

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 621.315.1

**СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ С МОМЕНТА ЗАЖИГАНИЯ ОБЩЕЙ
КОРОНЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОВОДА**

Айдарова Айгерим Рашидовна, инженер, ОАО «Северэлектро», Республика Кыргызстан, Чуйская область, Аламудинский район, село Лебединовка, улица Чкалова, 3, aidarova_2010@mail.ru

Усубалиева Гульнар Кыдыралиевна, и.о. доцента, филиал имени академика Х.А.Рахматулина в г. Токмок, КГТУ им. И. Раззакова, Республика Кыргызстан, Чуйская область, г. Токмок, ул. Гагарина, 65, gulnara.u@mail.ru

Кадыров Чолпон Аманович, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Республика Кыргызстан, г. Бишкек

Сатаркулов Калмуза, к.т.н., профессор, филиал имени академика Х.А.Рахматулина в г. Токмок, КГТУ им. И. Раззакова, Республика Кыргызстан, Чуйская область, г. Токмок, ул. Гагарина, 65

Аннотация. В работе предложен способ определению величины напряжения с момента зажигания общей короны на поверхности электрода по измеренному значению тока I в коронирующем промежутке.

Ключевые слова: Способ измерения высоковольтного напряжения, общая корона, электроды.

**METHOD OF MEASUREMENT OF VOLTAGE AFTER IGNITION TOTAL
CROWN SURFACE OF THE PHYSICAL MODEL WIRE**

Aydarova Aygerim Rashidovna, engineer, JSC Severelektro, Republic Kyrgyzstan, Chuy Region, Alamudinsky district, village of Lebedinovka, Chkalov Street, 3, aidarova_2010@mail.ru

Usubaliyeva Gulnar Kydyraliyevna, the acting associate professor, branch of a name of the academician H.A.Rakhmatulin to Tokmok, KSTU of I. Razzakov, the Republic Kyrgyzstan, Chuy Region, Tokmok, Gagarin St., 65, gulnara.u@mail.ru

Kadyrov Cholpon Amanovich, PhD in Technological Sciences, the associate professor, KSTU of I. Razzakov, the Republic Kyrgyzstan, Bishkek

Satarkulov Kalmuza, PhD in Technological Sciences, professor, branch of a name of the academician H.A.Rakhmatulin to Tokmok, KSTU of I. Razzakov, the Republic Kyrgyzstan, Chuy Region, Tokmok, Gagarin St., 65

Annotation. The paper proposes a method of determining the voltage to the ignition point crown on the total surface of the electrode from the measured value of the current in the discharge interval I

Keywords: A method of measuring high voltage, common crown, electrodes

Известны способы измерения и устройства, реализованные на их основе для измерения высоких напряжений мощных энергетических установок. Они имеют большую массу и габариты измерительных устройств, а также характеризуются значительным потреблением мощности. По перечисленным показателям такие способы измерения не приемлемы для маломощных приборных источников.

Применяются также и лабораторные способы измерения высоких напряжений, связанные с использованием стационарных установок и оборудования. В связи этим такие способы также не приемлемы для приборных источников [1].

Предлагаемый способ не обладает выше отмеченными недостатками и позволяет производить косвенное измерение напряжения с момента зажигания короны по измеренному значению тока I в коронирующем промежутке. Для этого необходимо экспериментально установить функциональную зависимость $I = f(U)$, где I – ток в коронирующем промежутке; U – напряжение, величина которого больше напряжения зажигания короны U_n .

Следует отметить, что начальная стадия до коронного разряда существенно зависит от состояния поверхности электрода, например, шероховатости поверхности электрода, или незначительные загрязнения могут стать очагами местных предварительных разрядов малой мощности, не имеющих устойчивого характера, и такие токи местных разрядов неустойчивы и очень малы. Определение начальных напряжений короны в таких условиях затруднительно. Только после хорошей полировки и чистки электродов можно говорить об определенном для данных условий (*геометрия поля, плотность и природа газа, влажность*) начальном или критическом напряжении возникновения короны. В таких случаях, постепенное повышение напряжения приводит к внезапному переходу скачком от ничтожно малого тока к току, измеряемому техническими приборами, значение которого определяется в основном напряжением и сопротивлением источника [2].

Из вышесказанного следует, что коронный разряд на проводе, а следовательно, и ток I в коронирующем промежутке зависят от напряжения провода U и от множества различных факторов, таких как x_1 – «состояние поверхности электрода», x_2 – «геометрия поля», x_3 – «природа газа», x_4 – «плотность газа», x_5 – «влажность газа»: $I = f(U, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$. Для экспериментального определения однозначной зависимости $I = f(U)$, необходимо исключить влияние всех факторов – x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , кроме напряжения электрода. Для этого электроды определенных геометрических размеров и форм, после тщательной очистки и полировки, поместим в стеклянную колбу заданного размера и заполним аргоном до атмосферного давления, и эту колбу запаяем, чтобы полностью исключить связь с внешней средой (рис. 1).

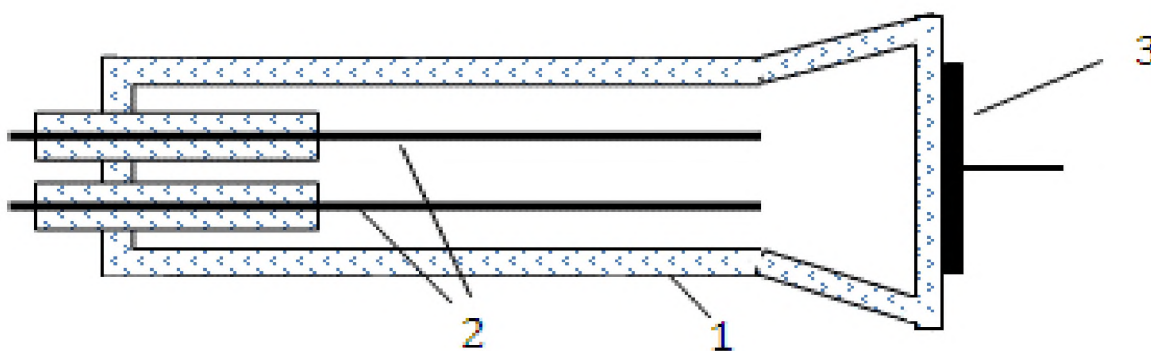
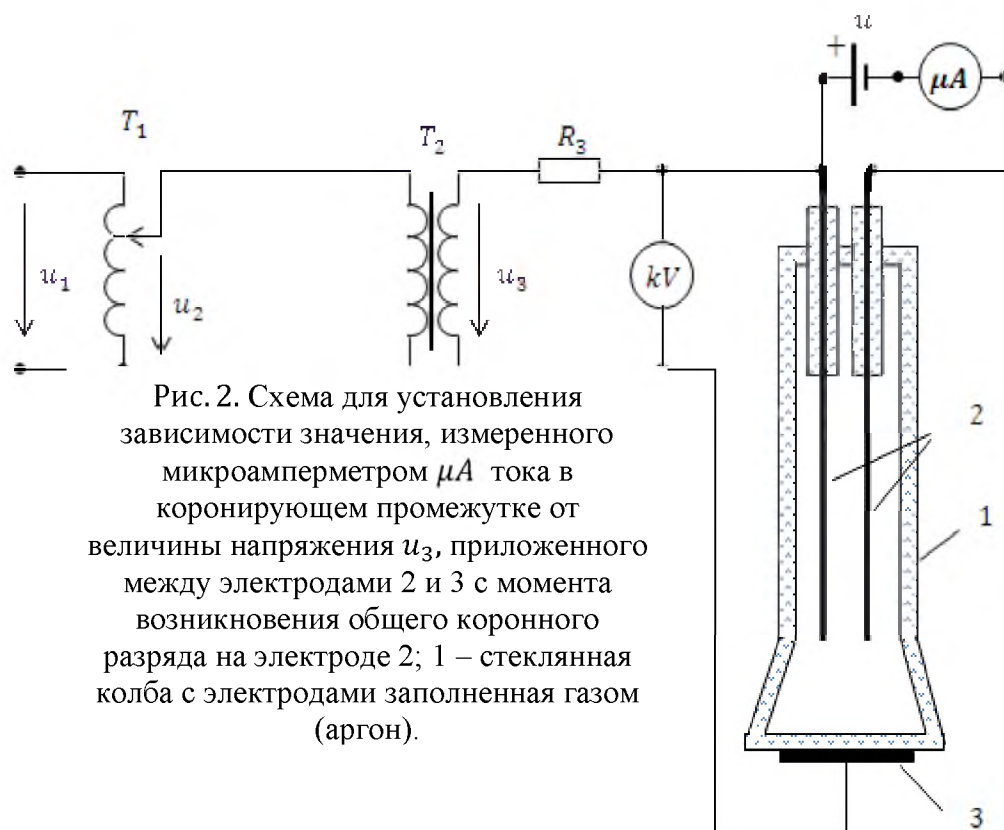


Рис. 1. Замкнутая стеклянная колба 1, заполненная аргоном; внутри трубки содержатся электроды 2; с торца на стеклянную колбу наклеен электрод 3

Схема для определения зависимости $I = f(U)$ приведена на рис. 2.



Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1.

U, кВ	I, мкА					
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_{cp}
10	15,3	14,7	15	15,1	14,9	15
12	24,8	25	25,4	24,5	25	24,94
14	34,6	35,2	30	30	35	32,96
16	49	41	40	40	45	43
18	49,8	50,3	50,4	49	50	49,9

Из-за нестабильности значения напряжения, поданного на электроды 2 (рис.2), ток в коронирующей промежутке может содержать случайную составляющую. Вследствие этого, экспериментальные данные получаются с некоторой погрешностью.

Для определения уравнения аппроксимации $I = f(U)$ по данным эксперимента, предложен виртуальный прибор (рис.3), работающий в среде LabVIEW, блок – диаграмма которого представлена на рис. 4.

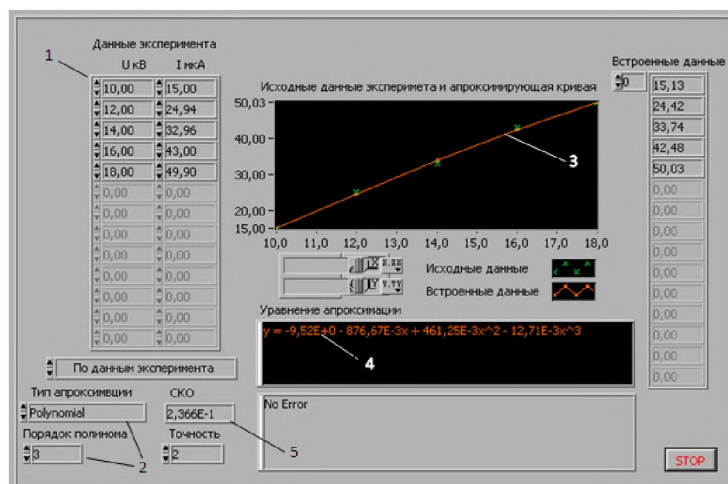


Рис.3. Лицевая панель ВП, на которую выведены найденные значения и коэффициент аппроксимирующего полинома: 1–элемент управления (ЭУ) для ввода экспериментальных данных; 2 – ЭУ для задания типа аппроксимирующего полинома и его порядка; 3 – аппроксимирующая кривая; 4 – уравнение аппроксимации; 5 – средний квадрат ошибки

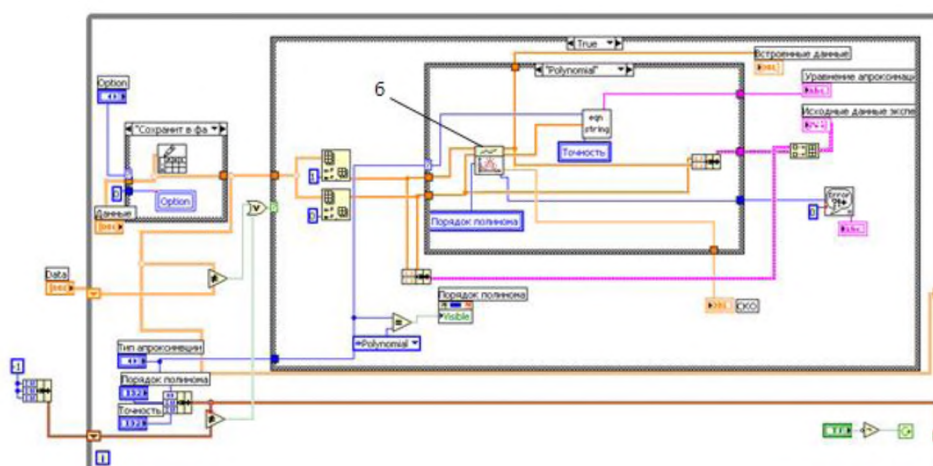


Рис.4. Блок – диаграмма ВП: 6 – элемент, осуществляющий полиномиальную аппроксимацию общего вида

На рис.5 дается пиктограмма элемента 6, где 1, 2 – входные данные (I, U); 3 – порядок полинома; 4 – аппроксимирующий полином; 5 – коэффициенты аппроксимирующего полинома; 6 – средний квадрат ошибки

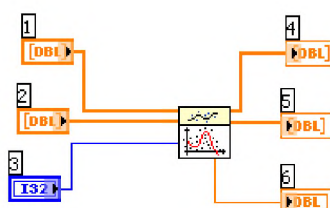


Рис.5. Пиктограмма (полиномиальная аппроксимация общего вида)
Полиномиальная аппроксимирующая функция выбирается в виде [3]

$$f_i = \sum_{j=0}^m a_j x_i^j, \quad (1)$$

где f – последовательность выходных результатов аппроксимирующего полинома, x – входная последовательность; a – коэффициенты аппроксимирующего полинома; m – порядок полинома.

Порядок работы с ВП:

1. В элемент управления 1 (рис.3) вводятся полученные в ходе эксперимента данные (табл.1) как исходные;
2. Используя элементы управления 2, выбираем тип аппроксимации и порядок полинома;
3. Включаем виртуальный прибор и визуально на экране получаем аппроксимирующую кривую (рис.6) и уравнение аппроксимации, связывающее ток короны и напряжение электрода (рис.7),

$$I = -41,972 + 6,423 \cdot U - 72,500 \cdot 10^{-3} \cdot U^2. \quad (2)$$

Решив уравнение (2) относительно U , получим выражение, по которому можем определять напряжение, используя измеренное значение тока I .

Результатом работы ВП является вычисленный средний квадрат ошибки, равный в этом случае 0,2366. Отклонение кривой аппроксимации от экспериментальных данных составляет в среднем $\sqrt{0,2366} = 0,4864$: точность аппроксимации достаточно высока, она составляет 1,5%.

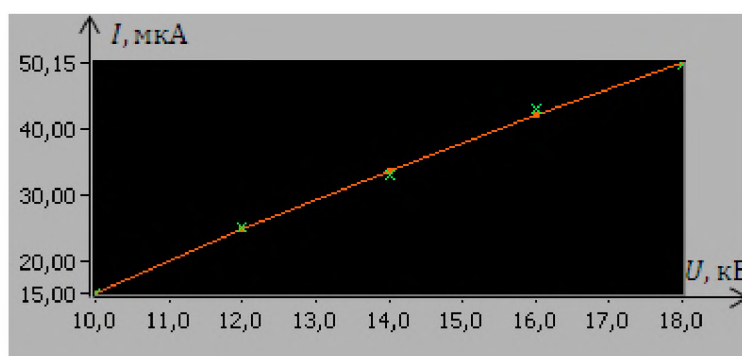


Рис.6. Результат работы ВП: исходные данные эксперимента.
На экране крестики окрашены зеленым цветом, кривая- оранжевым

Уравнение аппроксимации

$$y = -41,972E+0 + 6,423E+0x - 72,500E-3x^2$$

Рис.7. Уравнение аппроксимации

В заключении отметим, что предлагаемый способ обеспечивает непрерывное косвенное измерение постоянных и переменных напряжений с момента зажигания общей короны по измеренному значению тока I в коронирующем промежутке, при минимальном отборе мощности измерительным каналом из выходной цепи, а также имеет незначительную массу и габариты.

Список литературы

1. Важов В. Ф., Лавринович В. А., Лопаткин С. А. Техника высоких напряжений/ Курс лекций для бакалавров направления 140200 "Электротехника". – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 119 с.

Известия КГТУ им. И.Раззакова 41/2017

2. Патент 2261450, Российская федерация: МПК G01R 19/00, Хречков Н.Г., Власов А.В.; патентообладатель: Саратовский государственный технический университет, заявка: 2002102174/28, 25.01.2002, опубликовано: 27.09.2005 Бюл. №27.

3. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.; ДМК Пресс, 2007. – 536 с.