

## РЕАЛИЗАЦИЯ ШИРОТНОИМПУЛЬСНЫХ МОДУЛЯТОРОВ ШИМ-1, ШИМ-2 И ШИМ-DSC В СРЕДЕ SIMULINK

А.И. Темчук, В.А. Федотов, Н.П. Винтоняк

Научный руководитель: профессор, к.т.н. В.Д. Семёнов

Томский Университет Систем Управления и Радиоэлектроники,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: fva@vipelec.com

*Annotation. The annotation should be written in English, Times New Roman, 10 Pt, Italic. The annotation should be no longer than 300 words. The annotation should be as brief as possible but long enough to indicate clearly the nature of the study.*

В процессе разработки источников вторичного электропитания (ИВЭП) на основе высокочастотных импульсных преобразователей инженер часто сталкивается с потребностью проведения имитационного моделирования. Например, для подтверждения справедливости, проведенных вычислений, исследовании микро и макро режимов работы силовых ключей, исследовании регулировочных характеристик или динамических характеристик ИВЭП и др. Для этих целей применяются специализированные программные пакеты схемотехнического моделирования, таких как: DesignLab, Orcad, SwitchCad, MicroCap и др. Перечисленные программные пакеты ориентированы на имитационное моделирование принципиальных схем различных электрических устройств. ИВЭП также является электрическим устройством, однако с развитием силовой преобразовательной электроники разработчик все чаще сталкивается с задачами реализации в ИВЭП сложных алгоритмов управления на базе микроконтроллеров или программируемых логических интегральных схем. Возникают задачи проведения имитационного моделирования сложных алгоритмов работы ИВЭП. Средствами вышеперечисленных пакетов сложно проводить моделирование алгоритмов управления сложных систем, в состав которых входит ИВЭП, например, такой системы как электропривод.

Универсальным инструментом, проведения имитационного моделирования сложных систем, является программный пакет Simulink, который представляет собой графическую среду имитационного моделирования, позволяющую при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы. Пакет Simulink входит в состав инженерного математического пакета Matlab и имеет множество библиотек для решения различных инженерных задач. Для разработчиков силовой электроники представляет интерес пакет библиотек SimPowerSystem, он содержит набор блоков для построения виртуальных моделей электротехнических устройств и устройств силовой электроники. Используя библиотеки Simulink и SimPowerSystem, а также применяя функции и команды Matlab, разработчик может не только имитировать работу устройств во временной области, но и изучить их частотные свойства, оценить динамические параметры и осуществлять гармонический анализ токов и напряжений [1].

Пакет библиотек SimPowerSystem содержит модели различных электротехнических элементов и элементов силовой электроники. Для организации управления импульсным преобразователем в разделе

«дополнительные электрические устройства» (Extra Library) присутствует блок «PWM Generator». Блок «PWM Generator» реализует широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) входного сигнала для управления одно-фазными, двух-фазными, трех-фазными, двух-уровневыми мостовыми инвертором или комбинацией двух трех-фазных мостовых инверторов. Данный блок позволяет реализовать только ШИМ второго рода (ШИМ-2) с симметричной развертывающей пилою [2], что является недостатком данного пакета. В данной работе предлагается способ реализации блоков ШИМ первого (ШИМ-1), второго рода и блока реализующего ШИМ на основе DSC контроллера MC56F8013 производства фирмы Freescale Semiconductor (ШИМ-DSC) с не симметричной развертывающей пилою.

Возможная реализация блока ШИМ-2 в пакете Simulink с применением блоков только из пакета Simulink представлена на рисунке 1. Блок ШИМ-2 оформлен в виде отдельного блока при помощи блока «Atomic Subsystem» (рисунок 1.а). Модулирующий сигнал вырабатывает генератор G блок «Repeating Sequence», форма и частота модулирующего сигнала задается при помощи внутренних параметров блока, например, для не симметричной развертывающей пилой амплитудой 1 с частотой 100кГц значение параметра Time Values: [0 10e-6], а параметра Output values: [0 1]. Входной модулируемый сигнал поступает через входной порт IN. Модулируемый и модулирующий сигнал поступают на сумматор положительный и отрицательный вход соответственно и с выхода сумматора поступают на компаратор C. Выход компаратора подключен к выходному порту Out.

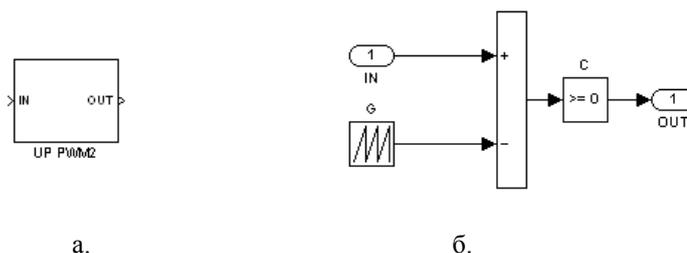


Рисунок 1. Реализация блока ШИМ-2 с несимметричной пилою в пакете Simulink.

Реализация блока ШИМ-1 представлена на рисунке 2. Блок ШИМ-1 также оформлен в виде отдельного блока с одним входом для модулируемого сигнала и одним выходом (рисунок 2). В отличие от структурной схемы блока ШИМ-2 в схему блока ШИМ-1 введен схема выборки хранения S реализованного при помощи блока «Triggered Subsystem». Время выборки для блока S задается внешним генератором G1. Для правильной работы блока ШИМ-1 необходимо, чтобы период генератора G2 и период модулирующего сигнала G2 были равны. Момент времени запоминания (квантования) модулируемого сигнала можно сдвигать относительно модулирующего сигнала изменением значения параметра Phase delay генератора G2. Если значение параметра Phase delay оставить равным 0, то момент квантования будет совпадать с моментом начала развертки модулирующего сигнала.

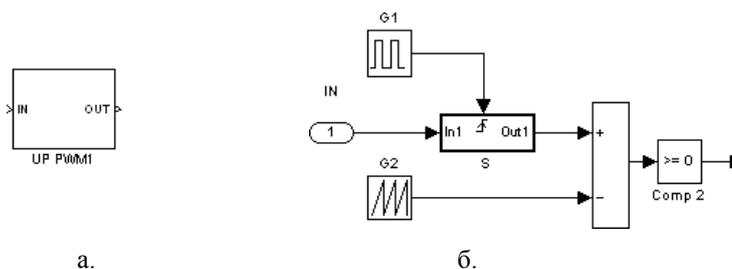


Рисунок 2. Реализация блока ШИМ-1 с несимметричной пилою в пакете Simulink.

DSC контроллер так же реализует ШИМ, однако момент сохранения (квантования) значения модулируемого сигнала происходит на предыдущем  $k-1$  такте формирования импульса  $t_k$ , а передача данных на ШИМ компаратор производится в начале формирования импульса  $t_0$  (рисунок 3). Момент сохранения можно перенести на более ранние интервалы времени до  $k-16$  такта. Момент времени  $t_k$  устанавливается таймером, который запускается в моменты времени  $t_0$  [3]. В научно технической литературе не дается классификация ШИМ реализуемой DSC контроллерами поэтому будем называть ее ШИМ-DSC.

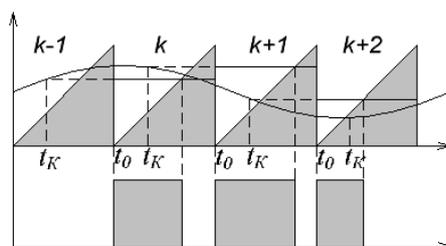


Рисунок 3. Алгоритм модуляции, реализуемый в DSC контроллере.

Реализация блока ШИМ-DSC приведена на рисунке 4. Дополнительную задержку на кратное число интервалов дает схема задержки реализованная на генераторе G3 и звене выборки хранения S1. Для адекватной работы блока ШИМ-DSC необходимо, чтобы период генератора G3 был кратен от 1 до 16 периоду модулирующего сигнала. Значение параметра Phase delay генератора G3 задает моменты времени  $t_k$  и должно быть больше 0, а значение параметра Phase delay генератора G2 всегда должен быть равен 0.

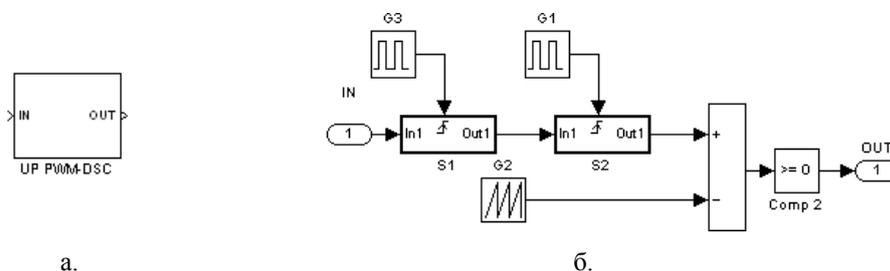


Рисунок 4. Реализация блока ШИМ-DSC с несимметричной пилою в пакете Simulink

Созданные блоки ШИМ модуляторов позволят разработчикам быстрее реализовывать имитационные модели ИВЭП и переходить к их моделированию и анализу результатов. На основе, созданных блоков можно реализовать маскированный блок для отдельной библиотеки Simulink, специализированной для разработчика ИВЭП с применением высокочастотных импульсных преобразователей. Алгоритм создания маскированных блоков описан в [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Худяков В. Школа Matlab. Урок 2. Библиотека SimPowerSystems// Силовая электроника №2 2005.
2. Кобзев А.В. Михальченко Г.Я. Музыченко Н.М. Модуляционные источники питания РЭА. – Томск: Радио и связь, Томский отдел, 1990.-336 с.

3. 56F801X                      Peripheral                      –                      Reference                      Manual  
[http://cache.freescale.com/files/dsp/doc/ref\\_manual/MC56F8000RM.pdf?fasp=1&WT\\_TYPE=Reference%20Manuals&WT\\_VENDOR=FREESCALE&WT\\_FILE\\_FORMAT=pdf&WT\\_ASSET=Documentation](http://cache.freescale.com/files/dsp/doc/ref_manual/MC56F8000RM.pdf?fasp=1&WT_TYPE=Reference%20Manuals&WT_VENDOR=FREESCALE&WT_FILE_FORMAT=pdf&WT_ASSET=Documentation)
4. Герман-Галкин С. Школа Matlab. Моделирование устройств силовой электроники. Урок 8. Создание виртуальных лабораторий в среде Matlab-Simulink// Силовая электроника №2 2008.