

## СОЗДАНИЕ ВИЗУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СОВРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

Для исследования современного электропривода инженерами всего мира используется компьютерное моделирование. С помощью математических моделей появляется возможность исследовать поведение электромеханических объектов в различных условиях и режимах работы, а также анализировать способы управления ими.

На данный момент существует множество вариантов математических моделей вентильно-индукторного привода. Во многих случаях исследователи идут на не всегда обоснованные допущения, искажающие реальные процессы в приводе, но упрощающие саму математическую модель, позволяющую ускорить процесс исследования данного объекта. Однако, существуют задачи которые требуют более точных результатов, получаемых при моделировании. К ним можно отнести поиск алгоритмов управления двигателями, направленных на снижение пульсаций момента на валу двигателя, исследование переходных процессов привода в нештатных ситуациях.

Существуют специализированные программы, позволяющие определить размеры ВИД, а также получить их механические и электромеханические характеристики [1], но они не позволяют изучить привод как сложную электромеханическую систему.

Для качественного изучения вентильно-индукторного привода электровоза, необходимо создать специальный программный пакет, который позволит проводить исследования в определённых направлениях с допустимой погрешностью.

На рис. 1 показана структурная схема визуальной модели предназначенной для комплексного изучения тягового электропривода электровоза.

Расчетный модуль выполняет следующие расчеты:

- расчёт номинальных параметров тягового двигателя;
- расчет тягового вентильно-индукторного двигателя;
- расчет регуляторов системы управления;
- расчет предельной тяговой и токовой характеристики электровоза.

Модуль выполнен в программе MathCad, позволяющий выполнить все вычисления в удобном интерфейсе. Достоинством системы является возможность использования так называемой символьной математики - методов решения задач аналитическими методами.

Модуль статических исследований предназначен для быстрого расчета механических и электромеханических характеристик исследуемого ВИД, а также для уточнения исходных данных расчета регуляторов системы управления. При анализе существующих программных решений [1], основной задачей определялась быстрота и простота выполнения данного моделирования, а также возможность интеграции модели с другими модулями. Данный модуль выполнен на основании программы RMXprt компании ANSYS, позволяющей автоматически создать модель системного уровня, а также интегрировать ее с другими модулями [2]. Данный модуль построен на основе схемы замещения ВИД без выполнения расчёта в полевой задаче.

Модуль полевых расчетов выполняет решение трехмерной полевой задачи методом конечных элементов, позволяющей с высокой точностью аппроксимировать сложную геометрию электрической машины при ограниченном числе расчетных узлов. Данный модуль более точно вычисляет электромагнитные зависимости, обусловленные спецификой работы ВИД, позволяющие выполнить имитационное моделирование тягового привода электровоза [3].

Модуль визуального моделирования выполняет расчет привода и системы управления. Он выполнен в пакете SImplorer компании ANSYS. SImplorer - единственный системный инструмент, позволяющий параллельно использовать несколько стандартных техник моделирования (VHDL-AMS, принципиальная схема, структурная схема, C/C++). Программа позволяет моделировать взаимодействие компонентов в разных инженерных областях [2].

Тяговые расчеты выполняются специальным модулем, построенным в программе MathCad.

Особенностью данного пакета является возможность использования нескольких подходов моделирования. При визуальном моделировании возможно использование различных схем замещения ВИД, а также моделирование переходных процессов в полевой задаче под управлением SImplorer, что позволяет полностью исследо-

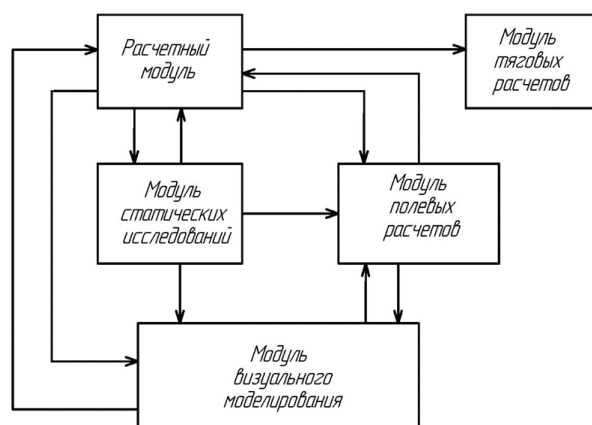


Рис. 1 Структурная схема программного пакета

вать ВИП для нужд тягового электропривода.

Проверка достоверности результатов моделирования, получаемых предлагаемым программным решением, проводилась путем сравнения результатов полученных при натурных испытаниях нескольких макетных образцов ВИД.

Первым образцом является ВИД НТИ-350. На основании данных и равных условиях, приведенных в [4], выполнено моделирование и исследование электрических процессов в электроприводе на базе трехфазного вентильно-индукторного двигателя.

В результате была получена механическая характеристика электродвигателя (рис. 2, а), и осциллограммы токов в его фазе (рис. 2 б).

Вторым образцом является ВИД, исследованный в работе [5]. При моделировании получена механическая характеристика (рис. 3 а) и фазный ток в одноимпульсном режиме (рис. 3 б).

Как видно из приведенных графиков, получена высокая сходимость результатов моделирования и экспериментальных исследований. Расхождение моделирования и экспериментальных данных не превышает 5-7 %, что позволяет использовать данную модель для исследований тягового электропривода с вентильно-индукторным двигателем.

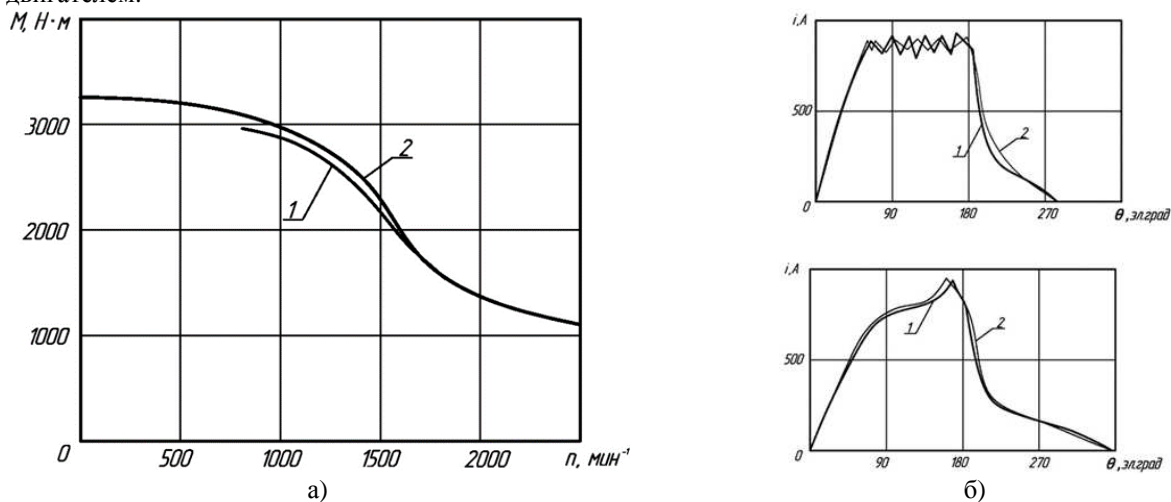


Рис. 2 Сравнение результатов моделирования и эксперимента  
1 – экспериментальная кривая; 2 – визуальное моделирование.

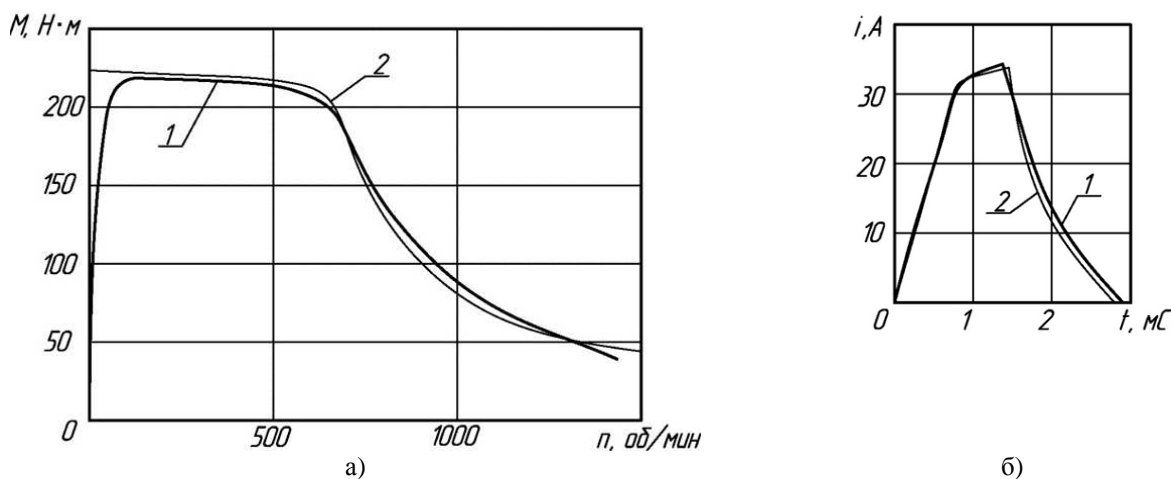


Рис. 3 Сравнение результатов моделирования и эксперимента  
1 – экспериментальная кривая; 2 – визуальное моделирование.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский А.Б. Имитационные модели в теории и практике вентильно-индукторного электропривода. Дис. Доктор. Тех. Наук: 05.09.03 Москва, 2003, 321
2. [www.ansys.com](http://www.ansys.com)
3. Pagar R. Upadhyay and K. R. Rajagopal/ FE Analysis and Computer-Aided Design of a Sandwiched Axial-Flux Permanent Magnet Brushless DC Motor // IEEE Transactions on Magnetics, vol. 42. No. 10, 2006.
4. Киреев А.В. Разработка алгоритмов эффективного управления тяговым вентильно-индукторным электроприводом электропоезда. Дис. канд. тех. наук: 05.09.03 Новочеркасск, 2004, 187.
5. Амелькин А.В. Оптимизация способов управления вентильно-индукторным двигателем на электрическом транспорте в тормозном режиме. Дис. канд. тех. наук: 05.09.03 Москва, 2004, 140.