

УДК 621.311:006(083)

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОАНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ

Гончарова О.А.

Липецкий государственный технический университет

В статье рассматриваются недостатки применения цифровых измерительных приборов. Ставится задача моделирования измерительного прибора для различных форм сигнала и единиц измерения с применением микроЭВМ. Изучены и выбраны математические модели для описания поведения средства измерения и для различных форм сигналов. Для проверки правильности выбора и реализации моделей смоделированы токовые характеристики простой электрической цепи. Реализована программа виртуального моделирования для сигналов различных форм. **Ключевые слова:** цифроаналоговый преобразователь, модель, напряжение, сигнал, сеть, электрические цепи, измерение, виртуальный прибор.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-83-91>

Со второй половины XX века в промышленности широко применяются цифровые измерительные приборы, однако их главным недостатком является большая чувствительность к форме сигнала. Так, например, цифровой вольтметр не может быть применен для анализа аналоговых сигналов, так как он отображает среднее значение последовательных измерений, задержка между которыми обусловлена устройством аналогоцифрового преобразователя последовательного приближения. Измеренное значение совершенно не поддается анализу, так как измерения могут производиться в любой точке периода колебания. Аналоговый прибор в силу инертности своей аппаратной составляющей отображает среднее значение за измеренный промежуток, однако точность такого измерения недостаточна. Использование осциллографов позволяет точнее анализировать сигналы, однако стоимость, размеры и неспособность анализировать другие величины кроме напряжения мешает внедрению на производстве.

Это означает, что задача создания измерительного прибора для различных форм сигнала и единиц измерения с применением микроЭВМ является актуальным. Первым шагом в решении этой задачи является создание *виртуального* средства измерения, которое не требует сопряжения аппаратного обеспечения ЭВМ с измерительными устройствами.

Таким образом, требуется реализовать виртуальный измерительный прибор для сигналов разных форм. Для этого необходимо изучить и выбрать математические модели для описания поведения средства измерения и для различных форм сигналов. Для проверки правильности выбора и реализации моделей необходимо также смоделировать токовые характеристики простой электрической цепи.

Для решения поставленной задачи необходим комплекс математических моделей. Существует теория измерений, которая занимается изучением закономерностей измерений и строится с использованием математических моделей и компонентов, которые участвуют в процессе измерения и оказывают влияние на его результат. В процессе измерения можно выделить следующие основные компоненты: объект измерения, носитель измеряемой величины, средство измерения и среда, в которой протекает измерение. Поэтому теория измерений оперирует с математическими моделями указанных выше компонентов измерительного процесса.

Относительно математических моделей среды измерения отметим следующее. Среда характеризуется некоторым набором величин: температура, давление, влажность, запылённость и т.д. Следовательно, построение математической модели среды сводится к построению математических моделей величин, её характеризующих.

Были изучены такие математические модели, как математическая модель цифрового средства измерения (по Цветкову) [1]; математические модели средств измерения (по Назарову) [2]. А также математические модели сигналов разных форм: детерминированные величины и случайные величины (случайный вектор, случайная функция, случайная последовательность). И математические модели для электрических цепей (интегрирующие цепи RC и LR, дифференцирующие цепи CR и RL, цепь RLC с параллельным резонансом).

Математические модели для электрических цепей.

Для проверки адекватности моделей сигналов были выбраны следующие электрические цепи для моделирования их токовых характеристик.

Интегрирующие цепи RC и LR.

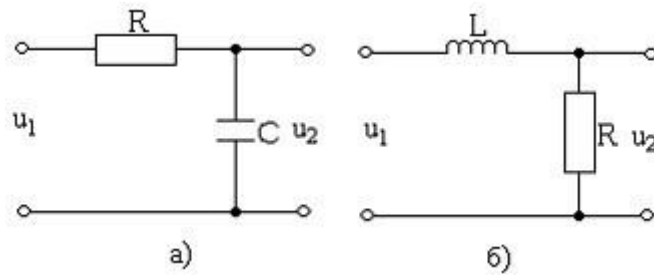


Рис.1. Интегрирующие цепи

Скорость нарастания фронта выходного сигнала зависит от времени

$$\tau = RC = \frac{L}{R}.$$

Функция зависимости выходного напряжения от входного

$$V_{\text{вых}}(t) = V_{\text{вх}} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right).$$

Дифференцирующие цепи CR и RL.

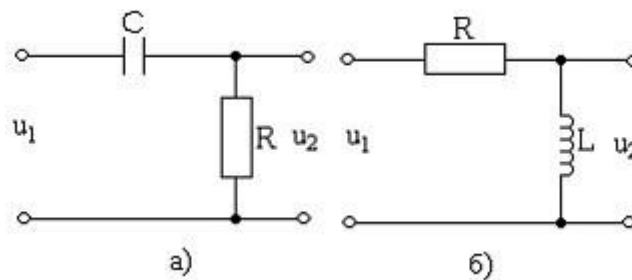


Рис. 2. Дифференцирующие цепи

Постоянная времени цепи $\tau = RC = \frac{L}{R}$. Функция зависимости

$$V_R(t) = V_{\text{вх}} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), V_L(t) = V e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Цепь RLC с параллельным резонансом.

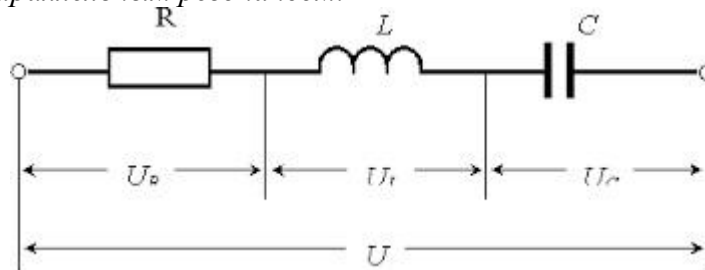


Рис. 3. Цепь с параллельным резонансом

Общее сопротивление цепи

$$R_{\text{общ}} = \sqrt{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2 + R^2},$$

где частота собственных колебаний

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Ток в цепи $i = I_m (\sin \omega t - \phi)$. Напряжение на сопротивлении, катушке и конденсаторе соответственно равны:

$$U_R = iR = I_m (\sin \omega t - \phi)R,$$

$$U_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{dI_m (\sin \omega t - \phi)}{dt} = LI_m \omega \cos(\omega t),$$

$$U_C = \frac{1}{C} \int i dt = -\frac{I (\cos(\omega t) + \phi \omega t)}{C \omega}.$$

Напряжение на зажимах цепи равно сумме напряжений на всех элементах цепи

$$U = U_m \sin(\omega t) = U_R + U_L + U_C = I_m \left[R(\sin \omega t - \phi) + L\omega \cos(\omega t) - \frac{\cos(\omega t) + \phi \omega t}{C \omega} \right].$$

Теперь перейдем непосредственно к программной реализации. Программа разработана в интегрированной среде Microsoft Visual Studio 2013, на языке программирования C#.

Начнем рассмотрение со *скалярной случайной величины*.

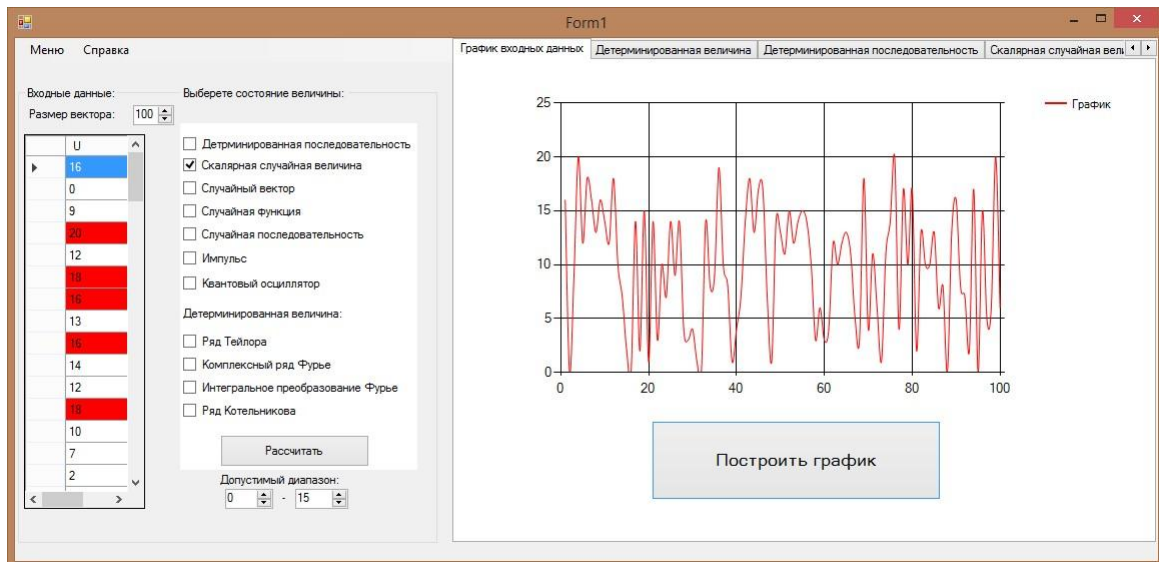


Рис. 4. График входных данных

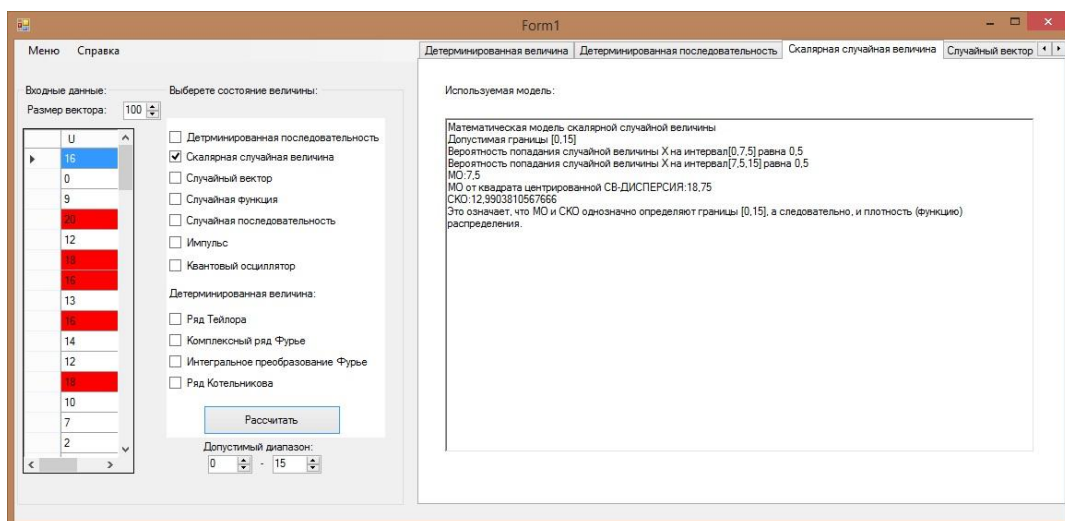


Рис.5. Математическая модель скалярной случайной величины

Случайный вектор. Минимальную совокупность числовых характеристик случайной величины составляют математическое ожидание и дисперсия, а случайного вектора – вектор математического ожидания и ковариационная матрица (рис. 7).

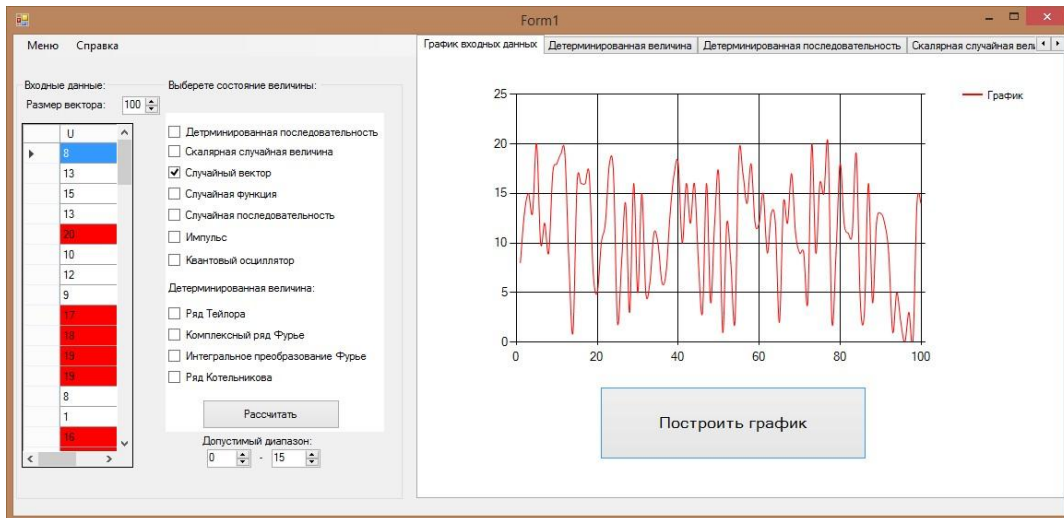


Рис.6. График входных данных

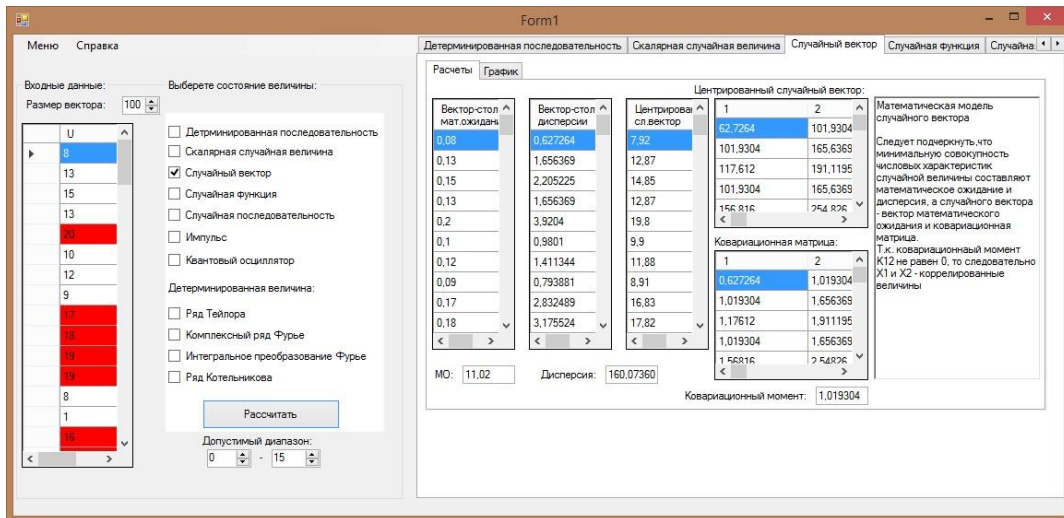


Рис. 7. Математическая модель случайного вектора

Дополнительно строится график вектора математического ожидания (рис.8).

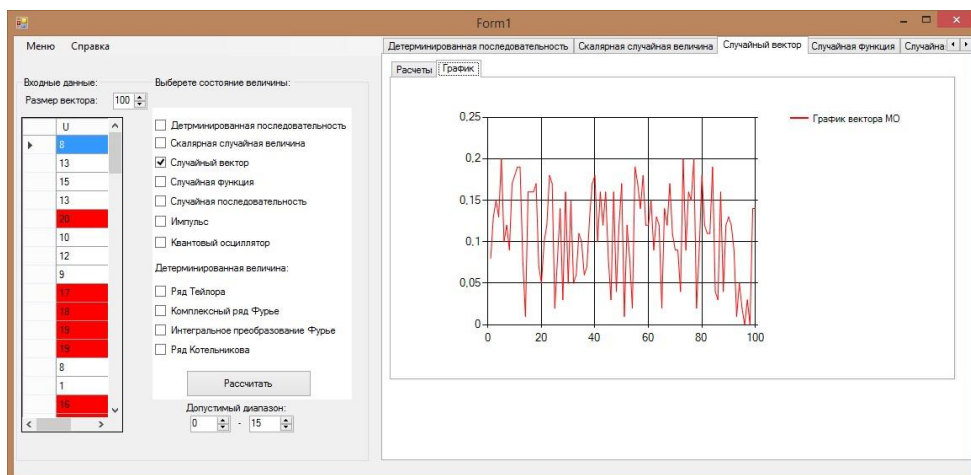


Рис. 8. График вектора математического ожидания

Случайная последовательность. Представление случайной последовательности возможно в форме случайного вектора или в форме случайной функции дискретного аргумента. В нашем случае выбрано представление в форме вектора (рис. 10).

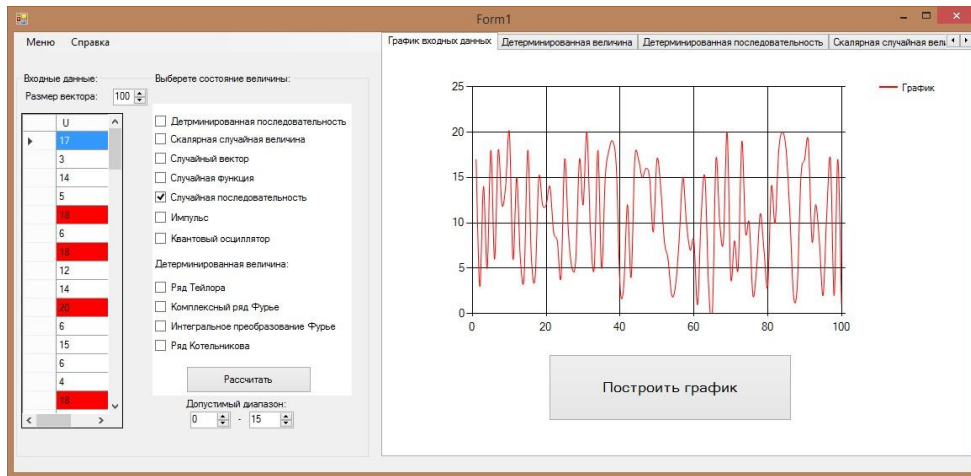


Рис. 9. График входных данных

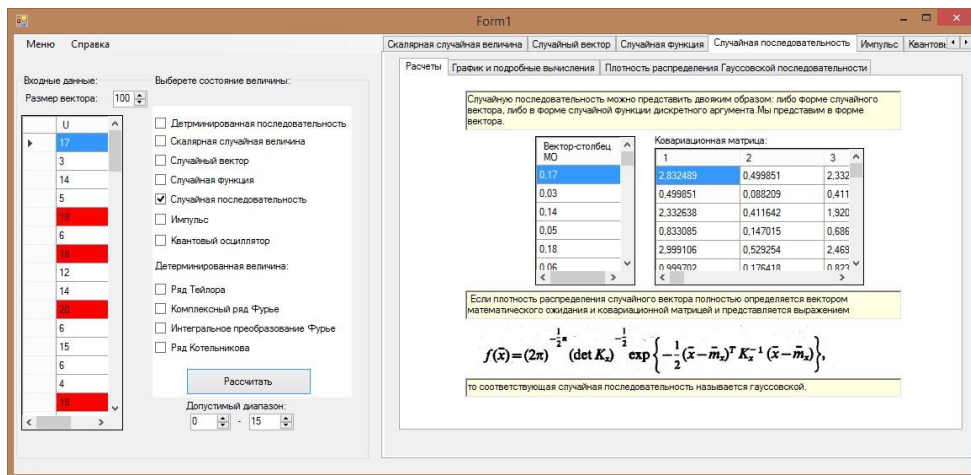


Рис. 10. Представление случайной последовательности в форме вектора

В программе представлен график вектора математического ожидания случайной последовательности, а также произведен расчет математического ожидания и дисперсии (рис. 11).

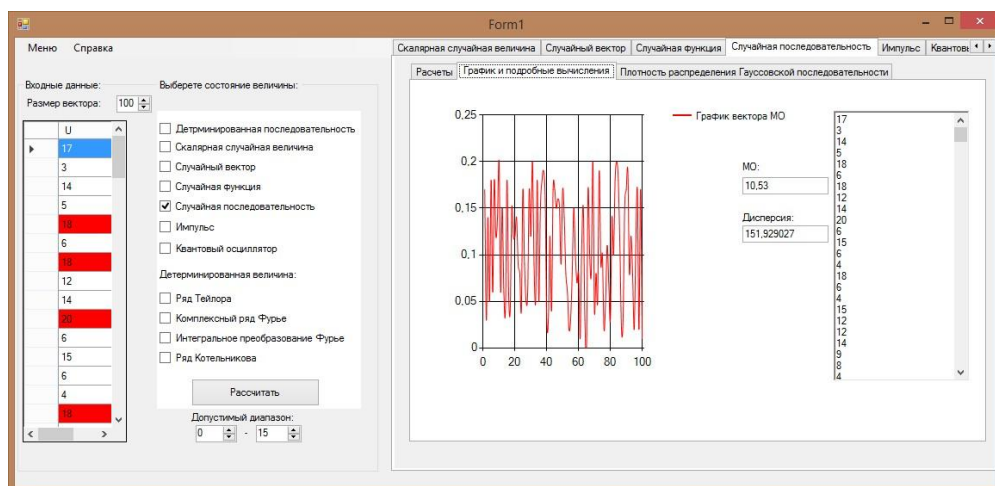


Рис. 11. График и подробные вычисления случайной последовательности

Детерминированная последовательность. Моделирование разложением в ряд Тейлора.

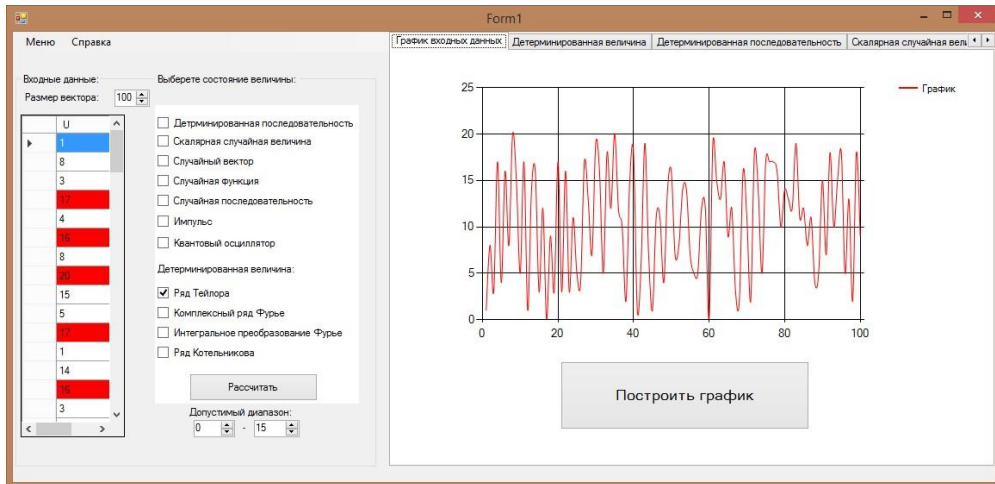


Рис. 12. График входных данных

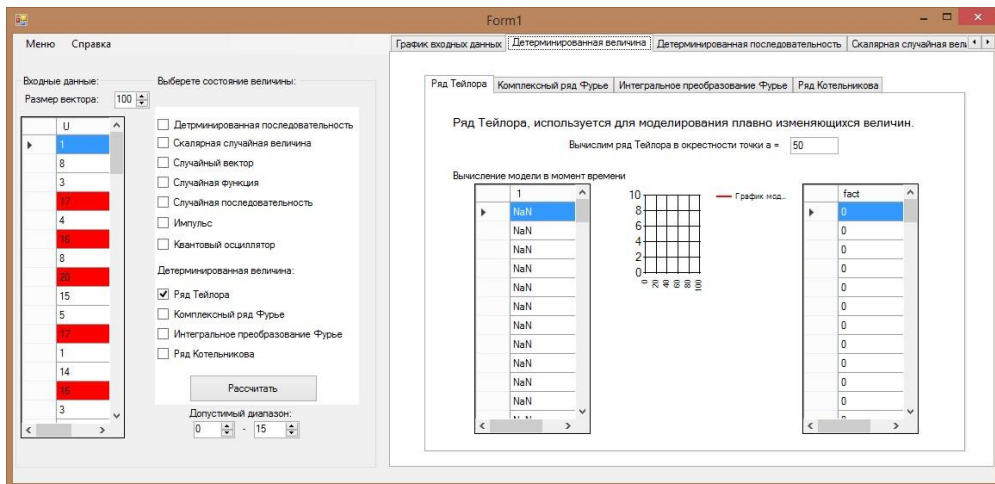


Рис. 13. Вычисление ряда Тейлора в окрестности точки a=50

Комплексный ряд Фурье. Построен график входных данных детерминированной величины, а именно комплексного ряда Фурье (рис. 14).

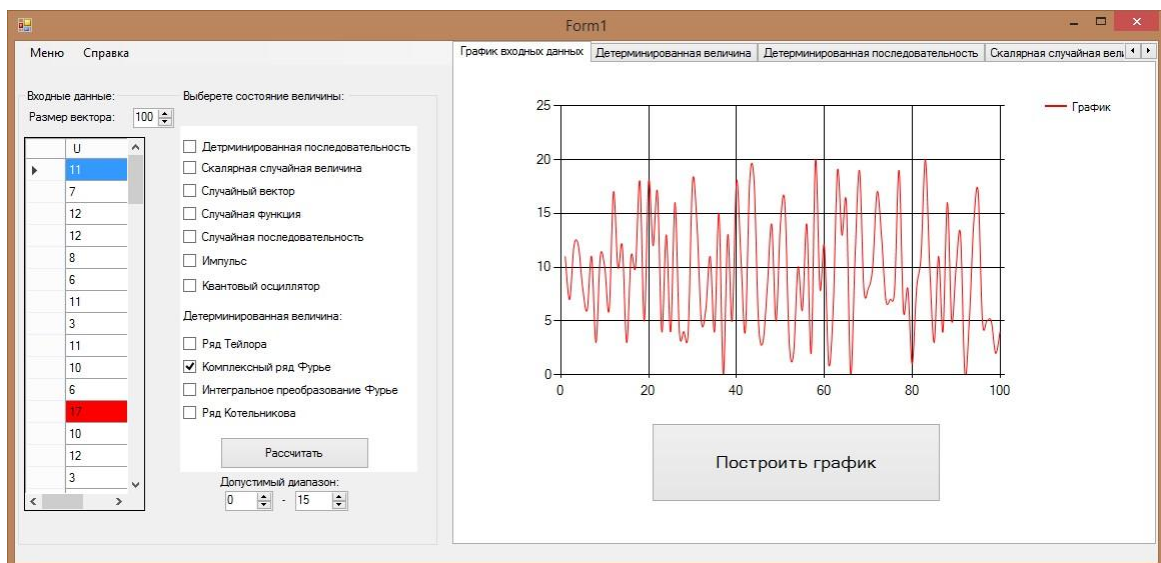


Рис. 14. График входных данных

Комплексный ряд Фурье используется для моделирования периодических сигналов (рис. 15).

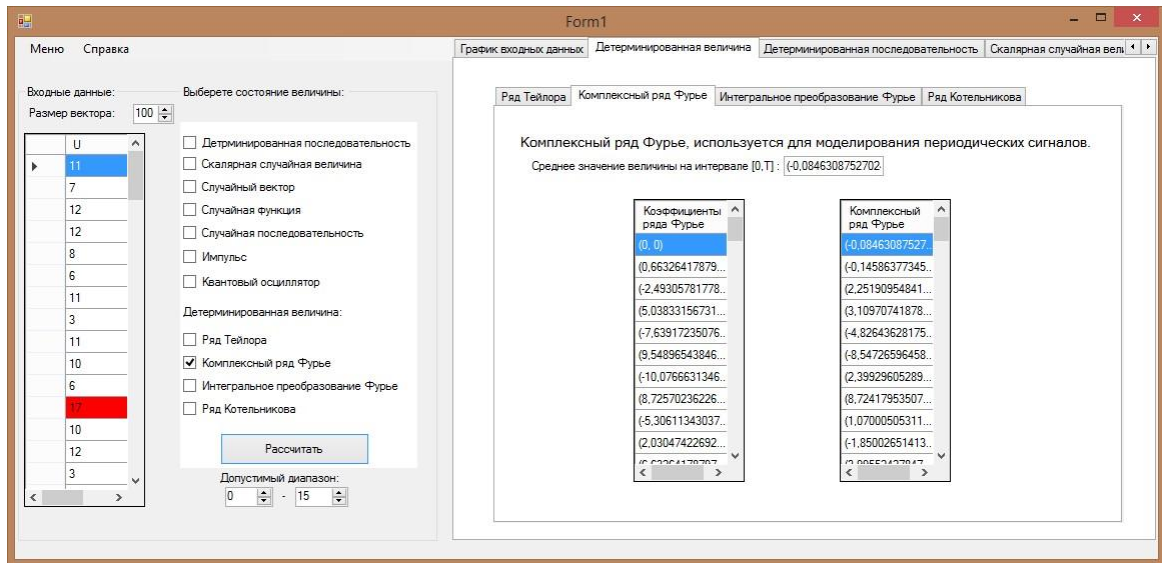


Рис. 15. Расчет среднего значения величины на интервале

В программе также реализованы интегральное преобразование Фурье и ряд Котельникова.

Ряд Котельникова целесообразно использовать для построения математической модели аналоговой величины, заданной в дискретных равноотстоящих значениях аргумента.

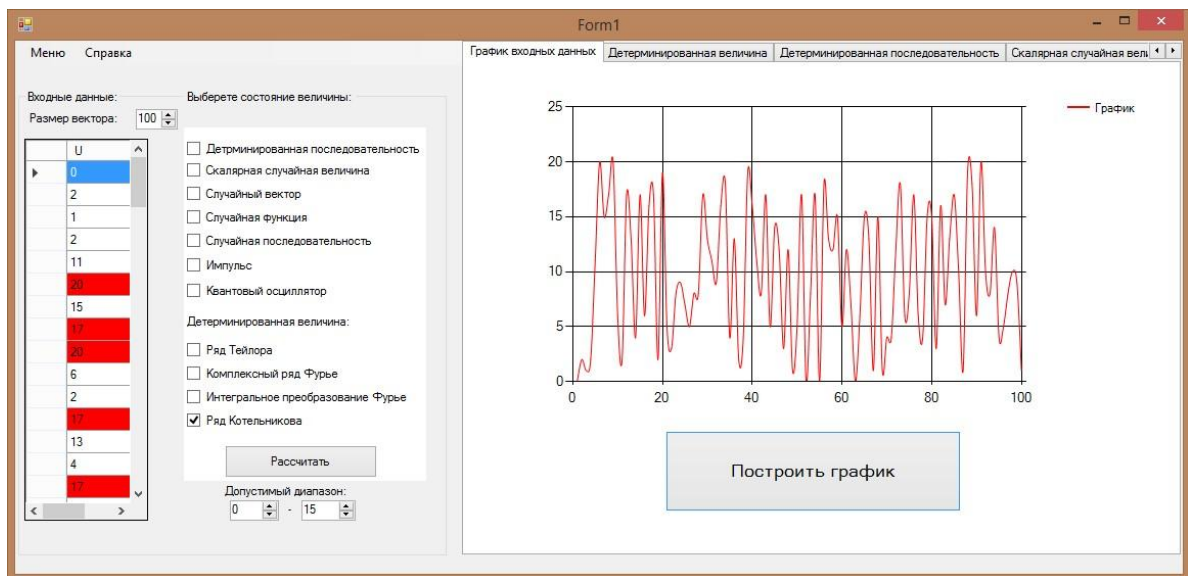


Рис. 16. График входных данных

Таким образом, изучены и выбраны математические модели для описания поведения средства измерения и для различных форм сигналов. По математическим моделям средства измерения, сигналов и электрических цепей написана программа универсального средства измерения, которая позволяет проводить измерения независимо от формы сигнала, что является отличительной особенностью разработанной программы.

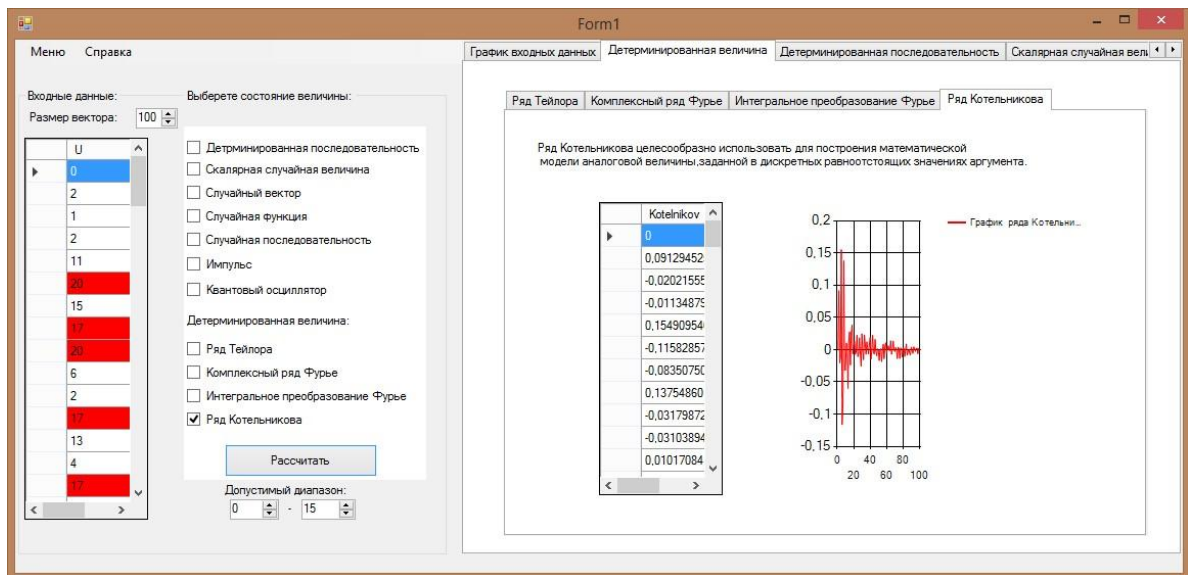


Рис. 17. График ряда Котельников

Список литературы

1. Цветков, Э.И. Основы математической метрологии / Э.И. Цветков. – СПб.: Политехника, 2005. – 510 с.
2. Назаров, Н.Г. Метрология: основные понятия и математические модели / Н.Г. Назаров. – М.: Высшая школа, 2002.

Сведения об авторе

Гончарова Ольга Александровна – магистрант кафедры «Прикладная математика» ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», furiyalipetsk@rambler.ru.

REALIZATION OF THE DIGITAL TO ANALOG CONVERTER FOR MODEL OF THE VOLTAGE IN NETWORK

Goncharova O.A.

Lipetsk State Technical University

The article discusses the disadvantages of digital measuring instruments. Formulated the task of modeling the measuring device for different waveforms and measurements with the use of microcomputers. Studied and selected mathematical models to describe the behavior of measuring instruments and for different waveforms. Modeled amperage characteristics of a simple electrical circuit to check the correctness of the choice and implementation of the models. Implemented a program of virtual simulation for signals of different forms. The program allows measurements regardless of the waveform that is a distinctive feature of the developed program.

Keywords: DAC, model, voltage, signal, net, electrical circuits, measurement, virtual instrument.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-83-91>

References

1. Tsvetkov E. I. *Osnovy matematicheskoy metrologii* [Fundamentals of mathematical metrology]. SPb, Polyequipment, 2005. 510 p.
2. Nazarov N. G. *Metrologiya: osnovnye ponyatiya i matematicheskie modeli* [Metrology: basic concepts and mathematical models]. Moscow, Vysshaya shkola, 2002.

Author' information

Olga A. Goncharova - undergraduate of the Department «Applied Mathematics» at Lipetsk State Technical University, *furiyalipetsk@rambler.ru*.

Дата публикации
(Date of publication):
25.12.2016