

14. Закон Республики Казахстан «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата» (№ 144-IV от 26 марта 2009 г).

15. Самородов А.В. АНО «Центр экологических инвестиций», 2002 г.

16. Юлкин М.Н. АНО «Центр экологических инвестиций». Углеродные инвестиции в Россию: процесс пошел. - В журн. «Мировая энергетика», сентябрь 2005г., № 9 (21).

17. Технологии и системы использования низкотемпературных и возобновляемых источников энергии. – В журн. «Проблемы Энергосбережения», август 2002 г., Выпуск 12 (3).

Түйіндеме

Мақалада Қазақстан Республикасындағы әртүрлі объектілерінде жылумен жабдықтау үшін жылу сургылық технологияларды қолданудың экологиялық аспектілері қарастырылған.

Resume

The article considers the ecological aspects of the application of heat pump technologies for heat supply of various objects in the Republic of Kazakhstan.

УДК 621.31

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В НА ЭКСКАВАТОРЕ ЭКГ-8И

**С.Т. Амурғалинов, Б.Б. Утегулов,
А.Б. Уахитова, А.Б. Утегулов**

Павлодарский государственный университет им. С Торайгырова

Разработанный метод определения параметров изоляции в симметричной сети в изолированной нейтралью напряжением до 1000 В экспериментально исследуется на ее достоверность в производственных условиях. Для этого производятся сравнения результатов определения параметров изоляции разработанного метода с методом амперметра-вольтметра, разработанный в Московском горном институте профессором Л.В. Гладилиным.

Метод амперметра-вольтметра основан на измерении величины модуля напряжения фазы относительно земли и измерении величины модуля полного тока замыкания на землю, а также основан на подключении

активной или емкостной дополнительной проводимости между одной из фаз электрической сети и землей, измерении величины тока протекающего через дополнительную проводимость, измерения падения напряжения на дополнительной проводимости.

По результатам измерений величин модулей напряжения фазы относительно земли – U_{δ} , полного тока замыкания на землю – I_o , тока протекающего через дополнительную проводимость – I_{o1} и падения напряжения на дополнительной проводимости – $U_{\phi o}$, а также с учетом величины вводимой активной – g_o или емкостной b_o – проводимости определяются параметры изоляции по формулам:

– полная проводимость изоляции сети

$$y = \frac{I_o}{U_{\phi}}, \quad (1)$$

– суммарная проводимость изоляции сети

$$y_{\Sigma} = \frac{I_o}{U_{\phi o}}, \quad (2)$$

– активная проводимость изоляции сети при подключении между одной из фаз электрической сети и землей активной дополнительной проводимости

$$g = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - g_i^2}{2g_i}, \quad (3)$$

– емкостная проводимость изоляции сети при подключении между одной из фаз электрической сети и землей емкостной дополнительной проводимости

$$b = \frac{y_{\Sigma}^2 - y^2 - b_o^2}{2b_o}, \quad (4)$$

– емкостная проводимость изоляции сети при подключении между одной из фаз электрической сети и землей активной дополнительной проводимости

$$b = \sqrt{y^2 - g^2}, \quad (5)$$

– активная проводимость изоляции сети при подключении между одной из фаз электрической сети и землей емкостной дополнительной проводимости

$$g = \sqrt{y^2 - b^2}. \quad (6)$$

Определения параметров изоляции методом амперметра-вольтметра поясняется схемой электрической принципиальной (рисунок 1).

Разработанный метод определения параметров в сети с изолированной нейтралью основан на измерении величин модулей линейного напряжения, напряжения фазы относительно земли после подключения между ней и землей активной дополнительной проводимости. По измеренным величинам модулей линейного напряжения и напряжения фазы относительно земли после подключения между ней и землей активной дополнительной проводимости с учетом величины активной дополнительной проводимости производится определение полной, активной и емкостной проводимостей фаз электрической сети относительно земли по математическим уравнениям:

– полная проводимость изоляции сети

$$y = \frac{\sqrt{3}U_{\phi o}}{U_{л} - \sqrt{3}U_{\phi o}} g_o, \quad (7)$$

– активная проводимость изоляции сети

$$g = \left(\frac{3U_{\phi o}^2}{U_{л}^2} - \frac{3U_{\phi o}^2}{(U_{л} - \sqrt{3}U_{\phi o})^2} - 1 \right) 0,5g_o, \quad (8)$$

– емкостная проводимость изоляции сети

$$b = \sqrt{y^2 - g^2}. \quad (9)$$

Для экспериментального исследования разработанного метода определения параметров изоляции в симметричной в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В в производственных условиях разрабатываем методику исследования на достоверность полученных результатов искомых величин.

Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях угольного разреза “Экибастузский” ТОО “Ангренсор” по принципиальной схеме рисунка 1.

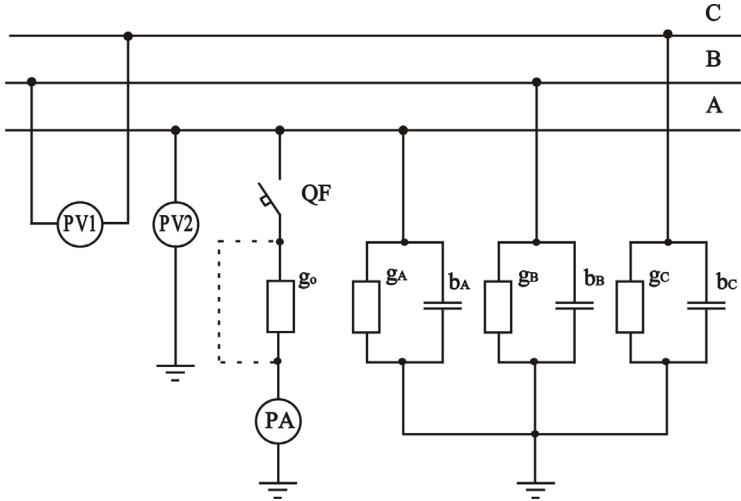


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная исследования разработанного метода и метода амперметра вольтметра определения параметров изоляции в сети напряжением до 1000 В.

Принципиальная электрическая схема исследования разработанного на достоверность метода определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В содержит: исследуемую трехфазную электрическую сеть с изолированной нейтралью, с фазами А, В и С; вольтметр PV1, измеряющий величины модулей напряжения фаз относительно земли – $U_{\phi 0}$; вольтметр PV2, измеряющий величину модуля линейного напряжения – U_{ℓ} ; PA – амперметр, измеряющий величину тока однофазного замыкания на землю и тока, протекающего через активную дополнительную проводимость g_i ; активную дополнительную проводимость, которая подключается между фазой сети и землей – g_i ; выключатель нагрузки – QF, коммутирующий активную дополнительную проводимость g_i между фазой А электрической сети и землей; емкостные проводимости изоляции сети b_A, b_B, b_N ; активные проводимости изоляции сети g_A, g_B, g_N .

Для измерений величин модулей тока и напряжения использован амперметр Э-515 с пределом измерения тока $I = 0 \div 1$ А, и применен

вольтметр Э-515 с шкалой измерения напряжения $U = 0 \div 500$ В. Амперметр и вольтметр содержат класс точности 0,5.

В качестве активной дополнительной проводимости, которая подключается между фазой сети и землей использовано сопротивление типа ПЭ-200 с номинальной величиной $R = 1000,0$ Ом.

Методика исследования производится на основе сравнения результатов параметров изоляции разработанного метода и метода амперметра-вольтметра по разработанной программе.

- 1 Выбирается резервная ячейка выключателя нагрузки QF.
- 2 Выключателя нагрузки QF проверяется на работоспособность.
- 3 После выполнения работы по пункту 2 к фазе А выключателя нагрузки QF подключается активная дополнительная проводимость – g_i , а также одним из выводов активной дополнительной проводимости g_i подключается к одному из выводов амперметра PA, а другой вывод амперметра подключен к контуру заземления.
- 4 В исследуемой сети, проверяется индикатором присутствие рабочего напряжения.
- 5 После проверки исследуемой сети индикатором присутствие рабочего напряжения подключаются измерительные приборы PV1 и PV2, измеряющие величины модулей линейного напряжения – U_ε и напряжения фазы А относительно земли $U_{\text{фо}}$.
- 6 После проведения работ по пунктам 3 и 5 производится регистрация значений измерительных приборов, которые подключены для проведения экспериментального исследования.
- 7 После проведения работ по пункту 6 к сети выключателем нагрузки QF1 подключается активная дополнительная проводимость g_i и производится регистрация тока, протекающего через эту проводимость, амперметром PA, вольтметрами PV1 и PV2, проводится измерение величин модулей линейного напряжения – U_ε и напряжения фаз относительно земли $U_{\text{фо}}$.
- 8 После проведения работ по пункту 7 производится отключение выключателя нагрузки QF. При отключенном выключателе нагрузки QF производится шунтирование активной дополнительной проводимости g_i , гибким проводом сечением 4 мм².

- 9 После проведения работ по пункту 8 производится подключение выключателем нагрузки QF фазы А электрической сети на землю, то есть производится металлическое замыкание на землю и амперметром РА производится измерение величину модуля полного тока замыкания на землю и вольтметром PV1 проводится измерение величины модуля линейного напряжения – $U_{\text{г}}$.
- 10 После проведения работ по пункту 9 производится отключение выключателя нагрузки QF и подготавливается схема для выполнения работ по пункту 6 и 7.

Для обработки результатов исследования используется метод малой выборки [1]. Метод малой выборки предполагает получить удовлетворительные результаты при малых количествах опытов. Где минимальное число составляет 4 опыта.

В работах [2] для оценки удовлетворительной достоверности, требуется произвести не менее четырех опытов. Для экспериментального исследования на достоверность разработанного метода определения параметров изоляции в симметричной в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В в производственных условиях производятся работы количеством измерений $n = 8$ по пунктам $7 \div 9$ с интервалом времени в 0,5 часа поочередно.

Результаты экспериментального исследования на достоверность разработанного метода определения параметров изоляции в симметричной в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В по сравнению с классическим методом амперметра-вольтметра записываются в таблиц 1 и 2.

Таблица 1

Параметры изоляции в сети напряжением 0,4 кВ экскаватора ЭКГ-8И угольного разреза “Экибастузский” ТОО “Ангрэнсор” по разработанному методу

Параметры изоляции	Количество измерений							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Полная проводимость изоляции сети $Y \times 10^{-5}$, См.	2,20	2,21	2,18	2,24	2,17	2,22	2,15	2,17
Емкостная проводимость изоляции сети $b \times 10^{-5}$, См.	1,34	1,35	1,37	1,40	1,39	1,41	1,35	1,37
Активная проводимость изоляции сети $g \times 10^{-5}$, См.	1,74	1,75	1,69	1,75	1,67	1,71	1,67	1,68

Таблица 2 – Параметры изоляции в сети напряжением 0,4 кВ экскаватора ЭКГ-8И угольного разреза “Экибастузский” ТОО “Ангрэнсор” по методу амперметра-вольтметра

Параметры изоляции	Количество измерений							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Полная проводимость изоляции сети $Y \times 10^{-5}$, См.	2,30	2,31	2,20	2,25	2,32	2,38	2,27	2,34
Емкостная проводимость изоляции сети $b \times 10^{-5}$, См.	1,41	1,48	1,43	1,38	1,39	1,40	1,34	1,37
Активная проводимость изоляции сети $g \times 10^{-5}$, См.	1,82	1,77	1,67	1,78	1,86	1,92	1,83	1,90

Для оценки достоверности разработанного метода по сравнению с методом амперметра-вольтметра используются математические зависимости, приведенные в работах [1]. Согласно методу малой выборки производится вычисления по приведенному алгоритму для анализа погрешности разработанного метода определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В:

1. По математической зависимости определяются средние значения параметров изоляции

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (10)$$

2. По математической формуле определяются среднеквадратичные отклонения единичного результата при $n = 8$ измерениях величины параметров изоляции

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} - \bar{X}_i^2} \quad (11)$$

3. Производится определение среднеквадратичной погрешности единичного результата параметров изоляции по приведенной математической зависимости

$$S_n = \sqrt{\frac{(\bar{X} - X_1)^2 + (\bar{X} - X_2)^2 + (\bar{X} - X_3)^2 + \dots + (\bar{X} - X_n)^2}{n - 1}} \quad (12)$$

Производится определения значения α – доверительной вероятности соответственно доверительному интервалу, которая выражается долях среднеквадратичной ошибки ε для оценки достоверности разработанного метода определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В.

Для случайных относительных среднеквадратичных погрешностей разработанного метода определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В, где случайные относительные

среднеквадратичные погрешности не превышают 10 % при использовании измерительных приборов с кл точности 1,0, а при использовании измерительных приборов с кл точности 0,5 погрешности параметров изоляции не превышают 5 %.

Для обеспечения доверительной вероятности равной $\alpha = 0,9 \div 0,95$ на основе предложенных рекомендаций в работах [1], то для обеспечения относительной среднеквадратичной ошибки, которая не должно превышать значения $\varepsilon = 5 \%$, то для этого принимаем доверительную вероятность $\alpha = 0,95$.

Если относительная среднеквадратичная ошибка, не превышает значения $\varepsilon = 5 \%$, при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$, то это подтверждает правильность выбора оценки достоверности разработанного метода определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В.

1. На основе принятых значений доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ при количестве опытов $n = 8$ принимаем коэффициент Стьюдента $t_{\alpha n} = 2,4$ (по таблице 2 [1]) и определяем абсолютную погрешность параметров изоляции по математической зависимости

$$\Delta X = \frac{t_{\alpha n} S_n}{\sqrt{n}}. \quad (13)$$

2. По математической зависимости вычисляется относительная погрешность сравниваемых методов определения параметров изоляции фаз электрической сети относительно земли

$$\Delta X_* = \frac{\Delta X}{\bar{X}} 100 \%. \quad (14)$$

По результатам проведенных экспериментов и обработки результатов методом малой выборки, по математическим зависимостям получены вероятностно-статистические характеристики параметров изоляции по разработанному методу и методу амперметра-вольтметра. На основе полученных вероятностно-статистических характеристик параметров изоляции, по разработанному методу и методу амперметра-вольтметра которые, сведены в таблицу 3, производится сравнения результатов.

Таблица 3

Вероятностно-статистические характеристики параметров изоляции в электрической сети напряжением до 1000 В экскаватора ЭКГ-8И угольного разреза “Экибастузский” ТОО “Ангренсор”

Метод измерения	Параметры	\bar{X} , 10^{-5} См	S_n , 10^{-5} См	ΔX , 10^{-5} См	ΔX_* , %
-----------------	-----------	-----------------------------	-------------------------	------------------------------	---------------------

По методу амперметра-вольтметра	у	2,30	0,056	0,048	2,09
	b	1,40	0,042	0,036	2,57
	g	1,82	0,080	0,068	3,74
По разработанному методу	у	2,19	0,030	0,025	1,14
	b	1,37	0,026	0,022	1,61
	g	1,71	0,035	0,030	1,75

Результаты сравнения вероятностно-статистических характеристик параметров изоляции показывают, что разработанный метод определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В обеспечивают удовлетворительную точность так как значения среднеквадратичных погрешностей единичных измерений и относительные среднеквадратичные погрешности разработанного метода и метода амперметра-вольтметра содержат хорошую сходимость.

На основе вышеизложенного следует, что разработанный метод определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В обеспечивает удовлетворительную точность по сравнению с методом амперметра-вольтметра. Следует особо отметить, что разработанный метод определения параметров изоляции в трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В более безопасен по сравнению с методом амперметра-вольтметра, а также прост по сравнению с другими методами контроля состояния изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В, и поэтому может быть рекомендован к внедрению для контроля состояния изоляции под рабочим напряжением в отраслях народного хозяйства любой формы собственности, где имеются трехфазные электрические сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайдель А.Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – 3-е изд. – Ленинград: Наука, 1968, с. 97.
2. Гладилин Л.В., Щуцкий В.И., Бацкев Ю.Г., Чеботаев Н.И. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. – М.: Недра, 1977, с. 327.

Түйіндеме

Бұл мақалада амперметр-вольтметр әдісімен салыстыруда кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған симметриялық торапта оқшаулама параметрін анықтау әдісінің тәжірибелік зерттеу нәтижелері берілген.

Resume

In the article presented results experimental study of developping method of determination of parameters to insulation in symmetrical in network with insulated neutral by the voltage before 1000 V in the comparison with the method of ampermeter-vtvm.

УДК 621.313:541.64

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВОГО ВИДА
ИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

К.Х. Бекмагамбетова

Алматинский институт энергетики и связи, г. Алматы

Современные тенденции в создании электрических машин не могут быть реализованы без надежных изоляционных систем с высокими диэлектрическими характеристиками, показателями нагревостойкости, долговечности и других параметров. Такими свойствами обладают термостойкие полимеры, в частности, полиимиды [1-3]. Оценка положения в данной области свидетельствует о том, что к применению рекомендуются системы изоляции на основе пленок ПМ Картон и некоторые другие, получаемые из ароматических полиимидов [1,2].

Проведенные комплексные исследования по изучению основных электрических и механических свойств разработанных в Институте химических наук им. АБ. Бектурова полимидов алициклического строения на основе диангидридов трициклодецететракарбоновых кислот и различных диаминов показали, что эти полимеры также могут использоваться в качестве надежной изоляции электрических машин взамен или наряду с полипиромеллитимидами [4,5].

В процессе изучения электрических свойств алициклических полиимидов на примере пленочной изоляции ранее было показано, что они характеризуются высоким уровнем диэлектрических показателей. В табл. 1 приведены электрофизические свойства ПИ на основе фотоаддукта бензола с малеиновым ангидридом (АБ) и ДАДФЭ. Как следует из данных таблицы, электрофизические параметры полимера зависят от температуры, с повышением которой $\text{tg}\delta$ незначительно увеличивается, что можно объяснить некоторым повышением подвижности макромолекул, облегчающей движение диполей, их ориентацию в пространстве под действием поля [5]. Отмеченный факт наблюдается до температур 250 - 275^oC, когда $\text{tg}\delta$ достигает минимума, при котором ориентация происходит практически без трения. При сравнительно невысоких температурах (от -25 до +25^oC) ориентация