

## **УВЕЛИЧЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ, РАЗРАБОТАННОЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ**

**Г.П. ТАРИКОВ, В.В. КОМРАКОВ, П.Ф. СТАНКЕВИЧ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### **Введение**

При решении пространственных контактных задач с помощью электромоделлирующего комплекса возникает необходимость в проведении измерений плотности заряда на поверхности токопроводящего элемента, являющегося аналогом площадки контакта, в различных его точках. Зная значения плотности заряда в этих точках, применив критерии подобия, определяем величины контактных давлений в соответствующих точках площадки контакта.

Токопроводящий элемент находится на координатном столике, который перемещается с помощью механической передачи, приводящейся в действие электродвигателями.

Измерение плотности заряда производится с помощью зонда, который находится над токопроводящим элементом и подключен к измерительному устройству. В качестве измерительного устройства используется аналого-цифровой преобразователь звуковой карты.

Для ускорения процесса измерений возникает необходимость в его автоматизации.

### **Цель работы**

Разработка системы для автоматизации процесса измерения распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента при решении пространственных контактных задач с помощью электромоделлирующего устройства [1].

Программный комплекс для автоматизации процесса измерения распределения заряда.

### **Программный комплекс состоит из трех самостоятельных программ:**

- 1) программы управления процессом измерения распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента;
- 2) программы преобразования значений распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента и определения ее суммарного заряда;
- 3) программы построения трехмерного графика распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента.

Эти программы работают последовательно в порядке их перечисления.

Рассмотрим работу программного комплекса на примере решения задачи о контакте двух упругих тел, представляющих собой цилиндры одинаковых радиусов, оси которых расположены под углом 90 градусов. При этом площадка контакта имеет круговую форму [2], а ее аналог представляет собой набор концентрично расположенных токопроводящих колец, изолированных друг от друга (рис. 1).

### Программа управления процессом измерения распределения заряда по поверхности токопроводящего элемента

Для измерения плотности электрического заряда на поверхности токопроводящего элемента необходимо перемещать токопроводящий элемент, так как зонд неподвижен. При этом область сканирования может изменяться в зависимости от размеров токопроводящего элемента. Для реализации этих требований была написана программа на Delphi [3], которая подает сигналы на LPT порт компьютера. Эти сигналы, посредством специально изготовленной платы, включают и выключают электродвигатели. Плата также передает сигналы с концевых выключателей на LPT порт компьютера. Кроме того, сохранена возможность ручного управления электродвигателями. При этом ручное управление имеет приоритет по сравнению с компьютерным. Еще одна функция платы – блокировка электродвигателей при достижении координатного столика концевых выключателей, которая служит для предотвращения выхода из строя механической передачи и электродвигателей в случае зависания компьютера.

Управляющие сигналы, подаваемые программой на LPT порт в такой последовательности, чтобы электродвигатели перемещали координатный столик и, следовательно, расположенный на нем токопроводящий элемент относительно неподвижного зонда по схеме, показанной на рис. 1:

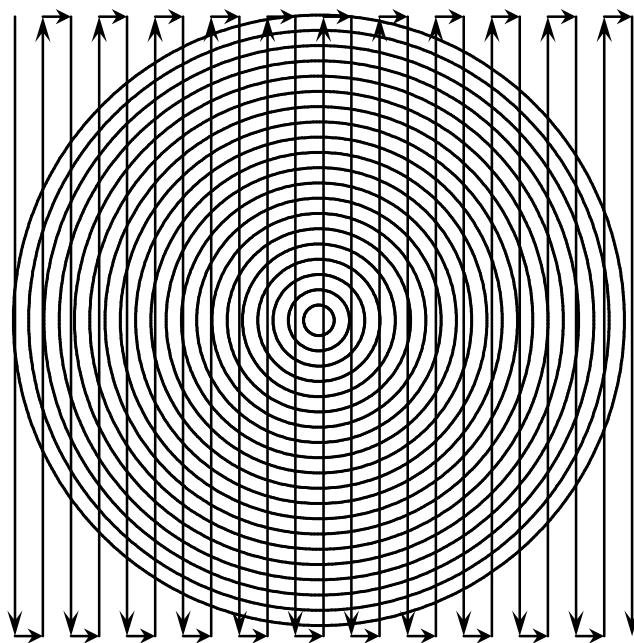


Рис. 1

Во время сканирования результаты измерений плотности заряда на поверхности токопроводящего элемента передаются в компьютер через звуковую карту и записываются в текстовый файл, который состоит из трех столбцов. В первом и втором столбцах расположены координаты точки, в третьем – значение напряженности поля в этой точке.

Для проведения измерений напряженности электрического поля используется зонд и аналого-цифровой преобразователь звуковой карты YAMANA 754. При электрических измерениях с помощью звуковой карты используется аппаратный и программный фильтры для фильтрации измеренного сигнала. Первым используется аппаратный фильтр для усиления сигнала и существенного уменьшения помех

окружающей электрической аппаратуры. Полоса пропускания этого фильтра 1–5 кГц. Далее применяется программный фильтр. Принцип действия этого фильтра основан на разложении полученного после аппаратного фильтра сигнала в ряд Фурье. Из множества гармоник выбирается гармоника, соответствующая частоте полезного сигнала. Полоса пропускания этого фильтра равна частоте полезного сигнала  $\pm 10$  Гц. В результате, отношение полученного после фильтрации сигнала к величине шума составило 30 дБ при первоначальной сопоставимости величин полезного сигнала и шума.

Рассмотрим работу программы управления процессом измерения распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента при решении пространственных контактных задач.

При этом необходимо задать следующие исходные данные:

1. Размеры токопроводящего элемента.
2. Размеры окна сканирования.
3. Размеры, определяющие расположение токопроводящего элемента относительно окна сканирования.

После запуска программы координатный столик перемещается в начальное положение, в котором координаты обнуляются. После этого начинается процесс сканирования. С помощью зонда производятся измерения по схеме, показанной на рис. 1. Причем измерение напряженности электрического поля и запись полученных результатов в файл осуществляется на участках работы двигателя продольных перемещений. По окончании работы рассмотренной программы запускается программа преобразования значений распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента и определения ее суммарного заряда.

#### **Программа преобразования значений распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента и определения ее суммарного заряда**

Из рис. 1 следует, что область сканирования имеет прямоугольную форму. Как правило, форма области сканирования не совпадает с формой токопроводящего элемента. Поэтому необходимо результаты измерений, полученные не над поверхностью токопроводящего элемента исключить из дальнейших расчетов. Для этих целей используется рассматриваемая программа. Для работы программы кроме данных, указанных выше и результатов работы предыдущей программы необходим графический bitmap файл с изображением формы токопроводящего элемента. Для рассматриваемой задачи изображение, хранящееся в файле, имеет форму круга.

По данным, находящимся в исходном текстовом файле, с учетом формы и размеров токопроводящего элемента генерируется новый текстовый файл цифровых данных, подсчитывается суммарный заряд токопроводящего элемента. При этом результаты измерений, полученные не над поверхностью токопроводящего элемента обнуляются.

#### **Программа построения трехмерного графика распределения заряда на поверхности токопроводящего элемента**

Для визуализации результатов измерений и представления их в виде трехмерного графика разработана специальная программа.

По вновь полученным данным строится трехмерный цветной график поверхности, описывающей распределение заряда. График строится с применением графической библиотеки OpenGL в 24 битном цвете (около 16,5 млн цветов), что позволяет оценить самые незначительные изменения значений электрического заряда. Цвет графика зависит от плотности заряда в рассматриваемой точке. В программе предусмотрено три режима просмотра полученного графика: объемный

график в пространстве (рис. 2), плоский график в пространстве (рис. 3), плоский график на плоскости (рис. 4).

Кроме того, для каждого из режимов существует три способа изображения графика: график изображен с градиентной заливкой поверхности (рис. 3, 4), график изображен в виде сетки поверхности, график изображен в виде точек (рис. 2).

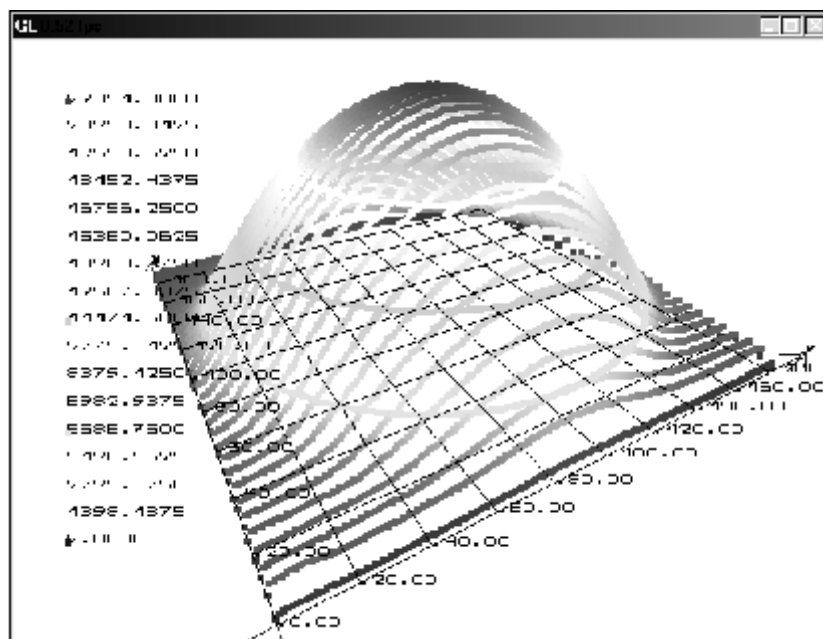


Рис. 2

В программе предусмотрено большое количество возможностей по просмотру отдельных фрагментов полученного графика, что позволяет получить более полное представление о распределении электрического заряда по поверхности токопроводящего элемента.

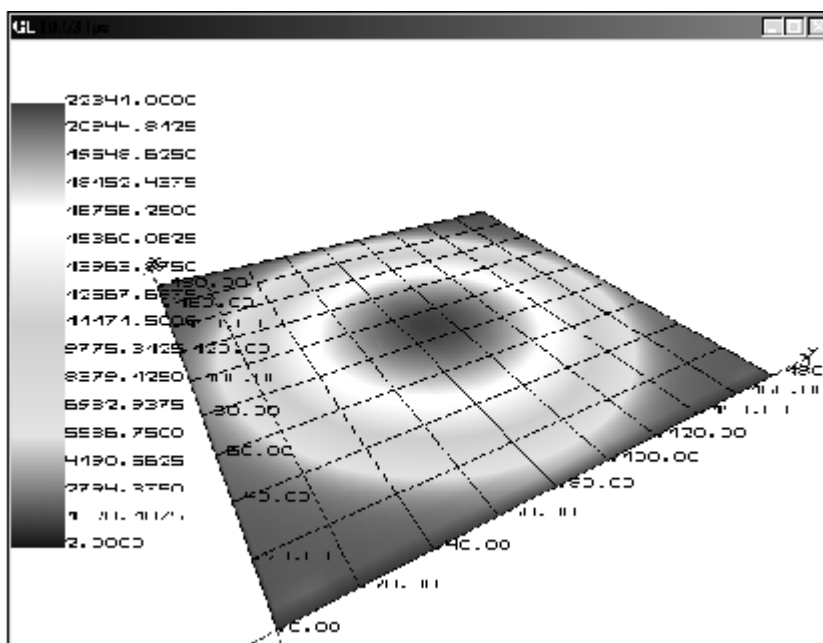


Рис. 3

