

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Школина Алексея Николаевича «Математическое моделирование процессов в интегральных микросхемах импульсных преобразователей напряжения при внешних тепловых и электрических воздействиях», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертации

Информационные технологии, позволяющие применить существующие на сегодня современные математические методы моделирования, а также, что не мало важно, имплементировать впервые разрабатываемые методы, являются одним из важнейших драйверов развития электронной области. Это подтверждается непрерывным ускоренным развитием программных продуктов, используемых в отечественной и мировой электронной индустрии, а также тем фактом, что стоимость ряда подобных программных пакетов зачастую сопоставима со стоимостью применяемого технологического оборудования. Усложнение схемотехнических решений, конструкции и технологии электронных устройств и изделий, повышение степени интеграции современных микросхем, при одновременном сокращении сроков их разработки привело к распространению так называемых поведенческих моделей электронных изделий, которые в достаточной мере позволяют имитировать внешнее поведение объекта. Однако наибольшую сложность при формировании динамических моделей данного типа имеют электронные импульсные преобразователи, так как процессы, протекающие в них, носят сугубо нелинейный характер.

В диссертации А.Н. Школина предложено решение задачи математического моделирования динамических процессов, характеризующих поведение интегральных микросхем импульсных преобразователей напряжения, с использованием оригинального математического метода моделирования, которая имеет существенное значение для практики разработки и испытаний микросхем импульсных преобразователей напряжения, а также для развития методов модельно-ориентированного проектирования импульсных преобразователей напряжения, использующих в своем составе микросхемы данного класса.

В связи с этим тема диссертационного исследования Школина А.Н., посвященная совершенствованию математических методов, алгоритмов и программ для моделирования процессов в интегральных микросхемах импульсных преобразователей напряжения с учетом внешних тепловых и электрических воздействий, развитие которых имеет существенное

значение для практики модельно-ориентированного проектирования и испытаний импульсных электронных устройств, является актуальной.

Структура и краткая характеристика работы

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы из 139 наименований, и четыре приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи, научная новизна и практическая значимость результатов, выносимые на защиту положения, отмечен личный вклад автора.

Первая глава работы посвящена анализу существующих моделей электронных изделий в целом и микросхем импульсных преобразователей в частности, а также анализу методов и подходов к их синтезу. В главе автор приводит тенденции развития и основные факторы, определившие достаточно широкую область применения поведенческих моделей электронных компонентов и устройств. Также сравниваются существующие подходы и методы построения поведенческих моделей и способов определения их параметров: непараметрические и параметрические методы синтеза, способы формирования теплоэлектрических (мультидисциплинарных) моделей, способов определения параметров: с использованием шаблонных структур. В результате чего формулируется цель разработки математического метода и алгоритма интерпретации экспериментальных данных, полученных на основе тестовых воздействий на исследуемую микросхему импульсного преобразователя напряжения и формирующих ее динамический отклик.

Во второй главе на основе проведенной классификации различных типов микросхем импульсных преобразователей напряжения описывается разработка динамической обобщенной математической модели, учитывающей взаимодействие электрических и тепловых внешних факторов и позволяющей описать широкий класс микросхем импульсных преобразователей напряжения, приводится описание всех элементов этой модели для анализа параметров поведенческой модели и расчета процессов в рабочем режиме микросхем с учетом схемы включения описывается модель, позволяющая сократить затраты машинного времени на итерационный процесс синтеза поведенческих моделей. Также описан предлагаемый автором модифицированный численный метод получения аппроксимирующей зависимости переходной тепловой характеристики, позволяющий определить структуру и параметры аппроксимирующей зависимости. На основании этого рассматривается предлагаемый автором оригинальный метод и алгоритм интерпретации экспериментальных данных, полученных на основе тестовых воздействий на исследуемую микросхему импульсных преобразователей напряжения и формирующих ее динамический отклик.

Третья глава описывает предложенный на основе представленных в главе 2 методов и моделей программный комплекс. Представлены требования к проектируемому комплексу, его структура, интерфейс. В главе

представлены алгоритмы, реализованные в программном комплексе, описывается предложенный автором алгоритм проверки адекватности моделей микросхем ИПН в частотной области, который позволяет сократить объем вычислений при выполнении расчёта частотных характеристик моделей нелинейных динамических импульсных систем в области их устойчивости на основе расчета во временной области.

В четвертой главе приведены результаты моделирования и экспериментальные данные, на основе которых проведена проверка адекватности полученных поведенческих моделей для микросхем импульсных преобразователей напряжения конкретных типов и марок. Приведены результаты проверки работоспособности синтезированных поведенческих моделей различных микросхем с учетом их программной реализации в среде моделирования SystemVision Cloud.

В целом, работа производит весьма хорошее впечатление. Автором проведено серьезное исследование проблемы, рассмотрен широкий спектр разработанных подходов и проанализированы их недостатки. Автор грамотно подошел к разработке новых методов и моделей, с их использованием разработал и успешно реализовал соответствующие алгоритмы.

Новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В процессе исследования автором получены четыре основных результата:

1. Представлен новый математический метод и алгоритм интерпретации экспериментальных данных, полученных на основе тестовых воздействий на микросхему импульсного преобразователя напряжения и формирующих ее динамический отклик, базирующийся на новой динамической обобщенной математической модели микросхем импульсных преобразователей напряжения, отличающийся учетом внешних электрических и тепловых воздействий.

2. Предложен модифицированный численный метод получения аппроксимирующей зависимости переходной тепловой характеристики микросхем импульсных преобразователей напряжения на основе экспериментальных данных, базирующийся на нелинейном методе наименьших квадратов и использовании алгоритма оптимизации Левенберга-Марквардта, отличающийся учетом спектральной плотности постоянных времени переходной тепловой характеристики для определения структуры и нахождения начального приближения при численном определении параметров искомой зависимости.

3. Предложен новый алгоритм проверки адекватности математических моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения в частотной области, базирующийся на численном решении системы нелинейных дифференциальных уравнений обобщенной модели методом Гира и

получении решения во временной области, отличающийся от аналогов предложенной процедурой поиска стационарного режима на основе статистических методов.

4. Разработан комплекс проблемно-ориентированных программ для выполнения вычислительного эксперимента на основе разработанных методов математического моделирования поведения микросхем импульсных преобразователей напряжения при воздействии внешних тепловых и электрических факторов.

Результаты диссертационного исследования получили обоснованное подтверждение путем внедрения в работу предприятий АО «Группа Кремний ЭЛ», г. Брянск, и ООО «Фрекон», г. Томск, а также при выполнении НИР по заданию Министерства образования и науки № 8.1729.2017/ПЧ.

В целом сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обладают новизной, достаточно обоснованы и достоверны.

Научная и практическая значимость результатов

Представленные в работе результаты имеют теоретическую и практическую ценность.

Теоретическая ценность заключается в развитии математических методов, алгоритмов и программ моделирования, позволяющих исследовать динамические процессы, характеризующие поведение интегральных микросхем импульсных преобразователей напряжения с учетом внешних тепловых и электрических воздействий.

Значение результатов для практики заключается в использовании результатов исследования для разработки методов структурно-параметрической идентификации и автопостроения поведенческих и мультифизических моделей интегральных схем и созданию на их базе программно-аппаратного измерительного комплекса, а также при разработке и испытании опытных серий ряда микросхем импульсных преобразователей напряжения и изготовлении промышленных преобразователей электрической энергии, использующих в своем составе микросхемы данного класса, на предприятиях электронной отрасли.

Полученные в работе результаты следует признать значимыми как для теории, так и для практики.

Подтверждение опубликования основных результатов исследования

По материалам диссертационного исследования было опубликовано 15 научных работ, среди которых 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, и 5 статей в изданиях, индексируемых Scopus и Web of science. Все полученные автором результаты, обладающие признаками научной новизны, отражены в статьях, опубликованных в журналах из Перечня ВАК РФ. Также автором получены четыре свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и один патент на полезную модель.

Достоинства и недостатки работы

Как квалификационная работа, диссертация Школина А.Н. характеризуется внутренним единством, выражающимся в том, что все результаты представляют собой последовательное развитие от постановки задачи, разработки моделей и методов, создания программного комплекса на их основе и проведения численного эксперимента с помощью представленного комплекса.

Поставленная актуальная научная задача в диссертации решена. Формулировки выводов и заключение правильно отражают существо исследований. Полученные в ходе диссертационного исследования результаты могут быть рекомендованы для разработки моделей других типов импульсных преобразователей, в частности корректоров коэффициента мощности.

Язык изложения материала достаточно грамотный и свидетельствует о высоком уровне подготовки диссертанта. Грамматические ошибки и стилистические неточности, хотя и имеются, но укладываются в естественные нормы.

При этом по работе следует отметить ряд замечаний.

1. При выборе термозависимых параметров обобщённой модели в главе 2, п. 2.3, были выбраны частота коммутации и параметры силовых ключей, однако к ним могут быть отнесены и ряд других параметров, например, уровень задающего опорного напряжения.

2. В работе не приведены рекомендации по области применения способа определения частотных характеристик моделей импульсных преобразователей, предлагаемого автором в рамках алгоритма проверки адекватности моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения, для других объектов, что позволило бы в полной мере оценить потенциал возможного применения и выявить степень универсальности данного способа.

3. Не описаны условия проведения натурного эксперимента, в ходе которого была выполнена аппроксимация переходной тепловой характеристики микросхемы LM2676.

4. В тексте присутствуют неточности в описании смысла переменных и синтаксические ошибки в формулах (формула (2.23) в правой части первого уравнения для приведенного в скобках выражение не указана степень «-1», на стр. 79 для величины « t » нет расшифровки, а также на стр. 86 для величины « a » нет расшифровки.

5. В автореферате диссертации не в достаточной мере отражены результаты моделирования мультидисциплинарных поведенческих моделей микросхем импульсных преобразователей напряжения.

Приведенные недостатки не препятствуют положительной оценке работы в целом, и поэтому могут рассматриваться как пожелания для дальнейших исследований.

Заключение

Диссертационная работа Школина А.Н. соответствует специальности 05.13.18 (пп. 3, 4, 6, 7 паспорта специальности) и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, результатом которой является решение важной задачи актуального направления в моделировании преобразовательной техники. Работа обладает научной новизной и практической значимостью, в достаточной степени освещена в печати. Разработанное программное обеспечение, содержащее реализацию поведенческих моделей ряда микросхем импульсных преобразователей напряжения, прошло государственную регистрацию. Результаты работы нашли применение в учебном процессе Брянского государственного технического университета и на специализированных предприятиях АО «Группа Кремний ЭЛ», г. Брянск, и ООО «Фрекон», г. Томск. Автореферат в достаточной степени отражает основные положения и выводы диссертации и соответствует ее структуре.

В целом представленная диссертация соответствует, предъявляемым к кандидатским диссертациям, требованиям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней» а ее автор, Школин Алексей Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры электроэнергетики и
автоматики ФГБОУ ВО «Брянский
государственный аграрный университет»

Безик Дмитрий Александрович

10 января 2020 г.

Контактные данные официального оппонента

243365, Россия, Брянская область, Выгоничский район,
с. Кокино, ул. Советская 2А
тел./факс +7-48341-24-227,
e-mail: bda20101@yandex.ru

Подпись Безика Дмитрия Александровича заверяю:



начальник управления правового
обеспечения и кадровой работы
ФГБОУ ВО «Брянский
государственный аграрный
университет»

Белоус Максим Федорович