

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОЦЕССА ПОЛЯРИЗАЦИИ

**В.С. Афонин**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
г. Барнаул

В статье рассматривается возможность использования электрострикционного эффекта для определения свойств диэлектрических материалов в электрическом поле заряженного конденсатора. Приведены расчеты энергии электрострикции при различном расположении вещества в электрическом поле емкостного преобразователя. На основании приведенных расчетов сделан вывод о оптимальном построении емкостного преобразователя.

**Ключевые слова:** электрическое поле, поляризация диэлектрика, электрострикция, сила, емкостный преобразователь.

Для определения различных свойств диэлектрических материалов широко используется процесс поляризации диэлектрика в электрическом поле. Примерами могут служить: измерение влажности веществ [1], диэлектрическая спектроскопия [2] и другие. Процесс поляризации является причиной силового воздействия электрического поля на диэлектрик. Вследствие этого все диэлектрики в электрическом поле испытывают деформацию. Это явление называется электрострикция [3]. Величина этого явления очень мала, что на первый взгляд не позволяет полагать его в основе методов измерения свойств диэлектрических материалов. В данной работе ставится **целью** определение возможности использования электрострикционного эффекта для разработки методов измерения свойств диэлектрических материалов.

Диэлектрик в электрическом поле испытывает силу, стремящуюся растянуть его при условии, что его диэлектрическая проницаемость вещества больше диэлектрической проницаемости среды [3]:

$$F = \frac{1}{8\pi} E^2 \tau \frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau},$$

где  $E$  – напряженность электрического поля в веществе,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость вещества,  $\tau$  – плотность вещества. Сила, действующая на диэлектрик, связана с неоднородностью диэлектрической проницаемости среды и величиной электрического поля  $E$ . Электрострикционной силе противодействуют упругие свойства вещества диэлектрика. Таким образом, диэлектрик в электрическом поле испытывает растяжение (изменение геометрических размеров), вели-

чина которого связана с коэффициентом жесткости (модулем упругости) диэлектрика и его размерами.

Энергия, потраченная полем на изменение размеров диэлектрика, может быть рассчитана с помощью величин электрострикционной силы и модуля упругости диэлектрика  $R$ :

$$W = F \cdot \Delta x \cdot S = \frac{\left(\frac{1}{8\pi} E^2 \tau \frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau}\right)^2}{R}.$$

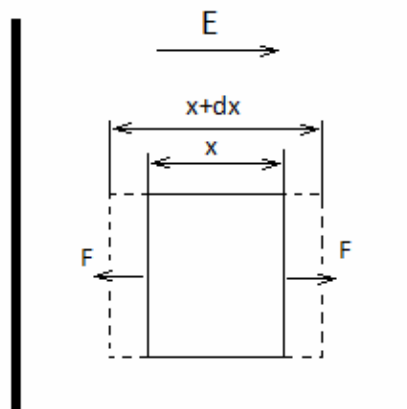


Рисунок 1 – Растяжение диэлектрика в электрическом поле

Напряженность электрического поля связана как с напряжением, подведенным к электродам емкостного преобразователя (ЕП), так и с их геометрическим расположением. Таким образом, расположение исследуемого материала в измерительном конденсаторе (ЕП) и его размеры будут существен-

но влиять на мощность измерительного сигнала и в конечном итоге на чувствительность метода. Такое влияние связано с квадратичной зависимостью электрострикционного эффекта от величины напряженности электрического поля. При постоянном напряжении между электродами ЕП вектор напряженности будет зависеть от расстояния между электродами. Чем меньше расстояние, тем более сильное поле. Межэлектродное пространство заполняется исследуемым материалом. При рассмотрении вариантов заполнения ЕП сыпучим веществом с постоянным гранулометрическим составом были сделаны расчеты параметров измерительного конденсатора при изменении размеров диэлектрика.

Частицы материала в ЕП могут быть расположены вдоль его электродов таким образом, что расстояние между электродами будет равно величине частицы с небольшим воздушным зазором (параллельное заполнение). Заполнение межэлектродного пространства частицами сыпучего вещества производится таким образом, что расстояние между электродами будет исчисляться размером частицы с воздушным зазором умноженным на количество частиц в измерительном конденсаторе (последовательное заполнение).

Для расчета были рассмотрены варианты организации измерительного конденсатора с сыпучим веществом количеством от 1 до 10 частиц размером 5х5 мм и воздушным зазором 1 мм.

При параллельном заполнении электрическое поле внутри диэлектрика при напряжении между электродами ЕП в 300 В составляет 3300 В/м при любом количестве частиц. Сила, действующая на каждую частицу вещества, будет также одинаковой для всех частиц и составит 6 мН.

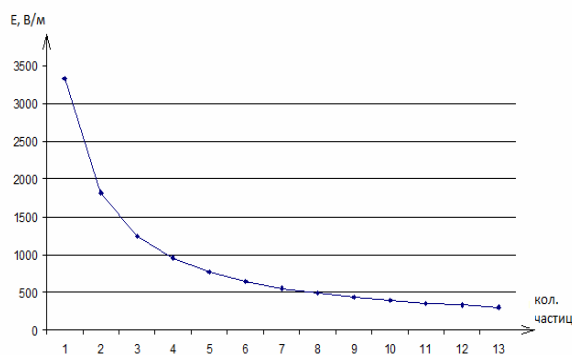


Рисунок 2 – Зависимость напряженности электрического поля в диэлектрике

от количества частиц, расположенных последовательно

Последовательное расположение соответствует изменению величины электрической напряженности в диэлектрике и силы, растягивающей каждую частицу, в соответствии с рисунком 2.

Такие результаты связаны с увеличением межэлектродного пространства при заполнении его веществом и как следствие – уменьшение напряженности электрического поля.

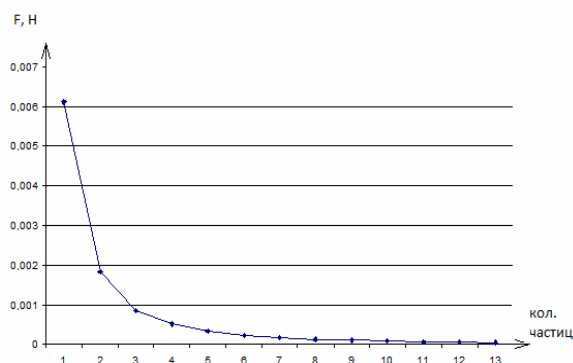


Рисунок 3 – Зависимость силы, действующей на диэлектрик, от количества частиц, расположенных последовательно

Силовое воздействие уменьшается с квадратичной зависимостью. Уменьшение силы приведет к уменьшению эффекта, а это значит – к уменьшению работы, произведенной по растяжению диэлектрика. Произведенная работа отразится в изменении электрической емкости измерительного конденсатора, измерению величины которого посвящены множество методов [4]. Для однозначного выбора размеров ЕП и расположения в нем диэлектрического вещества следует определить изменение электрической емкости измерительного конденсатора при проявлении эффекта электрострикции. Зависимости изменения емкости ЕП от количества в нем частиц с различным расположением приведены на рисунке 4.

Таким образом, при параллельном расположении частиц сыпучего материала в ЕП и увеличении площади его электродов возможно получение мощности измерительного сигнала достаточной для его дальнейшего анализа.

**Вывод:** При решении ряда вопросов, касающихся реализации методов измерения, математических моделей исследуемых мате-

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОЦЕССА ПОЛЯРИЗАЦИИ

риалов, представляется возможным использование явления электрострикции для бесконтактного определения упругих свойств ма-

териала и параметров, связанных с этими свойствами.

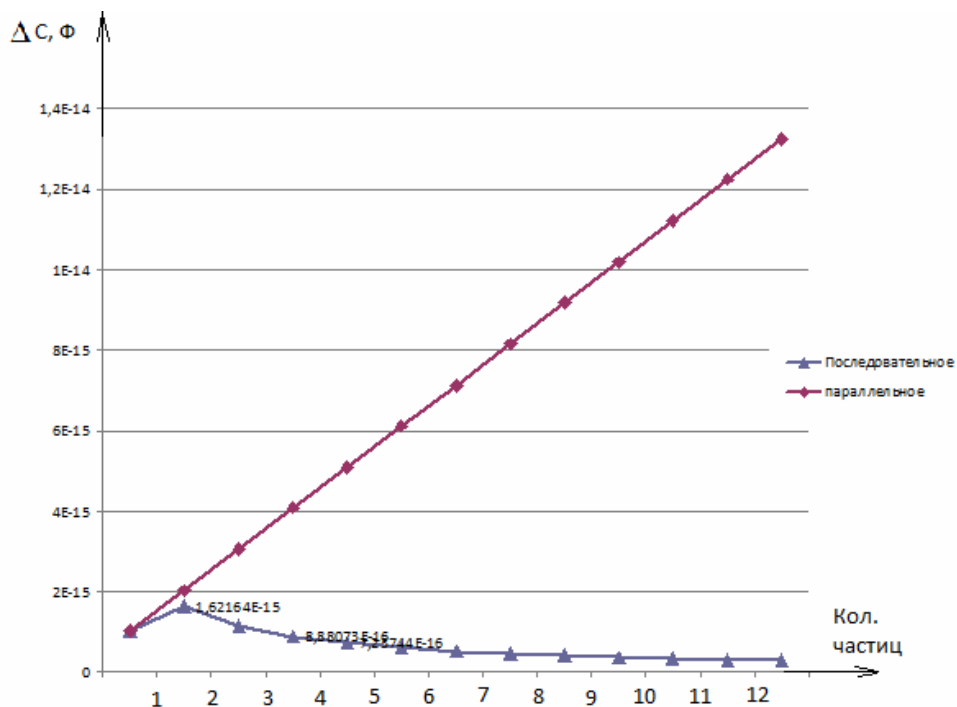


Рисунок 4 – Зависимости изменения емкости ЕП от количества в нем частиц с различным расположением

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлинер М.А. Измерения влажности. - М.: Энергия. - 1973. - 400 с.
2. Гусев Ю.А. Основы диэлектрической Спектроскопии. Учебное пособие. – Казань 2008. – 105 с.
3. Губкин А.Н. Физика диэлектриков. Учебное пособие для вузов. - М.: «Высшая школа». – 1971. – 272 с.

4. Трансформаторные измерительные мосты. / Под ред. К.Б. Карандеева. - М.: Энергия. – 1970. - 280 с.

**Афонин Вячеслав Сергеевич – к.т.н., доцент,  
тел.: (3852) 29-09-13, e-mail: afonin@mail.altstu.ru**