

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОЙ ПРОВОДИМОСТИ, СНИЖАЮЩЕЙ УРОВЕНЬ ИЗОЛЯЦИИ МЕЖДУ ОДНОЙ ИЗ ФАЗ СЕТИ И ЗЕМЛЕЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6 – 20 КВ

Утегулов Б.Б.

Аннотация

В работе предлагается способ определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей несимметричной сети напряжением 6 – 20 кВ, основан на измерении величин линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности, а также угла сдвига фаз между векторами линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности до и после подключения дополнительной емкостной проводимости между фазами сети и землей.

Разработанный способ определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей в несимметричной сети напряжением 6 – 20 кВ обеспечивает: удовлетворительную точность, простоту производства измерений величин модулей напряжений и безопасен при производстве работ в электроустановках.

Ключевые слова: ток, напряжение, нейтраль, сеть, проводимость.

Снижение уровня сопротивления изоляции фаз электрической сети относительно земли создает возникновение аварийных режимов эксплуатации электроустановок, следствием которых могут явиться поражения людей электрическим током.

Для исключения поражения людей электрическим током необходимо обеспечить высокий уровень сопротивления изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В путем проведения мероприятий, связанных с систематическим и эффективным контролем за ее состоянием, что является одним из

основных направлений по обеспечению электробезопасности в сети напряжением 6 кВ собственных нужд электростанций [1 – 3].

Практика эксплуатации электрических сетей напряжением 6 кВ на тепловых электростанциях показывает отсутствие на предприятии методики измерения сопротивления изоляции. А если она имеется, то измерения сопротивления изоляции производятся, как правило, крайне нерегулярно и к тому же с большими погрешностями. Наиболее широкое применение нашел метод измерения

сопротивления изоляции путем применения измерительного устройства – мегомметр.

Следует особо отметить, что результаты измерения мегомметром, предусмотренных “Правилами устройства электроустановок” (ПУЭ) и “Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей” (ПТЭ), не соответствуют действительным значениям сопротивления изоляции сети, так как измерения производятся при отсутствии рабочего напряжения в электрической сети и отключенных электроприемниках.

Использование мегомметра при низких значениях сопротивления изоляции в электрической сети и отключенных электроприемниках позволяет качественно установить ее повреждение. Отсюда следует, что применение мегомметра как средства для оценки условий электробезопасности при эксплуатации электроустановок недостаточно, так как это не позволяет определить активное, емкостное и полное сопротивление изоляции фаз электрической сети относительно земли под рабочим напряжением.

Следует особо отметить, что “Правила техники безопасности” (ПТБ) не регламентируют нормы сопротивления изоляции фаз электрической сети относительно земли. Это привело к тому, что отсутствует критерий оценки измеренных величин параметров изоляции. Отсутствие норм параметров изоляции при

эксплуатации электроустановок привело к невыполнению соответствующих требований ПТБ, так как даже регулярные измерения сопротивления изоляции под рабочим напряжением теряют смысл и сводятся к чистой формальности.

В ПУЭ отмечено, что норма на сопротивление изоляции должна быть не менее – 0,5 МОм омического сопротивления у отдельного элемента схемы электрической сети и электроприемника. Это не позволяет произвести оценку состояния изоляции в целом.

Поэтому норма ПУЭ относительно – 0,5 МОм омического сопротивления не может быть принята как критерий эксплуатационного сопротивления изоляции для контроля ее состояния и, следовательно, как критерий электробезопасности, так как с точки зрения безопасности производства работ в электроустановках необходима оценка полного сопротивления изоляции и его составляющих.

Следует отметить, что электрические сети напряжением 6 кВ собственных нужд тепловых электростанций имеют значительные протяженности кабельных линий, а так же эти сети питают близлежащие предприятия или населенные пункты. Поэтому в этих сетях имеются большие значения токов однофазного замыкания на землю. При определении параметров изоляции есть возможность использования активной дополнительной проводимости. Но при определении

параметров изоляции при нарушении изоляции одной из фаз сети мы не можем использовать активную дополнительную проводимость, так как шунтирование проводимости, снижающей уровень изоляции в электроустановках, может привести к многофазному короткому замыканию. Поэтому следует разработать новый способ определения параметров изоляции путем исключения использования активной дополнительной проводимости.

На основе вышеизложенного следует, что основной задачей исследования состояния изоляции электроустановок при эксплуатации электроустановок напряжением 6 кВ собственных нужд тепловых электростанций является разработка новых способов определения их параметров изоляции при симметричных и несимметричных режимах работы электроустановок.

В трехфазных электрических сетях напряжением 6 – 20 кВ имеет место отсутствие симметрии фазных напряжений. Не симметрия

- активной проводимости изоляции сети

$$g = \frac{\alpha U_{\text{л}}}{U_0} \sin \alpha - 1 \frac{\ddot{o}}{\emptyset} \times g_0, \quad (1)$$

- емкостной проводимости изоляции сети

$$b = \frac{U_{\text{л}}}{U_0} \times \cos \alpha \times g_0, \quad (2)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение;

U_0 – напряжение нулевой последовательности;

в сетях высокого напряжения образуется при трех факторах: несимметричная нагрузка на фазах электрической сети; неправильное выполнения транспозиции высоковольтных проводов; при повреждении какой либо фазы относительно земли.

В основу разработки способа определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей в несимметричной сети напряжением 6 – 20 кВ положен способ определения параметров изоляции трехфазных электрических сетей с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В включающий измерение величин напряжений нулевой последовательности и линейного напряжения, а также угла сдвига фаз между векторами линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности и при подключении активной дополнительной проводимости между одной из фаз сети и землей. Вычисления производятся по математическим формулам [1]:

α – угол сдвига фаз между векторами напряжения нулевой последовательности и линейного напряжения;

g_0 – активная дополнительная проводимости, которая подключается между фазой сети и землей.

Рассматриваем режим работы сети напряжением 6 – 20 кВ при повреждении какой либо фазы относительно земли. Для разработки способа определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей, и параметров изоляции в несимметричной сети напряжением 6 – 20 кВ принимаем уравнение определения емкостной проводимости изоляции по способу определения параметров изоляции в симметричной сети напряжением выше 1000 В, основанному на подключении активной дополнительной проводимости между фазой электрической сети и землей и измерении величины

модуля напряжения фазы относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости между ней и землей, а также измерении величины модуля напряжения нулевой последовательности и угла сдвига фаз между векторами напряжения нулевой последовательности и линейного напряжения между фазами, в которые не подключается активная дополнительная проводимость [1].

Определение емкостной проводимости изоляции по способу определения параметров изоляции в симметричной сети напряжением выше 1000 В представлена уравнением (2):

$$b = \frac{U_{\phi}}{U_0} \text{Cosa} g_0,$$

где U_{ϕ} – напряжение фазы относительно земли до повреждения изоляции сети;

U_0 – напряжение нулевой последовательности при повреждении изоляции одной из фаз сети относительно земли;

Cosa – угол сдвига фаз между векторами напряжения нулевой последовательности и линейного напряжения между фазами, в которые не подключается активная дополнительная проводимость;

g_0 – активная дополнительная проводимости, которая подключается между поврежденной фазой электроустановки и землей.

При повреждении изоляции одной из фаз сети напряжением выше 1000 В уравнение (2) описывает состояние сети. При этом надо полагать, что в этом случае g_0 – активная проводимости

будет характеризовать величину проводимости, которая снижает уровень изоляции в сети путем образования утечки тока через эту активную проводимость.

Для разработки способа определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей, и параметров изоляции в несимметричной сети напряжением 6 – 20 кВ производим подключение

одинаковых конденсаторов между фазами А, В и С сети и землей.

При подключении одинаковых конденсаторов между фазами А, В и С сети и землей уравнение (2) примет вид:

$$b + b_o = \frac{U_\phi}{U_{o1}} \text{Cosa}_1 g_o, \quad (3)$$

где U_ϕ – напряжение фазы относительно земли до повреждения изоляции сети;

U_{o1} – напряжение нулевой последовательности при повреждении изоляции одной из фаз сети относительно земли после подключения дополнительной емкостной проводимости между фазами сети и землей;

Cosa_1 – угол сдвига фаз между векторами напряжения нулевой последовательности и линейного напряжения между фазами, в которые не подключается активная дополнительная проводимость, после подключения дополнительной емкостной проводимости между фазами сети и землей;

g_o – активная проводимость, снижающая уровень изоляции между одной из фаз сети и землей;

b_o – дополнительная емкостная проводимость, подключаемая между фазами сети и землей.

Решая совместно уравнения (2) и (3) получаем уравнения определения величины проводимости, снижающей сопротивление изоляции одной из фаз электрической сети относительно земли:

$$g_o = \frac{U_o U_{o1}}{U_\phi (U_o \text{Cosa}_1 - U_{o1} \text{Cosa})} b_o. \quad (4)$$

Для применения разработанного способа определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей в несимметричной сети требуется выполнить условия замены U_ϕ – напряжение фазы относительно земли до повреждения изоляции сети на U_Δ – линейное напряжение, так как

$U_\Delta = 1,73U_\phi$, и при этом полагается, что при появлении несимметрии линейные напряжения остаются неизменными. Напряжение нулевой последовательности на открытом треугольнике трансформатора напряжения характеризуют как $3 U_o$.

С учетом вышеизложенного уравнения (4) примет вид при

определении величины фаз электрической сети проводимости, снижающей относительно земли: сопротивление изоляции одной из

$$g_o = \frac{U_o U_{o1}}{3U_{\text{л}}(U_o \text{Cosa}_1 - U_{o1} \text{Cosa})} b_o. \quad (5)$$

На основе вышеизложенного следует, что разработанный способ определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей несимметричной сети напряжением 6 – 20 кВ, основан на измерении величин линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности, а также угла сдвига фаз между векторами линейного напряжения и напряжения нулевой последовательности до и после подключения дополнительной

емкостной проводимости между фазами сети и землей.

Разработанный способ определения активной проводимости, снижающей уровень изоляции между одной из фаз сети и землей в несимметричной сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В обеспечивает: удовлетворительную точность, простоту производства измерений величин модулей напряжений и безопасен при производстве работ в электроустановках.

Список литературы

1 Анев Г.А., Бацезев Ю.Г., Утегулов Б.Б. Фазовый метод определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью // Тезисы доклада национальной научно-технической конференции с международным участием. “Электробезопасность – 90”. НР Болгария. – Варна. 1990. – С. 32.

2 Utegulov, B., Utegulov, A., Begentayev, M., Zhumazhanov, S., Zhakipov, N., «Method for determining parameters of isolation network voltage up to 1000 V in mining enterprises» Source of the Document Proceedings of the IASTED International Conference on Power and Energy Systems and Applications, PESA 2011.

3 Utegulov, B., Utegulov, A., Begentayev, M., Zhakipov, N., Sadvakasov, T., «Method for determining the insulation in asymmetric networks with voltage up to 1000 V in mining enterprises» Source of the Document Proceedings of the IASTED International Conference on Power and Energy Systems and Applications, PESA 2011.

Summary

The paper proposes a method for determining the conductance that reduces the level of insulation between one of the phases of the network and the earth of asymmetric network with voltage 6 - 20 kV, based on the measurement values of the line voltage and zero-sequence voltage and phase angle between the vectors of the line voltage and zero-sequence voltage before and after connecting the capacitance conductance between the phases and the ground network.

The developed method for determining the conductance that reduces the level of insulation between one of the phases of the network and the earth in an asymmetric network of voltage 6 - 20 kV provides: satisfactory accuracy, ease of production measurements of the module voltage and secure the production of works in the electrical installations.