



УДК 530.12:531[.18+51]

Ж. Ю. Нестерова, М. А. Никитин, В. В. Федотов**ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ КАК СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ СВЯЗЕЙ**

Предлагается технология виртуальных приборов как ресурс развития физического практикума.

Authors offer technology of virtual devices as a resource for development of a physical practical work.

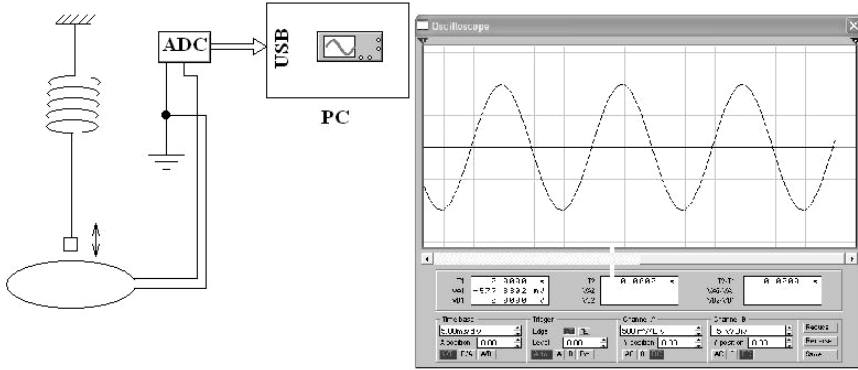
151

Ключевые слова: эксперимент, физика, механика, виртуальные приборы, техническое образование.

Key words: experiment, physics, mechanics, virtual devices, technical education.

Использование современных инструментальных средств информатики в физическом практикуме позволяет не только производить быструю обработку данных измерений, но и обеспечивать реализацию междисциплинарных связей физических курсов, разнесенных в учебных планах по разным семестрам. Возможности такого междисциплинарного объединения предоставляют технологии *Electronics Workbench* или *LabView*, которые широко используются в задачах технического и научного моделирования. Ниже представлен один из примеров такого междисциплинарного объединения математического моделирования и механики колебаний.

В лабораторном практикуме по механике для студентов физико-технических специальностей есть ряд работ по физике колебаний, которые закладывают основы для последующего изучения различных колебательных систем: линейных, нелинейных, затухающих, вынужденных, параметрических, распределенных и генерирующих. В основе этих систем могут лежать различные физические явления, но объединяющим началом для них служит теория колебаний. Это дает прекрасную возможность для реализации эффективной междисциплинарной связи. Например, лабораторный эксперимент (рис. 1) с маятником позволяет осуществить междисциплинарную связь курсов механики и электромагнетизма, так как здесь наряду с механическими колебаниями можно изучать явление самоиндукции в электродинамике [1]. Подобная возможность обеспечивается постановкой эксперимента, при которой груз — постоянный магнит, подвешенный на пружине, — обеспечивает генерацию электрических колебаний в витке за счет явления электромагнитной индукции. При совершении колебаний в витке наводится ЭДС самоиндукции, которая преобразуется в ADC и в цифровом виде поступает в USB-порт персонального компьютера. Для обработки исследуемого сигнала в качестве аналого-цифрового преобразователя (ADC) в лабораторной работе использовался USB audio controller на основе микрочипа CM108 и программное обеспечение *LabView* [2].



152

Рис. 1. Лабораторная работа по изучению колебаний

Представленная лабораторная работа позволяет наблюдать и произвести измерения основных параметров колебательных процессов (частоты, амплитуды, фазы, коэффициента затухания), а также исследовать эффекты электромагнитной индукции.

Инструментальные средства *Lab View* дают прекрасные возможности для моделирования процесса сложения поперечных и продольных колебаний. Продемонстрируем это на примере, когда материальная точка одновременно участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, имеющих одинаковую динамическую частоту. Пусть одно колебание происходит вдоль оси x , а другое — вдоль оси y декартовой системы координат:

$$\begin{aligned}x &= A \cos(\omega t + \varphi_1); \\y &= B \cos(\omega t + \varphi_2).\end{aligned}$$

С помощью определенных математических преобразований получим уравнение траектории точки

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - 2 \frac{xy}{AB} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Это уравнение эллипса, оси которого повернуты относительно координатных осей x и y . Ориентация этого эллипса по отношению к осям x и y зависит от разности фаз, составляющих колебаний.

Определим формулу траектории для некоторых частных случаев.

Разность фаз $\varphi_2 - \varphi_1 = 0$. Уравнение траектории примет вид

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} - \frac{2xy}{AB} = 0,$$

или

$$\left(\frac{x}{A} - \frac{y}{B}\right)^2 = 0.$$

Отсюда получается уравнение прямой $y = \frac{B}{A}x$.



Результирующее движение — это гармоническое колебание вдоль этой прямой с частотой ω и амплитудой, равной $\sqrt{A^2 + B^2}$.

Рассмотрим сложение колебаний, фазы которых φ_1 и φ_2 отличаются на $\frac{\pi}{2}$. В этом случае уравнение траектории примет $\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$.

Уравнение представляет собой каноническую форму уравнения эллипса. Оси координат совпадают с осями эллипса.

Следует отметить, что при равенстве амплитуд составляющих колебаний ($A = B$) эллипс вырождается в окружность.

Итак, когда материальная точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях одинаковой частоты, то траекторией ее движения является эллипс. В некоторых частных случаях эллипс может выродиться в прямую или окружность.

Если частоты взаимно перпендикулярных колебаний не одинаковы, но кратны целому числу, то траектория результирующего движения имеет вид довольно сложных кривых, называемых фигурами Лиссажу.

Например, при отношении частот $\frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{2}$ и разности фаз $\frac{\pi}{2}$

уравнения колебаний имеют вид $x = A \cos \omega t, \quad y = B \cos \left(2\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$.

За то время, пока вдоль оси x точка успевает переместиться из одного крайнего положения в другое, вдоль оси y , выйдя из нулевого положения, она успевает достигнуть одного крайнего положения, затем — другого и вернуться в нулевое положение.

На экране монитора компьютера, используя виртуальные осциллограф и генератор, получим, например, фигуру Лиссажу (рис. 2) с

соотношением $\frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{2}{3}$.

Меняя входную частоту колебаний ω_y , можно получить все фигуры, показанные на рисунке 2. Для этого на вход ADC звуковой карты следует подать сигнал с частотой промышленной сети 50 Гц (например, наведенный прикосновением пальца руки). Задавая с помощью виртуального генератора *Lab View* частоту ω_x и отображая результат сложения колебаний на виртуальном мониторе, можно получить различные фигуры Лиссажу и найти простое правило определения частоты неизвестного сигнала по частоте известного на основе отношения числа пересечений фигурой Лиссажу координатных осей.

В этом модельном опыте виртуальная реальность монитора превращается в реальный отчет о выполнении эксперимента; вращение ручек приборов заменяется легким нажатием на клавиши или *touch screen*. Как показано в работах [3; 4], виртуальный эксперимент на основе *Lab View* позволяет рассмотреть все режимы и параметры, чего на реальном приборе сделать нельзя по многим причинам. Например, здесь можно, остановив эксперимент в определенный момент времени, распечатать или вывести на дисплей любые параметры.

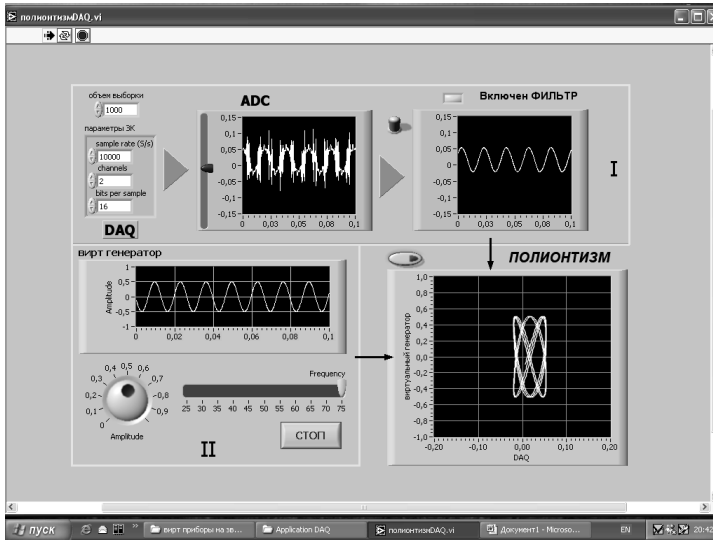


Рис. 2. Идеализированная схема в среде Lab View

При применении данного подхода возможно закрепление навыков общения с современной техникой, выявление междисциплинарных связей (в данном примере – механики и электродинамики). Полученные на основе подобного подхода навыки позволят студентам активно применять их при последующем изучении спецкурсов и в профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Захаров В. Е., Никитин М. А. Физические принципы работы осциллографа. Калининград, 1985.
2. Измерения и автоматизация. Каталог 2005. National Instruments. Ni.com/ Russia.
3. Пец А.В. Технология виртуальных приборов как ресурс развития физического практикума // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2006. Вып. 4. С. 106 – 109.
4. Гилд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. М., 1990. Ч. 1, 2.

Об авторах

Жанна Юрьевна Нестерова – инженер, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, e-mail: Zhanna196406@rambler.ru.

Михаил Анатольевич Никитин – д-р физ.-мат. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, e-mail: speed@webo.name.

Владимир Владимирович Федотов – инженер, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, e-mail: vlfedotov@yandex.ru.

Authors

Zhanna Nesterova – engineer, I. Kant Baltic Federal University, e-mail: Zhanna196406@rambler.ru.

Professor Mikhail Nikitin – I. Kant Baltic Federal University, e-mail: speed@webo.name.

Vladimir Fedotov – engineer, I. Kant Baltic Federal University, e-mail: vlfedotov@yandex.ru.