

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Бахмацкий Сергей Михайлович

**Моделирование и исследование системы
тягового электропривода**

Направление подготовки
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2018

Кортун
Елена Борисовна

Проверено

25.06.2018 Зачтено Библиотека

на магистерскую диссертацию

К И П Е Н И Я

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Электропривод и
автоматизация промышленных уста-
новок»
Чернышёв Денис Валентинович

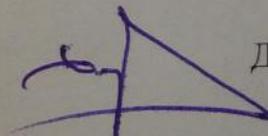
Рецензент

*кандидат технических наук,
заместитель дир*

Защита состоится «21» июня 2018 года в 09 часов 00 мин на заседа-
нии государственной экзаменационной комиссии по направлению подготов-
ки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-
Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-
Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 114/3.

Автореферат разослан ___ июня 2018 г.

Секретарь ГЭК



Д.О. Савельев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. С развитием судостроения и освоением запасов океанов, шельфов, активно развивались технологии и устройства, внедрялись новые механизмы в конструкцию судов, вслед за растущими запросами компаний. Появление полупогружных плавучих буровых установок требовало постройки нового класса судов снабжения. Судов, которые бы занимались обслуживанием и доставкой грузов на буровые установки. Судов отличавшихся высокой подвижностью и маневренностью, что было достигнуто с установкой на них азимутальных винто-рулевых комплексов и подруливающих устройств большой производительности.

Данные комплексы совершенствовались и на сегодняшний день представляют собой сочетание мощных электроприводов и прогрессивных систем слежения и автоматического позиционирования.

Успехи в области электромашиностроения и полупроводниковой техники позволили повысить уровень автоматизированного и дистанционного управления электроэнергетическими установками, в результате чего уменьшилось количество обслуживающего персонала, а также увеличилась эффективность использования оборудования судна.

Современные автоматизированные электроприводы представляют собой сложные динамические системы, включающие в себя различные линейные и нелинейные элементы (двигатели, генераторы, усилители и другие элементы), обеспечивающие в своем взаимодействии разнообразные статические и динамические характеристики.

Ввиду необходимости продолжительной автономной работы энергоустановок и узлов, обеспечивающих подвижность и живучесть судна, возникает ряд задач требующих решения. Имея ограниченную мощность бортовой сети, исследуемая система тягового электропривода подруливающего устройства судна должна отвечать высоким требованиям энергоэффектив-

ности. Система управления электроприводом должна рационально использовать ограниченный объем мощности, выделяемый для питания подруливающего устройства, вместе с тем система управления электроприводом подруливающего устройства должна быстро реагировать на возможные изменения возмущающего воздействия, т.к. от скорости реакции системы будет зависеть количество потребляемых энергоресурсов из бортовой сети судна. Нерациональное, чрезмерное расходование энергоресурсов может негативно сказываться на других потребителях. Также недопустимы скачки токов в бортовой сети судна, что может повлечь за собой просадки напряжения в бортовой сети судна, выход из строя или повышенный износ дизельных генераторов, что недопустимо в условиях автономного плавания и изоляции от других источников энергии. Актуальной является проблема создания системы управления тяговым электроприводом на примере подруливающего устройства судна, способная обеспечить высокий показатель энергоэффективности в сочетании с повышенным быстродействием, обеспечивающая максимальное значение момента во всем диапазоне регулирования скоростей.

Объект и предмет исследования. В качестве объекта исследования в данной работе выступает система управления тяговым двигателем подруливающего устройства судна снабжения. Предметом исследования являются характеристики переходных процессов по основным координатам электропривода системы управления подруливающим устройством судна.

Цель работы. Целью данной работы является моделирование и исследование системы управления электроприводом подруливающего устройства судна на базе электропривода переменного тока на примере судна снабжения полу-погружных плавучих буровых установок.

Для достижения данной цели в ходе диссертационной работы необходимо решить следующие **задачи**:

- произвести сбор данных и анализ конструкционных вариантов исполнения подруливающих устройств судов;
- сформулировать и произвести анализ требований, предъявляемых к системе управления электропривода подруливающего устройства судов;
- изучить особенности проекта судна снабжения, особенности бортовой сети и установленных подруливающих устройств судна;
- произвести выбор основных элементов системы управления электроприводом подруливающего устройства судна;
- произвести разработку математической модели электропривода подруливающего устройства судна, синтез регуляторов системы управления подруливающим устройством судна
- произвести исследование динамических режимов работы системы управления электроприводом подруливающего устройства судна;
- обобщить полученные данные.

Методы исследований. Исследование разработанной системы управления электроприводом производилось с использованием аналитических и численных методов решения алгебраических уравнений, методов исследования электрических машин и их проектирования, а также при помощи имитационного компьютерного моделирования. Все исследования системы проводились с использованием современного программного обеспечения.

Научная новизна данной диссертационной работы заключается во внедрении закона формирования нагрузочного воздействия на систему управления тяговым электроприводом подруливающего устройства судна, а также в исследовании переходных процессов, сформированных под действием введенной нагрузки.

Практическая ценность. Практическая значимость диссертационной работы заключается в рекомендациях по выбору оборудования, расчёт и

настройка регуляторов системы управления электропривода, создание математической модели для исследования переходных процессов.

Личный вклад автора. Диссертация является результатом самостоятельных исследований автора, которые проводились с непосредственным его участием. Все научные положения и результаты, определяющие научную новизну и практическую значимость исследования, получены лично автором. Личное участие автора подтверждено публикациями и выступлениями на научно-практических конференциях.

Апробация результатов. Результаты исследований, включённые в работу, докладывались на 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2017 г.) и на всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов (г. Комсомольск-на-Амуре, 2018 г.).

Публикации. По результатам исследования имеются две публикации автора:

1 Бахмацкий, С. М. Моделированием системы управления вентиляльным двигателем / С. М. Бахмацкий, Д. В. Чернышёв // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47 науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апр. 2017 г. / редкол.: Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. – С. 102-14.

2 Бахмацкий, С. М. Моделирование системы управления тяговым электроприводом / С. М. Бахмацкий, Д. В. Чернышёв // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы всероссийской науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 9-20 апр. 2018 г.: в 2 ч. / редкол.: Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. – Ч. 1 – С. 221-223.

Внедрение результатов. Методику проектирования системы управления тяговым электроприводом с применением векторного управления по ориентации векторов x , y по потокосцеплению ротора предполагается внедрить в учебный процесс по дисциплине «Современные проблемы электроэнергетики и электротехники».

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка использованных источников из 20 наименований. Работа изложена на 78 страницах, содержит 33 рисунка и 6 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы диссертационного исследования, определяются цели и задачи, которые необходимо решить в ходе данной работы, а также производится определение объекта и предмета данного исследования. Помимо этого раскрывается проблематика, требующая решения в работе, и определяются методы исследования, благодаря которым удаётся решить поставленные задачи.

В первой главе выполнен общий анализ требований, предъявляемых к судовым ПУ, произведен обзор особенностей конструкции механической и электрической части подруливающих устройств судов, представлена функциональная схема системы ПУ. Так, были выявлены режимы работы судна, при которых активно используются мощности дополнительных движителей ПУ.

Во второй главе сформулированы основные требования, предъявляемые к системе управления ПУ судна снабжения, для понимания процесса работы ПУ, составлены алгоритмы работы ПУ в различных ситуациях и режимах, приведен способ расчета мощности приводного электродвигателя для обеспечения требуемого значения упора ПУ.

В третьей главе приведены параметры объекта, для которого разрабатывается система электропривода ПУ. Описаны основные параметры и габариты судна, состав бортовой единой электроэнергетической сети. Схематично изображено положение и устройство помещения в котором проектом предполагается размещение ПУ.

В четвёртой главе произведен выбор основных элементов СУЭП ПУ судна снабжения. По необходимому значению упора ПУ выбран асинхронный электродвигатель соответствующей мощности. Для управления электродвигателем ПУ выбран преобразователь частоты и сопутствующие узлы, такие как панель управления, датчик скорости.

В пятой главе произведен выбор закона управления электродвигателя, составлена математическая модель по Т-образной схеме замещения. Синтезированы и рассчитаны регуляторы, произведена проверка полученных регуляторов на соответствие настройкам выбранного оптимума. Произведен расчет возмущающего воздействия и сформирован блок, для подачи данного воздействия на систему электропривода ПУ.

В шестой главе диссертации производится имитационное компьютерное моделирование электропривода установки подруливающего устройства судна при помощи программы MatLab и производится подробный анализ полученных при моделировании результатов. Приведены переходные процессы основных координат электропривода установки ПУ, осциллограммы электрической и механической мощности, коэффициента полезного действия системы электропривода. Система исследована с подачей на нее трех вариантов возмущающего воздействия. Графики переходных процессов показали, что система эффективно и точно регулирует координаты электропривода, для поддержания необходимого значения скорости винта ПУ судна снабжения.

В заключении производится подробный анализ результатов выполненного диссертационного исследования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования можно сформулировать следующие основные результаты и выводы проделанной работы:

- произведен общий анализ требований, предъявляемых к судовым подруливающим устройствам судов, обзор особенностей конструкции механической и электрической части данных устройств, представлена функциональная схема системы. Так, были выявлены режимы работы судна, при которых активно используются мощности дополнительных движителей подруливающего устройства;

- сформулированы основные требования, предъявляемые к системе управления электроприводом подруливающего устройства судна снабжения, для понимания процесса работы данного устройства, составлены алгоритмы работы системы управления электроприводом данного устройства в различных ситуациях и режимах, а также приведен способ расчета мощности приводного электродвигателя для обеспечения требуемого значения упора;

- приведены параметры объекта, для которого разрабатывается система управления электроприводом подруливающего устройства. Описаны основные параметры и габариты судна, состав бортовой единой электроэнергетической сети. Схематично изображено положение и устройство помещения, в котором проектом предполагается размещение отсека подруливающего устройства судна;

- произведен выбор основных элементов системы управления электроприводом подруливающего устройства судна снабжения. По необходимому значению упора подруливающего устройства выбран асинхронный электродвигатель соответствующей мощности. Для управления электродви-

гателем выбран преобразователь частоты и сопутствующие узлы, такие как панель управления и датчик скорости;

- произведен сравнительный анализ и выбор закона управления электродвигателем, составлена математическая модель асинхронного электродвигателя по Т-образной схеме замещения. Синтезированы и рассчитаны регуляторы, а также произведена проверка полученных регуляторов на соответствие настройкам выбранного оптимума. Произведен расчет возмущающего воздействия и сформирован блок, для подачи данного воздействия на систему электропривода подруливающего устройства;

- произведено моделирование электропривода подруливающего устройства в среде Matlab, получены графики переходных процессов основных координат данного электропривода, а также получены осциллограммы электрической и механической мощности, и коэффициента полезного действия системы электропривода. Разработанная система исследована с подачей на неё трех вариантов возмущающего воздействия. Полученные в результате моделирования графики переходных процессов показали, что исследуемая система является устойчивой, обладает отличными динамическими характеристиками, приемлемым временем регулирования и высокой энергоэффективностью, что является ключевым критерием в борьбе за экономичное использование энергоресурсов в условиях их ограниченного объема. Также система эффективно и точно регулирует координаты электропривода для поддержания необходимого значения скорости вращения винта подруливающего устройства судна снабжения.

В результате исследований, проведённых в настоящей диссертационной работе, было установлено, что применение исследованной системы управления тяговым электроприводом подруливающего устройства судна снабжения позволяет повысить энергоэффективность данной установки, увеличить надежность электропривода, необходимую в условиях автоном-

ного плавания. Сократить величину скачков тока в бортовой сети и, как следствие, уменьшить просадки напряжения данной сети за счет применения настройки контуров регулирования на модульный оптимум и применения задатчика интенсивности для ограничения подачи сигнала задающего воздействия. За счёт применения векторного управления асинхронным двигателем с ориентацией координат x , y по потокосцеплению ротора удалось достичь высоких показателей коэффициента полезного действия данного двигателя.

Таким образом, на основании проведенных исследований, были получены результаты, способствовавшие повышению энергоэффективности системы электропривода подруливающего устройства судна снабжения и улучшению качества выходных параметров данной энергосистемы благодаря применению векторного управления асинхронным двигателем с ориентацией координат x , y по потокосцеплению ротора.