

## **АННОТАЦИЯ**

диссертационной работы на тему:

**«РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ДИАГНОСТИКИ И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ»** представленной на  
соискание степени доктора философии (PhD)  
по специальности 6D070200 - «Автоматизация и управление»  
**МҮСІЛІМОВ ҚУАНЫШ БАҚЫТҰЛЫ**

**Целью диссертационной работы** является развитие и усовершенствование ветроэнергетической установки с вертикальным расположением оси, путем разработки и внедрения дополнительных узлов и механизмов, регулируемые методом интеллектуального управления.

**Основная идея работы заключается** в усовершенствовании ветроэнергетической установки путем создания новых узлов и механизмов, повышающих эффективность и стабильность преобразования энергии ветра в электроэнергию в различных условиях работы ВЭУ. Разработка интеллектуальной системы диагностики и оптимального управления ветроэнергетическим комплексом, основанной на определении и регулировании ключевых переменных процесса с использованием интеллектуальных алгоритмов. Предлагаемая система способна интегрироваться с текущими системами автоматизации в энергетической отрасли Республики Казахстан.

**Объект исследования.** Объектом исследования является ветроэнергетическая установка Ветровые Роторные Турбины Болотова, разработанная и запатентованная, имеющая техническую документацию.

**Задачи исследования.** С учетом поставленной цели выделены научные задачи, требующие решения в рамках диссертационной работы:

- провести анализ современного состояния существующих систем управления ВЭУ;
- исследовать процесс генерации энергии из ветра и особенностей ВЭУ как объекта управления;
- провести исследование, определение ключевых переменных и внедрение необходимых узлов, механизмов, улучшающих основные параметры по выработке электрической энергии;
- разработка математических моделей различных узлов системы генерации энергии из ветра;
- разработка структуры системы управления различных узлов, механизмов ВЭУ и разработка интеллектуальной системы управления на основе нейронных сетей;
- регулирование ключевых переменных разработанных узлов ВЭУ на основе интеллектуальной системы управления;
- проверка адекватности разработанной интеллектуальной системы и испытание ее на реально действующем объекте.

**Методы исследований.** В ходе решения задач использовались теории автоматического управления, методы сбора и обработки данных, математические и физические формулы для расчета параметров ВЭУ, методы интеллектуальных систем управления. Были также применены основы теории аэродинамики, теоретической механики и теории электротехники. Моделирование выполнялось с использованием современного пакета программ Matlab/Simulink. Для создания чертежей конструкции ВЭК и схем автоматизации в интеллектуальной системе управления использовалась программа автоматического проектирования AutoCad. Для расчетов и оформления диссертации применялось программное обеспечение MS Office.

Предложенные расчеты и алгоритмы базируются на реально действующих установках ВЭУ и предназначены для условий в районе «Джунгарских ворот» Алматинской области.

**Основные положения (доказанные научные гипотезы и другие выводы, являющиеся новыми знаниями), выносимые на защиту:**

– универсальная модель ветроэнергетической системы с выработкой электроэнергии в сеть, работающая на различных режимах;

– интеллектуальная система диагностики и управления на основе нейронных сетей для оптимального управления ветроэнергетическим комплексом;

– механизм регулирования направляющих статора с интеллектуальной системой, принимающая энергию потока ветра в ротор турбины в зависимости от ее скорости поступающих с анемометра;

– автоматическая коробка переключателя скоростей с расчетными степенями передаточного числа на уменьшение или увеличение, в зависимости от скорости вращения вала турбины и частоты тока возбуждения, звено передачи скорости вращения с вала турбины на вал генератора, которая управляется интеллектуальной системой;

– система автоматического регулятора возбуждения генератора с изменением тока возбуждения генератора в зависимости от скорости высокоскоростного вала, также управляемая интеллектуальной системой;

– система диагностики, предотвращающая критические ситуации и возобновляющая работу ВЭУ.

**Описание основных результатов исследования**

– Проведен анализ современного состояния систем управления ветроэнергетическими установками и комплексами, где использовались системы управления, ориентированные только на отдельные категории установок и узлов, которые не проявляли существенных улучшений для ВЭУ и были выявлены недостатки этих систем. Это послужило основой для создания нового, универсального механизма регулирования, диагностики и системы интеллектуального управления для вертикальных ветроэнергетических установок, исключая зависимость от скорости ветра. Обоснована актуальность темы исследования;

– Проанализирован ветровой потенциал Республики Казахстан, региона Джунгарских ворот, выявлена потребность в эффективных

ветроэнергетических установках для генерации энергии из ветра. Также рассмотрены технологические аспекты генерации энергии из ветра, проанализированы особенности ветроэнергетических установок;

– Разработана математическая модель полной ветроэнергетической установки, описывающая аэродинамические, механические и энергетические компоненты. Определены ключевые механизмы и узлы, необходимые для полноценной работы ветроэнергетической установки;

– Проведено моделирование системы генерации энергии из ветра, позволяющее рассматривать энергетическую систему в динамике. Выходные характеристики модели соответствуют характеристикам реальной ветротурбины MITSUBISHI MWT 92. Представлены параметры, отражающие энергетическое поведение ветровой турбины и ее основную механическую и электрическую динамику, где система управления и регулирования базируется на классических регуляторах;

– После выявления недостатков традиционных систем управления ветроэнергетическими установками пересмотрены стратегии управления аэродинамическими, механическими и сложными электрическими компонентами системы генерации энергии из ветра. Разработана новая структура системы диагностики и оптимального управления, включая новые системы регулирования. Синтезированы интеллектуальные алгоритмы с использованием нейронной сети. На основе этих результатов создана интеллектуальная система диагностики и оптимального управления, включающая регулирование тока возбуждения генератора, автоматической коробки переключения передачи и механизма направляющих статора турбины в динамике. Система контролирует скорость ветра, быстро реагируя на его изменения, исключает зависимость от переменного характера ветра. Разработанная система диагностики предотвращает возникновение аварийных ситуаций и, в случае их возникновения, оперативно восстанавливает работу ветроэнергетического комплекса. Анализ различных моделей ВЭУ подтверждает эффективность созданной системы;

– Проведена проверка адекватности разработанной интеллектуальной модели ветроэнергетического комплекса, относительно объекта, на основе которого она была построена. Проведено испытание разработанной модели на производственной площадке ТОО «ТЭЛМЗ» совместно с ТОО «Future Power Solutions». Результаты подтвердили эффективность разработанной системы и рекомендована для дальнейшего внедрения в производство.

#### **Обоснование новизны и важности полученных результатов**

Результаты диссертационной работы представляют собой значительный вклад в развитие сферы возобновляемой энергетики и технологий управления энергетическими системами:

– предложенные в работе методы интеллектуального управления и диагностики для ветроэнергетических установок отличаются от традиционных подходов. Использование нейрорегуляторов для определения угла направляющих статора, регулировки АКПП и тока возбуждения генератора на основе данных скорости ветра, а также метод управления

МРРТ (отслеживание точки максимальной мощности) представляют собой инновационные и эффективные подходы, способные значительно повысить эффективность и стабильность работы ветроустановок;

– предложенные методы управления обладают адаптивностью к изменяющимся условиям окружающей среды и работают эффективно даже при нестабильных условиях ветра или внешних возмущениях. Это делает их более устойчивыми и надежными в сравнении с традиционными методами управления;

– повышение эффективности работы ветроустановок, снижение затрат на обслуживание и эксплуатацию, а также уменьшение выбросов парниковых газов и воздействия на окружающую среду имеют прямое влияние на экономику и экологию. Это способствует устойчивому развитию и снижению негативного воздействия на окружающую среду, а также позволяет достигать оптимального баланса между производительностью, надежностью и экологической устойчивостью энергетических систем;

– результаты данной работы открывают перспективы для дальнейшего развития технологий в области управления и диагностики ветроэнергетических установок. Их успешная реализация может стать основой для создания более эффективных и устойчивых систем генерации электроэнергии из ветра в будущем.

Новизна и важность полученных результатов заключается не только в разработке конкретных методов и технологий, но и в их потенциальном влиянии на промышленность, экономику и экологию в целом.

### **Соответствие направлениям развития науки или государственным программам**

Стратегиями Республики Казахстан в отношении развития возобновляемой энергетики и экологически устойчивых технологий являются:

– работа по разработке интеллектуальных систем управления для ветроэнергетических установок напрямую соответствует направлению развития возобновляемой энергетики. Это помогает повысить эффективность использования ветровой энергии, увеличить долю ветроэнергетики в общем энергобалансе и снизить зависимость от ископаемых видов топлива;

– работа способствует достижению целей устойчивого развития, поскольку снижает воздействие на окружающую среду и способствует переходу к чистой и экологически безопасной энергии. Это соответствует принципам экологической устойчивости и охраны окружающей среды;

– разработанные методы управления и диагностики ветроэнергетических установок представляют собой инновационные технологии, которые способствуют развитию современной научно-технической базы и интеллектуальному потенциалу страны;

– разработка инновационных технологий в области энергетики укрепляет научно-технический потенциал страны, делая её более конкурентоспособной на мировом рынке и способствуя её экономическому развитию. Внедрение разработанных методов управления и диагностики

ветроэнергетических установок способствует увеличению энергетической безопасности и содействует устойчивому развитию энергетического сектора. Это соответствует приоритетам государственных программ в области экологии и устойчивого развития;

– результаты работы имеют важное значение для развития научных исследований и инноваций в области управления энергетическими системами. Они могут стать основой для дальнейших исследований и разработок в этой области, способствуя прогрессу науки и техники.

Результаты работы соответствуют современным научным и технологическим трендам и направлениям развития, а также государственным программам, направленным на устойчивое развитие и модернизацию энергетического сектора. Их внедрение и использование могут способствовать достижению ключевых целей в области энергетики, экологии и экономики.

#### **Описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации**

Личный вклад заключается в постановке цели и задач работы, проведении исследований, обработке и анализе результатов, формировании выводов, написании научных публикаций и тезисов докладов.

По результатам выполненных научных исследований диссертационной работы опубликованы 15 научных трудов, из них, 1 статья опубликована в научном издании, рекомендованном Комитетом по контролю в сфере образования и науки МНиВО РК, 4 статьи опубликованы в зарубежных изданиях, входящих в международную базу цитирования Scopus (Q3/26) и (Q4/22), 6 статей опубликованы в материалах зарубежных конференций, 3 из которых имеют индексацию в международной базе цитирования Scopus (перцентиль 29%), 3 зарубежных совместных монографий и 1 статья опубликована в зарубежном издании.

Основные результаты исследования были представлены на международных научно-практических конференциях:

- 18th Conference on Optical Fibers and Their Applications, 2018, Naleczow, Poland. Proceedings of SPIE 11045, Optical Fibers and Their Applications 2018, 110450L (15 March 2019);

- Collection of first International scientific-practical conference «Global science and innovations 2018», г. Астана, 2018;

- The 17th International Scientific Conference «Information Technologies and Management». April 26, 2019, ISMA University, Riga, Latvia.

Проведены промышленные испытания интеллектуальных алгоритмов (моделей) на производственной площадке ТОО «ТЭЛМЗ» совместно с ТОО «Future Power Solutions».