

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физика. Ч. II. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны: учебное пособие / С.И. Кузнецов. – 3-е изд., перераб. доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 253 с.
2. Ekin J. Experimental techniques for low-temperature measurements: cryostat design, material properties and superconductor critical-current testing. – Oxford university press, 2006.
3. Instruments K. Low Level Measurements Handbook // Precision DC Current, Voltage and Resistance Measurements. – 7th ed. – Keithley Instruments Inc.: Cleveland, OH, USA. – 2013. – С. 245.
4. McCarty R.D., Arp V.D. A new wide range equation of state for helium //Advances in Cryogenic Engineering: Part A & B. – Boston, MA : Springer US, 1990. – С. 1465–1475.
5. Simon N.J. Properties of copper and copper alloys at cryogenic temperatures //NIST monograph. – 1992. – Т. 177. – С. “8-6” – “8-22”.
6. White G.K., Meeson P.J. Experimental techniques in low-temperature physics. – Oxford University Press, 2002.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Е.В. Бейерлейн¹, М.А. Проскуряков²

*Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ,
¹ к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ; ² группа 5A26*

Научный руководитель: Е.В. Бейерлейн, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Современное развитие электроэнергетики невозможно представить без асинхронных двигателей, которые играют ключевую роль в промышленной и бытовой деятельности. Эти машины являются основой для большей части электрических приводов благодаря своей надежности, простоте конструкции и экономичности. В настоящее время один из высокоэффективных методов проектирования является имитационное моделирование.

Имитационное моделирование является важным инструментом при проектировании и исследовании различных систем, включая асинхронные двигатели. Оно позволяет создать виртуальную модель объекта, на основе которой можно проводить анализ, тестирование и оптимизацию без необходимости реализовывать физический прототип.

В процессе моделирования можно реализовать статическое и динамическое моделирование, которое позволяет анализировать работу двигателя как в стационарных, так и в переходных режимах. Системный анализ оценивает взаимодействие между различными элементами системы, такими как контроллеры, преобразователи частоты и электрические нагрузки, а оптимизация позволяет находить наилучшие проектные решения, сокращая затраты и повышая эффективность.

В рамках курсового проектирования студенты могут использовать имитационные модели для выполнения следующих задач:

- Разработка модели асинхронного двигателя на основе заданных параметров.
- Исследование влияния различных факторов на работу двигателя (нагрузка, частота, питание).
- Анализ результатов моделирования с целью оптимизации проектных решений.
- Визуализация процессов, что способствует лучшему пониманию принципов работы асинхронных двигателей.

Использование имитационного моделирования в курсах проектирования асинхронных двигателей имеет целый ряд преимуществ, а именно моделирование позволяет избежать необходимости в создании физических прототипов, что значительно снижает расходы на ма-

териалы и оборудование. Помимо этого, есть возможность быстрого получения результатов анализа при изменении параметров модели ускоряет циклы проектирования и позволяет быстрее реагировать на изменения требований.

Один из самых важных преимуществ, является то, что студенты могут экспериментировать с различными параметрами и сценариями работы без каких-либо последствий для реального оборудования, что способствует их профессиональному росту и пониманию процессов. А также с помощью имитации можно выявлять скрытые проблемы и оптимизировать характеристики асинхронного двигателя, что впоследствии приводит к созданию более эффективных и надежных машин.

Пусковой момент асинхронного двигателя – это один из ключевых параметров, которые определяют его способность к запуску при нагрузке. Низкий пусковой момент может привести к неудовлетворительной работе оборудования, а в некоторых случаях и к повреждению узлов двигателя. Часто проблема заключается в том, что при пуске двигателя происходит значительное падение напряжения, что негативно сказывается на его характеристиках. Классические методы решения данной проблемы включают в себя увеличение ваттности двигателя, использование пусковых реле и различных схем подключения. Однако эти подходы могут не всегда быть экономически оправданными или допустимыми для конкретного применения. Поэтому использование имитационного моделирования представляется как один из наиболее перспективных инструментов для решения данной задачи.

Существует несколько способов анализа повышения пускового момента, которые позволяют понять механизмы, влияющие на пусковой момент, и разработать стратегии для его оптимизации:

- Использование математических моделей для оценки динамики пускового момента в зависимости от различных параметров, таких как нагрузка, скорость вращения и характеристики привода.
- Проведение экспериментальных испытаний на стендах для измерения реального пускового момента и его зависимости от различных условий работы.
- Сравнение спектров пускового момента различных конструкций или типов двигателей для выявления оптимальных решений.
- Применение датчиков и трансмиттеров для непосредственного измерения пускового момента в реальных условиях.
- Изучение изменений тока и напряжения на стадии запуска для определения эффективности и изменений пускового момента.

Имитационное моделирование позволяет исследовать поведение асинхронного двигателя в различных режимах работы ещё до его реального изготовления. С помощью специализированных программных средств можно провести анализ динамических процессов, возникающих в момент запуска, и оценить влияние различных факторов на пусковой момент.

Благодаря имитационному моделированию, инженеры имеют возможность экспериментировать с конфигурациями: проводить исследования, изменяя параметры конструкции, такие как число полюсов, геометрия статора и ротора, а также материалы, оптимизировать системы управления: разработать более эффективные методы управления, которые смогут улучшить пусковой момент без необходимости значительных затрат на доработку физической модели, моделировать нестандартные ситуации: исследовать поведение двигателя при различных условиях эксплуатации, например, при изменении нагрузки или сбоях в электропитании и сокращать время и затраты на разработку: позволяя избежать дорогостоящих экспериментов с готовыми образцами, имитационное моделирование дает возможность быстро находить оптимальные решения.

Использование имитационного моделирования при курсовом проектировании асинхронного двигателя может стать важным шагом к улучшению его пускового момента и других

ключевых характеристик. Это позволит не только повысить эффективность работы двигателей, но и существенно сократить время и затраты на их разработку и внедрение. На этапе проектирования, когда все изменения еще легко вносятся, имитационное моделирование предстаёт как мощный инструмент, способный помочь в решении актуальных проблем современного машиностроения. В настоящее время один из самых распространенных инструментов для проектирования электродвигателей является программное обеспечение Ansys Motor-CAD.

Программное обеспечение Ansys Motor-CAD, предназначена для проектирования электродвигателей и оценки электромагнитных, тепловых и прочностных характеристик электродвигателей во всех режимах эксплуатации с учётом различной топологии. Особенности данного программного продукта заключается в том, что все расчеты производится очень быстро, т. к. в нем вложены шаблоны в это программное обеспечение, они основаны на 2D моделировании, и они сочетают аналитических уравнений с методами конечных элементов, это позволит нам очень сильно сократить время расчета. Данный программный продукт не является заменой других продуктов, он является дополнительным инструментом, который позволяет перейти от предварительного расчета конструкции сразу к моделированию конструкции двигателя. Специфика данного продукта заключается в том, что есть шаблоны моделей, а именно набор предустановленных шаблонов типовых машин, которые позволяют быстро собрать нужную конструкцию электрической машины, помимо этого есть свой модуль программы, к которому соответствует свой набор шаблонов.

Процесс электромагнитного моделирования, заключается в том, что есть набор шаблонов типовых машин. Данный продукт имеет перечень электрических машин. Тем самым данный набор предустановленных шаблонов типовых машин позволяет быстро собрать нужную конструкцию электрической машины. Каждому модулю программы соответствует свой набор шаблонов.

Задание геометрии происходит по предварительным расчетным и справочным параметрами. Параметры типовой геометрии электрической машины, которая изображена на рис. 1: 4-полюсная, частота питания составляет – 50 Гц, 48 пазов статора и 56 пазов ротора.

Таким образом, использование имитационного моделирования в курсовом проектировании асинхронного двигателя открывает новые перспективы для повышения качества и эффективности образовательного процесса, а также способствует созданию более совершенных электрических машин.

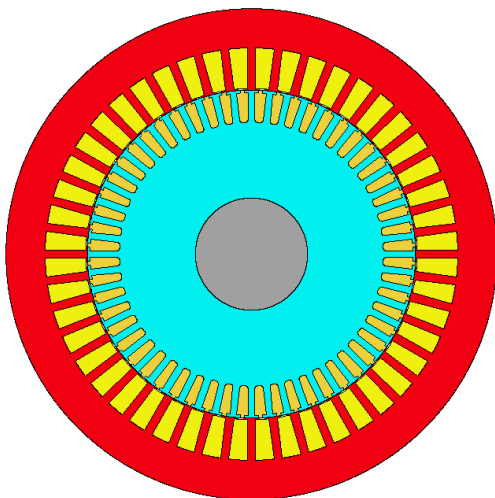


Рис. 1. Радиальный вид типовой геометрии электрической машины

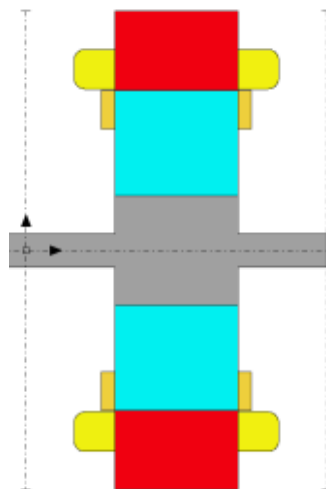


Рис. 2. Осевой вид типовой геометрии электрической машины

Помимо этого, имитационное моделирование представляет собой мощный инструмент в процессе курсового проектирования асинхронных двигателей, которое позволяет выполнять углубленный анализ работы двигателя, а именно исследовать динамические процессы и характеристики различных режимах работы. Также можно оптимизировать конструктивные и эксплуатационные параметры двигателя, что приводит к повышению его эффективности и надежности.

Одним из важных аспектов является то, что имитационное моделирование позволяет сократить время и ресурсы на физические испытания, что делает процесс разработки более экономичным, однако еще одним важным аспектом может служить то, что модели могут быть быстро изменены для учета новых данных или при внесении модификаций, что делает имитационное моделирование гибким инструментом в случае изменений в проекте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копырин В.А., Смирнов О.В. Имитационное моделирование режимов работы погружного асинхронного электродвигателя // ОНВ. – 2018. – № 1 (157). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-rezhimov-raboty-pogruzhnogo-asinhronnogo-elektrodvigatelya> (дата обращения: 13.11.2024).
2. Петров А.В., Котельников А.П., Плохов И.В. Динамическое имитационное моделирование асинхронной электрической машины с использованием выражений для мгновенных значений величин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 8 (50). – URL: <https://research-journal.org/archive/8-50-2016-august/dinamicheskoe-imitacionnoe-modelirovanie-asinhronnoj-elektricheskoy-mashiny-s-ispolzovaniem-vyrazhenij-dlya-mgnovennykh-znachenij-velichin> (дата обращения: 13.11.2024). – doi: 10.18454/IRJ.2016.50.158
3. Захаренко В.С., Дорошенко И.В. Особенности имитационного моделирования асинхронного двигателя для составления модели с учетом коммутации и при несимметричных схемах включения // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно – практический журнал. – 2011. – № 3. – С. 66–73 (дата обращения: 24.11.2024).
4. Кулинич Ю.М., Шухарев С.А., Стародубцев Д.А. Моделирование оптимального управления асинхронным приводом. Современные технологии. Системный анализ. // Моделирование. – 2023. – № 1(77). – С 83–93. – URL: <https://ojs.irgups.ru/index.php/stsam/article/view/1070> (дата обращения 24.11.2024).
5. Волков А.В., Крикота С.М. Имитационная модель двухзвенного непосредственного преобразователя частоты, нагруженного на асинхронный двигатель // Электротехника і електроенергетика. – 2007. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-dvuhzvennogo-neposredstvennogo-preobrazovatelya-chastoty-nagruzhennogo-na-asinhronnyy-dvigatel> (дата обращения: 24.11.2024).
6. Дорошенко И.В., Погуляев М.Н. Имитационная модель асинхронной машины с фазным ротором в MATLAB SIMULINK // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2021. – № 2 (85). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-asinhronnoy-mashiny-s-faznym-rotorom-v-matlab-simulink> (дата обращения: 24.11.2024).
7. Шандарова Е.Б., Букреев В.Г., Быстров Е.А. Имитационное моделирование асинхронного электропривода насоса погружного технологического оборудования // ЭС и К. – 2021. – № 4 (53). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-asinhronnogo-elektroprivoda-nasosa-pogruzhnogo-tehnologicheskogo-oborudovaniya> (дата обращения: 24.11.2024).

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

К.М. Сыздыков, Фам Чонг Хай

Томский политехнический университет, ИШЭ, ОЭЭ, группа 5АМ35; студент-аспирант

Научный руководитель: А.А. Шилин, д.т.н., профессор ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Рассмотрена проблематика оптимизации работы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в частности квадрокоптеров, путем улучшения методик записи и анализа переходных процессов. Разработано устройство, которое позволит с высокой точностью записывать и анализировать данные о переходных процессах БПЛА в условиях реального времени, с применением фильтра Калмана. Значительно улучшены настройки систем управления, минимизировано влияние внешних и внутренних помех. Исследование направлено на повышение надежности и безопасности беспилотных летательных аппаратов, на расширение их функциональных возможностей.