

В статье данного сборника: В.В.Рудаков, А.И.Коробко, А.А.Коробко «Диэлектрический метод определения влагосодержания в эмульсиях типа минеральное масло – вода с использованием электрофизической модели эмульсии инженерного типа» приведены результаты экспериментальной проверки корректности полученных теоретических результатов. Полученные величины расхождений теоретических и экспериментальных значений свидетельствуют о применимости данного подхода в инженерной практике.

Заключение. Полученные соотношения для диэлектрической проницаемости эмульсии предельно просто описывают разработанную упрощенную электрофизическую модель эмульсии типа минеральное масло – вода и позволяют использовать их в инженерных целях для экспресс определения влагосодержания в энергетических, электротехнических и пищевых маслах.

Список литературы: 1. *Болога М.К., Берилл И.И.* Рафинация подсолнечного масла в электрическом поле. – Кишинэу: «Stiinta», 2004. – 216 с. 2. *Коробко А.И.* Эффективная электрофильтровая система очистки трансформаторного масла // Сборник «Физические и компьютерные технологии». 11-я Международная научно-техническая конференция, Харьков: ХНПК «ФЭД».- 2-3 июня 2005 г. – С. 362-364. 3. *Гуназа С.А.* О совершенствовании эксплуатации энергетических масел. Интернет: <http://www.inventors.ru/index.asp?mode=800>. 4. *Кочанов Э.С., Кочанов Ю.С., Скачков А.Е.* Электрические методы очистки и контроля судовых топлив. – Л.: Судостроение, 1990. – 216 с. 5. Теория и практика экспертного контроля влажности твердых и жидких материалов / Под. ред. *Кричевского Е.С.* – М.: Энергия, 1980. – 240 с. 6. *Панченков Г.М., Цабек Л.А.* Поведение эмульсий во внешнем электрическом поле. – М.: Химия, 1969. – 190 с. 7. *Айзенберг Г.В.* и др. Антенны УВК / Под ред. *Г.В.Айзенберга.* Ч. 1. – М.: Связь, 1977. – С. 299-300.

Поступила в редколлегию 16.11.2009

УДК 621.3

С.С.РУДЕНКО, магистрант, НТУ «ХПИ»;
А.А.ПЕТКОВ, канд.техн.наук, ст.науч.сотр., НТУ «ХПИ»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РЕЗИСТОРОВ ТВО-60

У роботі наведені експериментальні криві розігріву високовольтного резистора ТВО - 60. Показано розподіл відносної температури по поверхні резистора. Визначені теплофізичні характеристики резистора.

Experimental heating curves of high-voltage resistor TВО - 60 are given in the paper. The distribution of relative temperature on the resistor surface is shown. Thermal physics characteristics of the resistor are determined.

Постановка проблемы. Для испытания электротехнического и электронного оборудования на стойкость и воздействие электромагнитных факторов различного происхождения применяются высоковольтные импульсные испытательные установки (ВИИУ).

Одним из элементов, входящим в состав ВИИУ, являются высоковольтные резисторы. Они используются в качестве составляющих систем заряда и защиты емкостных накопителей энергии (ЕНЭ), а также в качестве формирующих элементов, обеспечивающих коррекцию формы создаваемых импульсных испытательных воздействий. В зависимости от функционального назначения резистора к его конструкции предъявляются различные требования. Однако общим требованием для всех типов резисторов является устойчивость их конструкции к тепловому воздействию тока, протекающему через резистор в процессе эксплуатации.

Анализ публикаций. В работе [1] был рассмотрен процесс нагрева резисторов, и приведены методы теплового расчета проволочного и жидкостного резисторов. Показано, что если ток, проходящий через резистор, изменяется скачком от 0 до I , то температура нагрева поверхности резистора определяется по соотношению:

$$T = T_0 + \frac{I^2 R}{\alpha S} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (1)$$

где T_0 – начальное значение температуры поверхности резистора; I – действующее значение тока; R – сопротивление резистора; α – коэффициент теплоотдачи; S – площадь поверхности резистора; t – время протекания тока; τ – постоянная времени нагрева.

Постоянная времени нагрева определяется по формуле:

$$\tau = \frac{cm}{\alpha S}, \quad (2)$$

где c – удельная теплоемкость сопротивления; m – масса резистора.

В [2] представлены экспериментальные данные по перегрузочной способности и теплофизические характеристики (ТФХ) резисторов, нашедших применение в высоковольтной технике: ТВО-1, ТВО-2, ТВО-5, ТВО-20 и ПЭВ-15. Описана методика проведения испытания мощных резисторов.

В работе [3] были определены ТФХ резисторов типа С 5-5 с номинальной мощностью в 1, 2, 5, 8 и 10 Вт.

Результаты испытаний резисторов ТВО-10-27 Ом при воздействии импульсных токов приведены в [4]. В работе получены количественные оценки показателей надежности работы резисторов при различных режимах импульсного нагрева.

В приведенных публикациях рассмотрены тепловой расчет, перегрузочная способность и оценка надежности ряда мощных высоковольтных резисторов, как промышленного так индивидуального выполнения, а также экспериментальное определение их ТФХ. Однако, как видно из приведенного анализа, вопросы теплового расчета резисторов ТВО-60, используемых в ВИИУ с большой запасаемой энергией [5], не нашли должного отражения в литературных источниках, что вызвало необходимость дальнейших исследований для построения обобщенных методов расчета высоковольтных резисторов [6].

Целью настоящей работы является определение теплофизических характеристик высоковольтных резисторов типа ТВО-60.

Материалы и результаты исследований. Экспериментальные исследования проводились по известной методике [1–3]. Исследуемый резистор подключался к источнику переменного напряжения (см. рис. 1) и через определенные промежутки времени фиксировалась температура поверхности резистора.

Экспериментальная установка (рис. 1) состоит из следующих устройств: лабораторный автотрансформатор Т1, амперметр А1 для измерения тока протекающего через резистор, вольтметр V1 для измерения напряжения прикладываемого к резистору, БТЭП – блока термоэлектрических преобразователей (ТЭП) дифференциального соединения ТЭП J1, J2, и вольтметра V2, регистрирующего значения ЭДС на ТЭП.

Величина подводимой мощности устанавливалась с помощью регулирования напряжения автотрансформатором Т1 и фиксировалась с помощью приборов V1 и А1. Подводимая мощность определялась как произведение приложенного к резистору напряжения на протекающий ток

$$P = UI, \quad (3)$$

где U – действующее значение напряжения, приложенного к резистору; I – действующее значение тока протекающего через резистор.

Для измерения температуры использовались ТЭП типа алюмель-хромель.

В процессе исследований резистор закреплялся горизонтально. Измерение температуры проводилось в точках, показанных на рис. 2, а также в центрах остальных боковых поверхностей. При проведении экспериментов, поверхность, показанная на рис. 2, была обращена вверх.

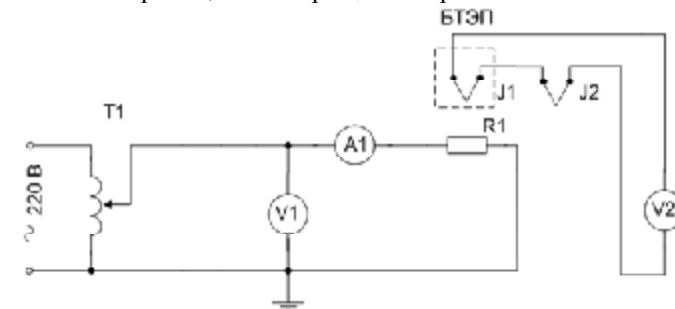


Рисунок 1 – Электрическая схема измерительной установки

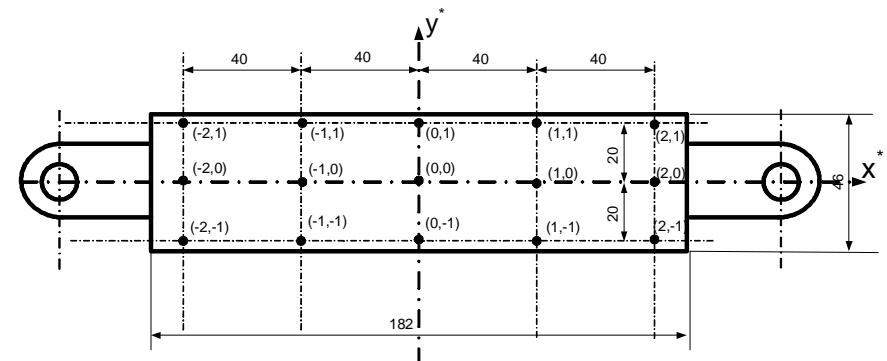


Рисунок 2 – Расположение исследуемых точек на резисторе ТВО – 60

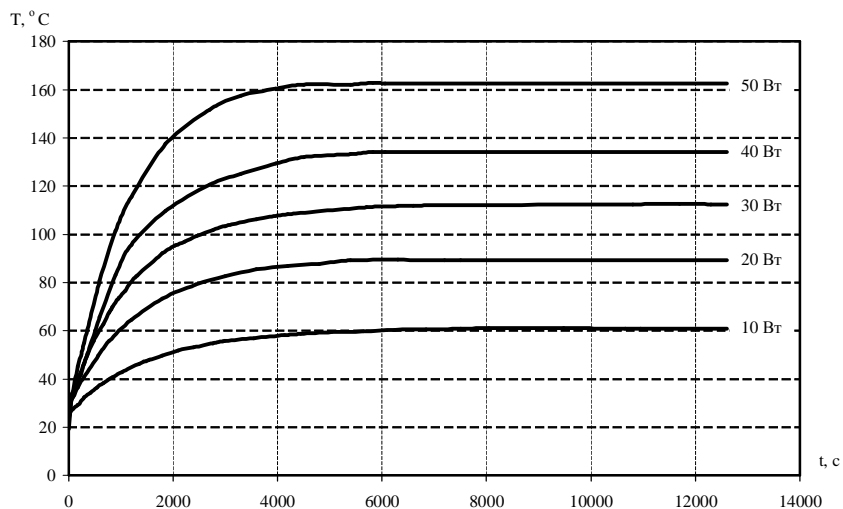


Рисунок 3 – Экспериментальные кривые разогрева резистора ТВО – 60

На рис. 3 приведены экспериментальные кривые нагрева резистора ТВО–60–51Ом при подводимых мощностях 10, 20, 30, 40 и 50 Вт. В течение экспериментов отклонение от приведенных значений мощности не превышало 3%. Приведенные кривые были сняты в точке с координатами (0,0).

На рис. 4 показаны графики распределения температуры по поверхности резистора в точках, показанных на рис. 2. Графики распределения построены для подводимой мощности $P = 10$ Вт в относительных координатах, определяемых по следующим соотношениям:

$$x^* = x/40; \quad (4)$$

$$y^* = y/20; \quad (5)$$

$$T^* = T(x^*, y^*)/T(0,0), \quad (6)$$

где x^* , y^* – относительные координаты; x , y – физические координаты в мм; T^* – относительная температура; $T(x^*, y^*)$ – температура, зафиксированная в точке (x^* , y^*); $T(0,0)$ – температура в центре исследуемой поверхности резистора.

Для определения коэффициента теплоотдачи α воспользуемся соотношением (1) при $t \rightarrow \infty$, что соответствует установлению баланса между выделяющейся в резисторе энергией и энергией, отдаваемой поверхностью резистора во внешнюю среду. В этом случае

$$\alpha = \frac{P}{S(T_y - T_0)}, \quad (7)$$

где $P = UI = I^2 R$ – подводимая мощность; T_y – установившееся значение температуры (см. рис. 3).

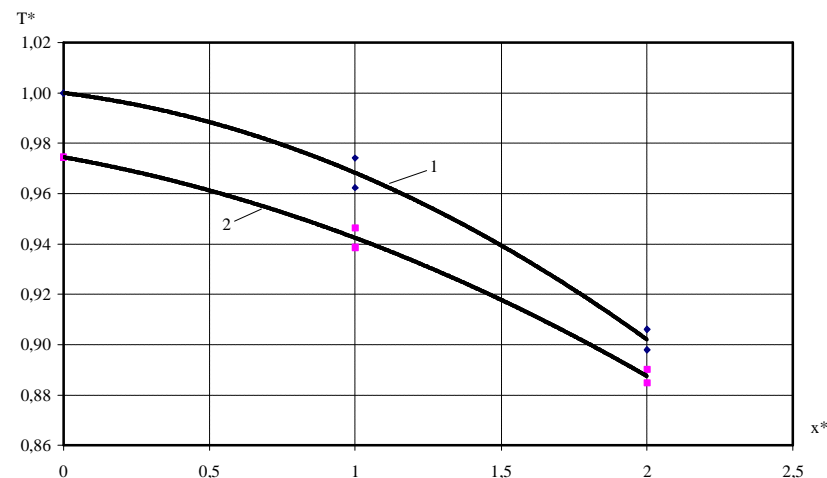


Рисунок 4 – Изменение относительной температуры: 1 – при $y^* = 0$; 2 – при $y^* = \pm 1$

Как видно из рис. 4, различие температуры точек поверхности достигает 12%, поэтому, в качестве установившегося значения температуры поверхности T_y , принималось усредненное значение. Усреднение температуры производилось несколькими способами.

По первому варианту T_y определялась, как среднее арифметическое четырех значений в центрах боковых граней резистора.

$$T_y = \sum_{j=1}^4 T_j / 4, \quad (8)$$

где T_j – температура в центре j -ой боковой грани.

Во втором варианте в качестве T_y принималась средне взвешенная величина:

$$T_y = \sum_{j=1}^4 T_j S_j / \sum_{j=1}^4 S_j, \quad (9)$$

где T_j и S_j – соответственно температура в центре j -ой боковой грани и ее площадь.

Для определения T_y по 3-м и 4-м варианту было использовано распределение относительной температуры по одной из поверхности резистора (см. рис. 4).

В третьем варианте площадь больших граней резистора была разбита на прямоугольные площадки с центрами в точках (-2,0), (-1,0), (0,0), (1,0) и (2,0), расположенных на оси x^* (см. рис.2). Вычисление T_y производилось по формуле (8) с учетом того, что температура этих граней определялась как

$$T_j = \sum_{k=1}^5 T_k^* T_j^0 S_k / S_j, \quad (10)$$

где T_k^* – относительная температура в k -ой точке; T_j^0 – температура в центре j -ой грани; S_k – площадь прямоугольной площадки с центром в k -ой точке; S_j – площадь j -ой грани.

В четвертом варианте площадь больших граней резистора разбита на прямоугольные площадки с центрами в точках, показанных на рис. 2. Вычисление T_y производилось по формуле (8) с учетом того, что температура этих граней определялась как

$$T_j = \sum_{k=1}^{15} T_k^* T_j^0 S_k / S_j. \quad (11)$$

Учитывая, что ни один из рассмотренных вариантов не может претендовать на абсолютную точность, значение T_y , вычисленные по ним, в дальнейшем рассматривались как выборка случайной величины.

Результаты расчета коэффициента теплоотдачи α , выполненные с использованием (8)–(11) показаны на рис. 5. Как видно из рисунка, в интервале рабочих температур коэффициент теплоотдачи изменяется до 30 %.

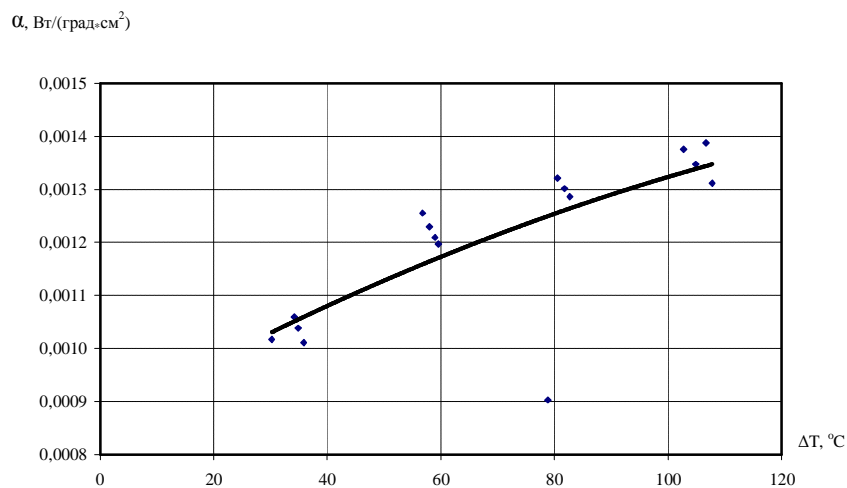


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента теплоотдачи α от перегрева резистора

Средняя теплоемкость резистора может быть определена из выражения (2) как

$$cm = \tau \alpha S. \quad (12)$$

Проведенные по (12) расчеты, при принятии гипотезы о постоянстве средней теплоемкости в процессе нагрева, позволили получить следующее ее

значение

$$cm = 380,62 \text{ Дж/град,}$$

и среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_{cm} = 2565 \text{ Дж/град.}$$

Выводы.

- 1 В работе получены экспериментальные кривые разогрева резистора ТВО-60 при подводимых мощностях 10, 20, 30, 40 и 50 Вт, позволяющие рассчитать теплофизические характеристики резистора.
- 2 Определено распределение температуры по большей грани резистора.
- 3 Установлено, что величина теплоемкости резистора ТВО-60 находится в интервале значений $(380,6 \pm 76,5)$ Дж/град.
- 4 Построена зависимость коэффициента теплоотдачи от перегрева резистора.

Полученные в работе данные могут быть использованы для проведения электротеплового расчета резисторов ТВО-60 при длительном протекании тока и оценки нагрева их поверхности при импульсных режимах работы.

Список литературы: 1. Смирнов С.М. Генераторы импульсов высокого напряжения : монография / С.М.Смирнов, П.В.Терентьев. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 240 с. 2. Зинкевич Н.М. Перегрузочная способность резисторов / Зинкевич Н.М // Электронная техника. – 1970. – № 1. – С. 73-83. 3. Караев Г.С. Способ экспериментально-расчетного определения тепловых параметров резисторов / Г.С.Караев, В.А.Квятковский, В.А.Ловков // Электронная техника. – 1980. – С. 24-26. 4. Петков А.А. Усовершенствование разрядных цепей генераторов больших импульсных токов с учетом критериев их надежности: дис. на соискание учен. степени канд.техн.наук: спец. 05.09.13 «Техника сильных электрических и магнитных полей» / Петков А.А.; Национальный технический университет «ХПИ». – Харьков, 2004. – 205 с. 5. Баранов М.И. Предельные характеристики по рассеиваемой импульсной мощности и энергии высоковольтных керамических объемных резисторов типа ТВО – 60 / Баранов М.И., Бочаров В.А., Носенко М.А. // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Техника и электрофизика высоких напряжений. – Харьков: НТУ «ХПИ». – № 20. – 2007. – С. 45-55. 6. Руденко С.С. Тепловые процессы в резисторах при протекании импульсных токов / С.С. Руденко, А.А. Петков // III Університетська науково-практична студентська конференція магістрантів Національного технічного університету «ХПІ» (14-16 квітня 2009 року): тези доповідей. – Ч. 2. – Харків: НТУ «ХПІ», – 2009. – С. 114-116.

Поступила в редколлегию 07.11.2009

УДК 621.396.2

А.А.СЕРКОВ, докт.техн.наук, профессор, НТУ «ХПИ»;
Н.Ф.ЛОГВИНЕНКО, канд.техн.наук, доцент, ХНУВД, Харьков

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К СОЗДАНИЮ ТЕОРИИ ЦЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ

На ґрунті проведеного системного аналізу розглянуто теоретичний, методологічний, системний та