

ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ

официального рецензента, PhD Калиева Жаныбека Жанатулы на диссертационную работу Агимова Талгата Нурлановича «Разработка и исследование вентильного генератора с широким диапазоном частоты вращения и стабильным напряжением для малых ветровых электростанций» представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07101 – Электроэнергетика

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); <u>3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).</u>	Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта грантового финансирования Комитета науки МНВО РК AP19679469 на 2023–2025 годы и соответствует приоритетному направлению развития науки в области энергетики и электротехники. Работа посвящена разработке и экспериментальному исследованию электрогенераторной установки для малой ветроэнергетики, направленной на повышение энергоэффективности и надёжности автономных систем электроснабжения.
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта.	Диссертационное исследование вносит существенный вклад в развитие электроэнергетики: автором разработаны, теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены новые решения по согласованию механических характеристик вертикальной ветровой турбины с электрическими режимами вентильного генератора. Научный интерес представляет управление структурой якорной обмотки в сочетании с регулированием тока возбуждения при широком диапазоне частоты вращения.

			Предложенные решения обеспечивают стабилизацию выходного напряжения, повышение эффективности использования энергии ветрового потока и надёжности автономного электроснабжения. Теоретическая и практическая значимость работы обоснована в полном объёме.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>высокий;</u> 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Диссертант проявил высокий уровень самостоятельности при выполнении диссертационного исследования. Автором проведены литературный обзор и патентный анализ, разработаны схемы коммутации и методика расчёта параметров якорной обмотки ВГЩД. Докторант участвовал в создании экспериментального стенда, самостоятельно выполнил имитационное моделирование в среде MATLAB/Simulink, получил и обработал характеристики генератора, а также провёл сопоставление расчётных и экспериментальных результатов. Им подготовлены научные публикации и материалы для получения двух патентов на полезную модель.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>обоснована;</u> 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	В условиях роста потребности удалённых потребителей в автономном электроснабжении особую актуальность приобретает повышение эффективности малых ветровых электростанций. Нестабильность скорости ветрового потока приводит к значительным изменениям частоты вращения вертикальной ветровой турбины и выходного напряжения электрогенератора, что ограничивает диапазон его эффективной работы. В связи с этим разработка вентильного генератора мощностью 2–5 кВт с широким диапазоном частоты вращения, обеспечивающего стабилизацию выходного напряжения и повышение коэффициента использования установленной мощности, является актуальной научно-технической задачей.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>отражает;</u>	Все четыре главы диссертации логически взаимосвязаны, последовательно охватывают анализ ветроэнергетического потенциала и

		2) частично отражает; 3) не отражает.	существующих генераторов, разработку ВГПД, проведение экспериментальных исследований и имитационное моделирование системы управления, направлены на решение поставленных задач и полностью отражают тему диссертации.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Научно обоснованная цель исследования, направленная на повышение эффективности ВВТ посредством разработки ВГПД, полностью соответствует заявленной теме. Сформулированные задачи охватывают анализ существующих решений, расчёт якорной обмотки, имитационное моделирование, создание экспериментального стенда, проверку полученных результатов и разработку практических рекомендаций. Последовательная реализация поставленных задач обеспечила внутреннее единство исследования и получение достоверных научных результатов.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Положения, выносимые на защиту, и полученные результаты логически взаимосвязаны: результаты анализа служат основой для разработки схемных решений, расчётные положения подтверждены стендовыми испытаниями, а экспериментальные данные сопоставлены с результатами имитационного моделирования. Сформулированные выводы соответствуют цели и задачам исследования, обеспечивая внутреннее единство диссертационной работы.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	Предложенные технические решения научно аргументированы и сопоставлены с существующими аналогами. На основе анализа ограничений традиционного регулирования магнитного потока, связанных с усилением реакции якоря, увеличением массы и стоимости генератора, обоснован переход к изменяемой структуре обмоточно-выпрямительной схемы и комбинированному регулированию напряжения. Эффективность разработанного подхода подтверждена

			результатами имитационного моделирования, экспериментальных исследований и патентами на полезную модель.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научные результаты и положения, выносимые на защиту, обладают научной новизной и подтверждены достоверными экспериментальными данными, полученными с применением современных измерительных средств. Автором обоснован способ эффективного использования резерва механической мощности ВВТ посредством применения ВГЩД, разработан ступенчато-плавный способ стабилизации выходного напряжения и установлены новые закономерности совместной работы ВВТ и ВГЩД в широком диапазоне частоты вращения. Новизна технических решений подтверждена патентами Республики Казахстан, а научный уровень исследования — публикациями в изданиях, индексируемых базой Scopus и рекомендованных КОКСНВО МНВО РК. Практическая значимость результатов подтверждена актами внедрения.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Выводы, сформулированные в диссертации, являются новыми, поскольку отражают установленные закономерности стабилизации выходного напряжения ВГЩД, результаты расчёта схем якорной обмотки и эффективность разработанного алгоритма управления. Обоснованность предложенных технических решений подтверждена результатами имитационного моделирования и экспериментальных исследований при различных частотах вращения и режимах нагрузки.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые;</u> 2) частично новые (новыми являются 25-75%);	Разработанные технические решения являются новыми и научно обоснованы результатами комплексного исследования конструктивных и электромагнитных параметров ВГЩД. Предложены схемы формирования групп параллельных ветвей якорной обмотки и переключения диодных мостов, методика расчёта генератора,

		3) не новые (новыми являются менее 25%).	система автоматического регулирования тока возбуждения и алгоритм управления режимами работы. Эффективность разработанного подхода подтверждена стабилизацией выходного напряжения в широком диапазоне частоты вращения, а его обоснованность — результатами расчётов, имитационного моделирования и экспериментальных исследований. Сочетание ступенчатого переключения обмоточно-выпрямительной схемы с плавным регулированием возбуждения обеспечивает согласование характеристик ВВТ и ВГЩД и более полное использование механической мощности ветровой турбины.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (квалитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все основные выводы диссертации научно обоснованы результатами теоретических расчётов, имитационного моделирования и экспериментальных исследований на физическом стенде. Достоверность полученных результатов подтверждена сопоставлением расчётных и опытных характеристик, а также аппроксимацией экспериментальных данных.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано ; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	Положения, выносимые на защиту, доказаны результатами теоретических и экспериментальных исследований. Их обоснованность подтверждена анализом резерва механической мощности ВВТ, выбором структуры ВГЩД и исследованием совместной работы турбины и генератора. Полученные результаты применимы в автономных ветроэнергетических установках.
		7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет ; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	Положения, сформулированные на основе разработанных технических решений, обладают научной новизной и оригинальностью, что подтверждено патентами Республики Казахстан. Предложенные схемы и методика расчёта теоретически обоснованы и апробированы при создании физической модели ВГЩД. Полученные результаты применимы при проектировании, модернизации и

			перемотке электрогенераторов с переменной частотой вращения.
		7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	Основные положения, выносимые на защиту, обладают научной новизной и подтверждены согласованными результатами теоретических расчётов, имитационного моделирования и стендовых испытаний. Стабилизация выходного напряжения обеспечивается ступенчатым переключением групп параллельных ветвей якорной обмотки и плавным регулированием тока возбуждения в пределах каждой ступени.
		7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u>; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	Разработанные решения могут быть использованы при проектировании и модернизации электрогенераторов для малых ветровых установок. Их эффективность подтверждена характеристиками холостого хода, внешними и специальными регулировочными характеристиками, а также сопоставлением результатов имитационного моделирования с экспериментальными данными. Применение предложенного подхода обеспечивает расширение рабочего диапазона генератора и стабилизацию выходного напряжения.
		7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	Положения, выносимые на защиту, получили научное обоснование и экспериментальное подтверждение. Результаты исследования, включая работоспособность ВГШД и стабильность его выходного напряжения, отражены в публикациях, индексируемых базой Scopus, статьях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, и материалах международных научных конференций.
8.	Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) <u>да</u>; 2) нет.	Выбор методологического подхода научно обоснован и соответствует цели и задачам исследования. Методология объединяет теорию электрических машин, аналитические расчёты, имитационное моделирование в MATLAB/Simulink и натурные эксперименты. Методика испытаний и применяемое измерительное

			оборудование представлены достаточно полно.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечена применением современных научных методов и средств обработки данных, включая имитационное моделирование в MATLAB/Simulink, аппроксимацию экспериментальных зависимостей и цифровую регистрацию действующих значений напряжения, тока и частоты вращения. Используемые методы и измерительные средства соответствуют характеру исследуемых электромеханических процессов.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Теоретические выводы, установленные взаимосвязи и выявленные закономерности подтверждены результатами имитационного моделирования и комплексных экспериментальных исследований. Адекватность модельных зависимостей проверена на испытательном стенде при различных частотах вращения, нагрузках и режимах возбуждения ВГШД.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Основные положения диссертации научно обоснованы и подтверждены ссылками на актуальные и достоверные научно-технические источники. Автором выполнены литературный обзор и патентный поиск, а полученные результаты опубликованы в рецензируемых изданиях, включая журналы, индексируемые базой Scopus, и апробированы на международных научных конференциях.
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u> /не достаточны для литературного обзора.	Автором проведён литературно-патентный анализ более 70 современных научно-технических источников, что позволило всесторонне оценить современное состояние и основные тенденции развития электрогенераторных установок для малой ветроэнергетики. Рассмотренные источники охватывают

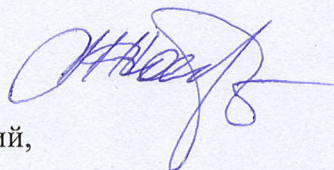
			ветроэнергетику, электрические машины, методы стабилизации напряжения, имитационное моделирование и схемные решения генераторов.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Результаты исследования имеют существенную теоретическую значимость, поскольку разработанные зависимости и методика расчёта расширяют научные представления об электромагнитных процессах в вентильных генераторах с переменной частотой вращения. Применение имитационного моделирования в среде MATLAB/Simulink позволило установить закономерности изменения выходного напряжения, тока возбуждения и параметров якорной обмотки при различных режимах работы. Полученные результаты применимы при исследовании и проектировании генераторов ветровых и малых гидроэнергетических установок.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Разработанный ВГШД имеет высокую практическую значимость для малой ветроэнергетики и может применяться для автономного электроснабжения удалённых объектов и зарядки аккумуляторных батарей. Предложенные решения обеспечивают стабилизацию выходного напряжения в широком диапазоне частоты вращения, повышают эффективность преобразования механической энергии ВВТ и способствуют увеличению годовой выработки электроэнергии. Снижение динамических нагрузок увеличивает ресурс оборудования и создаёт предпосылки для уменьшения стоимости генерируемого киловатт-часа. Практическая применимость результатов подтверждена актами внедрения в учебный процесс и производство ТОО «НПК „Талгар — возобновляемые источники энергии“».
		9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) <u>полностью новые</u> ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%);	Предложения, сформулированные для практического применения, являются новыми и направлены на повышение эффективности малых ветровых электростанций. Предусмотрена

		3) не новые (новыми являются менее 25%).	возможность создания ВГШД на базе новых, бывших в эксплуатации или списанных синхронных генераторов, что способствует локализации производства, снижению стоимости оборудования и его изготовлению небольшими отечественными предприятиями.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое;</u> 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Академическое изложение диссертационной работы выполнено на высоком уровне. Материал представлен логично и последовательно, содержание характеризуется структурной завершённостью, целостностью и системностью. Использованная терминология соответствует предметной области, рисунки и таблицы органично связаны с текстом, а выводы обоснованы результатами проведённых исследований.
11.	Замечания к диссертации	- В отдельных разделах диссертации встречаются незначительные терминологические и стилистические неточности, а также единичные опечатки, которые носят редакционный характер и не влияют на содержание и научную значимость работы. - Для повышения полноты исследования целесообразно дополнить обоснование выбора пороговых значений частоты вращения при переключении групп параллельных ветвей якорной обмотки, а также более подробно рассмотреть влияние коммутационных переходных процессов на пульсации выпрямленного напряжения и тепловую нагрузку обмотки. Указанные замечания не уменьшают научную и практическую значимость данной диссертационной работы.	
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	Диссертация представлена не в форме серии статей. Вместе с тем научные публикации докторанта соответствуют теме исследования и отражают его основные теоретические и экспериментальные результаты. По теме работы опубликованы 2 статьи в журналах, индексируемых базой Scopus, 5 статей в изданиях, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, и 5 материалов международных научных конференций; получены 2 патента на полезную модель. Публикации характеризуются достаточным научным уровнем и подтверждают апробацию основных положений диссертации.	
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28	Диссертационное исследование представляет собой комплексную и завершённую научную работу, вносящую существенный вклад в развитие электрогенераторных установок для малой ветроэнергетики. Совокупность теоретических, расчётных, модельных и	

	настоящего Типового положения)	экспериментальных результатов подтверждает достоверность полученных выводов и обоснованность положений, выносимых на защиту. Диссертационная работа Агимова Талгата Нурлановича на тему «Разработка и исследование вентильного генератора с широким диапазоном частоты вращения и стабильным напряжением для малых ветровых электростанций» соответствует требованиям «Правил присуждения степеней» Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, а её автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07101 — Электроэнергетика.
--	---	---

Официальный рецензент:

доктор PhD, ассоциированный профессор
Школы инженерных и информационных технологий,
META University



Калиев Ж.Ж.

