

УТВЕРЖДАЮ
Ректор
Белорусского государственного
технологического университета
И.В. Войтов
« 18 » марта 2024 г.



ОТЗЫВ

оппонирующей организации – кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники учреждения образования «Белорусского государственного технологического университета» – о диссертации Александровского Сергея Владимировича «Частотно регулируемый синхронный электропривод механизмов с независимым от скорости статическим моментом», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки.

Содержание диссертации Александровского С.В. соответствует отрасли технических наук, паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», по пунктам 4, 5 и 8 раздела III «Область исследований» паспорта специальности.

Научный вклад соискателя в решение научной задачи и оценка его значимости.

Соискателем обоснована возможность применения синхронных двигателей (СД) с электромагнитным возбуждением и возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ) со скалярным частотным управлением (СЧУ) для механизмов с независимым от скорости статическим моментом. Применение СДПМ со СЧУ позволит:

А) применять простую и надежную систему скалярного частотного управления электроприводом с СДПМ по сравнению с электроприводом с векторным управлением;

Б) применять энергоэффективный электропривод с СДПМ для механизмов с независимым от скорости статическим моментом по сравнению с электроприводом с асинхронным двигателем.

Диссертация отличается применением комплексного подхода для достижения поставленной цели. Показана возможность и целесообразность применения частотно-регулируемых СД с электромагнитным возбуждением и постоянными магнитами со скалярным управлением в электроприводах механизмов с независимым от скорости статическим моментом.

Научное направление по исследованию скалярного частотного управления применительно к синхронным двигателям с постоянными

Вх №1-00 от 18.03.2024
[Handwritten signature]

магнитами не развито в отличие от скалярного частотного управления асинхронными двигателями. Поэтому диссертация вносит существенный вклад в развитие такого научного направления.

Соискателем разработана методика аналитического расчета переходных процессов частотно-регулируемого синхронного ЭП при линейном изменении частоты питающего двигателя напряжения. Ее значимость заключается в возможности с высокой точностью определять параметры, позволяющие оценить качество переходных процессов момента и скорости двигателя (максимальное значение, перерегулирование скорости, диапазон регулирования скорости) при различных значениях момента инерции электропривода, ускорения и момента статической нагрузки.

Разработан способ управления СДПМ без демпферной обмотки с независимым заданием частоты в СЧУ с использованием самого простого закона – пропорционального: $U_1/f_1 = \text{const}$. Предложенный способ позволяет обеспечивать стабилизацию угловой скорости ротора в установившемся режиме частотно-регулируемого СДПМ. Достоинством данного способа является возможность рассчитать оптимальное значение коэффициента обратной связи, обеспечивающего перерегулирование скорости 4,3%, что соответствует настройке регулятора скорости по критерию оптимального модуля.

Разработана методика расчета параметров скалярного частотного управления для СДПМ, которые выпускаются для применения с векторным управлением. Применение разработанной методики позволяет рассчитать максимальный электромагнитный момент СДПМ при СЧУ, а также закон СЧУ СДПМ с учетом параметров двигателя, который повышает точность стабилизации момента двигателя на 1,2-3,4%. Показано, что влияние параметров двигателя на закон не велико в отличие от скалярного частотного управления АД и для управления СДПМ можно использовать пропорциональный закон без коррекции на параметры.

Разработана методика расчета энергетических показателей частотно-регулируемых СД при постоянном магнитном потоке. Применение разработанной методики позволяет определять потери мощности, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, а также допустимый по условиям нагрева момент самовентилируемого электродвигателя, что может быть использовано при проектировании электропривода механизмов с независимым от скорости статическим моментом на этапах выбора мощности и проверки длительно допустимого момента электродвигателя с постоянными магнитами, работающего при разных нагрузках, скоростях и температурах окружающей среды.

Кроме того, соискателем разработаны достоверные имитационные модели системы электропривода с СДПМ со скалярным частотным управлением, отличающиеся учетом демпферной обмотки и отрицательной обратной связи. Значимость имитационных моделей заключается в сокращении сроков разработки новых и модернизации существующих ЭП механизмов с независимым от скорости статическим моментом.

Конкретные научные результаты (с указанием их новизны и практической значимости), за которые соискателю может быть присуждена искомая ученая степень.

Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – “Электротехнические комплексы и системы” за научные результаты, включающие:

– методику аналитического расчета переходных процессов частотно-регулируемого синхронного ЭП при линейном изменении частоты питающего двигателя напряжения отличающуюся учетом влияния демпферной обмотки и наличия отрицательной обратной связи, позволяющую оценить качество переходного процесса СД с СЧУ при пуске, торможении и набросе нагрузки;

– способ управления СДПМ без демпферной обмотки отличающийся использованием независимого задания частоты в СЧУ по пропорциональному закону ($U_1/f_1 = \text{const}$) при котором от сигнала заданной величины частоты питающего двигателя напряжения вычитается сигнал пропорциональный первой производной угловой скорости ротора с постоянным коэффициентом, позволяющий обеспечить стабилизацию угловой скорости ротора в установившемся режиме частотно-регулируемого СДПМ;

– методику расчета параметров скалярного частотного управления для СДПМ, предназначенных для векторного управления, позволяет рассчитать максимальный электромагнитный момент СДПМ и закон скалярного частотного управления СДПМ с учетом параметров двигателя, который повышает точность стабилизации электромагнитного момента двигателя на 1,2-3,4%. Показано, что влияние параметров двигателя на закон не велико в отличие от СЧУ асинхронными двигателями (АД) и для управления СДПМ можно использовать пропорциональный закон без коррекции на параметры;

– методику расчета энергетических показателей частотно-регулируемых СД при постоянном магнитном потоке, позволяющую определять потери мощности, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, а также допустимый по условиям нагрева момент самовентилируемого электродвигателя, которые могут быть использованы при выборе мощности СД и проверке длительно допустимого момента СДПМ, работающего при разных нагрузках, скоростях и температурах окружающей среды. Показано, что при уменьшении частоты питающего двигателя напряжения максимум коэффициента полезного действия смещается в сторону меньших нагрузок, практически сохраняя свою величину в отличие от АД;

– математические и компьютерные (имитационная) модели, отличающиеся наличием демпферной обмотки и отрицательной обратной связи, позволяющие исследовать динамические характеристики СД при скалярном частотном управлении.

Замечания по диссертации

А) Неправомерно делать выводы о состоянии электропривода, основываясь в первую очередь только на русскоязычную литературу учебного характера.

Б) Качество стабилизации скорости замкнутой системой управления СДПМ на рис. 2.8 можно было бы значительно повысить, если бы она содержала регуляторы более высоких порядков, как это принято для скалярных систем управления асинхронных двигателей. Например, в литературе Bimal K. Bose, *Modern Power Electronics and AC Drives*. Prentice Hall, 2001.

В) При проведении расчетов и имитационного моделирования следовало ориентироваться на двигатели одной мощности. Непонятно, почему во второй главе производилось моделирование и расчеты для двигателя SGMSH-50D 5 кВт, а в третьей - для 5,5 кВт YGT132S4 и 3 кВт LSRPM200L. Эффективное сравнение характеристик в этом случае может быть затруднительно. Как известно, реальные характеристики двигателей даже одного типа могут отличаться от серии к серии.

Г) В диссертации слабо раскрыт аспект определения частоты двигателя расчетным способом.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертации, ее научную и практическую значимость.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.

Автор диссертации Александровский С.В. провел детальный анализ результатов, полученных другими исследователями по научному направлению диссертации, качественно выполнил теоретические и экспериментальные исследования. Обсуждение диссертации, с учетом ответов соискателя на вопросы представителей кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники (АППиЭ) учреждения образования «Белорусского государственного технологического университета» (БГТУ), показало, что научная квалификация соискателя соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Рекомендации по практическому использованию результатов диссертации.

Полученные результаты диссертации могут быть использованы при разработке и проектировании электроприводов механизмов с независимым от скорости статическим моментом, прежде всего крановых механизмов, с улучшенными энергетическими и массогабаритными показателями.

Разработанные в диссертации методики расчета энергетических показателей синхронных двигателей с электромагнитным возбуждением и возбуждением от постоянных магнитов при скалярном частотном управлении, а также расчета допустимого по условиям нагрева допустимого момента синхронного самовентилируемого двигателя реализованы в учебном

процессе кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок и технологических комплексов Белорусского национального технического университета, о чем свидетельствует акт от 17.04.2023г.

Заключение.

Диссертация Александровского Сергея Владимировича «Частотно регулируемый синхронный электропривод механизмов с независимым от скорости статическим моментом» является выполненной квалификационной научной работой. По степени научной и практической значимости, опубликованности и апробаций полученных результатов работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям. Содержание диссертации соответствует отрасли технических наук и паспорту специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Александровский С.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» за новые научные обоснованные теоретические результаты в области теории электротехнических комплексов и систем, электрических машин и электропривода.

Отзыв оппонировавшей организации, подготовленный экспертом доцентом кафедры АППиЭ БГТУ кандидатом технических наук, доцентом Гринюком Д.А., обсуждался на научном собрании с участием специалистов по научному направлению диссертации (протокол № от «14» марта 2024г.), на котором соискатель ученой степени Александровский С.В. выступил с докладом по диссертации «Частотно регулируемый синхронный электропривод механизмов с независимым от скорости статическим моментом».

В открытом голосовании приняли участие члены научного собрания, имеющие ученые степени, в количестве 16 человек, из них 9 кандидатов технических наук. Голосовали: за – 25, против – не, воздержалось – не.

Председатель научного собрания:
заведующий кафедрой АППиЭ БГТУ
кандидат технических наук, доцент

 Д.С. Карпович

Секретарь научного собрания:
доцент кафедры АППиЭ БГТУ
кандидат технических наук, доцент

 И.О. Оробей

Эксперт оппонировавшей организации:
доцент кафедры АППиЭ БГТУ
кандидат технических наук, доцент

 Д.А. Гринюк