

MATLAB, КАК СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

А. А. Григорьев

Минск, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Технологические схемы учебно-образовательного процесса физической направленности в техническом вузе не только дают его образное представление для студентов, но и являются направляющими для принятия своевременных педагогических решений по конкретизации исходных принципов и идей обучения. Они являются необходимым звеном для составления методических схем, направленных на рационализацию и индивидуализацию процесса обучения. В педагогической технологии акцент делается на процессуальные и инструментальные аспекты обучения, на продуктивную деятельность студентов. В результате успешного внедрения значительно усиливается организованность учебного процесса, целенаправленное руководство им, рационально осуществляется деятельность его участников, усиливается обратная связь.

При обучении дисциплинам по курсу физика в техническом вузе необходимо использовать программное обеспечение, которое может являться средой общения, редактирования математических объектов, моделирования процессов и средством презентации материала в лекционном режиме.

Для технологизации процесса подготовки студентов предлагается использовать *MATLAB* – пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования. Данный пакет ориентирован на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением. *MATLAB* предназначается для проектирования систем управления и во многих других научных и инженерных областях, используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования. *MATLAB* достаточно удобно использовать в образовании, в частности, для преподавания линейной алгебры и численных методов.

В качестве прикладной задачи рассмотрим построение численной модели движения частиц с одним типом заряда в скрещенных электрическом и магнитном полях, что является модельной задачей для эффекта Холла. Для визуализации физических процессов воспользуемся следующими возможностями *MATLAB*: решение системы дифференциальных уравнений, построение интерполяционных кривых для функций координат и скоростей, построение анимированных графиков пространственных положений заряженных частиц.

Для численного решения системы дифференциальных уравнений, применим метод Рунге-Кутты 4-го порядка, которому в среде *MATLAB* соответствует встроенная функция:

$$[t, F] = \text{ode45}(@right, tspan, F0)$$

где $F0$ – вектор начальных скоростей и координат; $tspan = [0, 0.45]$ – начальное и конечное значения времени; $@right$ – векторная функция, составленная из выражений правых сторон системы дифференциальных уравнений для проекций скоростей и координат. Временной интервал и количество разбиений N специально подбираются таким образом, чтобы при данных значениях первоначальных величин q, m, E, B можно было наблюдать необходимую нам картину, в данном случае момент, когда траектория заряженной частицы только касается электрически заряженной поверхности проводника (конденсатор).

Для анализа траектории движения частицы перейдём от векторной формы 2-го закона Ньютона к системе дифференциальных уравнений 1-ого порядка для проекций скоростей и координат.

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{q \cdot B \cdot v_y}{m}, \quad \frac{dv_y}{dt} = \frac{q}{m} (B \cdot v_x - E), \quad \frac{dv_z}{dt} = 0,$$

$$\frac{dx}{dt} = v_x, \quad \frac{dy}{dt} = v_y, \quad \frac{dz}{dt} = v_z$$

На Рис.1 представлены траектории движения заряженных частиц в зависимости от величины напряжённости поперечного электрического поля E . Приведённые формы траекторий являются фрагментами анимационного процесса в среде *MATLAB*. Параметром анимации является шаг наращивания величины напряжённости электрического поля.

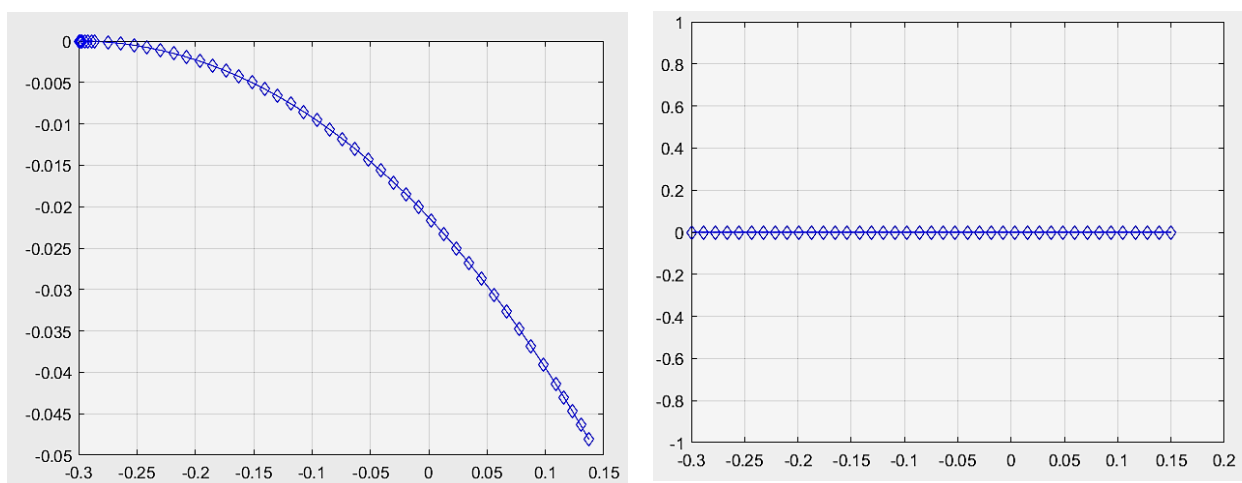


Рисунок 1 – Форма траектории движения заряженных частиц при значении напряжённости электрического поля 0 В/м и 0,25 В/м, соответственно.

Из рисунков следует, что чем больше значение напряжённости электрического поля, тем слабее смещение частицы по оси OY . Перейдём к определению величины поперечного тока. Данный ток создаётся частицами, попадающими на стенки проводника, а его величина определяется потоком вектора плотности тока.

$$I = \int_0^{S_a} \vec{j} d\vec{S}$$

где $\vec{j} = qn_e \cdot \vec{v}$, $d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$, n_e – концентрация частиц, \vec{v} – скорость частиц.

Наша задача состоит в построении графиков зависимости поперечного тока от тока в проводнике и получении интерполяционных функций для них. Аппроксимация в *MATLAB* по методу наименьших квадратов осуществляется с помощью встроенной функции *polyfit*.

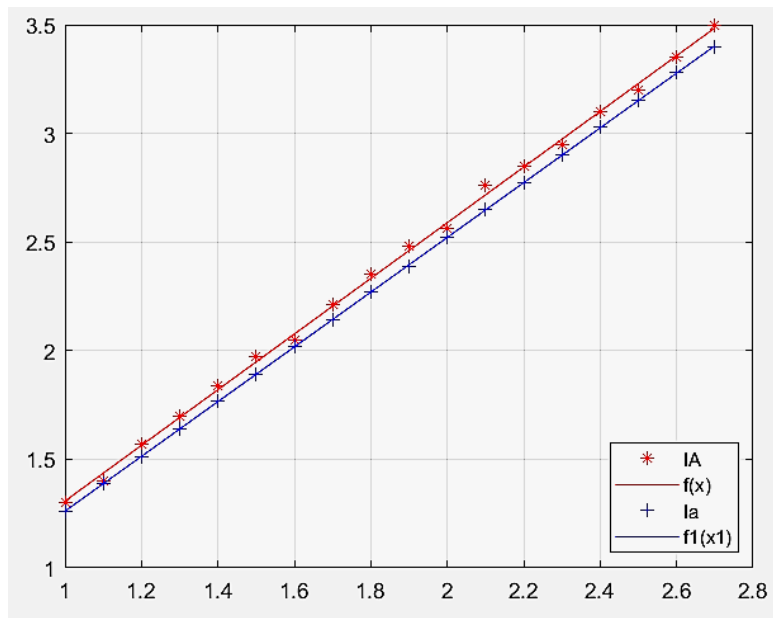


Рисунок 2 – Графики зависимости поперечного тока от тока в проводнике и интерполяционные кривые для модельных и экспериментальных данных; $f(x)$ – интерполяционная кривая для модельных значений; $f1(x1)$ – интерполяционная кривая для экспериментальных значений.

Наблюдаем хорошее совпадение результатов моделирования и эксперимента.

Информационные технологии в техническом университете дают возможность использовать компьютерные системы не только как средство обучения, но и как средство усиления интеллекта студентов, улучшения их развития. Эти системы используются как средства управления учебным процессом и презентации учебного материала и, кроме того, – как средство телекоммуникации.