

**Письменный отзыв официального рецензента
по диссертационной работе Молдахметова Саята Сайрановича
на тему «Исследование методов коммутации ступеней напряжения
многоуровневого силового инвертора» на соискание степени доктора философии
(PhD) по специальности 6D071900 «Радиотехника, электроника и
телекоммуникации»**

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Тема диссертационной работы Молдахметова С.С. соответствует приоритетным направлениям развития науки</p> <p>Диссертационная работа Молдахметова С.С. соответствует приоритетному направлению развития науки: «Информационные, коммуникационные и космические технологии», а также таким государственным программам Республики Казахстан, как «Национальный план развития Республики Казахстан до 2025 года» (Указ Президента РК № 636 от 15.02.2018 г.), «Национальная экспортная стратегия» (Постановление Правительства РК № 511 от 26.08.2017 г.), «Цифровой Казахстан» (Постановление Правительства РК №827 от 12.12.2017 г.).</p>
2.	Важность для науки	Работа вносит /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта /не раскрыта	Работа вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта, поскольку в диссертации предложены решения по повышению качества электроэнергии, преобразуемой автономными инверторами, за счет применения специальной топологии построения и разработанных методик коммутации.
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) Высокий;</p> <p>2) Средний;</p> <p>3) Низкий;</p> <p>4) Самостоятельности нет</p>	При написании диссертационной работы были соблюдены принципы академической честности и высокий уровень самостоятельности. Текст диссертационной работы имеет ссылки на авторов, оформленные соответствующим образом, что подтверждает отсутствие в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора и источника заимствования. Наличие плагиата в представленной работе не обнаружено. Работа выполнена самостоятельно на достаточно высоком научном уровне. Автором получен ряд результатов,

			обладающих научной новизной и практической значимостью.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>Обоснована;</u>	Актуальность диссертационного исследования обусловлена климатической повесткой, ростом спроса на возобновляемые источники энергии, развитием полупроводниковой силовой электроники и интеллектуальных систем ресурсосбережения и улучшения энергоэффективности. Тема диссертационного исследования актуальна и обоснована высокими требованиями к качеству электроэнергии предъявляемыми современным оборудованием и техникой, в том числе и альтернативных источников электроэнергии. Диссертационная работа направлена на решение вопросов по повышению качества вырабатываемой электроэнергии снижению коэффициента гармонических составляющих за счет применения специальных топологий построения и алгоритмов коммутации уровней напряжения многоуровневого силового инвертора.
		2) Частично обоснована; 3) Не обоснована.	
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает;</u>	Содержание диссертации отражает тему диссертации, раскрывает предложения и решения исследуемой проблемы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка использованных источников. В конце каждого раздела приведены обобщающие выводы и научные результаты проведенного этапа исследования.
		2) Частично отражает; 3) Не отражает	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют;</u>	Цель и задачи соответствуют теме диссертации, которые предполагают разработку и исследование методов коммутации ступеней напряжения многоуровневого силового инвертора для повышения качества выходного напряжения. Все разделы диссертации изложены в соответствии с решением поставленных задач.
		2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	
4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны;</u>	Диссертационное исследование обладает внутренним единством, имеет логическую научную связность и является завершенным научным трудом. Все результаты и выводы логично взаимосвязаны и соответствуют поставленным в диссертационной работе целям и задачам.		
2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует			
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы,	Предложенные автором новые решения (принципы, методы, алгоритмы,

		методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть;	математическая модель) аргументированы и критически проанализированы, характеризуются применением современных методов анализа качества электроэнергии основанной на математических вычислениях разного вида, таких как преобразование Фурье, интегральные вычисления, а также методов компьютерного моделирования.
		2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые;	Основными результатами диссертационного исследования являются: - методика коммутации уровней напряжения инвертора с наименьшим коэффициентом нелинейных искажений выходного напряжения; - микроконтроллерная система и алгоритм управления силовым инвертором, обеспечивающая стабильность выходного напряжения, точность коммутации, защиту от выхода из строя; - способ управления силовыми ключами инвертора, позволяющий управление от одного микроконтроллера и предусматривающий защиту от короткого замыкания и поражения человека электрическим током; - опытный образец силового инвертора по предложенной топологии и методике коммутации уровней, выполнены испытания. Научные результаты, представленные в диссертационном исследовании являются полностью новыми, в частности, можно отметить предложенные автором новый способ построения однофазного автономного инвертора и схему микроконтроллерного устройства стабилизации выходного напряжения в ветроэнергетической установке, которые защищены инновационными патентами на изобретения. Научные результаты являются достоверными, обоснованными и подкреплены математическим и компьютерным моделированием, а также проведенными экспериментальными исследованиями разработанного опытного образца.
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%)	
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	Выводы по диссертации являются полностью новыми, среди которых можно отметить концепцию проектирования многоуровневого силового инвертора, отличающуюся использованием меньшего количества
		3) не новые (новыми являются	

		менее 25%)	силовых полупроводниковых элементов, стратегию коммутации уровней напряжения инвертора, отличающуюся меньшим коэффициентом нелинейных искажений выходного напряжения, а также стратегию коммутации уровней напряжения инвертора на основе равенства площадей, позволяющую получить не только меньший коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения инвертора, но и способной сохранять действующее значение напряжения инвертора на заданном уровне.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые;	Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными, среди которых следует отметить принцип гальванической развязки для управления изолированным затвором транзистора, отличающаяся тем, что позволяет производить управление несколькими биполярными транзисторами с изолированными затворами от одной микросхемы. Также предложена микроконтроллерная система управления силовым многоуровневым инвертором, отличающаяся высокой точностью коммутации ступеней напряжения, обеспечивающая стабильность выходного напряжения и защиту от выхода из строя.
		2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах с применением соответствующего инструментария аналитических и экспериментальных исследований, компьютерного и математического моделирования, а также средств автоматизации математических расчетов разного вида, в том числе интегральных вычислений и преобразования Фурье.
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 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет	Все основные положения, представленные в диссертации и выносимые на защиту: 1) Доказаны; 2) Не являются тривиальными; 3) Являются новыми; 4) Имеют широкий уровень применения; 5) Доказаны в статьях автора. Положение 1 – предложенная концепция проектирования многоуровневого силового инвертора отличается от

		<p>7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет</p>	<p>аналогов использованием меньшего количества силовых полупроводниковых элементов. Положение доказано на основе сравнительного анализа топологий многоуровневых силовых инверторов.</p> <p>Положение 2 – предложенная стратегия коммутации уровней напряжения инвертора отличается меньшим коэффициентом нелинейных искажений выходного напряжения за счет использования широтно-импульсной модуляции при коммутации. Также предложена новая стратегия, отличающаяся от аналогов выбором времени коммутации на основе равенства площадей, которую можно применять не только в многоуровневых инверторах.</p> <p>Положение 3 – модель многоуровневого инвертора на основе Н-моста и коммутатора ступеней напряжения позволяет производить точную коммутацию, анализ качества выходного напряжения с точки зрения спектрального состава, действующего напряжения.</p> <p>Положение 4 – структура многоуровневого инвертора на основе Н-моста и коммутатора ступеней напряжения с системой управления отличается от известных тем, что в гальванической развязке для питания вторичной цепи оптереле или твердотельного реле используется конвертор напряжения с гальванически развязанным входом и выходом, тем самым позволяя производить гальванически развязанное управление от одной микросхемы несколькими IGBT. Такое оригинальное схмотехническое решение может найти широкое применение в управлении силовыми ключами.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана 1) да; 2) нет</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием</p>	<p>Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивалось использованием современной методологии проведения исследований, в том числе средств и методик математического и компьютерного моделирования, а также проведением экспериментального исследования разработанного опытного образца.</p> <p>Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных</p>

		<p>современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий.</p>
		<p>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):</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены исследованием.</p>
		<p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Важные утверждения подтверждены ссылкам на актуальную и достоверную научную литературу.</p>
		<p>8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора</p>	<p>Используемые источники литературы достаточны для литературного обзора исследуемой проблемы.</p>
9	Принцип практической ценности	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Диссертация имеет теоретическое значение: предложенные методики коммутации могут быть использованы при генерации аналогового напряжения при цифро-аналогом преобразовании, предложенные схмотехнические решения могут быть использованы при проектировании гальванических развязок в системах управления силовыми элементами.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: при относительно небольшом использовании силовых полупроводниковых элементов выходное напряжение представленного опытного образца автономного силового инвертора соответствует показателям и нормам качества электрической энергии установленной ГОСТ 32144-2013, что может способствовать будущей коммерциализации данного технического решения.</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p>	<p>Предложения и рекомендации для практики являются полностью новыми.</p>

		2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма и оформления диссертационной работы высокое. Диссертация, представленная на соискание степени доктор философии (PhD) по специальности 6D071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени доктора философии (PhD).

Решение официального рецензента:

- 1) присудить соискателю Молдахметову Саяту Сайрановичу степень доктора философии (PhD) по специальности 6D071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации».

Официальный рецензент,
доцент кафедры «Электрическая техника»,
Омского государственного технического университета,
кандидат технических наук

Беляев П.В. Беляев П.В.

*Подпись Беляева П.В.
ответственно
проректор по НИО*

