sqrt{U_A^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_A^2 U_{A1}^2 - (U_{C1}^2 - U_{B1}^2)^2]}} - U_{A1} \sqrt{U_A^2 + 3U_{A1}^2 - \sqrt{3[4U_A^2 U_{A1}^2 - (U_C^2 - U_B^2)^2]}}} g_1. \quad (5)$$

Разработанные методы определения токов однофазного замыкания на землю и утечки в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В основанный на измерении величин модулей линейного напряжения и напряжения фаз А, В и С относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости между фазой А электрической сети и землей.

Для коммутации активной дополнительной проводимости используется резервный выключатель нагрузки, где активная дополнительная проводимость составляет R=1000 Ом, сопротивления марки ПЭ-1000, которую путем параллельно последовательным соединением обеспечивают требуемая мощность рассеяния, а для измерения напряжения используются вольтметры Э-315, с классом точности 0,5.

Полученные математические зависимости определения токов однофазного замыкания на землю и утечки в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В правомерны при повреждении изоляции между фазой А и землей. Для использования разработанного метода определения токов однофазного замыкания на землю и утечки в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В при повреждении изоляции между другой фазой электрической сети и землей необходимо учесть чередование согласно теоретических основ электротехники для трехфазной электрической сети.

Разработанные методы определения токов однофазного замыкания на землю и утечки в трехфазной несимметричной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В обеспечивают: удовлетворительную точность искомых величин; простоту и безопасность производства работ в электроустановках.

Түйіндеме

Осы жұмыста кернеуі 1000 В дейін бейтарабы оқшауланған симметриялық емес үш фазалы тарапта жерге бір фазалы тұйықталу токтарының және кему тогының анықтамасы әдістері өңделген. Әдістер ізделіп отырған мөлшерлердің орташа дәлдік, қарапайымды және электр қондырғы жұмыстардың өндіріс қауіпсіздігін қамсыздандырады.

Resume

In work designed methods of determination of currents of single-phase closing to the land and drain in three phase to asymmetrical electrical network with insulated neutral by the voltage before 1000 V, which ensure satisfactory accuracy of sought values, simplicity and safety of construction in electrical installation.