

ПРИМЕНЕНИЕ HARDWARE-IN-THE-LOOP ПОДХОДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДОВЕРЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Пушков Р.Л., Седьмов А.Э.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Москва, Российская Федерация

Разработка системы числового программного управления является сложной задачей, которая включает в себя не только создание программного обеспечения, но и организацию взаимодействия его с аппаратной частью станка [1, 2]. Разработанная система ЧПУ может обновляться за счёт добавления необходимых функций, модулей или циклов. Не всегда есть возможность протестировать разработанное ПО непосредственно на станке. Это связано с тем, что станок или иное техническое оборудование достаточно дорогостоящее, объем и время тестирования ограничено.

Тестирование возможно производить на специализированных испытательных стендах, которые реализованы в виде аппаратных средств, исполнительных механизмов в виде приводов, датчиков, программируемых логических контроллеров, различных реле и модулей человеко-машинного интерфейса. Для тестирования части добавленных функциональных возможностей достаточно использования виртуальных испытательных стендов, используя математическую модель аппаратной части станка, симулирующую работу исполнительных механизмов в реальном времени [3]. Одной из проблем является построение реконфигурируемых испытательных стендов для тестирования систем с оборудованием различных производителей.

Для тестирования программно-аппаратных комплексов применяется подход *Hardware-in-the-loop (HIL) simulation* (аппаратное моделирование в цикле). HIL-моделирование позволяет учитывать сложность управляемой установки за счёт добавления математического представления всех связанных динамических систем [4]. Моделирование HIL включает в себя электрическую эмуляцию датчиков и исполнительных механизмов. Электрические эмуляции действуют как интерфейс между моделируемой установкой и тестируемой системой. Значение величины каждого датчика с электрической эмуляцией контролируется моделированием установки и считывается тестируемой встроенной системой – обратной связью. Таким же образом тестируемая встроенная система реализует свои алгоритмы управления, выдавая управляющие сигналы привода. Изменения в управляющих сигналах приводят к изменениям значений переменных в математической модели установки.

Использование HIL повышает качество тестирования за счёт увеличения объема тестирования. Встроенная система должна тестироваться на реальной установке, но реальная установка накладывает ограничения на объем

тестирования. Симуляция тестируемой системы даёт возможность выходить за пределы диапазонов параметров моделируемого устройства.



Рисунок 1 – Схема реализации тестирования кода программно-аппаратного комплекса ЧПУ

Еще одним направлением применения НПЛ может быть эмуляция оборудования вычислительного комплекса, на котором построена система управления. Это необходимо при построении доверенных систем. Доверенная система подразумевает, что её компоненты, наиболее критичные с точки зрения доступа у данным, не могут быть заменены или извлечены с сохранением доступа к данным. Для тестирования функций, отвечающих за доступ к доверенным данным НПЛ может быть одним из подходов, так как можно эмулировать смену оборудования вычислительного комплекса и проверять отклик системы на смену.

1. Мартинова Л.И., Мартинов Г.М. Мировые тренды, возможности и перспективы развития систем ЧПУ станочного оборудования // СТИН, №7. 2019. с. 28-31.
2. Мартинов Г.М., Пушков Р.Л., Соколов С.В., Обухов А.И., Евстафиева С.В. Числовое программное управление станками с динамически изменяющейся кинематикой // Автоматизация в промышленности, №5. 2020. с. 12-17.
3. Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Грубляк В.Я. Методика разработки имитационной модели станка для взаимодействия с системой ЧПУ // Вестник МГТУ "Станкин", №4(63), 2022. с. 50-57.
4. A. Palladino, G. Fiengo, F. Giovagnini and D. Lanzo, "A micro Hardware-In-the-Loop test system," *2009 European Control Conference (ECC)*, Budapest, Hungary, 2009, pp. 3833-3838, doi: 10.23919/ECC.2009.7074997.