

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67; Телефон: (812) 571-1522; Факс: (812) 494-7018,
E-mail: common@aanet.ru; Интернет-сайт: http://guap.ru

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Ефимова Александра Андреевича
на диссертационную работу Новожилова Никиты Геннадьевича
“Структура и алгоритмы управления асинхронным частотно-регулируемым
электроприводом при провалах напряжения в электрической сети”,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Перспективные системы электропривода и автоматизации выполняются в настоящее время с широким использованием средств вычислительной микропроцессорной техники, которые способны реализовать в реальном времени достаточно сложные алгоритмы управления, в том числе и минимизирующие последствия возникающих аварийных режимов. В этих условиях актуальной задачей является обеспечение нормальной (или приближенной к нормальной) работы наиболее распространенного в промышленности асинхронного частотно-регулируемого электропривода (АЧРЭП) при провалах напряжения в питающей сети.

При решении этой задачи особо актуальны вопросы разработки программно-алгоритмических методов микропроцессорного управления, которые реализуются за счет изменения алгоритмов и программ работы систем управления, без установки дополнительного оборудования, что делает этот способ наименее затратным.

Работы по разработке и исследованию этого важного и актуального научно-технического направления ведутся, как за рубежом, так и у нас в стране, что подтверждается значительным количеством публикаций отечественных и зарубежных авторов, а также частым обсуждением этих вопросов на научных конференциях, симпозиумах, на страницах ведущих научных журналов.

Вместе с тем, уровень теоретического исследования задач сохранения работоспособности электропривода в условиях провалов напряжения в питающей сети не удовлетворяет в полной мере требованиям практики.

Все это определяет актуальность создания эффективных методов и алгоритмов микропроцессорного управления АЧРЭП для сохранения его работоспособности и управляемости при провалах напряжения питания.

*№ 123-11
от 10.09.2017*

В этом плане диссертационная работа Н.Г. Новожилова, направленная на обоснование и разработку программно-алгоритмических средств управления АЧРЭП при провалах напряжения системы электропитания, обеспечивающих сохранение работоспособности технологического оборудования, является весьма актуальной и своевременной.

В диссертационной работе Н.Г. Новожилова поставлены и успешно решены следующие основные задачи, важные и актуальные для разработчиков, производителей и эксплуатационщиков АЧРЭП:

1. Разработка математической и компьютерной модели частотно-регулируемого привода для исследования режима его работы при различных видах провалов напряжения в сети.
2. Исследование процессов в приводе при работе двигателя в зоне ослабленного поля с целью выявления максимальной глубины провалов напряжения, которую допустимо скомпенсировать с помощью соответствующих алгоритмов управления в рамках существующих ограничений по напряжению и току.
3. Исследование способов и алгоритмов автоматического перезапуска привода, позволяющих минимизировать длительность повторного пуска и пусковые токи двигателя при восстановлении нормального режима работы сети.
4. Разработка структуры и алгоритмов скалярного частотного управления асинхронным электроприводом без датчика положения ротора в нормальном и аварийном режиме на основе переключаемой двухконтурной системы регулирования рекуперацией кинетической энергии, запасенной в приводе.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ. ИХ НАУЧНАЯ ЦЕННОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Из материалов диссертации и публикаций её автора следует, что Н.Г. Новожиловым успешно решены все выше перечисленные задачи, нацеленные на разработку научно обоснованных алгоритмов, способов управления и схемотехнических решений, их реализующих в АЧРЭП, обеспечивающих сохранение рабочего режима работы технологического оборудования при провалах напряжения в сети электроснабжения.

В диссертационной работе впервые комплексно решен ряд важнейших задач, позволяющих анализировать особенности протекания аварийных режимов при провалах напряжения в сети электроснабжения и предлагать новые способы, методы и технические устройства, реализующие современные средства повышения устойчивости АЧРЭП в условиях нестабильной сети электроснабжения. Это позволило автору сформулировать ряд рекомендаций, обеспечивающих сохранение нормального (или приближенного к нему) режима работы АЧРЭП в условиях нестабильного напряжения питающей сети.

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, обладают новизной, как в теоретическом, так и практическом (прикладном) аспектах, поэтому считаю, что все 3 пункта научной новизны (стр. 11 и 12 диссертации и стр. 5 автореферата), сформулированные в 2-х научных положениях, выносимых на защиту, (стр. 11 и 12 диссертации) являются новыми и оригинальными.

Общетеоретическая научная ценность диссертационной работы Н.Г. Новожилова состоит в том, что в ней заложены теоретические основы создания программно-алгоритмических методов, алгоритмов и средств управления АЧРЭП, позволяющих обеспечить его работоспособность и управляемость при провалах питающего напряжения в сети электроснабжения.

Подобные системы асинхронного электропривода могут найти в ближайшем будущем самое широкое применение в практике реализации перспективных систем электропривода, работающих в условиях нестабильности питающего напряжения, что обеспечит минимизацию ущерба от аварий в сети электроснабжения.

Практическая значимость работы заключается в разработке и проверке на компьютерных моделях в среде MATLAB/Simulink двух способов и технических средств, их реализующих:

- 1) - для функционирования векторной САР АЧРЭП на основе управления им в зоне ослабленного поля;
- 2) - для функционирования скалярной САР АЧРЭП с наблюдателем скорости вращения на основе рекуперации кинетической энергии в звено постоянного тока двухзвенного преобразователя частоты системы электропривода.

Совокупность полученных теоретических и практических результатов расширяет использование АЧРЭП в аномальных режимах работы, что обеспечивает сохранение их работоспособности и управляемости при провалах напряжения в сети электроснабжения.

Полученные в диссертации новые результаты и технические решения имеют межотраслевое значение и могут быть использованы при проектировании систем электропривода в различных отраслях техники. Научные и практические результаты диссертационной работы следует рекомендовать к использованию на предприятиях, занимающихся разработкой и производством систем управления полупроводниковых преобразователей и асинхронных электроприводов на их основе. Кроме этого, представляется возможным и необходимым их дальнейшее использование при чтении ряда курсов лекций соответствующего профиля (системы асинхронного электропривода, силовая электроника, управление в технических системах) в ВУЗах Российской Федерации.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Все теоретические положения и выводы диссертации достаточно строго обоснованы. Обоснованность научных положений подтверждается, как корректностью принятых допущений, так и выбранными математическими методами исследования (теории электропривода и мехатроники, силовой электроники, методом математического моделирования в среде MATLAB/Simulink и расчетами в MathCAD).

Достоверность результатов расчета и анализа, основных теоретических положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, не вызывает сомнений, хотя подтверждается результатами только компьютерного математического моделирования. Конечно, хотелось бы видеть и результаты экспериментальных испытаний предложенных технических решений, наиболее четко подтверждающих адекватность полученных теоретических результатов. Однако этот недостаток может рассматриваться как пожелание дальнейшей работы соискателю в выбранном им научном направлении.

АПРОБАЦИЯ

Все результаты и выводы, полученные автором, достаточно полно отражены в тексте диссертации, изложенной на 200 страницах машинописного текста, в которые входят 3 приложения на 12 страницах. В диссертации также имеется 83 рисунка и 4 таблиц. Список использованных источников (12 страниц) состоит из 103 наименований.

Основные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в 11-и научных работах, в том числе в 5-и публикациях, входящих в перечень ВАК. Кроме того, автором диссертации получено свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Содержание диссертации и автореферата изложено технически грамотным языком и отлично оформлено. В работе использован современный математический аппарат и компьютерные средства моделирования. Особо следует подчеркнуть полноту и обстоятельность проведенного компьютерного математического моделирования, которое подтвердило полученные в диссертации научные результаты и выводы, а также показало высокую научную квалификацию автора. Автореферат полностью отражает основные положения и результаты, представленные в тексте диссертации.

Результаты диссертации обсуждались на значительном числе Международных, Всероссийских, Межвузовских конференций и симпозиумов по энергетике, электротехнике и автоматизированному электроприводу. Теоретические положения диссертации приняты к использованию на предприятии ООО Производственное объединение «Киниф» (г. Кириши, Ленинградской обл.).

ОСНОВНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ И НЕДОСТАТКИ

1. Следовало бы более детально проанализировать научные результаты по тематике диссертационного исследования, достигнутые в настоящий момент отечественными и зарубежными исследователями. Первую (обзорно-аналитическую) главу необходимо было закончить разделом «Цель и задачи диссертационного исследования», в котором более детально, (по сравнению с задачами, представленными во Введении диссертации и автореферате), раскрыть задачи диссертационного исследования, вытекающие из проведенного анализа возможностей обеспечения бесперебойной работы частотно-регулируемого электропривода в условиях нестабильности напряжения электропитания и известных на сегодняшний день результатов. Тем более, что выводы по этой главе в диссертации отсутствуют.

2. Не возражая против утверждения автора, что асинхронный электропривод с двухзвенным преобразователем частоты, выполненным по схеме «неуправляемый трехфазный выпрямитель - звено постоянного тока - автономный инвертор с ШИМ», является в настоящее время наиболее распространенным на практике (стр. 24 диссертации), все же считаю, что сослаться при этом на работы 2004г. не корректно.

3. На мой взгляд, наиболее перспективными схемами двухзвенных преобразователей частоты систем асинхронного электропривода являются схемы активных преобразователей напряжения, наиболее приспособленные к работе в условиях провалов напряжения в питающей сети, которые отражены только в обзорной части диссертации и в работе, к сожалению, не рассматриваются. Данный недостаток может рассматриваться в качестве пожелания соискателю в продолжении дальнейшей работы в этом перспективном направлении.

4. Утверждение автора на стр. 74 диссертации, что $d-q-0$ - система координат вращается с синхронной скоростью, равной угловой частоте питающего напряжения (тока), т.е. является синхронно-вращающейся, справедливо только для установившихся режимов работы. В общем случае, в переходных режимах работы её скорость вращения и угловое положение должны совпадать с аналогичными переменными обобщенного вектора потокосцепления ротора.

5. В алгоритм работы электропривода в режиме ослабленного поля (рис. 4.4 на стр. 114) входят переменные, зависящие от индуктивности намагничивающего контура L_m , зависящей от насыщения магнитопровода. Переход от управления в режиме постоянства потокосцепления к управлению в режиме ослабленного поля происходит при параметрах алгоритма, вычисленных предварительно по параметрам номинального значения L_m , не

учитывающего насыщения, а не текущего значения L_m . Оценки погрешности, вносимой при этом в алгоритм управления, в диссертации не произведено.

Несмотря на отличное оформление диссертации, в её тексте имеются неточности и опечатки. Например, на рис. 1.3 (стр. 19) на векторной диаграмме не показаны оси координат комплексной плоскости, обозначения комплексных значений напряжений при этом не соответствуют общепринятым. На стр. 38 в предложении «Вопросы формирования симметричных/несимметричных ??? рассматриваютсяи т.д. по тексту» пропущено слово. На разных страницах диссертации номинальное значение электромагнитного момента АД ВАСО – 37-14 принимает разные значения: 850Нм – на стр.93, 842Нм – на стр. 96 и 840Нм – на стр. 123. На стр. 102 (рис. 3.19) неверной цифрой 2 (нужно - 3) обозначена зависимость минимально допустимого напряжения ЗПТ при $R_s \neq 0$ и $\omega_s = 157$ рад/с. На стр. 106 в п.5 Выводов по 3 главе во второй строке этого пункта пропущено слово «напряжения». На стр. 108 в заголовке раздела 4.2 в слове «алгоритма» утеряно окончание. На стр. 114 в Блок-схеме алгоритма работы в режиме ослабленного поля (рис. 4.4) вместо ссылок на выражения (4.1) и (4.2) ошибочно указаны ссылки на выражения (3.3) и (3.9). На стр. 142 вместо ссылок на зависимости (4.3) и (4.4) следует сослаться на (5.3) и (5.4). На стр. 146 непонятна ссылка на отсутствующую формулу (5)? На стр. 154 в тексте диссертации вместо указания на рисунок 5.7 неверно дается ссылка на рис. 4.7.

Однако данные замечания не являются принципиальными с точки зрения основных задач, поставленных и решенных в диссертации, они не искажают основные выводы и полученные научные результаты, и лишь незначительно снижают общую ценность и полезность проделанной работы, а также общую хорошую оценку выполненной диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Н.Г. Новожилова является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи повышения устойчивости асинхронного частотно-регулируемого электропривода к провалам напряжения питающей сети, что обеспечивает его работоспособность и управляемость в этих аномальных режимах работы и минимизацию ущерба от аварий в сети электроснабжения.

В диссертации изложены новые научно-обоснованные технические решения в области асинхронного частотно-регулируемого электропривода, внедрение которых вносит значительный вклад в создание новой техники, а именно, систем автоматического управления автоматизированных электроприводов, обеспечивающих их функционирование в условиях кратковременных провалов напряжения в сети электроснабжения. По названию,

поставленной цели, решённым задачам и полученным результатам диссертация соответствует специальности 05.09.03.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями, утвержденными постановлением Правительства от 21.04.2016г. № 335), а её автор **Новожилов Никита Геннадьевич** заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.


Официальный оппонент, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Управление в технических системах», института «Инновационных технологий в электромеханике и робототехнике», ФГАОУ ВО СПб ГУАП.


Научные специальности, по которым защищена докторская диссертация: 05.09.03 –

Электротехнические комплексы и системы и 05.09.12 – Силовая электроника.

efa33@aanet.ru, (812) 708-55-95.

190000, Санкт-Петербург,
ул. Большая Морская, д. 67.


Александр Андреевич Ефимов
2017.04.17

ГУАП ОКР	Подпись работника ГУАП
	Заведующий
	Начальник отдела кадров
	
	» _____ 20__ г.

