

Е.В. Лежнин  
(Томск, ТУСУР)

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ\*

При создании технических средств (ТС) актуален учет их электромагнитной совместимости (ЭМС) – способности этих ТС эффективно функционировать с заданным качеством в определенной электромагнитной обстановке, не создавая при этом недопустимых электромагнитных помех другим ТС [1]. Для уменьшения финансовых издержек и временных затрат на проектирование широко используется компьютерное моделирование ТС с учетом требований ЭМС. При этом применяется множество численных методов (метод моментов, метод конечных элементов, метод конечных разностей во временной области и др.) и систем компьютерного моделирования ЭМС на их основе. При этом, как правило, выполняется большой объем вычислений, а с помощью полученных результатов проектировщик вносит определенные корректировки в разрабатываемое ТС. Поэтому при создании релиза подобных систем требуется тщательное тестирование его функциональных возможностей, а большая часть сценариев тестирования должна быть автоматизирована. Однако информация об автоматизированном тестировании существующих систем моделирования ЭМС практически отсутствует в открытых источниках, поскольку большинство таких систем распространяется по коммерческой лицензии.

Цель работы – разработка методики автоматизированного тестирования систем моделирования ЭМС и ее апробация. Для апробации предлагаемого в работе подхода выбрана система TALGAT, которая постоянно совершенствуется, что сопровождается увеличением исходного кода, и тем самым, возрастает потребность в автоматизации процесса тестирования [2]. В ра-

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417X0172.

боте [3] описываются основы регрессионного тестирования на примере различных систем ЭМС. По похожему принципу ранее реализованы средства для регрессионного тестирования системы TALGAT [4]. Однако разработанный инструментариий обладает рядом недостатков: увеличение времени тестирования при добавлении новых тестов; отсутствие средств анализа результатов тестирования, а также средств тестирования графического интерфейса пользователя.

Выделяются следующие типы тестирования: *E2E* (End To End – полная проверка); интеграционное; единичное (модульное или юнит-тестирование). На рисунке представлена пирамида автоматизации тестирования [5]. В ней самые важные тесты расположены в верхней части пирамиды. *E2E* – это тесты, которые предполагают реальное взаимодействие пользователя с системой. Поэтому эти тесты можно разделить на те, которые могут быть выполнены вручную, и те, которые могут быть автоматизированы. Большинство тестов, выполняемых вручную, можно автоматизировать. В связи со сложностью *E2E* и интеграционного тестирования эти типы тестирования должны выполняться для ограниченного количества сценариев, которые затрагивают только самую важную и самую критичную функциональность.



Интеграционное тестирование предполагает тестирование связи различных компонентов программы. При этом обязательно наличие пользователя. Также обязательна эмуляция пользователя как при реальном взаимодействии с программой. К примеру, это может быть запуск вычислительных функций с реальными входными данными и дальнейшей проверкой на ошибки. Для создания сценариев интеграционного тестирования системы TALGAT необходимо доработать сценарии из работы

[4], добавив сравнение полученных результатов с результатами из внутренней базы данных.

Единичное тестирование используется для тестирования или отдельной функции, или модуля. При возникновении ошибки в коде легко определить причину и место её возникновения. Данный тип тестирования предполагает использование множества сущностей заменителей (Mock-объектов), что позволяет ускорить выполнение тестирования.

Таким образом, для широты тестирования сначала должны быть написаны около 40 сценариев *E2E* и интеграционного тестирования. Это количество выбрано на основании оценки наиболее важных связей различных модулей системы. Далее планируется написание сценариев единичного тестирования с учётом характеристики покрытия исходного кода (процент исходного кода, участвующий при выполнении сценариев тестирования). Существуют различные методы подсчёта этой характеристики – по строкам кода, по ветвлениям – с использованием статических анализаторов исходного кода. Необходимо рассчитать покрытие кода с помощью различных методов, поставив условие, что покрытие должно быть не меньше 40% независимо от метода подсчёта. Все указанные цифры являются приблизительными и представляют собой начальную цель, которая может быть изменена в процессе разработки по мере необходимости.

Для апробации предлагаемого подхода разработан *E2E* сценарий и необходимый код для автоматизированного тестирования одновариантного анализа двумерной полосковой структуры. Он позволяет выполнить автоматическую проверку правильности сборки системы, наличия всех необходимых библиотек, отсутствия ошибок отображения двумерных конфигураций, отсутствие ошибок при генерации кода. Также выполняется проверка создания неравномерной сегментации и графических элементов меню сегментации. Таким образом, один сценарий используется для проверки множества функций системы.

Таким образом, в работе предложен подход к автоматизированному тестированию систем моделирования ЭМС. Так, предлагаемая последовательность тестирования не только позволит улучшить качество разрабатываемого программного продукта, но и сделает более удобным дальнейший процесс разработки

систем в целом. Подход апробирован на системе TALGAT и показал свою работоспособность. В дальнейшем планируется использовать один из принципов разработки через тестирование, состоящий в том, что сначала пишется сценарий тестирования, а затем уже разрабатывается исходный код требуемой функциональности системы, что позволит улучшить понимание этой функциональности разработчиком.

#### 1. Литература

2. ГОСТ Р 50397–2011 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2013. – 57 с.

3. *Куксенко С.П.* Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко, А.М. Заболоцкий, А.О. Мелкозеров, Т.Р. Газизов // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 2(36). – С. 45–50.

4. *Jakobus U.* Aspects of and insights into the rigorous validation, verification, and testing processes for a commercial electromagnetic field solver package / U. Jakobus, R.G. Marchand, D.J. Ludick // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2014. – Vol. 56, № 4. – P. 759–770.

5. *Лежнин Е.В.* Разработка средств регрессионного тестирования системы TALGAT // Матер. докл. XX Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР – 2015» (с международным участием). Томск: В-Спектр. – 2015. – Т. 1. – С. 111–114.

6. *Wacker M.* Just say no to more end-to-end tests. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://testing.googleblog.com/2015/04/just-say-no-to-more-end-to-end-tests.html>, свободный (дата обращения 03.03.2018).