

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вологодский государственный университет»

Институт машиностроения, энергетики и транспорта
(наименование института)

Кафедра «Управляющих и вычислительных систем»
(наименование кафедры)

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

Дисциплина	Техника высоких напряжений
Наименование темы	Определение электрофизических параметров конденсатора
Код работы	_____
	код, наименование направления подготовки /специальности, программы, код кафедры, регистрационный номер по журналу, год
Руководитель	_____
	(уч. степень, звание, должность, Ф.И.О)
Выполнили студенты	Агеев М.Д.
	(Ф.И.О)
Группа, курс	ЭС-31
Дата сдачи	_____
Дата защиты	_____
Оценка по защите	_____
	(подпись преподавателя)

Вологда
2023 г.

В цепях постоянного тока через твердый диэлектрик протекает незначительный ток, обусловленный движением свободных носителей зарядов (электронов, ионов), который называется током утечки или током проводимости. Этот ток равен сумме объемного (I_v) и поверхностного (I_s) токов, величина каждого из которых зависит от приложенного напряжения U и сопротивления данного диэлектрика (объемного R_v и поверхностного R_s , соответственно).

Объемное (R_v) и поверхностное (R_s) сопротивления образца прямоугольной формы вычисляются по следующим формулам:

$$R_v = \rho \frac{h}{ab}, \quad (1.1)$$

$$R_s = \rho_s \frac{h}{2(a+b)}, \quad (1.2)$$

где ρ , ρ_s – удельное объемное и поверхностное сопротивления диэлектрика;

a , b – геометрические размеры пластин конденсатора; h – толщина диэлектрического слоя.

Диэлектрическими потерями называется мощность, рассеиваемая в диэлектрике при воздействии на него электрического поля и вызывающая его нагрев. При постоянном напряжении нагрев диэлектрика обусловлен только током утечки и пропорционален его квадрату.

При переменном напряжении нагрев диэлектрика зависит также от активной составляющей поляризационного тока, и определяются углом диэлектрических потерь $tg\delta$. Активная мощность (P_a), рассеиваемая в диэлектрике, равна.

$$P_a = U^2 \omega C tg\delta, \quad (1.3)$$

где U – напряжение, приложенное к конденсатору; ω – круговая частота питающего напряжения; $tg\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь; C – емкость плоского конденсатора.

Емкость плоского конденсатора равна

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}, \quad (1.4)$$

где ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, равная $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; S – площадь пластин

конденсатора; h – расстояние между пластинами (толщина диэлектрического слоя).

В электроизоляционных материалах диэлектрические потери характеризуют удельными потерями ρ , равными

$$\rho = \frac{P_a}{V}, \quad (1.5)$$

где V – объем диэлектрического слоя .

Результаты вычислений.

$$\begin{aligned}
 a &:= 0.4 \\
 b &:= 0.15 \\
 h &:= 0.0014 \\
 U &:= 900 \\
 f1 &:= 50 \\
 f2 &:= 500000 \\
 \Sigma r &:= 2.15 \\
 p &:= 2.5 \\
 P_s &:= 5 \\
 \text{tg} \delta &:= 2.4 & \text{ctg} \delta &:= 0.42 \\
 R_v &:= p \cdot \frac{h}{a \cdot b} = 0.058 \\
 R_s &:= P_s \cdot \frac{h}{2(a+b)} = 6.364 \times 10^{-3} \\
 S &:= a \cdot b = 0.06 \\
 \omega &:= 2\pi f1 = 314.159 \\
 \Sigma 0 &:= 8.85 \cdot 10^{-12} \\
 V &:= a \cdot b \cdot h = 8.4 \times 10^{-5} \\
 C &:= \Sigma r \cdot \Sigma 0 \cdot \frac{S}{h} = 8.155 \times 10^{-10}
 \end{aligned}$$

Задание 3

$$U1 := 220 \quad f := 20$$

$$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f \quad \omega = 125.664$$

$$Pa1 := U1^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \operatorname{tg}\alpha \quad Pa1 = 3.34 \times 10^{-4}$$

$$p2 := \frac{Pa1}{V} \quad p2 = 1.868$$

График зависимости диэлектрических потерь от частоты питающего напряжения

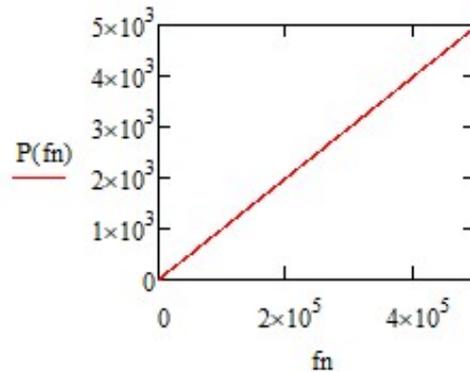
$$P_a := U^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta = 0.498$$

$$\rho := \frac{P_a}{V} = 5.929 \times 10^3$$

+

$$P(\operatorname{fn}) := U^2 \cdot 2\pi \cdot \operatorname{fn} \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$\operatorname{fn} := 50, 1050 \dots 500000$$



1. Исходя из того, что часть электроэнергии неизбежно теряется в изоляторе, был введён термин «диэлектрические потери» – необратимый процесс преобразования в теплоту энергии электрического поля, пронизывающего диэлектрическую среду, То есть, это электрическая мощность, направленная на нагревание изоляционного материала, пребывающего в зоне действия электрического поля.

2. При прохождении переменного тока переменное магнитное поле возникает как вокруг проводника, так и внутри него. При этом потокосцепление максимально для внутренних слоев и минимально для внешних слоев. Поэтому ЭДС самоиндукции оказывается максимальной в центре проводника и уменьшается в направлении к поверхности. Соответственно, и плотность тока наиболее значительно ослабляется в центральной части проводника и в меньшей степени — у поверхности, иначе говоря, происходит вытеснение тока к поверхности проводника. Оно тем сильнее, чем выше частота.

4. Для твердых диэлектриков характерны два основных вида диэлектрических потерь:

- потери на электропроводность (иначе они называются омическими потерями или потерями сквозной проводимости), которые обусловлены протеканием через диэлектрик тока сквозной проводимости

- релаксационные потери, связанные с релаксационными видами поляризации и обусловленные активной составляющей абсорбционного тока.

Кроме указанных основных видов в диэлектриках могут возникать:

- потери, вызванные неоднородностью строения (проводящими включениями, слоистостью и т. п.) и обусловленные миграционной поляризацией, которая характерна для композиционных и слоистых диэлектриков;
- ионизационные потери, возникающие в пористых диэлектриках вследствие наличия в них газовых включений;
- резонансные потери, характерные для частот, совпадающих с собственными частотами колебаний электронов и ионов

5. Диэлектрические потери в неполярных жидкостях обусловлены только электропроводностью, если жидкость не содержит примесей с дипольными молекулами. Удельная проводимость нейтральных чистых жидких диэлектриков чрезвычайно мала, благодаря чему малы и диэлектрические потери. Примером может служить тщательно очищенное трансформаторное масло, $\text{tg}\delta$ которого при частоте 50 Гц составляет около 0,001.

7. Для оценки проводимостей пользуются значениями удельного объемного сопротивления r и удельного поверхностного сопротивления r_s . По этим показателям определяют удельную объемную проводимость и удельную поверхностную проводимость.