

В диссертационный совет Д 212.224.07

на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский

горный университет», 199106, Санкт-

Петербург, 21-я линия ВО, д. 2

### **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, профессора **Сенькова Алексея Петровича** на диссертационную работу **Татаринова Дениса Евгеньевича** «Обеспечение электромагнитной и электромеханической совместимости в электротехнических комплексах с асинхронными электроприводами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ**

В настоящее время в состав большинства электроэнергетических систем различных областей промышленности входят электротехнические комплексы (ЭТК) с асинхронными электроприводами (ЭП), содержащие в своей структуре силовые полупроводниковые преобразователи (СПП). Применение СПП в структуре асинхронных ЭП приводит к появлению проблемы электромагнитной совместимости преобразователей с оборудованием сети и электромеханической совместимости с асинхронными двигателями (АД). Высшие гармонические составляющие напряжения и тока, создаваемые преобразователями, оказывают негативное влияние как на работу устройств, получающих от них питание, так и на другое оборудование, работающее в одной энергосистеме с ними. Это проявляется в возникновении высокочастотных пульсаций входных токов системы и повышенного уровня шума дросселей преобразователя, пульсаций электромагнитного момента, вибраций двигателя и рабочего механизма. Указанные недостатки являются особо существенными при использовании асинхронных ЭП в технических

№ 426-10  
от 07.12.2017

устройствах специального назначения, например, в системах движения и позиционирования специальных судов и технических средств.

Несмотря на обширные исследования, проведенные в этой области, в существующей литературе не уделено должного внимания вопросам оценки и снижения высокочастотных пульсаций входных токов активного выпрямителя (АВ) и пульсаций электромагнитного момента АД, питающегося от инвертора. Этим обусловлена необходимость разработки алгоритмов управления силовым преобразователем, позволяющих улучшить показатели электромагнитной и электромеханической совместимости оборудования.

Изложенное выше, однозначно свидетельствует о важности и актуальности решаемой в диссертационной работе научно-технической задачи повышения уровня электромагнитной и электромеханической совместимости в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе.

## **НАУЧНАЯ НОВИЗНА И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Автором установлены зависимости пульсаций электромагнитного момента двигателя при использовании алгоритмов управления преобразователем на основе пространственно-векторной ШИМ, позволяющие определить параметры и границы применимости алгоритмов с точки зрения энергетической эффективности и электромеханической совместимости оборудования.

2. Выявлен способ снижения уровня высокочастотных пульсаций электромагнитного момента двигателя и входных токов АВ за счет применения в алгоритмах управления преобразователем переменной частоты коммутации силовых ключей, позволяющий уменьшить уровень вибрации и шума оборудования.

3. С использованием полученных зависимостей и способа разработаны алгоритмы управления преобразователем частоты, позволяющие обеспечить

снижение высокочастотных пульсаций электромагнитного момента двигателя, входных токов АВ и динамических потерь энергии в преобразователе.

В результате автором разработана методика оценки уровня электромагнитной и электромеханической совместимости в асинхронном ЭП, позволяющая определить структуру и параметры алгоритмов управления преобразователем для достижения необходимых показателей совместимости оборудования. Разработана система управления асинхронным ЭП с усовершенствованными алгоритмами управления преобразователем, обеспечивающая снижение высокочастотных пульсаций электромагнитного момента двигателя, входных токов АВ и динамических потерь энергии в преобразователе.

Полученные в работе результаты представляют большой практический интерес и могут быть использованы при разработке и модернизации ЭТК с асинхронными ЭП в судовых системах электродвижения, насосных агрегатах и других системах с повышенными требованиями к уровню электромагнитной и электромеханической совместимости оборудования.

### **СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ**

Обоснованность научных положений подтверждается, как корректностью принятых допущений, так и выбранными математическими методами исследования. Достоверность результатов расчета и анализа, основных научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, подтверждается результатами компьютерного моделирования и экспериментального исследования, адекватно отражающего результаты, полученные на модели.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ, СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ И АВТОРЕФЕРАТА, КАЧЕСТВО ОФОРМЛЕНИЯ, ПУБЛИКАЦИИ

Содержание автореферата изложено доступно, технически грамотно и достаточно точно соответствует материалам диссертации.

Тема диссертации соответствует пунктам 1, 3 и 4 паспорта научной специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Основные результаты работы были представлены на всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ, в том числе 3 в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, получен патент на изобретение. Практическая значимость работы подтверждена актом внедрения.

### ЗАМЕЧАНИЯ

1. Имеются замечания по тексту и оформлению диссертации. На стр. 30 в формуле 1.23 допущена опечатка, вероятно имелась ввиду угловая частота " $\omega$ ", а не " $f$ ". На стр. 94 в пояснениях к формуле 3.1 отсутствует описание переменной " $f_{var}$ ". Из системы 2.11 (стр. 51) непонятно откуда берется значение тока " $I_{qz}$ ". На рис. 3.27 (стр.103) пропущен знак "%" в выражении " $\Delta P_{дин} \approx 30$ ".

2. Автором не был произведен сравнительный анализ существующих САУ электроприводом (скалярные, векторные и др.) с точки зрения минимизации пульсаций тока и электромагнитного момента АД.

3. В исследуемом электроприводе использован АД с одной трехфазной обмоткой, в то время как для снижения уровней шумов двигателя целесообразно использовать АД с двумя или большим числом трехфазных обмоток на статоре.

3. Целесообразно было бы провести оценку электромагнитной и электромеханической совместимости в электроприводе при использовании многоуровневой топологии построения преобразователя в сравнении с предложенными методами.

4. В экспериментальной части диссертационной работы автором приведено исследование предложенных алгоритмов управления преобразователем не в полном объеме. Представлено исследование алгоритма управления инвертором в одном режиме работы привода, в то время как в третьей главе работы был предложен алгоритм управления адаптивной структуры, осуществляющий выбор между двумя алгоритмами пространственно-векторной ШИМ (7-ПВ-ШИМ и 5-ПВ-ШИМ) в зависимости от переменных состояния двигателя.

Несмотря на сделанные замечания, диссертация заслуживает положительной оценки.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертация Татаринова Дениса Евгеньевича является завершенной научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальной научно-технической задачи повышения уровня электромагнитной и электромеханической совместимости в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе в части снижения высокочастотных пульсаций электромагнитного момента двигателя, питающегося от инвертора и пульсаций входных токов активного выпрямителя. Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Татаринов Денис Евгеньевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской

технический университет» (СПбГМТУ); Лоцманская ул., 3, Санкт-Петербург, 190121, телефон (812) 714-07-61; факс (812) 713-81-09, e-mail: [office@smtu.ru](mailto:office@smtu.ru), сайт: [www.smtu.ru](http://www.smtu.ru).

Официальный оппонент

профессор кафедры Электротехники  
и электрооборудования судов Санкт-Петербургского государственного  
морского технического университета,  
доктор технических наук, доцент

04.12.2017

дата



подпись

Сеньков А.П.

Тел.: +7 (962) 687-44-10

E-mail: [senkov@smtu.ru](mailto:senkov@smtu.ru)

