

УДК 656.61

ВЛИЯНИЕ ВЕНТИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОПТИМИЗАЦИЮ СИСТЕМ СУДОВОЙ АВТОМАТИКИ

Болдина О.Б.

к.т.н.,

*Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация

В данной статье рассматриваются особенности судовой автоматики (СА). Анализируется влияние вентильных двигателей (ВД) на процессы оптимизации СА. Освещаются технические характеристики ВД, особенности их интеграции в существующие системы и потенциальное воздействие на управление судном. Изучается вклад ВД в безопасность и эффективность судоходства.

Ключевые слова: вентильные двигатели, судовая автоматика, судовое оборудование, системы стабилизации, навигационные системы.

THE IMPACT OF THYRISTOR MOTORS ON THE OPTIMIZATION OF SHIP AUTOMATION SYSTEMS

Boldina O.B.

Candidate of Technical Sciences,

*Saint-Petersburg State Marine Technical University,
Saint-Petersburg, Russia*

Abstract

This article examines the features of ship automation (SA). It analyzes the impact of thyristor drives (TD) on the optimization processes of SA. The technical characteristics of TD, the peculiarities of their integration into existing systems, and their potential impact

on ship management are covered. The contribution of TD to the safety and efficiency of navigation is explored.

Keywords: thyristor motors, ship automation, marine equipment, stabilization systems, navigation systems.

Введение

Морские перевозки являются важным звеном в цепи глобальной экономики. Их эффективность зависит от автоматизированных систем управления судами, которые гарантируют безопасность и оперативность мореплавания. Оптимизация данных систем является одним из необходимых аспектов повышения их производительности и надежности.

Вентильные двигатели (ВД), благодаря своим уникальным характеристикам, представляют собой перспективное направление в развитии морской автоматики. Их применение может усовершенствовать механизм управления и улучшить точность навигации. Кроме того, ВД способствуют повышению автономности, что является важным фактором в условиях удаленного регулирования и автоматизированного мореплавания. Они могут стать важным элементом в разработке следующего поколения морских судов, которые будут более адаптивными к изменяющимся условиям эксплуатации и требованиям безопасности. Цель данной работы – анализ влияния ВД на процессы оптимизации СА.

Основная часть

Использование специального судового оборудования является необходимым условием обеспечения эффективности процессов современного судоходства и судостроения. Его надежность и бесперебойная работа – залог безопасности корабля, находящегося в длительном плавании. Одним из основных видов такого оборудования является судовая автоматика (СА), которая

представляет собой комплексную систему, обеспечивающую автоматическое управление, контроль и мониторинг различных процессов на судне (таблица 1).

Таблица 1 – Основные направления СА [1]

Направление	Описание	Примеры применения
Навигационная автоматика	Обеспечение автоматического управления движением судна	Автопилоты, системы GPS-навигации
Энергетическая автоматика	Системы управления и мониторинга энергетического оборудования	Механизмы управления главным и вспомогательным двигателями, распределением электроэнергии
Грузовая автоматика	Автоматизация процессов погрузки, разгрузки и управления грузами	Мониторинг и управление балластом, автоматизированные грузоподъемные системы
Автоматика безопасности	Обеспечение безопасности судна и экипажа	Пожаротушение, обнаружение утечек, аварийные оповещения
Системы связи и оповещения	Оборудование для обеспечения связи на судне и между судами	Радиостанции, системы спутниковой связи, системы оповещения экипажа

Данные системы работают совместно и создают надежную основу для непрерывной и эффективной деятельности судна. Они обеспечивают безопасность на море, где каждый компонент устройства вносит свой вклад в стабильность и точность морских операций. Использование СА позволяет существенно сократить время реакции на изменения внешних условий, повысить надежность работы судна, снизить риск аварий и несчастных случаев, а также существенно экономить топливо.

Вентильные двигатели

Одним из наиболее перспективных решений в области электропривода являются ВД, под которыми понимают синхронные двигатели, содержащие многофазную обмотку статора, ротор с постоянными магнитами и встроенным датчиком положения. Коммутация такого двигателя осуществляется при помощи вентильного преобразователя, поэтому его принято называть «вентильным». ВД представляет собой «инвертированный» вариант коллекторной машины постоянного тока. В таком устройстве индуктор

находится на роторе, якорная обмотка на статоре [2]. Коммутация осуществляется путем подачи управляющего согласованного воздействия на обмотки статора в зависимости от положения ротора, определяемого с помощью интегрированных в двигатель датчиков обратной связи (рис. 1).



Рис. 1 – Структура ВД

Источник: разработано автором

Конструкция ВД позволяет легко интегрироваться с различными датчиками и системами управления. Это делает их не только функциональными, но и адаптивными к новейшим технологическим трендам, например, автоматизации и дистанционному управлению, умному обслуживанию и предиктивной аналитике, интеграции с возобновляемыми источниками энергии [3]. Благодаря своим техническим особенностям, ВД оптимально подходят для использования в СА, так как они обеспечивают высокую точность и надежность в управлении механизмами. Среди основных конструктивных характеристик ВД можно выделить следующие:

- **Принцип работы.** Функционирование на основе вентильного управления позволяет точно регулировать скорость и крутящий момент. Использование полупроводниковых элементов для коммутации тока обеспечивает высокую надежность и долговечность.
- **Электрические параметры.** Для ВД характерны высокий коэффициент полезного действия и способность к быстрому запуску и

остановке. Они могут работать в широком диапазоне напряжений и частот, что делает их универсальными для различных приложений.

- **Конструктивные особенности.** Компактные размеры и модульная конструкция облегчают интеграцию ВД в существующие системы. Возможность работы в условиях высоких температур и вибрации повышает их привлекательность для морских приложений.

- **Система управления.** Современные ВД оснащены интеллектуальным программным обеспечением, позволяющим проводить диагностику и мониторинг в реальном времени. Интеграция с системами автоматического управления и возможность дистанционного контроля упрощают эксплуатацию и обслуживание.

Эти технические характеристики подчеркивают важность ВД в современных системах СА и их способность удовлетворять требованиям точности, надежности и универсальности [3].

Сравнительная характеристика вентильных и традиционных двигателей

Отличительной чертой ВД от традиционных двигателей (ТД) является способность к быстрому и точному реагированию на управляющие сигналы, что позволяет осуществлять маневры с высокой точностью. Это особенно важно в условиях, где требуется мгновенная реакция системы управления для обеспечения безопасности – например, для предупреждения столкновений в море. В таблице 2 представлены основные отличия ВД и ТД.

Таблица 2 – Сравнение ВД И ТД [4,5]

Характеристика	ВД	ТД
Точность управления	Высокая благодаря точному управлению магнитным полем	Ниже из-за механических ограничений
Динамические характеристики	Быстрая реакция на команды управления	Медленнее реагирует на изменения
Энергоэффективность	Выше за счет оптимизированного управления потоком энергии	Меньше энергоэффективность
Размер и вес	Компактные и легкие	Обычно больше и тяжелее

Надежность и долговечность	Высокая из-за меньшего числа движущихся частей	Ниже из-за износа механических компонентов
Универсальность применения	Подходят для широкого спектра приложений	Ограничены условиями использования

По мнению автора, преимущества ВД перед ТД позволяют организациям улучшать показатели безопасности, маневренности и экологичности своих судов, что подтверждается опытом внедрения ВД известными судостроительными судоходными линиями. В качестве примера подобного использования можно рассматривать успешный опыт использования ВД компанией Matson Navigation Company (США). Данный холдинг заказал два контейнеровоза с ВД, которые могут работать на нескольких видах топлива, включая тяжелое топливо, дизельное топливо и сжиженный природный газ [6]. Подобная интеграция способствует повышению эффективности использования топлива и снижению выбросов.

Интеграция вентильных двигателей в системы управления судном

Использование ВД в системах СА является важным элементом современной морской автоматизации. Эти двигатели, использующие силовые полупроводниковые элементы для управления электромагнитными полями, обеспечивают высокую точность и эффективность работы судовых механизмов. Среди сфер применения ВД в оптимизации СА можно выделить следующие:

- **Навигационные системы.** ВД играют важную роль в управлении рулевым механизмом на судне, обеспечивают точность и надежность, необходимые для безопасного маневрирования. Двигатель связан с системой автоматического управления, которая получает данные от датчиков положения руля и навигационной системы. Когда капитан задает новый курс, система автоматически рассчитывает необходимое изменение угла руля и отправляет соответствующие команды ВД. Благодаря высокой точности управления магнитным полем, двигатель может мгновенно реагировать на эти команды, обеспечивая плавное и точное изменение направления судна [7].

- **Стабилизация судов.** На пассажирских лайнерах установлены системы регулирования, которые ВД используют для контроля стабилизирующих крыльев, расположенных по бокам судна. Когда датчики на борту судна фиксируют начало качки, механизм автоматически рассчитывает необходимые корректировки и отправляет команды ВД для изменения угла наклона стабилизирующих крыльев.

- **Приводы насосов и вентиляторов.** Оптимальная работа насосов и вентиляторов обеспечивается ВД, который регулирует их скорость в зависимости от текущих потребностей судна. Они устанавливаются в качестве привода для центробежного насоса, который и отвечает за циркуляцию охлаждающей жидкости в системе кондиционирования. Двигатель обеспечивает необходимую мощность и скорость вращения насоса, адаптируясь к изменениям температуры воздуха и потребностям системы. Кроме того, ВД используются для управления работой вентиляторов. Например, в грузовых отсеках, где требуется поддержание определенного режима, ВД регулируют скорость вращения вентиляторов в зависимости от уровня влажности и температуры, обеспечивают оптимальные условия для хранения груза. Одним из примеров использования ВД на своих судах является опыт компании General Electric (GE) Marine (США). GE Marine установила ВД на одном из своих судов, предназначенном для перевозки контейнеров. ВД были использованы для управления главным двигателем.

Существенным достижением России в судовых системах электродвижения является буксир-спасатель «Виктор Конецкий», на котором впервые в истории коммерческого судостроения был установлен гребной вентильно-индукторный электродвигатель на переменном токе, разработанный ФГУП «Государственный Крыловский центр». Буксир может двигаться на волнении до 5 баллов включительно любыми курсовыми углами к направлению волн и ветра с наибольшей возможной скоростью хода, соответствующей полной мощности

гребного электродвигателя. Повышение класса автоматизации позволило уменьшить численность экипажа с 32 до 22 человек [8].

Заключение

Благодаря высокой точности и эффективности ВД оказывают значительное влияние на современную СА. Их применение позволяет перейти на новый уровень оптимизации в управлении движением, стабилизации, а также в системах жизнеобеспечения судна, таких как вентиляция и насосные установки. Использование ВД в СА не только повышает эффективность работы оборудования, но и способствует уменьшению энергопотребления и увеличению срока службы компонентов. В результате это ведет к снижению эксплуатационных расходов и улучшению экологических показателей судов.

Прогресс в области разработки ВД и их интеграции в СА открывает новые перспективы для морской индустрии. Ожидается, что дальнейшие исследования и инновации в этой сфере приведут к созданию еще более совершенных систем, которые будут способствовать безопасности, надежности и комфорту морских путешествий.

Библиографический список:

1. Высоцкий В.Е. Вентильные двигатели с постоянными магнитами в системах судового электропривода: состояние и перспективы / В.Е. Высоцкий // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2023. – Т. 15. – № 3. – С.476-489.
2. Григорьев А.В. Основные направления развития электротехники и автоматизации на судах / А.В. Григорьев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2022. – Т. 14. – № 6. – С. 961-973.
3. Зиборев А.В. Использование цепочек blockchain и искусственного интеллекта в сфере логистики и автоперевозок / А.В. Зиборев // Инновационная наука. 2023. № 8-2.

4. Lee J. Pulse Width Modulation Methods for Minimizing Commutation Torque Ripples in Low Inductance Brushless DC Motor Drives / J. Lee, G. C. Lim, J. I. Ha // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2022. – Vol. 70. – Is. 5. – P. 4537-4547.
5. Abdullina L. National transport and logistics system: navigating challenges for development until 2030 / L. Abdullina, A. Suvorova, R. Zagidullin, T. Romanishina, E. Tsygankova // In E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2024. – 2024. – Vol. 525. – P. 05016.
6. Matson to add three lng-powered aloha class containerships / Matson // [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://investor.matson.com/news-releases/news-release-details/matson-add-three-lng-powered-aloha-class-containerships> (Дата обращения: 25.06.2024)
7. Калинин И. М. Компьютерное моделирование судовой электроэнергетической системы с вентильно-индукторным гребным электроприводом / И.М. Калинин, М.А. Николаев, М.В. Третьяк, А.Н. Опарин // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2022. – №3 (393). – С. 176-184.
8. Григорьев А. В. Судовая электростанция с вентильными дизель-генераторами переменной частоты вращения / А.В. Григорьев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2021. – №1(53). – С. 193-201.

Оригинальность 90%