

Отзыв

научного консультанта д.т.н. Пронина М.В. на диссертационную работу к.т.н. Воронцова Алексея Геннадьевича на тему “Разработка и научное обоснование новых методов моделирования, моделей в ComSim и решений в электромеханотронике”, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы

С Воронцовым А.Г. я сотрудничаю более 25 лет при совместной работе в ЦНИИСЭТ (до 2000 г.), в АО “Силовые машины” (до 2015 г.), при последующей его работе в АО “НПЦ СЭС”.

С 1997 г. по настоящее время работы Воронцова А.Г. имеют научную направленность. В то же время его труды связаны с проектными и экспериментальными работами предприятий.

Из практических работ, в которых Воронцов А.Г. участвовал в ЦНИИСЭТ, можно выделить транзисторную систему электродвижения поезда “Сокол” при питании от контактных сетей постоянного напряжения 3 кВ и переменного напряжения 25 кВ, источники питания собственных нужд электропоездов, транзисторные асинхронные приводы насосов.

Из практических работ АО “Силовые машины”, в которых участвовал Воронцов А.Г., можно выделить системы с пусковыми устройствами турбогенераторов в парогазовых установках (ПУ-6-08 и др.), приводы рудоразмольных мельниц, пусковые устройства асинхронизированных компенсаторов АСК-100 (ПУ-6-05), приводы вентиляторов главного проветривания шахт с 12-пульсными ПЧ. Воронцов А.Г. участвовал в ряде работ, в которых использовались активные преобразователи и мощные асинхронизированные машины. Был создан макет ГАЭС с асинхронизированным генератором-двигателем мощностью 2,5 МВт и каскадным активным ПЧ. Выполнял работы по накопителям кинетической энергии. Участвовал в выполнении технического проекта электромашинной вставки в систему электропитания пригорода Москвы (два асинхронизированных генератора-двигателя на одном валу мощностью 2x200 МВт и ПЧ в цепях возбуждения и пуска). Выполнял работы по продольным и поперечным СТАТКОМам, активным фильтрам, трехуровневым ПЧ, каскадным и модульным многоуровневым ПЧ. Участвовал в работах по созданию синхронных генераторов с транзисторными системами самовозбуждения, источников питания электросетей постоянного и переменного тока, транзисторных приводов экскаваторов, тяговых приводов самосвалов БелАз и др.

В указанных работах присутствовала научная составляющая. С 1998 г. Воронцов А.Г. начал создавать комплекс моделей электромеханотронных систем (ЭМТС) на языке C++ в различных средах программирования (Borland C++, Builder, Visual Studio, Qt и др.). Комплекс моделей можно назвать объектно-ориентированным, так как все многообразие элементов и устройств ЭМТС представляется множеством объектов. В созданном комплексе под объектами подразуме-

меваются не только конструктивные устройства (синхронная машина, трансформатор, преобразователь частоты и др.), но и функциональные элементы (вторичная обмотка трансформатора с активным выпрямителем, инвертор с трехфазной обмоткой двигателя, схемы замещения синхронного генератора по продольной и поперечной осям и т.д.). Указанное разделение систем на части хорошо сочетается с используемой методологией моделирования ЭМТС по взаимосвязанным подсистемам, а также с используемым математическим описанием объектов.

В соответствии с указанным подходом к моделированию ЭМТС, исходная установка разделяется на объекты, связанные зависимыми элементами. Осуществляется математическое описание объектов и оптимизация описаний. Далее описания объектов объединяются в едином итерационном цикле расчета. При большом количестве полупроводниковых элементов (ПЭ) в сложных ЭМТС количество искомых переменных в итерационных циклах расчета обычно невелико. При работе полупроводниковых устройств в режимах ШИМ и ШИП расчеты выполняются с малыми шагами интегрирования. При этом в итерационных циклах требуется сравнительно небольшое количество итераций для определения параметров зависимых элементов. Указанные преимущества позволяют на порядки сократить затраты машинного времени на вычисления на ЭВМ. Это позволяет использовать в моделях более подробное и точное описание процессов, то есть повысить адекватность анализа.

В диссертации предложены также следующие новые методы расчета, направленные на сокращение затрат машинного времени, на повышение адекватности анализа систем.

1. Метод виртуальных регулируемых источников напряжения.
2. Метод расчета по гладким составляющим переменных.
3. Метод двоянных моделей.
4. Метод учета пространственных гармоник в машинах с постоянными магнитами.
5. Способ учета “паразитных” параметров, снабберных цепей и “мертвого времени” при переключениях модулей IGBT.
6. Метод оценки потерь энергии в электрических машинах от высших гармоник ШИМ на основе экспериментального определения высокочастотных параметров машин.

Методология моделирования и используемые методы анализа процессов в ЭМТС позволили на порядки сократить затраты машинного времени на расчеты на ЭВМ. Во многих случаях расчеты длительных процессов в системах, содержащих сотни ПЭ, выполняются в режиме реального времени. Быстродействие моделей позволяет учесть при расчетах указанные выше особенности ЭМТС, а также вытеснение токов в проводниках, влияние температур на параметры и др.

При выполнении указанных выше практических работ Воронцов А.Г. осуществлял моделирование систем и пополнял создаваемый комплекс моделей ЭМТС более или менее точными новыми образцами. Эта работа продолжается и в настоящее время. Например, создаются новые модели систем электродвижения атомных ледоколов мощностью 60 и 120 МВт.

В процессе моделирования, анализа и разработки ЭМТС Воронцов А.Г. предложил ряд новых технических решений по структурам силовых схем, по алгоритмам управления. В том числе предложено следующее.

1. В асинхронизированной электромашинной вставке в систему электроснабжения мегаполиса обоснована возможность бесперебойного питания потребителей при авариях, связанных с отключениями источников энергии. Предложен алгоритм управления, реализующий эту возможность.

2. В СЭД с ПП и многофазными МПМ с несинусоидальными ЭДС научно обоснованы алгоритмы управления, минимизирующие искажения токов фаз и пульсации электромагнитного момента.

3. Для ГАЭС с АГД обоснованы алгоритмы управления, позволяющие использовать машины одновременно для стабилизации режимов работы электрической и водной частей систем.

4. В КПЧ и преобразователях других типов научно обоснованы алгоритмы управления с использованием блоков коррекции токов, которые обеспечивают симметрирование токов и подавление нежелательных составляющих.

Считаю, что диссертация “Разработка и научное обоснование новых методов моделирования, моделей в ComSim и решений в электромехатронике”, представленная на соискание ученой степени, соответствует требованиям ВАК, а ее автор Воронцов Алексей Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2 – Электротехнические комплексы и системы.

Научный консультант, д.т.н.
ведущий эксперт
АО “Силовые машины”,
профессор СПбГЭТУ (ЛЭТИ)
тел. +7 921 305 67 83
mvproninn@gmail.com



Пронин М.В.

ноября 2023 г.