

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ И СВОЙСТВ СРЕДЫ

Матюшенко А.Д., Ярохович Д.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Кисель В.В. – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики

В данной работе экспериментально исследуется влияние определенных физических свойств среды и условий на характер распределения потенциалов электростатического поля. Применяется способ графического изображения полей с помощью поверхностей равного потенциала

Как известно, электростатическое поле в каждой точке характеризуется вектором напряженности \vec{E} и потенциалом φ , которые зависят от величины зарядов и их взаимного расположения. Напряженность поля \vec{E} и потенциал φ связаны между собой соотношением (1)

$$\vec{E} = -grad\varphi \quad (1)$$

В силу последнего обстоятельства описание электростатического поля, его действия на заряженные тела может производиться как с помощью величины \vec{E} так и φ [1]. На практике в подобных случаях может отдаваться предпочтение тому или иному варианту описания указанных полей.

Графическое изображение электростатических полей может быть представлено как с помощью линий напряженности, так и эквипотенциальных линий(поверхностей).

Эквипотенциальными называются поверхности, во всех точках которых потенциал имеет одно и то же значение[2]. Линии напряженности всегда перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям и направлены в сторону убывания потенциала.

Если в электростатическом поле точки с равными потенциалами будут соединены, то формируются поверхности равного потенциала или же эквипотенциальные поверхности.

Для нахождения эквипотенциальных поверхностей электростатического поля применяется электролитическая ванна, представляющая собой плоский сосуд, наполненный слабо проводящим электролитом, в который помещаются электроды. Обычная водопроводная вода также является электролитом, поскольку в ней присутствуют примеси различных солей, которые под действием полярных молекул воды превращаются в положительные или отрицательные ионы, выступающие переносчиками тока. Если к электродам приложить напряжение, то в пространстве между электродами возникнет электростатическое поле и по электролиту потечет слабый ток. Потенциал зонда определяется с помощью цифрового мультиметра. В данной работе для определения потенциала некоторой точки поля в эту точку помещаем зонд, который принимает значение потенциала в этой точке.

Во всех экспериментах кроме тех случаев, где оговорено специально, на источнике потенциал равен 20,6 В. Расстояние между электродами 20 см. Объем жидкости был 300 мл в меньшем сосуде, 600 мл в большем сосуде(соблюдалось пропорциональное изменение объема для сохранения одинаковой высоты слоя воды и площади контакта соответственно). Максимально наглядное изображение поля будет представлено, если отмечать эквипотенциальные линии с равными изменениями потенциала. В зависимости от эксперимента и его условий значения потенциалов в выбранных точках зафиксировались на миллиметровой бумаге, а для удобства визуального восприятия проведена оцифровка (в Adobe Illustrator).

Результаты измерений и анализ.

1. Изменение формы ванночки. Производились изменения параметров емкости.

1) Стекланный сосуд 30*20 см.

2) Пластиковый сосуд 37*26 см.

Оба сосуда являются диэлектриками. Геометрия эквипотенциальных линий незначительно, но меняется в зависимости от параметров ванночки. В последующих этапах эксперимента основные измерения проводились в меньшем стеклянном сосуде.

2. Напряжения источника тока.

1) 10,3 В.

2) 20,6 В.

3) 30,9 В.

Отслеживается прямо пропорциональную зависимость потенциала от напряжения в каждой соответствующей точке на графике, при этом геометрия эквипотенциальных линий незначительно меняется. Соответственно, потенциал в двух одинаковых по координатам точках при подключенном постоянном токе прямо пропорционален изменению напряжения источника.

3. Параметры электрода.

1) Гвоздь(сталь) 5*0,25 см.

2) Пластины(уголь) 6*2*0,5 см.

В зависимости от параметров электрода, изменяется геометрия эквипотенциальных линий. Также, в зависимости от свойств проводимости материала, из которого изготовлены электроды, и площади контакта, меняется потенциал.

4. Температура.

- 1) Комнатная 20°C.
- 2) Горячая 70°C.
- 3) Холодная 5°C.

Просматривается определенная зависимость потенциала в точке от температуры жидкости. Потенциал в соответствующих точках при температуре 70°C больше, чем при температуре 20°C, в свою очередь, потенциал при 20°C больше, чем при температуре 5°C. Таким образом, чем больше температура среды, тем выше потенциал в точках. Связано это с тем, что сопротивление воды уменьшается, следовательно, проводимость воды с ростом температуры увеличивается, что, в свою очередь, позволяет лучше проводить ток и увеличивает потенциал.

5. Расстояние между электродами.

Изменялось расстояние между самими электродами. Расстояния между электродами L принимали следующие значения: 20 см и 33 см.

Прослеживается следующая закономерность: чем меньше расстояние между электродами, тем больше густота линий в центральной части поля и меньше на периферии.

6. Жидкость.

- 1) Вода(водопроводная).

Все основные этапы эксперимента проводились именно с водой. В нашем случае вода является примером слабо проводящего электролита. Из-за некоторого содержания примесей в виде солей в водопроводной воде она хорошо подходит, чтобы быть основной жидкостью в данном эксперименте. На протяжении всего времени происходил процесс электролиза, что мешало в некоторых дальнейших измерениях.

- 2) Дистиллированная вода.

Экспериментально установлено, что во всех точках потенциал был равен 0. Связать это можно с отсутствием в дистиллированной воде примесей в виде соли, из-за чего отсутствует проводимость.

- 3) Уксус.

Проводимость уксуса больше проводимости воды, следовательно в соответственных точках величина потенциала больше в среднем на 0,5 В.

- 4) Водный раствор соли.

В процессе эксперимента из-за повышенной концентрации соли в воде шёл интенсивный процесс электролиза. Мы не смогли сделать точные замеры, хотя, предположительно, при повышении концентрации соли в воде проводимость увеличивается, и, как следствие, потенциал в соответствующих точках увеличивается.

- 5) Масло подсолнечное.

Во время эксперимента установлено, что масло обладает очень низкой проводимостью, потенциал во всех точках был равен 0 В.

- 6) Спирт.

Аналогично спирт имеет крайне низкую проводимость и потенциал в точках при замерах был равен 0 В.

Проведено достаточное количество опытов в различных условиях. Установлено, что на характер эквипотенциальных линий влияют многие, на первый взгляд, не слишком значительные факторы. Проведен анализ результатов экспериментов, даны соответствующие физические объяснения. Можно отметить одно довольно интересное свойство эквипотенциальных линий – они могут располагаться плотнее и реже, но никогда не пересекаются. Густота эквипотенциальных линий пропорциональна напряженности поля. В свою очередь потенциал в соответствующих точках прямо пропорционален выходному напряжению источника. Также модуль потенциала зависит от внешних условий и условий среды, под действием которых изменяется проводимость среды. В соответствии с характером изменения напряжённости поля заряда эквипотенциальные поверхности при приближении к заряду становятся гуще. Там, где расстояние между эквипотенциальными поверхностями мало, напряженность поля велика, и наоборот.

Список использованных источников:

3. Савельев И. В., Курс физики : учеб. В 3 т. Т. 2: Электричество/ И. В. Савельев. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 42 с.
4. Савельев И. В., Курс физики : учеб. В 3 т. Т. 2: Электричество/ И. В. Савельев. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 46 с.