



ГИБКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ АНАЛОГОВОГО СИГНАЛА В ДИСКРЕТНЫЙ ЦИФРОВОЙ НА ПРИМЕРЕ ВОЛЬТМЕТРА СЛЕДЯЩЕГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ

В.Г. Корольков, В.К. Грыжов, Е.В. Грыжов (МГУТУ)

В среде моделирования VisSim на примере вольтметра следящего уравнивания спроектирован гибкий преобразователь аналогового сигнала в дискретный цифровой. Для увеличения быстродействия алгоритма обработки сигнала применена неравномерная шкала квантования опорных сигналов, смещенных на одинаковый интервал времени друг относительно друга. Предложен алгоритм выборки и суммирования опорных сигналов, позволяющий проводить отдельное измерение за один такт задающего генератора. Представленная модель преобразователя является открытой для дальнейших изменений и дополнений, что дает возможность для исследования и проектирования измерительной составляющей систем управления.

Ключевые слова: преобразователь сигналов, следящее уравнивание, блочно-модульная модель, алгоритм, опорные сигналы, фильтр, логический элемент сравнения, сумматор, умножитель, двоичное кодирование.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) широко используются в современных цифровых системах автоматического управления для преобразования аналоговых непрерывных сигналов в дискретные цифровые [1, 2].

Существуют различные методы аналого-цифрового преобразования, различающиеся между собой по точности и быстродействию. В большинстве случаев эти характеристики антагонистичны друг другу. В настоящее время большое распространение получили такие типы преобразователей, как интегрирующие АЦП, времязимпульсные АЦП, АЦП следящего уравнивания (поразрядного кодирования) и др.

На основе этих преобразователей действуют приборы, измеряющие силу тока, напряжение, временные интервалы, частоту, сопротивление и т.д.

В работах [3, 4] описаны модели, реализующие времязимпульсные и интегрирующие АЦП в среде VisSim. Возможности этих программных продуктов позволяют создавать гибридные модели, в которых непрерывная часть системы представлена в аналоговой непрерывной (естественной) форме, а система управления — в дискретной.

Разработка, предложенная в данной статье, является продолжением работ [3, 4] и содержит результаты исследований принципа работы преобразователя, реализующего метод следящего уравнивания. Алгоритм преобразователя аналогового сигнала в дискретный цифровой сигнал реализован в среде VisSim.

Метод следящего уравнивания заключается в поочередном сравнении измеряемой величины U_x с суммой образцовых дискретных величин, изменяющихся по определенному закону. Набор образцовых дискретных величин выполняется согласно выбранной системе счисления. Для двоичной системы весовые коэффициенты разрядов (при $p=2$) определяются из соотношения:

$$N = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p^0 + a_{-1} p^{-1} + \dots + a_{-m} p^{-m},$$

где $p^n, p^{n-1}, \dots, p^{-m}$ — весовые коэффициенты соответствующих разрядов, $a_n, a_{n-1}, \dots, a_{-m}$ — разрядные коэффициенты.

Для целых значений они соответствуют ряду 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32 и т.д. Для дробных — $2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}$ и т.д.

Допустим, что младшему разряду соответствует образцовое калиброванное напряжение $\Delta U_0 = 1$ мВ. Это значение равно минимальному шагу квантования. Тогда образцовые напряжения остальных разрядов образуют неравномерную шкалу: 2, 4, 8, 16, 32 мВ и т.д. Максимальная величина суммы набора дискретных образцовых напряжений определяется соотношением:

$$U_{обр\max} = \Delta U_0 \sum_{i=0}^{n-1} 2^i.$$

В процессе уравнивания измеряемая величина последовательно сравнивается с образцовыми напряжениями, начиная с наибольшего значения. Процесс измерения при следящем уравнивании может быть совмещен с процессом передачи кодовой комбинации. Для этого достаточно дополнительного времени запаздывания на считывание одного элемента кодовой комбинации, равного одному такту. Действительно, образцовые напряжения устанавливаются поочередно, начиная со старшего разряда. После получения результата сравнения «1» данного разряда весовые коэффициенты (0, 1, 2, 4, 8, 16 и т.д.) передаются в устройство памяти, если результат сравнения «0», содержимое памяти не изменяется. В результате по окончании всего цикла уравнивания в памяти содержится сумма весовых коэффициентов прошедших разрядов, равная измеряемому сигналу.

Известно, что в АЦП с времязимпульсным преобразованием результат измерения становится известным

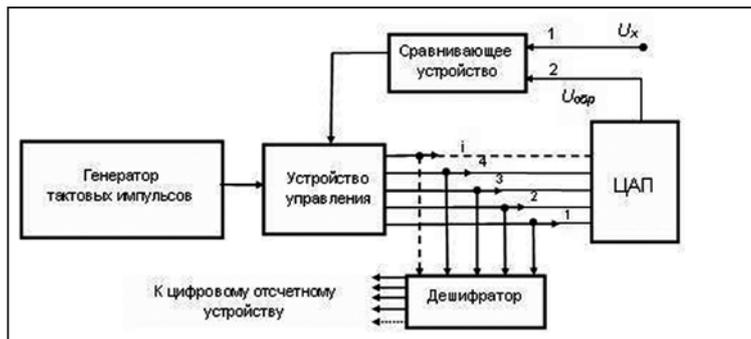


Рис. 1.

во всех разрядах одновременно к концу счета импульсов, так как измерение осуществляется в унитарном коде, который затем переводится в двоично-десятичный. Равномерная шкала квантования, применяемая в АЦП с времяимпульсным преобразованием, требует большего числа отсчетов (квантов), чем неравномерная шкала в АЦП со следящим уравниванием. Следовательно, АЦП, построенный на таком принципе, будет иметь наибольшее быстродействие.

Структурная схема АЦП следящего уравнивания приведена на рис. 1. Измеряемый сигнал по-

ступает на вход 1 сравнивающего устройства. На вход 2 подается напряжение от блока образцовых напряжений. Устройство управления по определенной программе переключает образцовые напряжения до получения равновесия. Моменты переключений образцовых напряжений задаются генератором тактовых импульсов. В качестве блока образцовых напряжений служит цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) — устройство, предназначенное для преобразования цифрового измерительного сигнала в аналоговый.

В отличие от общепринятого алгоритма преобразования, использующего многотактный процесс отдельного измерения, в данной работе реализован алгоритм, где отдельное измерение производится за один такт, что дополнительно ускоряет процесс преобразования.

Модернизированный алгоритм реализован в виде блочно-модульной модели из трех составных блоков.

1. Блок, формирующий опорные сигналы в развернутом виде, представлен на рис. 2. Входное управляющее воздействие на блок формируется тактовым

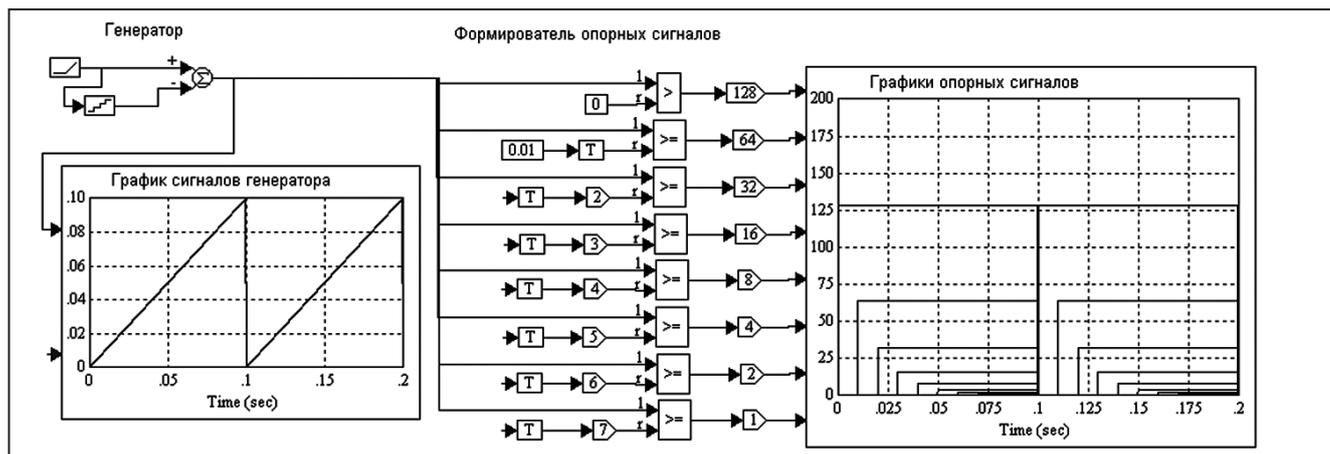


Рис. 2.

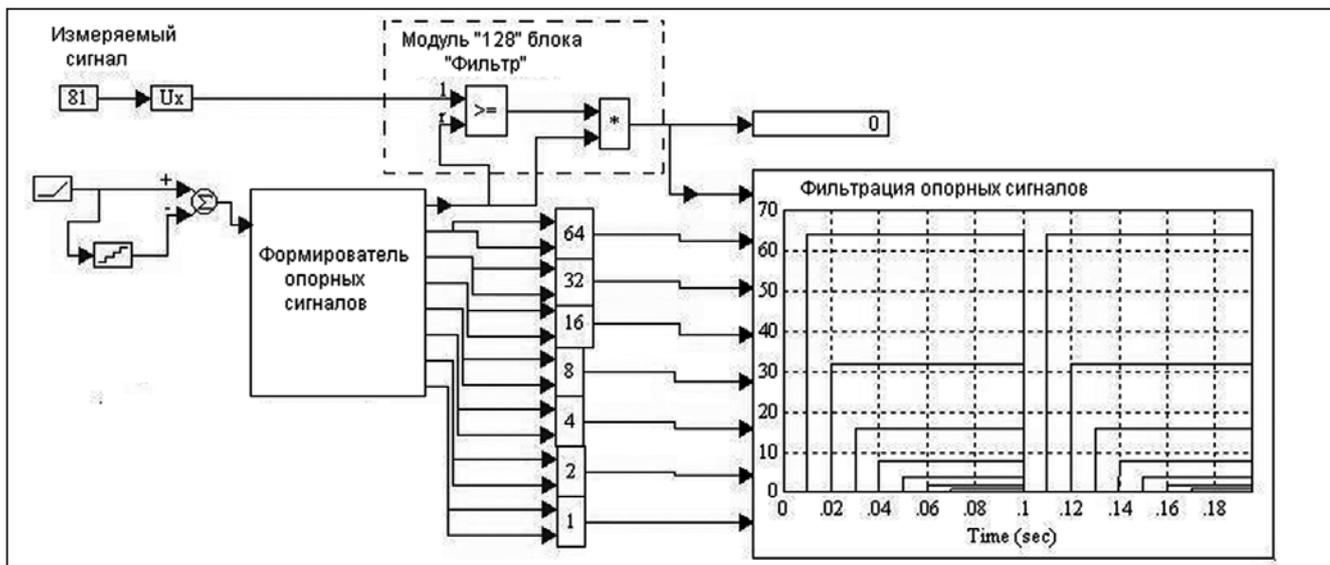


Рис. 3.

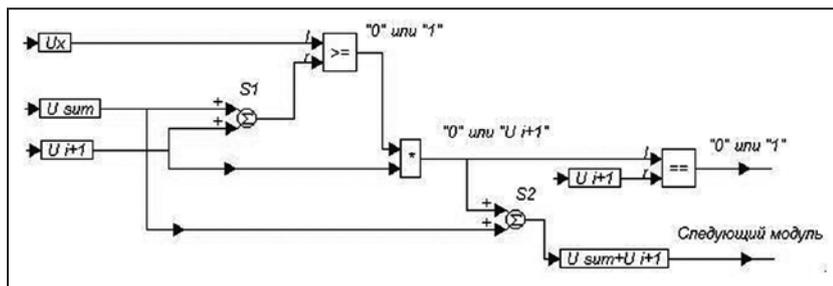


Рис. 4.

генератором в виде сигнала пилообразной формы. Быстродействие преобразований задается в настройках генератора. Например, на рис. 2 период отдельного импульса задан интервалом 0,1 с.

Блок «Формирователь опорных сигналов» состоит из логических элементов сравнения для каждого разряда калиброванных сигналов (1, 2, 4, 8, ...).

Для упрощения алгоритма преобразования и увеличения быстродействия счета предлагается произвести сдвиг запуска каждого опорного сигнала относительно предыдущего на время $T = 0,01$ с.

На правой осциллограмме рисунка представлены графики опорных сигналов для восьми разрядов. Алгоритм реализован так, что число разрядов можно неограниченно увеличивать, уменьшая значение T с условием, чтобы суммарное время задержки всех опорных сигналов не превышало один такт генератора.

По окончании такта задающего генератора происходит обнуление опорных сигналов, и в последующих тактах процесс повторяется.

2. Измеряемый сигнал U_x и соответствующие опорные сигналы поступают на входы составных однотипных модулей блока «Фильтр» (рис. 3). Каждый модуль состоит из элементарных блоков программы VisSim: «логического элемента сравнения» и «умножителя». Например, на рисунке в развернутом виде представлен модуль «128».

Через фильтр проходят только те опорные сигналы, значения которых не больше измеряемого. На-

пример, при значении $U_x = 81$ опорные сигналы 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 проходят через фильтр, а опорный сигнал $128 > 81$ не регистрируется. Этот случай фильтрации сигналов отображен на осциллограмме.

3. Блок формирования измеренного входного сигнала в дискретно-цифровой форме «Алгоритм» (рис. 4) состоит из однотипных модулей для соответствующих разрядов двоичного кода. Число модулей в блоке можно увеличивать. Все модули имеют одинаковую структуру, представленную в раскрытом виде на рис. 4. Модуль состоит из сумматоров $S1$ и $S2$, умножителя и логического сравнивающего устройства.

На входы модуля поступают сигналы: U_x — измеряемый аналоговый сигнал; U_{sum} — сумма опорных сигналов с предыдущих регистров; U_{i+1} — следующий опорный сигнал с временной задержкой T .

Сигналы U_{sum} и U_{i+1} суммируются в $S1$ и результат поступает на вход логического сравнивающего устройства, где происходит его сравнение с U_x :

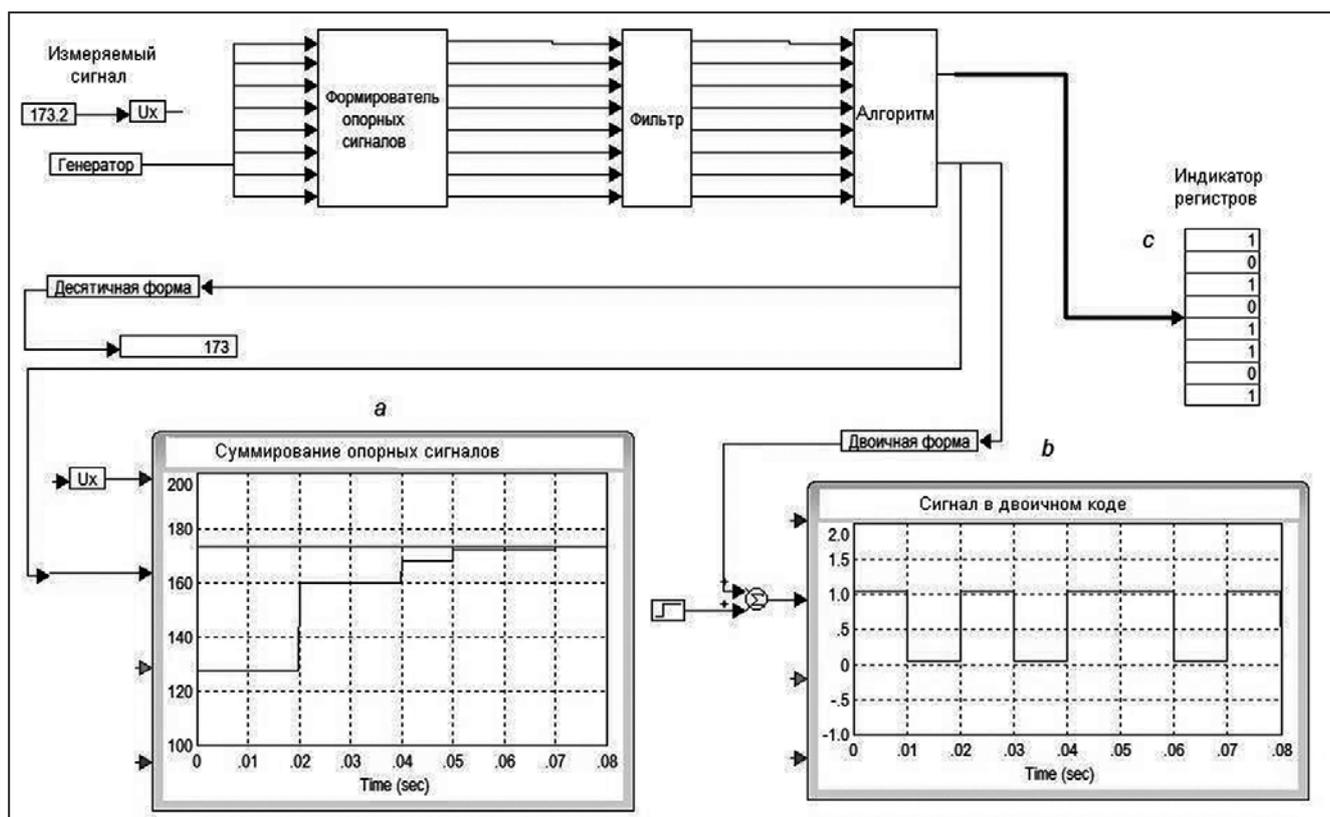


Рис. 5.

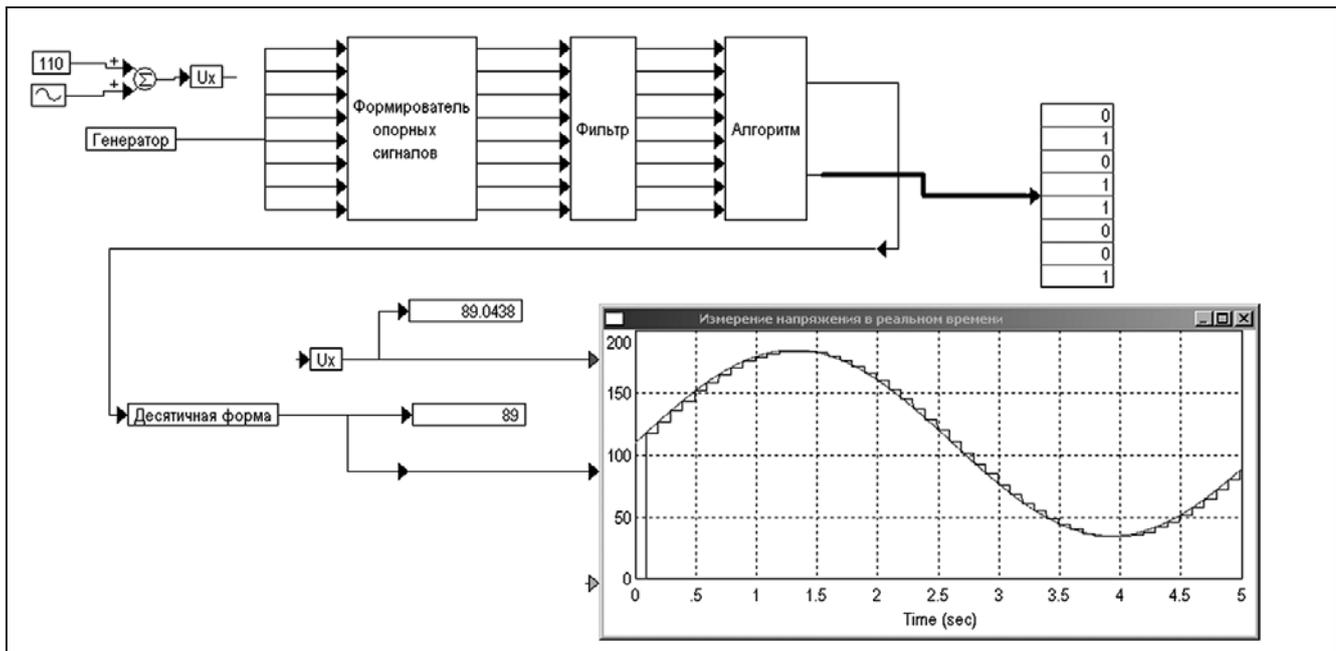


Рис. 6.

— если $U_{sum} + U_{i+1} > U_x$, то на выходе логического элемента формируется сигнал «0», который поступает на вход умножителя. На другой вход умножителя поступает U_{i+1} , который обнуляется, и на вход сумматора $S2$ приходит только сигнал U_{sum} . Таким образом, на выходе модуля пришедший сигнал U_{sum} остается без изменения и поступает на вход следующего модуля;

— если $U_{sum} + U_{i+1} < U_x$, то на выходе логического элемента формируется сигнал «1», и через умножитель проходит сигнал U_{i+1} . В результате на выходе модуля формируется сумма сигналов $U_{sum} + U_{i+1}$, то есть к сумме сформированных в предыдущих регистрах сигналов добавляется сигнал последующего разряда.

Результат преобразований в этом модуле передается на вход следующего модуля. Алгоритм преобразований повторяется до наименьшего разряда. Процесс суммирования опорных сигналов по предложенному алгоритму представлен на осциллограмме рис. 5 а, а результат преобразования выводится на индикатор в цифровой десятичной форме.

Одновременно на втором верхнем выходе в двоичном коде происходит регистрация наличия опорного сигнала U_{i+1} в формировании результата измерений. Результат одного отдельного измерения для восьмиразрядного преобразователя при $U_x = 173,2$ представлен на осциллограмме (b) и индикаторе (c) (рис. 5).

На рис. 6 показан процесс измерения изменяющегося напряжения в реальном времени с помощью предложенного преобразователя (АЦП).

Реализованный алгоритм следящего уравнивания с неравномерной шкалой квантования обеспечивают наибольшее быстродействие в сравнении с преобразователями других типов [3, 4]. Представленная модель преобразователя является открытой для дальнейших изменений и дополнений, что дает возможность для исследования и проектирования измерительной составляющей систем управления

В цифровых системах управления разработанный АЦП с помощью интерфейсных блоков можно использовать для измерения и преобразования различных аналоговых сигналов в режиме реального времени.

Список литературы

1. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. С-Петербург: Невский Диалект, 2001.
2. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. М.: Лаборатория базовых знаний ЮНИМЕДИА-СТАЙЛ. 2002.
3. Корольков В.Г., Грызов В.К. Модель времяимпульсного цифрового вольтметра для измерений в реальном времени напряжений в среде VisSim. Научные труды XIV международной научно-методической конференции «Стратегия развития образования: эффективность, инновации, качество», Вып.12. Том I // Тематическое приложение к журналу «Открытое образование». М. МГУТУ. 2008.
4. Грызов В.К., Корольков В.Г., Грызов Е.В., Акиншинский А.Д. Гибкий преобразователь аналогового сигнала в дискретный цифровой на примере вольтметра двойного интегрирования//Автоматизация в промышленности. 2012. № 8.

Корольков Владимир Гаврилович — доцент, заведующий лабораторией «Технических измерений и приборов»,
Грызов Владимир Константинович — канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Естественно-научных и технических дисциплин»,
Грызов Евгений Владимирович — заведующий лабораторией «Систем управления»
 Московского государственного университета технологий и управления (Вяземский филиал).
 Контактный телефон (48131) 5-70-50.
 E-mail: dombr55@mail.ru vyazma@vfmgtu.ru