

А.В. Овсянников, доцент

ФОРМИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЗАДАННЫМИ ВЕРоятНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

The paper is dedicated to the task of creation and simulation of stochastic of processes with the given probability characteristics. The creation of stochastic process is yielded on the basis of the stochastic differential equation, the parameters which one are defined through a density function of probability. The example of simulation of stochastic process is reduced.

Задача формирования случайных процессов с заданными вероятностными характеристиками имеет ряд важных научно-практических приложений, таких, как имитация и тестирование каналов связи, включая проводные; анализ устойчивости сложных многопараметрических систем управления при "нестандартных" возмущающих воздействиях; анализ поведения объекта при различных входных воздействиях и т.д.

В основе наиболее распространенного метода формирования случайных процессов с заданными характеристиками лежит преобразование некоторого исходного случайного процесса (обычно нормального) с помощью линейной инерционной и нелинейной безынерционной цепей или нелинейной инерционной цепи. Этот метод является частным случаем формирования процессов на основе стохастических дифференциальных уравнений (СДУ) [1]

$$\frac{dy(t)}{dt} = f(t, y) + g(t, y)n_y(t), \quad (1)$$

где для симметризованного СДУ коэффициенты сноса и диффузии определяются через нелинейные функции:

$$a(t, y) = f(t, y) + \frac{1}{4} \frac{\partial}{\partial y} b(t, y),$$

$$b(t, y) = \frac{1}{2} N_y g^2(t, y), \quad (2)$$

$$M\{y(t)\} = 0, M\{y(t_1)y(t_2)\} = \frac{1}{2} N_y \delta(t_2 - t_1).$$

Здесь N_y – односторонняя спектральная плотность.

Если относительно процесса $y(t)$ известна плотность распределения вероятностей (ПРВ) $P(t, y)$, то функции $f(\cdot), g(\cdot)(a(\cdot), b(\cdot))$ необходимо найти. Эта задача не имеет строго единственного решения, однако, если из каких-либо соображений задаться одной из функций, другую можно вычислить. Так, например, если задаться величиной $b(t, y) = b = const$ и ввести обозначения

$$Z_t = -\frac{\partial \ln P(t, y)}{\partial t}, Z_y = -\frac{\partial \ln P(t, y)}{\partial y},$$

то из стандартного уравнения Фоккера – Планка – Колмогорова [2] получаем

$$\frac{\partial f(t, y)}{\partial y} - f(t, y)Z_y - \frac{1}{2}b \left[Z_y^2 - \frac{\partial Z_y}{\partial y} \right] - Z_t = 0. \quad (3)$$

При известной ПРВ $P(t, y)$ и $b = const$ с помощью стандартных способов решения линейных дифференциальных уравнений в частных производных (3) можно найти функцию $f(t, y)$. Таким образом синтезировано СДУ (1) для нестационарного случая.

Если о процессе $y(t)$ известна только одномерная ПРВ $P(y)$, уравнение (1) принимает вид

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{b}{2} \frac{d \ln P(y)}{dy} + \sqrt{\frac{2b}{N_y}} n_y(t). \quad (4)$$

Как показано в [1], коэффициент диффузии марковского процесса может быть приближенно определен через заданную корреляционную функцию. Наиболее просто такая задача решается при экспоненциальном характере корреляционной функции.

На основе изложенного проведено моделирование уравнений (1), (4) в системе Simulink MatLab. Разработаны структурные схемы формирующих фильтров моделирования случайных процессов с различными ПРВ. Достоверность моделирования подтверждалась получением временных реализаций процессов $y(t)$ и построением соответствующих гистограмм.

В качестве примера рассмотрим формирование и моделирование случайного процесса с заданной одномерной обобщенно-нормальной ПРВ

$$P(q, y) = \frac{q}{2\sqrt{2}\Gamma(1/q)\sigma} \exp\left\{-\frac{|y|^q}{2^{q/2}\sigma^q}\right\}, \quad (5)$$

где $q \geq 0.5$ – параметр распределения (при $q=2$ распределение переходит в гауссовское, при $q=1$ – в лапласовское). СДУ (4) в этом случае принимает вид

$$\frac{dy(t)}{dt} = -\frac{b}{2} 2^{-q/2} q \sigma^{-q} |y|^{q-1} \text{sign}(y) + \sqrt{\frac{2b}{N_y}} n_y(t). \quad (6)$$

Рассмотрим процесс моделирования. Структурная схема формирующего фильтра в системе Simulink MatLab представлена на рис. 1. В качестве генератора "белого шума" из библиотеки блоков Simulink выбран элемент, генерирующий "белый шум" с ограниченной полосой. В параметрах блока было установлено значение $N_y = 4$. Блок

$f(y)$ содержит функцию $-\frac{b}{2} 2^{-q/2} q \sigma^{-q} |y|^{q-1} \text{sign}(y)$ (было принято значение $b=2$).

Для построения гистограммы временной реализации случайного процесса (6) (блок HIST) использовалась передача данных процесса через рабочее пространство MatLab (блок TO WORKSPACE). Для сравнения на полученные гистограммы наносилась автоматически адаптируемая системой Simulink гауссовская кривая (функция histfit).

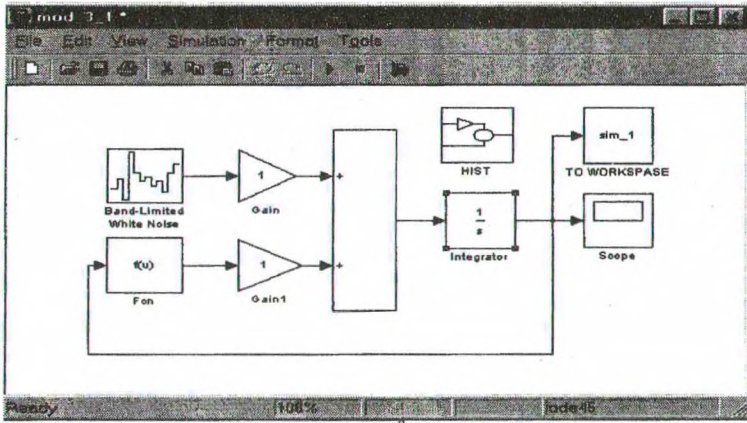


Рис. 1

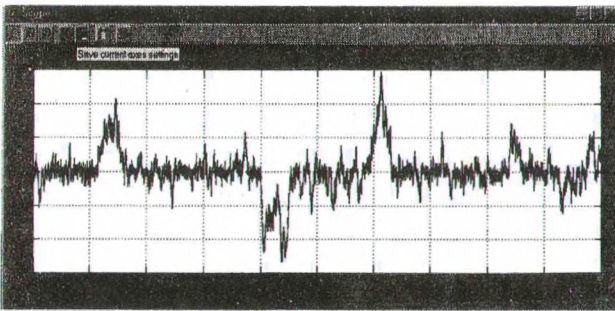


Рис. 2 а)

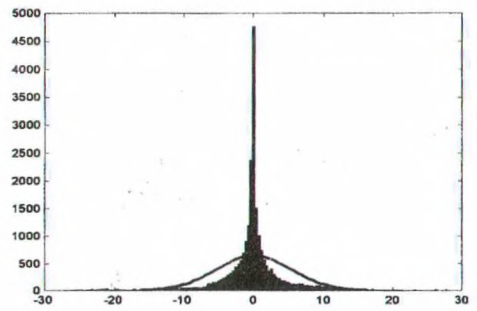


Рис. 2 б)

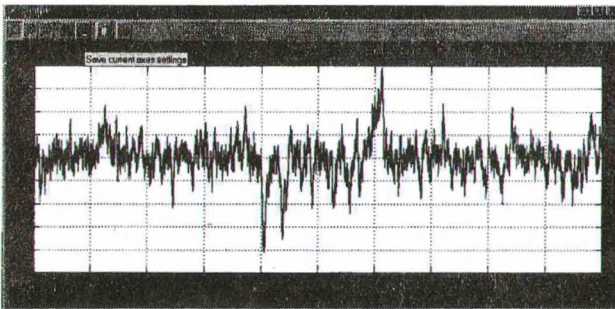


Рис. 3 а)

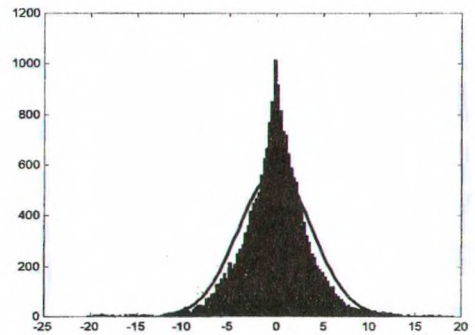


Рис. 3 б)

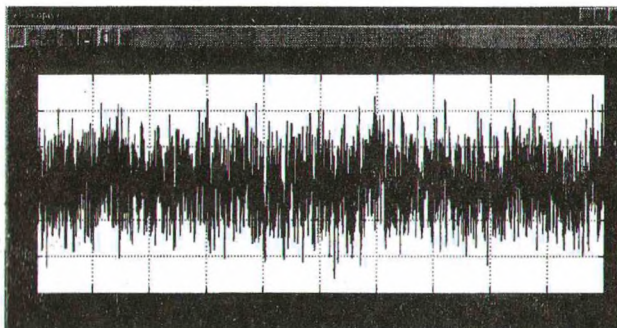


Рис. 4 а)

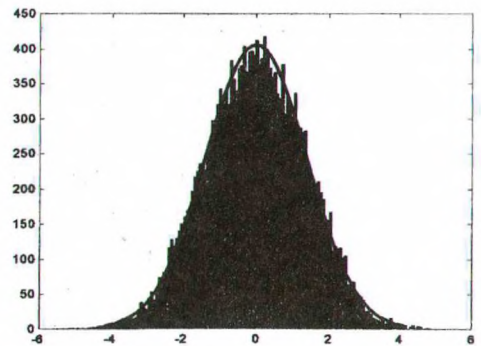


Рис. 4 б)

Результаты моделирования представлены на рис. 2, рис. 3 и рис. 4. При моделировании задавались следующие параметры: рис. 2 – $q = 0.5$, $\sigma = 0.1$; рис.3 – $q = 1$; $\sigma = 1$; рис.4 – $q = 2$, $\sigma = 1$.

Анализ моделирования позволяет говорить о соответствии полученных результатов известным теоретическим, следовательно, структура рис. 1 может быть использована для моделирования реальных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кловский Д.Д., Конторович В.Я., Широков С.М. Модели непрерывных каналов связи на основе стохастических дифференциальных уравнений / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
2. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. – М.: Сов.радио, 1975. – 704 с.

УДК 621.317+539.143.44

И.О. Оробей, доцент; В.В. Сарока, магистрант

ПЕРВИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСНОГО ЯМР-СПЕКТРОМЕТРА ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

The primary transformer of a spectrometer of a nuclear magnetic resonance intended for study of a qualitative and quantitative composition of substances is described. In operation the structure optimized on an induction in a working backlash of the primary transformer is described. The magnetic system of the primary transformer is constructed on the basis of stationary values of magnets with a reservation yoke. The radio-frequency part is executed on the basis of Bloch coils. The primary transformer is entered high-frequency blocks.

Спектрометры ядерного магнитного резонанса (ЯМР) широко применяются для определения состава и свойств веществ, дающих сигнал ЯМР. Наиболее критичным узлом радиоспектрометра является первичный преобразователь. Для использования в жестких условиях технологического процесса преобразователь должен обладать повышенной помехоустойчивостью по отношению к электромагнитным и механическим воздействиям, а также малым энергопотреблением. Этим требованиям удовлетворяет первичный преобразователь на основе постоянных магнитов с ярмом броневого типа. Кроме того, для получения сигнала ЯМР поле в рабочем зазоре в месте расположения образца должно быть не менее 0,1 Тл с относительной неоднородностью не более 10^{-5} [1]. Желательно, чтобы преобразователь мог быть использован в составе импульсного ЯМР – спектрометра. Схема преобразователя, удовлетворяющего перечисленным требованиям, представлена на рисунке.

Для получения первоначальной однородности магнитного поля отношение характерного размера полюсных наконечников (диаметра или стороны квадрата) к длине рабочего зазора должно быть не менее 5. По конструктивным соображениям необходима длина рабочего зазора 10 мм, поэтому габаритные размеры рабочего зазора выбраны равными 60×60×10 мм. Для создания магнитного поля применены два постоянных магнита из феррита стронция 27СА220 с размерами 60×60×15 мм. Расчет параметров магнитной системы проводился с целью получения максимальной индукции магнитного поля в центре рабочего зазора по методике, предложенной в [2]. Расчетное значение