

УДК 004.054

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ С ПОМОЩЬЮ HIL

Танчук М.П. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Ловлин С.Ю.
(ИТМО)

Введение. Растущее использование источников зеленой энергии, таких как ветровая энергия, солнечная энергия и аккумуляторные системы хранения энергии приводит к росту распределенных сетей. В таких сетях зачастую требуется обеспечение двунаправленного потока мощности, а следовательно, использования надежных двунаправленных силовых преобразователей для соответствия текущим стандартам. Для обеспечения безопасности и надежности преобразователей и их тестирования на предмет соответствия установленным требованиям, применяется процесс разработки, называемой V-моделью. Тестирование при таком подходе обеспечивается Hardware in The Loop (HIL) системами, в которых часть компонентов системы реальная, часть – симулируется. Это позволяет обеспечить безопасное и экономически эффективное тестирование сложных систем а также сократить разрыв между моделью и физическим устройством. Благодаря способности сокращать циклы разработки и время выхода на рынок, моделирование HIL широко применяется в различных отраслях промышленности, включая аэрокосмическую, автомобильную, медицину и электроэнергетику. В зависимости от соотношения реальной и симулируемой частей, существует несколько уровней моделирования HIL, как CHIL, PHIL, MHIL. Математические модели дискретизируются и запускаются как на разных процессорах и FPGA, так и с использованием коммерческих решений HIL для моделирования в реальном времени [1].

Основная часть. Для представления нового метода обработки результатов тестирования собрана установка с использованием платы TMDSCNCD28Pm55X controlCARD с микроконтроллером TMS320F28P550SJ, подключенной к аппаратному эмулятору Typhoon HIL404. Установка предназначена для тестирования отключения силового выхода а также проверки корректности работы функциональности мертвого времени ШИМ. Микроконтроллер настроен на измерение напряжения с помощью АЦП и генерацию сигналов ШИМ с определенными параметрами. Устройство HIL404 на базе процессора Zynq Ultrascale имитирует электрическую цепь и обрабатывает сигналы. Инструменты Typhoon HIL Control Center, включая Schematic Editor, HIL SCADA и TyphoonTest IDE, используются для создания модели, управления ею и автоматизированного тестирования. Автоматизированные тесты имеют общую структуру, включающую настройку среды, конфигурацию параметров, захват сигнала, обработку результатов и условия прохождения тестирования. Для каждого тестируемого сигнала предлагается использовать два сигнала для сравнения что повышает гибкость задания условий прохождения тестирования.

Выводы. Представлен метод оценки тестов программного обеспечения силовой электроники с помощью двух референсных сигналов. Созданы тестовые случаи для проверки реакции микроконтроллера на неприемлемое повышение напряжения, а также обнаружения нарушения правила «мертвого времени». Предложенный метод показал преимущества в анализе низко- и среднечастотных цифровых сигналов в сравнении со стандартными методами от Typhoon HIL.

Список использованных источников:

1. F. Mihalič, M. Truntič, and A. Hren, "Hardware-in-the-Loop Simulations: A Historical Overview of Engineering Challenges," *Electronics*, vol. 11, no. 15, p. 2462, Jan. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/electronics11152462>.

2. Typhoon HIL, “Typhoon HIL Hardware Manual” 2024. [Online]. Available: https://www.typhoon-hil.com/documentation/typhoon-hil-hardware-manual/hil404_user_guide/topics/hil404_abstract.html.
3. Typhoon HIL, “Typhoon HIL Software Manual | TyphoonTest IDE” 2024. [Online]. Available: https://www.typhoon-hil.com/documentation/typhoon-hil-software-manual/concepts/typhoontest_ide.html.