

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Константинов А.П.,
научный руководитель канд. техн. наук Панько В. С.
Сибирский федеральный университет

Данная работа была проделана с целью наглядно отобразить электродинамические явления, возникающие при распространении электромагнитных колебаний в различных средах, для использования в преподавании курса «Электродинамика и распространение радиоволн». В результате был разработан набор программ в среде MATLAB [1] для представления электромагнитных процессов.

Первая программа посвящена распространению плоской волны в различных средах.

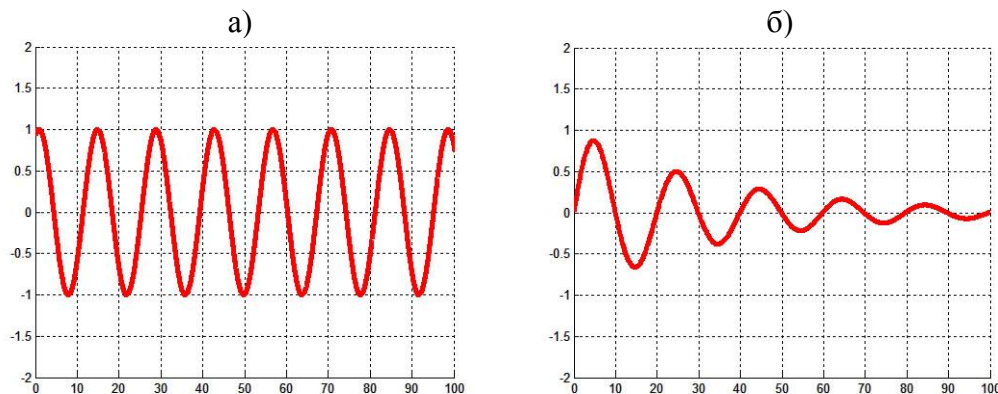


Рисунок 1 – а) свободное пространство; б) диэлектрик с потерями

Колебание задается формулами [2]:

$$E(z, t) = \cos(\omega t - \beta z) e^{-\alpha z},$$

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\epsilon_a \mu_a}{2} \left[\sqrt{1 + \tan^2 \delta} - 1 \right]}, \quad \beta = \omega \sqrt{\frac{\epsilon_a \mu_a}{2} \left[\sqrt{1 + \tan^2 \delta} + 1 \right]}.$$

В программе предусмотрен ввод частоты сигнала ω , проводимости среды, абсолютной диэлектрической ϵ_a и магнитной μ_a проницаемости.

В программе процесс распространения волны отображается во временной зависимости. На первом рисунке показано как распространение плоской волна в свободном пространстве, на втором – в диэлектрике с потерями (т.е. материал с конечной проводимостью).

Вторая программа посвящена изучению законов Снеллиуса:

$$\theta = \theta_1, \quad \frac{\sin \theta}{\sin \varphi} = \frac{\sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_2}}.$$

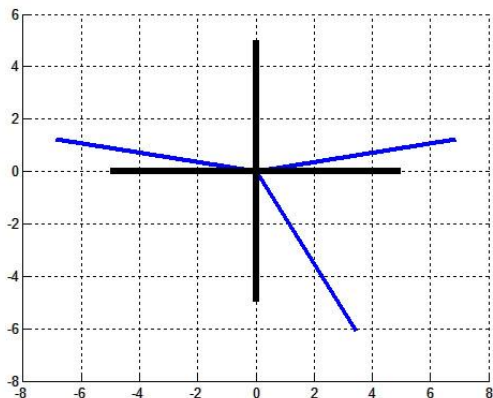


Рисунок 2 – Демонстрация законов Снеллиуса

В программе вводятся параметры: относительная диэлектрическая проницаемость первой ϵ_1 и второй среды ϵ_2 , угол падения луча θ . После задания вышеперечисленных параметров программа определяет направления отраженного θ_1 и преломленного луча ϕ в соответствии с законами Снеллиуса, и отображает результирующее положение на чертеже.

Третья программа посвящена изучению поляризации электромагнитных волн.

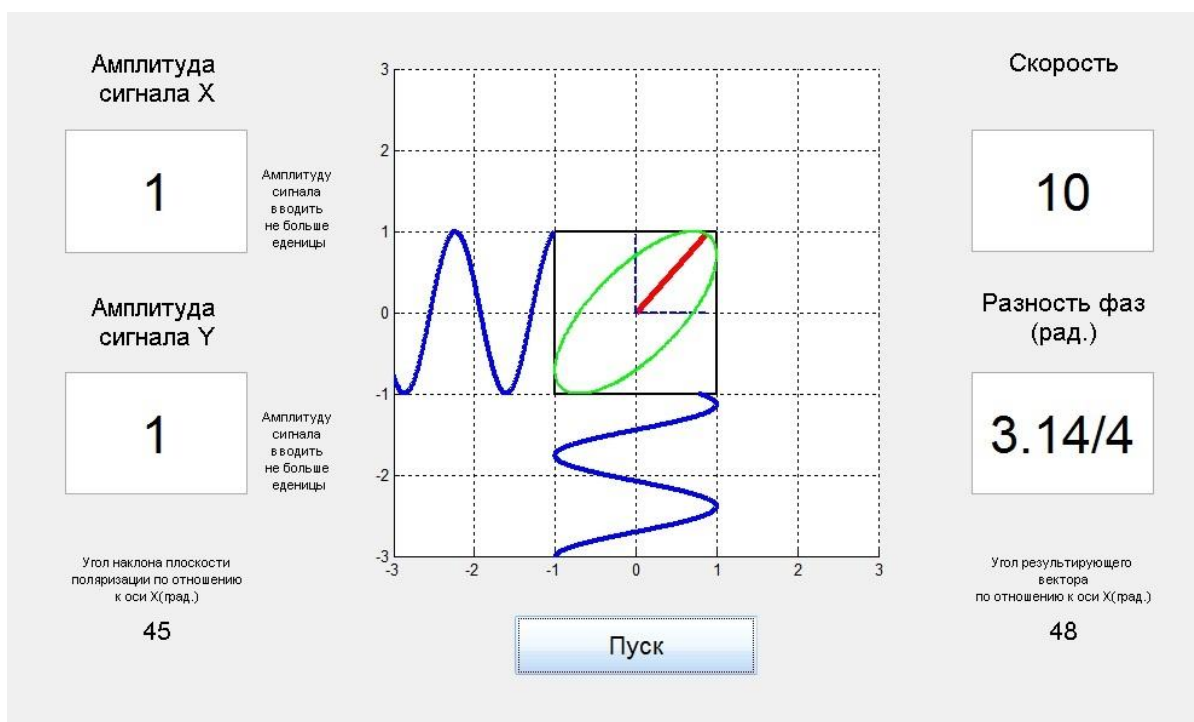


Рисунок 3 – Поляризация

В данной работе показано, какую ориентацию принимает результирующий вектор, образованный сложением двух взаимно перпендикулярных волн, и как он себя ведет в зависимости от амплитуды исходных сигналов и их разности фаз. Также программа определяет угол наклона плоскости поляризации по отношению к оси X и угол результирующего вектора.

В программе предусмотрен ввод скорости обновления картинки, разности фаз двух сигналов φ , амплитуды сигнала A_x и сигнала A_y . Сигнал X и Y задаются формулами:

$$X = A_y \sin(\omega t - \varphi);$$

$$Y = A_x \sin(\omega t - \varphi).$$

В зависимости от выбора φ , A_x и A_y демонстрируется линейная, эллиптическая или круговая поляризация. Вращение результирующего вектора и изменение исходных колебаний программа отображает во временной зависимости.

Четвертая программа посвящена наблюдению эффекта дисперсии при распространении электромагнитных колебаний в веществе, в котором фазовая скорость зависит от частоты.

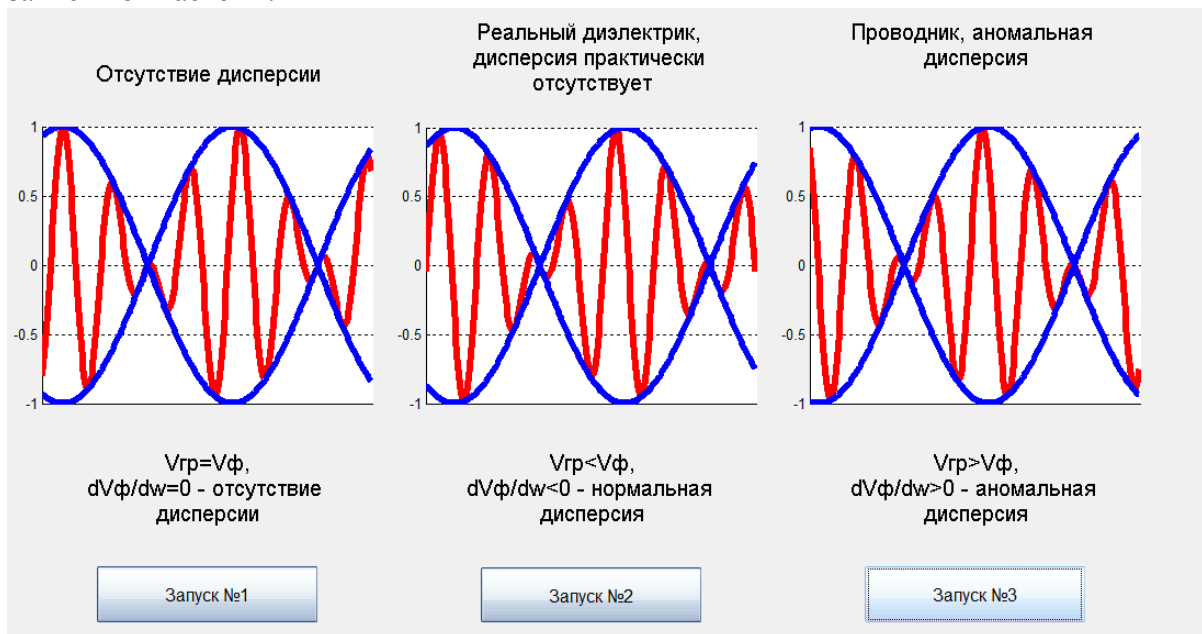


Рисунок 4 – Дисперсия

Рассматриваемый сигнал образуется в результате сложения двух синусоидальных колебаний с близкими частотами. Скорость перемещения огибающей равна групповой скорости, а скорость перемещения заполняющего сигнала – фазовой. В среде, не имеющей проводимости (вакуум), наблюдается одинаковая фазовая скорость и групповая скорость, следовательно, в этой среде отсутствует дисперсия. В при этом скорость перемещения огибающей и заполняющего сигнала совпадают, В среде с малой проводимостью (реальный диэлектрик) наблюдается нормальная дисперсия, при этом групповая скорость меньше фазовой, т.е. огибающая отстает от заполняющего сигнала, а в среде с высокой проводимостью дисперсия становится аномальной, при этом групповая скорость больше фазовой и огибающая обгоняет сигнал. Все явления отображаются программой во временной зависимости.