



6. Радченко В.П., Зотеев В.Е. Определение динамических характеристик механической системы на основе стохастических разностных уравнений колебаний // Известия вузов. Машиностроение. 2007. №1. С. 3–10.

Б.Ж. Медетов, А.К. Иманбаева, А.А. Темирбаев

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННЫХ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

(Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики Казахского национального университета им. аль-Фараби)

Методы анализа и моделирования автоколебаний, хаотических сигналов находят применение при решении задач проектирования радиочастотных генераторов, аналоговых и цифровых устройств обработки сигналов, а также для обнаружения новых свойств закономерностей поведения физических, биологических, химических систем. Теоретические модели позволяют оптимизировать поиск эффективных технологий, в то же время совершенствованию теории необходимы экспериментальные результаты. В данном докладе представлены результаты работ по разработке виртуального стенда для изучения динамики моделей автоколебательных систем с применением современных методов информационных технологий, физического эксперимента и теоретических методов нелинейной динамики [1-3].

Первым этапом работ было создание ядра программного обеспечения для имитационного моделирования автоколебательных систем. Как правило, в электронных схемах носителем информации о моделируемом явлении, процессе является аналоговый сигнал. Под обработкой данных подразумевается процесс извлечения этой информации из сигнала, которая может быть использована для выявления различных закономерностей, классификации или идентификации рассматриваемого явления. Для обработки сигналов, в силу своей универсальности, гибкости и наглядности, лучше всего использовать цифровые методы. Таким образом, ядро разрабатываемого модуля принципиально должен содержать следующие компоненты:

- Платформа для сбора и развертывания электронной схемы;
- АЦП – для оцифровки аналогового сигнала;
- Интерфейс управления параметрами записи сигнала в память компьютера;
- Программный комплекс для выполнения цифровой обработки сигнала и визуализации результатов данной обработки.

В нашей работе в качестве платформы для развертывания электронной схемы был выбран специальный модуль NI ELVIS II [4]. Данный выбор объясняется тем, что в его состав входит комплект виртуальных измерительных приборов, что сильно упрощает процесс сбора и настройки экспериментальной установки. Все возможности, предлагаемые модулем NI ELVIS II, делают его



наиболее подходящим инструментом для решения задачи, связанной с обработкой экспериментальных данных, получаемых из электронных схем.

На рисунке 1 показано графическое представление интерфейса для записи экспериментальных данных в память компьютера, на рисунке 2 приведен соответствующий графический интерфейс пользователя. С помощью данного интерфейса можно задавать следующие параметры записи данных в память компьютера:

- путь и имя файла для сохранения данных;
- частота дискретизации;
- количество точек (значений сигнала) для визуального отслеживания за временной реализацией записываемого сигнала.

Временную реализацию сигнала можно смотреть на этом же интерфейсе в виде осциллограммы.

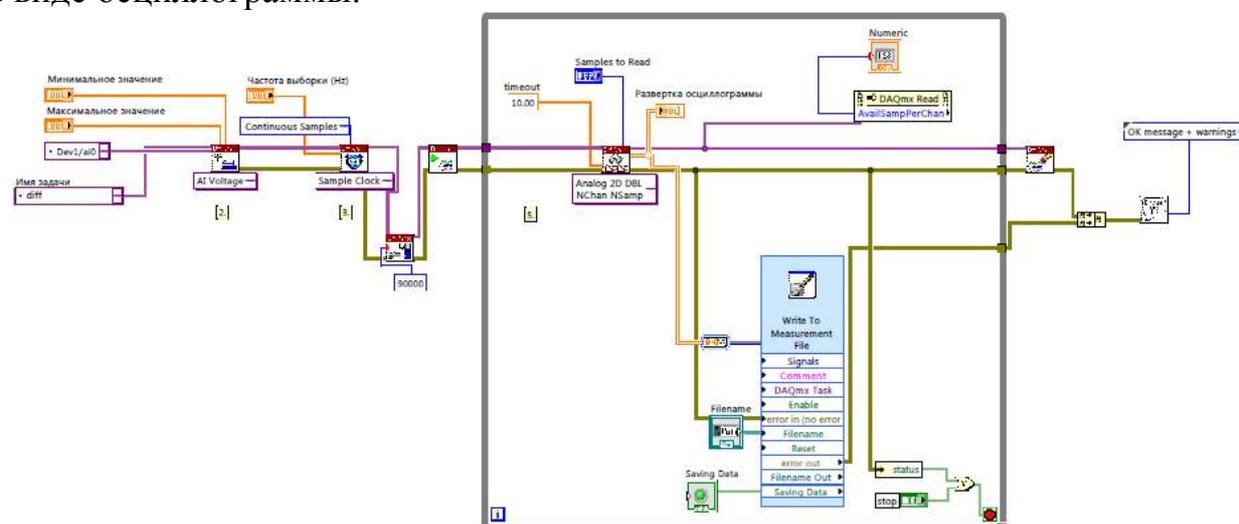


Рис. 1. Графическое представление интерфейса записи сигналов в память компьютера

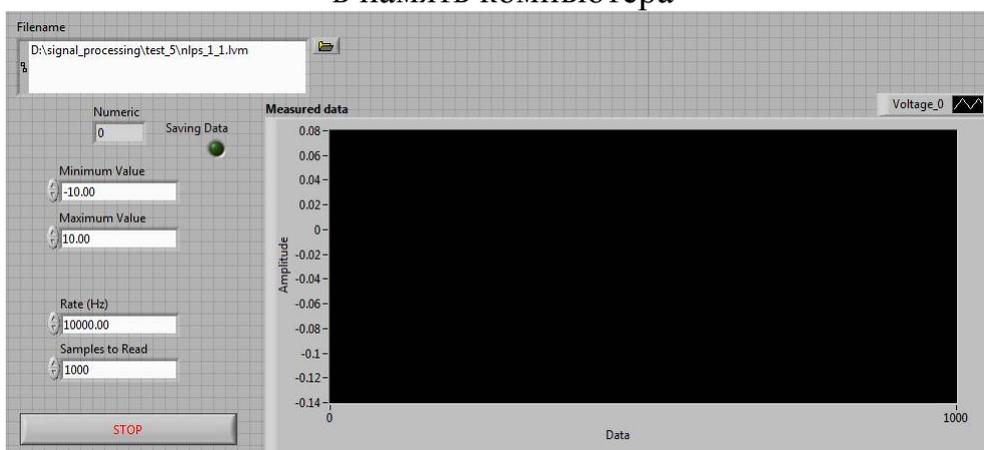


Рис. 2. Графический пользовательский интерфейс записи сигналов в память компьютера

Но для проведения всего комплекса анализа экспериментальных данных недостаточно инструментов, предлагаемых NI ELVIS II. Зачастую при анализе временного поведения различных динамических систем помимо стандартного спектрального анализа, также требуется провести другие виды анализов,



например, нелинейный анализ. С этой целью в разрабатываемый комплекс добавлен программный модуль, написанный в среде MatLab, который позволяет определять и анализировать следующие характеристики изучаемых сигналов:

- Мгновенная частота;
- Эволюция мгновенной частоты сигнала;
- Фазовая траектория сигнала.

Мгновенная частота определяется с помощью подсчета переходов через ноль по следующей формуле:

$$Z = \frac{1}{2} \sum |[\text{sign}(X_{i+1}) - \text{sign}(X_i)]|. \quad (1)$$

где X значение сигнала, а sign – знаковая функция. Мгновенная частота по своему смыслу означает максимально значимую частоту в спектре сигнала. Для определения эволюции мгновенной частоты сначала сигнал нарезается на фрагменты фиксированной длины, а затем для каждого фрагмента по формуле (1) вычисляется мгновенная частота. Далее с учетом частоты дискретизации сигнала каждому фрагменту сопоставляется некоторый временной момент измерения. И далее строится график зависимости значений мгновенной частоты от временных моментов. Таким образом, можно отслеживать во времени как меняется частотная характеристика сигнала. На рисунке 3 в качестве примера показана эволюция мгновенной частоты сигнала, полученного от электронной модели двух взаимодействующих нейронов.

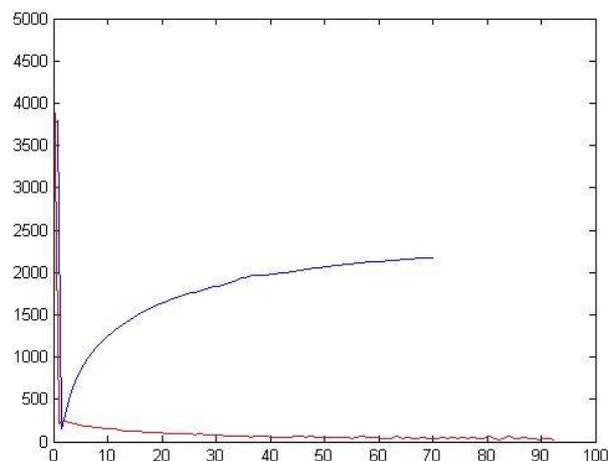


Рис. 3. Пример графического представления эволюции мгновенной частоты

Также в MatLab программе реализована возможность построения спектра мощности сигнала для любого фрагмента сигнала. Спектр мощности сигнала строится по алгоритму быстрого дискретного Фурье преобразования.

Для исключения эффекта растекания спектра по умолчанию используется окно Хэмминга, определяемое следующим образом:

$$w(n) = 0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right). \quad (2)$$



Можно использовать и другие окна, к примеру, окна Ханна, Блэкмана, Кайзера и др., для этого достаточно в программе осуществить вызов соответствующих встроенных функций системы MatLab. Кроме того, перед выполнением Фурье преобразования выполняется центрирование сигнала для исключения постоянной составляющей сигнала.

Таким образом, концептуальная схема работы ядровой части системы обработки данных, получаемых в виде аналоговых электрических сигналов от электронных систем, выглядит так, как показано на рисунке 4.



Рис. 4. Концептуальная схема логики работы ядра модуля, предназначенного для обработки экспериментальных данных

Сигнал (напряжение в узлах электрической цепи) оцифровывается с помощью АЦП, встроенного в модуль NI ELVIS II, затем данный сигнал записывается в память компьютера, при этом файл записи и частота дискретизации задается пользователем на графическом интерфейсе, разработанного в системе LabVIEW. После этого запускается программа, разработанная в системе MatLab, для выполнения обработки полученного сигнала и визуализации результатов обработки.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КН МОН РК №1509/ГФЗ.

Литература

1. Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. – М.: Физматлит, 2002. - 252с.
2. Anishchenko V.S., Astakhov V.V., Neiman A.B., Vadivasova T.E., Schimansky-Geier L. Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems. – Springer, 2002. - 544 p.
3. Hogan J., et al. (eds.) Nonlinear Dynamics and Chaos: Where Do We Go From Here? - Institute of Physics Publishing, 2003. - 365 p.
4. www.ni.com/ni-elvis