

лей, приобретает новую функцию контроля и диспетчеризации непрерывного технологического и производственного процесса. Это позволяет создавать эффективную систему эксплуатации с возможностью управления поведением системы в любой момент времени и повысить надежность работы КДК СМК-350 в целом. Используя автоматизированную систему, можно воздействовать на надежность работы комплекса различными методами: изменением ресурса отдельных элементов, наиболее влияющих на технологический процесс; прогнозированием выхода из строя элементов и своевременным проведением ТО; заменой элементов, приближающихся к критическому ресурсу; возможностью оценить методы повышения вероятности безотказной работы ТС с НЦ с экономической точки зрения; выбором наиболее оптимального по стоимостным показателям варианта решения.

На данный момент на предприятии внедрено и отлажено оборудование 1-ой группы, из группы 2 – панель оператора сушильного отделения, что позволило повысить качество выпускаемой продукции и анализа результатов по отказам технологического оборудования. Внедрение в полном объеме планируется в 2012 г.

#### Список литературы

1. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Издательский центр "Академия". 2007.
2. Надежность и эффективность в технике: Т.1. Методология. Организация. Терминология / Под ред. Рембе-зы А.И. М.: Машиностроение. 1989.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: Вш. 2000.
4. Каптанов В.А., Медведев А.И. Теория надежности сложных систем. М.: Физматлит. 2010.

*Сурниченко Александр Анатольевич – инженер каф. ТМС ВлГУ.*

*Контактный телефон (4922) 47-98-11.*

*E-mail: tms@vlsu.ru, surni1967@mail.ru*

## Модель преобразователя сигналов для проектирования гибридных систем управления в среде VISSIM

**В.К. Грызов, В.Г. Корольков (МГУТУ, Вяземский филиал)**

*В среде моделирования VisSim предлагается новый метод преобразования дискретных импульсных сигналов в непрерывные, отличный от известных традиционных. Дано поэтапное описание метода. Изложен принцип действия, алгоритм работы и представлена схема преобразователя. Показана возможность применения преобразователя в системах управления.*

*Ключевые слова: системы автоматического управления, цифровой регулятор, интерполятор, дельта- функция, период квантования, дискретный импульсный сигнал.*

При моделировании и проектировании систем управления разработчики используют различные прикладные пакеты программ, в частности, среду моделирования VisSim от компании Visual Solutions INCORPORATED. Эта программа широко используется в научных и образовательных целях в России.

В среде VisSim модели непрерывных систем строятся на интеграторах. Дискретные модели строятся с использованием дискретного Z-преобразования либо на регистрах задержки.

Возможности VisSim позволяют создавать гибридные модели, в которых непрерывная часть системы представлена в аналоговой непрерывной (естественной) форме, а система управления – в дискретной. Связующим звеном между непрерывной и дискретной частями системы служит преобразователь сигналов (ЦАП).

В среде VisSim известны два способа преобразования сигналов.

1. Первый способ основан на преобразовании дискретного сигнала в непрерывный с помощью традиционной схемы интерполятора нулевого порядка с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1 - e^{-sT_0}}{s}.$$

Схема собирается на интеграторах с блоком временной задержки, где время задержки соответствует частоте задающего генератора.

Дискретный сигнал единичных импульсов стандартного генератора не является дельта-импульсным, поэтому приходится нормировать импульсы на дельта-функцию. Нормировка производится введением дополнительных множителей, формирующих импульсы единичной площади. Значения этих множителей зависят от задаваемого шага симуляции.

В процессе моделирования неоднократно придется изменять шаг симуляции, что требует соответствующего проведения перенормировки значений нормирующих множителей преобразователя.

2. Второй способ базируется на использовании в качестве интерполятора регистра задержки. При этом нормировка дискретного входного сигнала на дельта-функцию не производится. Этот блок в процессе моделирования необходимо настраивать и производить внешнюю синхронизацию, что создает неудобства.

Для преодоления указанных неудобств в данной работе предлагается метод, основанный на использовании свойств схемы, преобразующей входные дискретные импульсные сигналы в непрерывные. Схема состоит из двух сумматоров с блоками временной за-

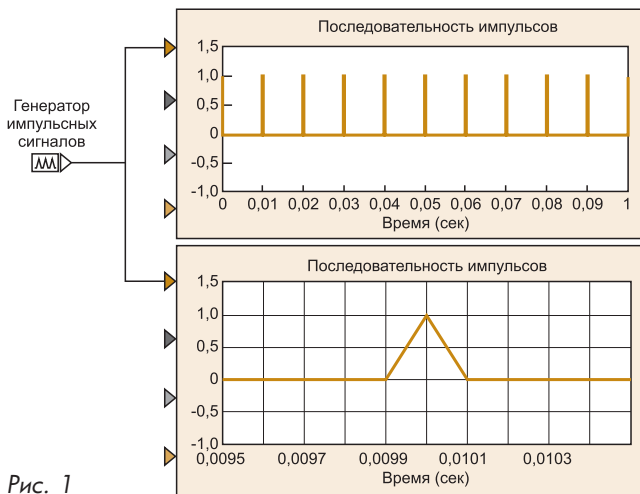


Рис. 1

держки; один из блоков временной задержки формирует обратную положительную связь.

Рассмотрим поэтапное описание предлагаемого метода.

*Этап 1.* В стандартном задающем генераторе тактовых импульсных сигналов в среде VisSim параметры настройки позволяют изменять амплитуду и частоту следования импульсов.

Вычислительный алгоритм этого блока на осциллографе графически формирует передний фронт и срез импульса в виде отрезков, сходящихся в точке, образующей вершину равнобедренного треугольника. Полуширина в основании импульса равна шагу симуляции в среде VisSim. Осциллограмма последовательности импульсов (решетчатая функция) и отдельный выделенный импульс для момента времени 0,01 с при заданных времени симуляции 0,1 с и шаге 0,0001 с имеют вид, приведенный на рис. 1.

В процессе исследований было установлено, что схема, состоящая из сумматора с блоком временной задержки в цепи обратной связи, обладает свойством памяти: если на вход сумматора поступает одиночный треугольный импульс, то на его выходе сохраняется амплитудное значение этого импульса. Память можно обнулить подачей импульса такой же амплитуды, но противоположного знака (рис. 2).

Принцип действия ячейки памяти:

- если в блоке временной задержки не установлено время задержки, то этот блок по умолчанию производит задержку сигнала, поступающего на его вход, на интервал времени, равный шагу симуляции в среде VisSim, то есть на полуширину основания импульса;

- при поступлении на вход сумматора отдельного треугольного импульса, на второй его вход по цепи обратной положительной связи приходит этот же импульс, смещенный во времени на полуширину основания. В сумматоре выполняется операция сложения среза, то есть убывающей части входного импульса и переднего фронта возрастающей части импульса, пришедшего по цепи обратной связи. Вследствие симметрии входных сигналов на выходе сумматора после сложения результирующий сигнал будет оста-

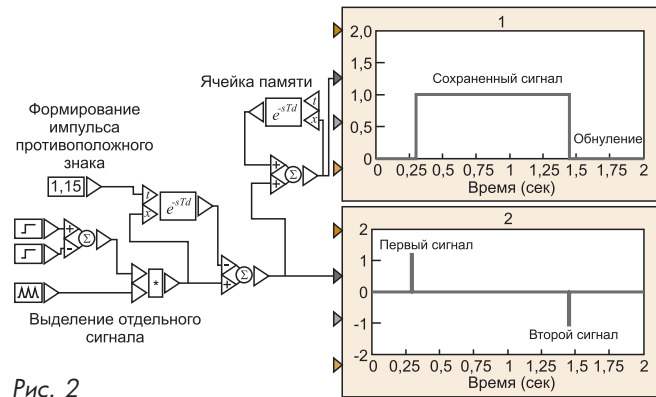


Рис. 2

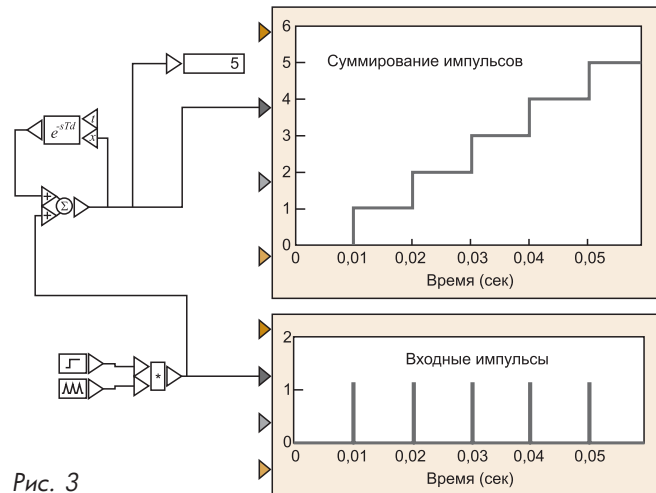


Рис. 3

ваться постоянным. Его значение равно амплитуде входного сигнала.

*Этап 2.* При поступлении на вход сумматора последовательности единичных импульсов, на выходе сохраняется значение амплитуды первого пришедшего импульса до прихода второго. После прихода второго импульса происходит сложение амплитуд первого и второго импульсов и сохранение значения этой суммы до прихода третьего и т.д. (рис. 3).

Если входные импульсы единичные, то ячейка памяти производит подсчет входных импульсов и работает как счетчик импульсов в режиме РВ [1]. Результаты счета импульсов в цифровой форме отображены на дисплее – индикаторе. Если амплитуды импульсов различны, то приведенная схема производит суммирование амплитуд входных сигналов.

*Этап 3.* Добавив к предлагаемой схеме (рис. 4) еще один блок – сумматор (2), работающий в режиме вычитания, и блок временной задержки (3) с временем задержки, равным периоду квантования сигнала, получаем преобразователь дискретного сигнала в непрерывный.

#### Алгоритм работы преобразователя

Значение амплитуды  $X_1$  первого импульса, пришедшего на вход первого сумматора в течение первого такта сохраняется на выходе первого (1) и второго сумматоров (2). С приходом второго импульса  $X_2$  в первом сумматоре происходит сложение амплитуд ( $X_1 + X_2$ ) и со-

хранение этой суммы в памяти в течение второго такта. Этот сигнал в начале второго такта поступает на положительный вход второго сумматора. В этот же момент времени на отрицательный вход второго сумматора через блок временной задержки (3) приходит сигнал  $X_1$ . На втором сумматоре происходит вычитание из суммы ( $X_1 + X_2$ ) сигнала  $X_1$ . В результате в течение второго такта на выходе всей схемы (выход сумматора 2) сохраняется постоянный сигнал  $X_2$ , и таким образом образуется преобразовательный цикл, соответствующий работе интерполятора нулевого порядка.

Достоинство этой схемы интерполятора заключается в ее автономности:

- результаты вычислений и их графическое отображение не зависят от шага симуляции VisSim;
- не требуется проводить дельта-модуляцию входных дискретных импульсов;
- не требуется проведения дополнительных настроек схемы, так как в ней нет никаких настроечных параметров;
- не требуется внешнего синхронизирующего сигнала: схема имеет только один вход и один выход.

Как пример рассмотрим работу предлагаемого преобразователя в системах управления в качестве звена ЦАП на выходе ПИД-регулятора, который в дискретной Z-форме имеет вид:

$$G(z) = K_1 + K_2 \frac{\Delta t}{z-1} + K_3 \frac{z-1}{\Delta t},$$

где  $K_1, K_2, K_3$  – настроечные параметры;  $\Delta t$  – период квантования по времени, задаваемый генератором тактовых импульсов.

Применив к этому выражению обратное Z-преобразование получим разностное уравнение, описывающее алгоритм работы цифрового ПИД- регулятора [2]:

$$u(k) = K_1 e(k) + K_2 [u(k-1) + \Delta t e(k)] + \frac{K_3}{\Delta t} [e(k) - e(k-1)],$$

где  $e(k)$  – дискретный входной сигнал рассогласования;  $u(k)$  – дискретный выходной сигнал управления.

В среде моделирования VisSim этот алгоритм может иметь вид, представленный на рис. 5.

На рис. 6 схемы ПИД-регулятора и ЦАП представлены в виде составных блоков:

- на левом верхнем осциллографе показан дискретный сигнал рассогласования, поступающий на вход регулятора;
- на правом верхнем осциллографе представлен преобразованный ПИД-регулятором дискретный сигнал управления;
- на правом нижнем осциллографе сформирован выходной непрерывный сигнал управления.

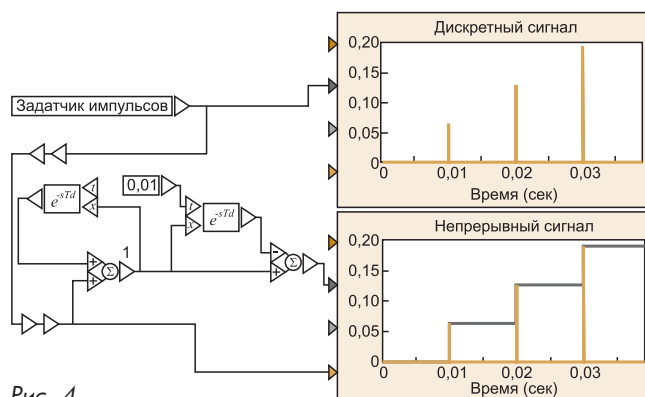


Рис. 4

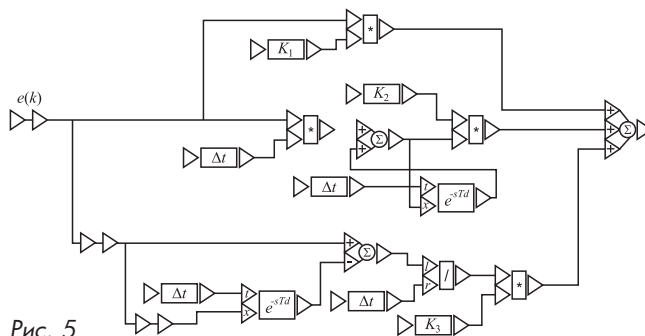


Рис. 5

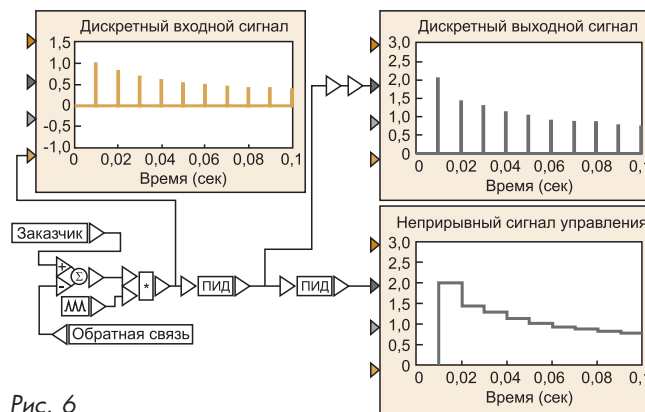


Рис. 6

Предложенный в данной работе преобразователь можно применять как готовый блок в средах моделирования, в которых импульсы сигналов задающих генераторов имеют форму равнобедренного треугольника.

### Список литературы

1. *Корольков В.Г., Грызов В.К.* Модель времяимпульсного цифрового вольтметра для измерений в РВ напряжений в среде VisSim. Научные труды XIV междуна. научно-методической конф. "Стратегия развития образования: эффективность, инновации, качество". Вып.12. Том I // Тематическое приложение к журналу "Открытое образование". М., МГУТУ. 2008.
2. *Олссон Г., Пиани Д.* Цифровые системы автоматизации и управления. С.-Петербург: Невский Диалект. 2001.

**Грызов Владимир Константинович** – канд. техн. наук, доцент зав. кафедрой "Естественно-научных и технических дисциплин", **Корольков Владимир Гаврилович** – доцент, зав. лабораторией "Технических измерений и приборов" Московского государственного университета технологий и управления, Вяземский филиал.  
 Контактный телефон (48131) 5-70-50. E-mail: dombr55@mail.ru / vyazma@vfmgutu.ru