

Г.П. Охоткин, С.В. Угарин, А.А. Дарвин

(г. Чебоксары, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЛОГИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА,  
ФОРМИРУЮЩЕГО ДИАГОНАЛЬНЫЙ ЗАКОН КОММУТАЦИИ  
КЛЮЧЕЙ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ВЕРХНЕГО ТРАНЗИСТОРА  
МОСТОВОЙ СХЕМЫ ВЕНТИЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

**SIMULATION OF THE OPERATION OF A LOGIC DEVICE THAT FORMS  
A DIAGONAL LAW OF SWITCHING KEYS WITH SWITCHING OF THE UPPER  
TRANSISTOR OF THE BRIDGE CIRCUIT OF A SEMICONDUCTOR CONVERTER**

*Проведено моделирование работы логического устройства, формирующего диагональный закон коммутации ключей с переключением верхнего транзистора мостовой схемы полупроводникового преобразователя.*

*Simulation of the operation of a logic device that forms a diagonal law of switching keys with switching of the upper transistor of the bridge circuit of a semiconductor converter is carried out.*

*Ключевые слова: моделирование, Simulink, диагональный закон коммутации, полупроводниковые преобразователи.*

*Keywords: simulation, simulink, diagonal commutation law, semiconductor converters.*

Транзисторные преобразователи постоянного напряжения, выполненные по мостовой схеме, находят широкое применение в электроприводах постоянного и переменного тока. Существует множество законов коммутации ключей преобразователя. Одним из эффективных законов коммутации является диагональный с переключением верхних или нижних транзисторов моста [1]. Закон коммутации транзисторов моста формируется логическим устройством (ЛУ) преобразователя. Методика синтеза логического устройства, формирующего диагональный закон коммутации с переключением верхних транзисторов моста, приведена в [2,3].

После составления функциональной схемы ЛУ возникает необходимость быстрой проверки на достоверность полученных результатов. Проверка функционирования работы логического устройства вне системы силовой электроники требует разработки специальных программ и значительных затрат времени. Одним из эффективных методов снижения затрат времени является использование среды расширения *Stateflow* программного пакета *Matlab-Simulink*. В имеющейся литературе недостаточно полно отражены вопросы разработки методов быстрой проверки на достоверность функционирования логических устройств на основе пакета расширения *Stateflow*. В связи с этим задача разработки программы моделирования работы ЛУ на *Stateflow* является актуальной.

Целью представленной работы является разработка программы на *Stateflow*, позволяющей моделировать работу ЛУ как дискретного автомата, формировать тестовые управляющие воздействия, визуализировать получаемые результаты.

Для быстрого тестирования ЛУ, разработана программа на основе *Stateflow*, графическая структурная схема которой представлена на рис. 1.

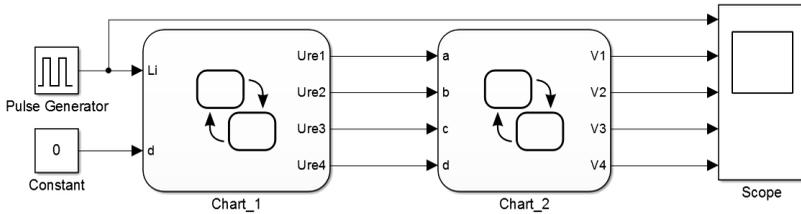


Рис. 1. Структурная схема программы тестирования ЛУ

Схема включает в себя: блок *Chart\_1*, генерирующий тестовые сигналы; блок *Chart\_2* – дискретный автомат, моделирующий работу логического устройства; блок *Scope* – осциллограф, отображающий процессы в ЛУ.

Генератор тестирующих сигналов *Chart\_1*, представлен как дискретный автомат (рис. 2), состоящий согласно работе [2] из 12 состояний входов ЛУ  $\lambda_1 - \lambda_{12}$ .

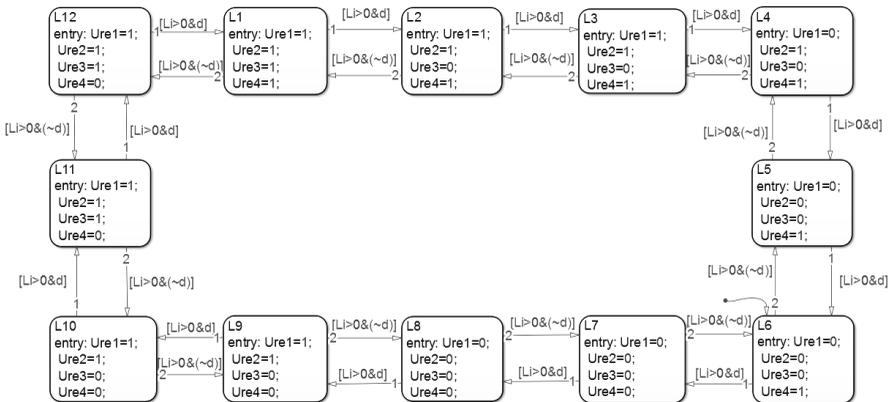


Рис. 2. Структура блока *Chart\_1*

Структурная схема блока *Chart\_2* представлена на рис. 3. Согласно работе [2] логическое устройство состоит из пяти состояний  $x_1 - x_5$ , представленных вершинами на граф-схеме автомата.

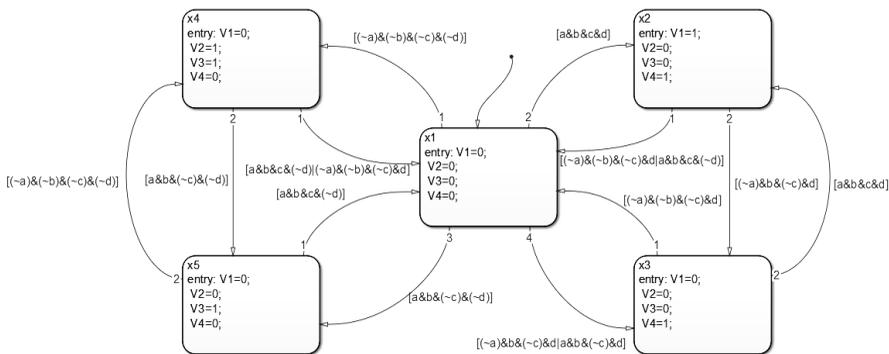


Рис. 3. Структура блока Chart\_2

Работу автомата логического устройства можно оценить по осциллограммам, полученным с помощью блока *Scope*, которые представлены на рис. 4.

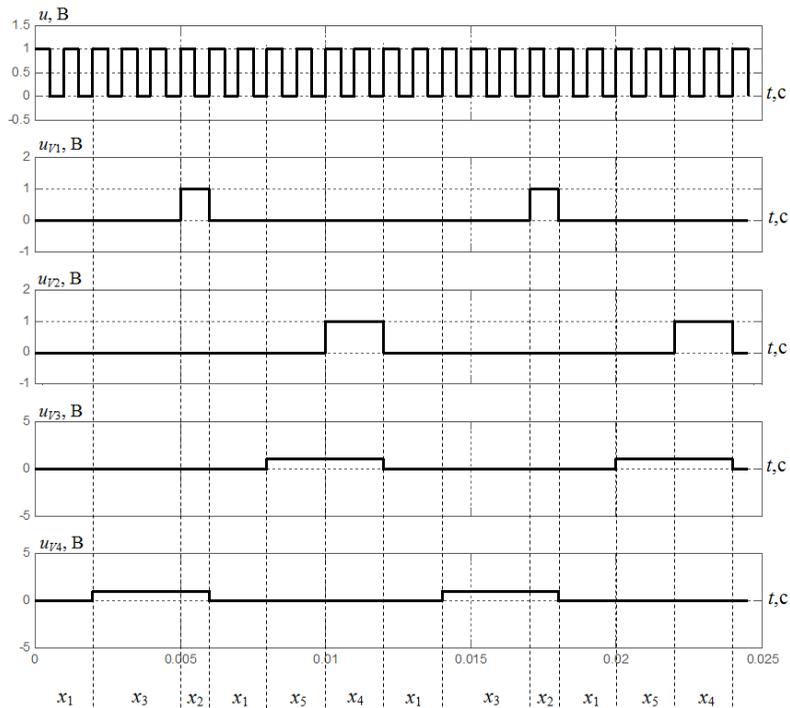


Рис. 4. Осциллограммы выходных сигналов ЛУ

Для большей наглядности поверх осциллограммы нанесены вертикальные пунктирные линии и обозначены интервалы текущих активных

состояний  $x_1 - x_5$  автомата дискретного логического устройства.

В процессе моделирования схемы активные состояния и переходы автомата подсвечиваются синим контуром, что позволяет визуально оценить достоверность функционирования полученной модели.

Разработанная *Simulink*-модель позволяет достаточно быстро оценить достоверность полученных ранее математических моделей законов коммутации ключей вентильных преобразователей и на ранних этапах проектирования выявить ошибки, если таковые имеются.

### Список литературы

1. *Охоткин, Г.П.* Анализ законов коммутаций ключей мостовой схемы импульсного преобразователя / Г.П. Охоткин, Е.С. Романова // Вестник Чувашского университета. 2012. №3. С. 142-149.

2. *Охоткин, Г.П.* Разработка методики синтеза дискретного логического управляющего устройства САР тока / Г.П. Охоткин // Вестник Чувашского университета. – 2014. – №2. – С. 74-83.

3. *Охоткин, Г.П.* Разработка математической модели диагонального закона коммутации ключей с переключением верхнего транзистора мостовой схемы преобразователя / Г.П. Охоткин, Е.С. Романова // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы IX Всерос. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. – С. 77–86.

*Материал поступил в редколлегию 12.10.20.*

DOI: 10.51932/9785907271739\_296

УДК 621.3

Г.П. Охоткин, С.В. Угарин, А.А. Дарвин

(г. Чебоксары, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИММЕТРИЧНОГО ЗАКОНА КОММУТАЦИИ В *SIMULINK* С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА РАСШИРЕНИЯ *STATEFLOW*

SIMULATION OF A SYMMETRIC COMMUTATION LAW IN SIMULINK USING THE STATEFLOW PACKAGE

*Показан способ моделирования системы управления полупроводниковым преобразователем в САПР Matlab Simulink с использованием библиотеки Stateflow.*

*A method for modeling the control system of a semiconductor Converter in the Matlab Simulink CAD system using the Stateflow library is shown.*

*Ключевые слова: моделирование, Simulink, симметричный закон коммутации, полупроводниковые преобразователи.*

*Keywords: simulation, simulink, symmetric commutation law, semiconductor converters.*

Моделирование систем силовой электроники, используя современные САПР, позволяет убедиться в достоверности ранее полученных