

Проректор ФГБОУ ВО «КубГУ»
по научной работе и инновациям
кандидат биологических наук

С.Н. Нековаль

« 04 » сентября 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» на диссертационную работу Квитко Андрея Викторовича на тему: «Параметры и режимы работы ветроэнергетической установки с асинхронным генератором для электроснабжения овцефермы», представленную к защите в диссертационный совет по защите докторских и кандидатских диссертаций 35.2.019.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационной работы

В условиях, когда подавляющая доля производства овцеводческой продукции сосредоточена в малых и личных подсобных хозяйствах, рассредоточенных по территории и не имеющих надёжного централизованного электроснабжения, создание недорогих, надёжных и энергоэффективных автономных источников на базе возобновляемых источников энергии приобретает первостепенное значение. Сдерживающим фактором широкого использования асинхронных генераторов в подобных установках остаётся сложность стабилизации выходного напряжения при переменных скорости ветра и нагрузке. В связи с этим диссертационная работа, посвящённая разработке и обоснованию параметров системы стабилизации напряжения автономного асинхронного генератора в составе ветроэнергетической установки, является практически значимой и актуальной.

2. Общая характеристика работы

Общий объём диссертации составляет 173 страницы. Структурно работа содержит введение, 4 главы, заключение, список использованных литературных источников и приложения.

По результатам исследований опубликовано 17 научных работ, включая 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 монографии, 3 патента

РФ на изобретение и 2 статьи в прочих изданиях. Результаты выполненного диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 6 международных, 1 национальной и 1 российской научно-практических конференциях.

Автореферат отражает содержание диссертации.

Во введении раскрыты актуальность работы, степень разработанности темы, научная проблема и рабочая гипотеза, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследований, теоретическая и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен выполненный автором анализ эксплуатационных условий овцеводческих хозяйств Южного федерального округа, определены тип и мощность потребителей электроэнергии. Приведён сравнительный обзор конструктивных схем малых ветроэнергетических установок и их генераторов электроэнергии, обоснована целесообразность применения асинхронных генераторов с короткозамкнутым ротором. Систематизированы существующие научные подходы и технические решения по стабилизации напряжения автономных асинхронных генераторов. Установлено, что в известных математических моделях недостаточно проработан учёт нелинейности кривой намагничивания, что ограничивает их применимость для анализа регулировочных режимов.

Во второй главе представлено проведенное автором аналитическое исследование условий самовозбуждения асинхронного генератора. Доказано, что возникновение установившегося режима возможно и при линейной магнитной характеристике, при этом насыщение ограничивает амплитуду выходного напряжения. Предложен инженерный способ учёта нелинейности магнитной системы, базирующийся на раздельном описании трёх участков магнитопровода (основная часть магнитопровода, зубцовая зона, воздушный зазор) и введении корректирующей функции магнитной связи. Метод позволяет модифицировать матрицу индуктивностей для корректного построения математических моделей.

В третьей главе разработаны две модели системы «ветродвигатель – асинхронный генератор – нагрузка» в трёхфазной неподвижной системе координат, различающиеся способом регулирования тока возбуждения: дискретная коммутация емкостей и плавное изменение активного сопротивления для изменения напряжения на конденсаторах возбуждения. Для численного решения жёсткой системы дифференциальных уравнений использована модификация метода Рунге-Кутты пятого порядка - формула Фельберга. Расчётным путём установлено, что плавное регулирование обеспечивает более узкий диапазон стабилизации напряжения и одновременно демпфирует часть избыточной мощности, снижая разгон ротора. Разработаны функциональная и принципиальная электрические схемы стабилизатора напряжения на базе

микроконтроллера ATmega328p с широтно-импульсным управлением полевым транзистором, а также алгоритм управляющей программы.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальной верификации. Опыт холостого хода подтвердил адекватность метода учёта насыщения (расхождение расчётных и измеренных значений не превысило 5 %). На лабораторном стенде с приводным двигателем постоянного тока, имитирующим ветроколесо, получены осциллограммы выходного напряжения в режимах дискретного и плавного регулирования. Статистический анализ показал отсутствие значимых различий на уровне значимости 0,05.

Выполнен технико-экономический анализ организации серийного производства (100 установок в год) по трём сценариям финансирования. Чистый дисконтированный доход варьируется от 4,68 до 22,64 млн руб., дисконтированный срок окупаемости – от 5 до 7 лет.

В заключении представлены итоги выполненного исследования, рекомендации производству и перспективы дальнейшей разработки темы.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций результатов исследований

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций базируется на строго доказанных положениях фундаментальных и прикладных наук и обеспечена корректным применением предложенных автором аналитических критериев самовозбуждения асинхронного генератора, метода учёта насыщения магнитной системы, математических моделей со стабилизатором напряжения и численного алгоритма их решения. Указанные разработки согласуются с теоретическими основами электротехники и теорией электрических машин.

Выводы и рекомендации по работе полностью отражают результаты, проведенного диссертационного исследования.

4. Научная новизна исследований и достоверность полученных результатов

Научной новизной работы являются:

- критерии устойчивого режима работы автономного АГ с линейной характеристикой магнитной системы;
- математические модели системы «ветродвигатель – асинхронный генератор – нагрузка» при дискретном и плавном регулировании тока возбуждения;
- алгоритм решения уравнений модели системы «ветродвигатель – асинхронный генератор – нагрузка» со стабилизатором напряжения для определения параметров и режимов работы ВЭУ.

Достоверность исследований подтверждается совпадением результатов математического и физического моделирования.

5. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретической значимостью работы является разработка:

- аналитических критериев устойчивого самовозбуждения асинхронного генератора, расширяющих понимание физики процесса и позволяющих обоснованно выбирать параметры цепи возбуждения;
- способа учёта нелинейности магнитной системы, пригодного для применения в математических моделях как генераторных, так и двигательных режимов асинхронных машин;
- математических моделей системы «ветродвигатель – асинхронный генератор – нагрузка» со стабилизатором напряжения, позволяющих исследовать переходные и установившиеся режимы при различных законах регулирования;
- алгоритма численного решения жёсткой системы дифференциальных уравнений, обеспечивающего устойчивость вычислительного процесса.

Практическая значимость заключается в разработке:

- функциональной и принципиальной электрических схем стабилизатора напряжения, которые могут быть использованы проектными и монтажными организациями при создании автономных систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов;
- алгоритма работы системы управления стабилизатором, позволяющего разрабатывать программное обеспечение для микроконтроллера;
- результатов технико-экономического обоснования, подтверждающих инвестиционную привлекательность серийного производства ветроэнергетических установок малой мощности с разработанным стабилизатором.

Практическая значимость полученных автором результатов подтверждается актами об использовании результатов исследований в ООО «Электротехнологии-Сервис» и ООО «Солнечный центр», а также в учебный процесс ФГБОУ ВО Кубанского ГАУ.

6 Достоинства и замечания по работе

В диссертации Квитко Андрея Викторовича присутствуют практически все основные компоненты исследования, которые необходимы при формировании кандидатской диссертации. Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне её содержание соответствует формулировке темы.

Диссертация и автореферат написаны технически грамотно, оформлены аккуратно, изложение материала методически выдержано, логически последовательно. Графический материал хорошо дополняет текстовую часть и выполнен аккуратно, хотя и с некоторыми ошибками и нарушениями действующих стандартов. Представленные рисунки и таблицы наглядно отражают ход исследований.

Выводы и предложения в достаточной мере подтверждены результатами исследований, обладают новизной и соответствуют содержанию работы.

Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены в сравнении с другими известными решениями.

Замечания:

1) Не обоснован состав электроприёмников, положенный в основу установленной мощности. Не показано, сколько светильников, обогревателей, насосов, стригальных машин и бытовых приборов включено в расчёт.

2) Линейное масштабирование установленной мощности овчарни пропорционально числу голов от 100 до 1000 животных (таблица 1.4, с. 23) не обосновано составом оборудования. Часть потребителей имеет фиксированную мощность и не уменьшается пропорционально поголовью.

3) Вывод об отсутствии потребителей реактивной мощности (с. 22) противоречит приведенному составу оборудования: погружные насосы и другие механизмы содержат электродвигатели, потребляющие реактивную мощность. Это ставит под сомнение принятие чисто активной нагрузки в последующих расчетах.

4) Не разработан алгоритм поддержания оптимальной быстроходности или отбора максимальной мощности. При изменении возбуждения и нагрузки скорость ротора существенно меняется, следовательно, рабочая точка может выходить из области максимального C_p , но потери выработки не оценены.

5) Утверждение, что при линейной магнитной системе амплитуда напряжения ограничивается мощностью приводного двигателя (с. 61, 129), не дополнено количественной зависимостью амплитуды от момента, инерции, сопротивлений и емкости.

6) Единая скалярная функция $M^*(B)$ применяется ко всем взаимным индуктивностям и электромагнитному моменту (с. 67). Такой подход не учитывает локальное насыщение зубцов, перекрестное насыщение по осям, различие насыщения статора и ротора и пространственные гармоники.

7) Не сопоставлены во времени сезонная выработка ВЭУ и сезонный спрос фермы, в частности потребление на обогрев молодняка и водоподъем. Без такого сопоставления нельзя подтвердить вывод о пригодности ВЭУ для заявленного объекта.

8) Скорости ветра приняты по метеостанции на высоте 10 м, но не выполнен пересчет на высоту оси проектируемого ветроколеса с учетом шероховатости поверхности и стратификации.

7. Заключение

Отмеченные замечания не являются определяющими при общей оценке диссертации.

Содержание диссертации и научные результаты, полученные соискателем в процессе достижения поставленной цели исследования и решения поставленных задач достаточно полно изложены в 17 научных работах, вклю-

чая 3 монографии, 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 патента РФ на изобретения. Результаты выполненного диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 8 национальных, всероссийских и международных научно-практических конференциях, что удовлетворяет критериям п.п. 11-13 Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертационная работа Квитко А.В. представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, направленное на решение актуальной прикладной задачи устойчивого энергоснабжения рассредоточенных потребителей АПК за счёт применения автономной ветроэнергетической установки с асинхронным генератором в условиях нестационарного ветрового потока и переменной нагрузки. Работа имеет высокую практическую значимость, подтверждённую патентом РФ на изобретение и актами внедрения. Таким образом, диссертационная работа отвечает критериям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Квитко Андрей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Диссертационная работа и отзыв на неё рассмотрены, обсуждены и одобрены на заседании кафедры электротехники и электрических машин ФГБОУ ВО «КубГТУ» (протокол № 2 от 4 сентября 2026 г.).

Заведующий кафедрой электротехники
и электрических машин,
кандидат технических наук, доцент

«4» сентября 2026 г.



Я. М. Кашин

Адрес организации: 350072, Южный федеральный округ,
Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.
Телефон: (861) 274-52-53.
Адрес электронной почты: rector@kubstu.ru.
Сайт: <https://kubstu.ru>.

С отзывом ведущей организации ознакомлен
04.09.2026  *Квитко А.В.*

Сведения о ведущей организации

по диссертации Квитко Андрея Викторовича на тему: «Параметры и режимы работы ветроэнергетической установки с асинхронным генератором для электроснабжения овцефермы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки).

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБОУ ВО «КубГТУ»
Организационно-правовая форма	Государственное учреждение
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования РФ
Почтовый индекс и адрес организации	350072, Россия, Краснодарский край г. Краснодар, ул. Московская, д. 2
Адрес электронной почты организации	adm@kgtu.kuban.ru
Официальный сайт организации	https://kubstu.ru/
Телефон Телефон/факс	(861) 255-84-01 (861) 259-65-92
Основные публикации ведущей организации, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя	
1. Моделирование и выбор вариантов ветросолнечной электростанции / Я. М. Кашин, Л. Е. Копелевич, А. В. Самородов, А. А. Трескинская // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2025. – № 1. – С. 189-201. – DOI 10.26297/2312-9409.2025.1.15.	
2. Оптимизация структурно-схемного решения ветро-солнечной электростанции по основным критериям эффективности / Я. М. Кашин, Л. Е. Копелевич, А. В. Самородов [и др.] // Сельский механизатор. – 2025. –	

3. Кашин, Я. М. Автономная ветросолнечная генераторная установка / Я. М. Кашин, А. С. Князев, Н. Е. Ярьско // Техносфера : Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием, Краснодар, 16–17 сентября 2025 года. – Краснодар: ООО "Издательский Дом-Юг", 2025. – С. 42-44.

4. Кашин, Я. М. Автономная ветросолнечная генераторная установка: конструкция и принцип действия / Я. М. Кашин, А. С. Князев, Н. Е. Ярьско // Технические и технологические системы : Материалы XVI Международной научной конференции. В 2-х томах, Краснодар, 23–24 декабря 2025 года. – Краснодар: ООО "Издательский Дом-Юг", 2025. – С. 49-52.

5. Гибридные энергетические комплексы на базе нескольких различных возобновляемых источников энергии / Я. М. Кашин, А. С. Князев, Л. Е. Копелевич [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2024. – 256 с.

6. Кашин, Я. М. Ветро-солнечные генераторные установки - эффективный способ преобразования энергии возобновляемых источников / Я. М. Кашин, В. В. Морозов, Д. Н. Кузнецов // Технические и технологические системы : материалы XV Международной научной конференции, Краснодар, 20–22 ноября 2024 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг", 2024. – С. 237-240.

7. Аксиальный преобразователь частоты для гибридных энергетических комплексов / Я. М. Кашин, А. Б. Варенов, Л. Е. Копелевич [и др.] // Новое в российской электроэнергетике. – 2024. – № 5. – С. 69-79.

8. Регулировочные характеристики двухвходовой генераторной установки / Я. М. Кашин, Л. Е. Копелевич, А. В. Самородов [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2023. – Т. 23, № 1. – С. 65-81. – DOI 10.14529/power230107.

9. Вертикально-осевая трёхвходовая генераторная установка для гибридного энергетического комплекса / Я. М. Кашин, А. С. Князев, Л. Е. Копелевич [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2023. – № 2. – С. 98-112.

10. Гибридные энергетические комплексы: преимущества, конструктивные особенности установок и методы повышения эффективности / Кашин Я.М., Копелевич Л.Е., Самородов А.В., Митин В.Н., Шкода В.В. // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2023. – № 3. – С. 120–138.

11. Состояние и перспективы развития гибридных (ветро-солнечных) энергетических комплексов / Кашин Я.М., Ким В.А., Ерлыков М.А., Рыбка З.В. // Новое в российской электроэнергетике. – 2023. – № 9. – С. 31–38.

12. Синтез гибридного энергетического комплекса на базе многовходовых преобразователей энергии / Кашин Я.М., Князев А.С., Копелевич Л.Е., Самородов А.В., Кашин А.Я. // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2022. – № 6. – С. 152–162.

13. Методика и программа расчета синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов для авиационного энергетического комплекса / Я. М. Кашин, А. С. Князев, Л. Е. Копелевич [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2022. – № 1. – С. 58-69.

Проректор ФГБОУ ВО

«Кубанский государственный технологический университет»

По научной работе и инновациям

канд. техн. наук, доцент



С. М. Горлов

«15» 06 2026 г.