

ГКНТ ДНР

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ГОРНЫХ  
МАШИН «АВТОМАТГОРМАШ ИМЕНИ В.А. АНТИПОВА»

(ГУ «АВТОМАТГОРМАШ ИМ. В.А. АНТИПОВА»)

ОГРН 1229300016384 ИНН 9303002420

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, пр-т. Ильича, 93, 283003

тел. +7(949)331-09-14, e-mail: avtomatgormash@mail.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Государственного учреждения

«Научно-исследовательский и проектно-  
конструкторский институт по  
автоматизации горных машин»

«Автоматормаш имени В.А. Антипова»



А.Ю. Довгань

10. 2023 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Черникова Вадима Геннадиевича на тему «Совершенствование систем управления специализированными энергоустановками на базе возобновляемых источников энергии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки)

### 1. Актуальность диссертационной работы

Актуальность проведенных в диссертационной работе исследований объясняется необходимостью совершенствования систем управления энергоустановками на базе возобновляемых источников энергии, для обеспечения их высокой энергоэффективности в условиях нестабильного энергетического потока, свойственного возобновляемой энергетике. В

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»		
Вх. №	16/158	
« 10 »	11	2023 г.

наибольшей степени вышесказанное относится к ветрогенераторным установкам, которым приходится работать в условиях нестабильной, постоянно меняющейся скорости ветра, а также фотоэлектрическим установкам, работающим в условиях изменяющейся плотности потока солнечной энергии.

В результате анализа состояния вопроса автором установлено, что имеющиеся математические модели и методы расчета параметров системы регулирования ветроустановки недостаточно учитывают особенности её функционирования в различных режимах работы. Так же недостаточно комплексно рассмотрены методы энергоэффективного управления системой ориентирования фотоэлектрического модуля. В связи с этим, автором была сформулирована цель исследований, заключающаяся в повышение эффективности функционирования ветрогенераторных и фотоэлектрических энергоустановок за счет совершенствования системы управления на базе создания новых математических моделей и разработки программного и аппаратного обеспечения.

## **2. Основные научные результаты и их значимость для науки и практики**

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

1. Впервые на основе использования нейронной сети разработана математическая модель, которая описывает зависимость коэффициента мощности ветроколеса от быстроходности и pitch-угла лопасти. Использование предложенной модели позволяет в режиме ограничения снизить отклонения мощности ветроустановки от заданной с 7–8% до 2%.

2. Разработанная математическая модель ветроколеса позволила повысить точность метода формирования управляющих сигналов, а также методики определения параметров регуляторов для основных контуров регулирования ветроустановки.

3. Впервые разработан расчётный метод определения скорости ветра перед ветроколесом по мгновенным значениям момента ветроколеса и pitch-угла лопасти, который позволяет усовершенствовать работу системы регулирования ветроустановки в условиях эффекта затенения башни.



4. Обоснован метод управления одноосной системой ориентирования фотоэлектрического модуля с наклонной осью, проведена оценка его энергоэффективности.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработанная программа управления системой ориентирования фотоэлектрического модуля позволяет провести оценку повышения энергоэффективности ориентируемого модуля по сравнению с зафиксированным модулем на экспериментальной установке.

2. Применение математической модели системы регулирования ветрогенераторной установки позволяет выбрать оптимальные параметры регуляторов и оценить поведение основных параметров ветроустановки в режимах пуска, частичной и полной нагрузки генератора.

3. Использование предложенного расчётного метода определения скорости ветра в различных частях плоскости вращения ветроколеса позволяет реализовать принцип отдельного управления лопастями для более точного поддержания заданной мощности ветроустановки и уменьшения колебаний аксиального усилия лопасти.

Практическое значение диссертационной работы подтверждается внедрением результатов исследований в ГБУ «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищённого и рудничного электрооборудования», а так же внедрением в учебный процесс ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» при проведении занятий по учебным дисциплинам «Микропроцессорные системы управления возобновляемыми источниками энергии», «Управление ветровыми электроустановками» «Фотоэлектрические автономные системы» для студентов направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника». Все результаты внедрения подтверждены соответствующими справками, имеющимися в диссертации.

### **3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**

Все представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации являются полностью обоснованными и достоверными, поскольку они базируются на научных методах исследования, основанных на положениях теории аэродинамики ветроколёс, физических принципах работы фотоэлектрических модулей, теории векторного регулирования для машин переменного тока, теории автоматического управления и элементах теории нейронных сетей, а для анализа эффективности предложенных методов управления использовались современные цифровые способы измерения, регистрации и обработки данных.

Достоверность научных положений и рекомендаций, полученных в диссертационной работе, подтверждается вычислительными экспериментами, представленными в виде имитационного компьютерного моделирования с использованием разработанных математических моделей поведения скорости ветра, ветроколеса, генератора и математической модели системы регулирования ветрогенераторной установки, а также экспериментальными исследованиями функционирования системы управления ориентированием фотоэлектрического модуля, разработанной на базе программируемого логического контроллера.

### **4. Общая характеристика работы**

Диссертационная работа Черникова В.Г. представляет собой содержательное, научно-обоснованное, логически выстроенное исследование. Полученные автором результаты изложены последовательно и корректно. Работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка использованной литературы и 5 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, указаны объект и предмет исследования, сформулирована научная новизна полученных результатов, перечислены методы исследования, выделены основные положения, выносимые на защиту,



отмечаются практическая и теоретическая значимость полученных результатов, приводится информация об апробации работы, указано количество публикаций.

В первом разделе проведён анализ современных систем управления ветрогенераторными и фотоэлектрическими установками и на основе проведенного анализа обосновываются пути их совершенствования.

Во втором разделе определены основные задачи системы управления ветрогенераторной установки в различных режимах работы, обоснована предложенная методика определения параметров регуляторов, основанная на усовершенствованном способе учета нелинейных свойств ветроколеса и расчетном методе определения скорости ветра, приведены результаты математического моделирования.

В третьем разделе на базе программируемого логического контроллера реализована программа управления системой ориентирования фотоэлектрического модуля с наклонной осью, проведена оценка повышения энергоэффективности ориентируемого модуля расчетными методами и на специально разработанной экспериментальной установке.

В четвёртом разделе автором разработаны рекомендации по практическому применению усовершенствованных систем управления ветрогенераторными и фотоэлектрическими установками, основанные на проведённых исследованиях.

В заключении формулируются основные результаты работы, полученные в ходе проведенных исследований.

### **5. Замечания по работе**

1. В работе не рассмотрена та часть системы регулирования ветрогенераторной установки, которая управляет сетевым инвертором и обеспечивает отдачу энергии в сеть.

2. В работе не указано, какой будет реакция системы управления в случае превышения скоростью ветра максимального значения, например 25 м/с.

3. Во втором разделе работы проведен анализ улучшения динамических характеристик системы регулирования ветроустановки за счёт применения

модифицированной системы управления, однако не проведен анализ повышения энергоэффективности ветроустановки в течении длительного периода времени, например года.

4. В разделе 2.5.2 для проведения математического моделирования работы системы управления использована математическая модель асинхронного генератора, но не приведена модель синхронного генератора, который часто применяется в ветрогенераторных установках.

5. В разделе 3.1.2 указывается, что плотность мощности солнечного излучения на поверхности фотоэлектрического модуля определяется на основании его тока короткого замыкания, хотя для достижения большей точности измерений целесообразно применять фотоэлектрический датчик.

6. В разделе 3.1.3 показано, что для реализации привода ориентации фотоэлектрического модуля использовался преобразователь частоты с питанием от трёхфазной сети, хотя для автономных энергосистем предпочтительней использовать однофазное питание.

## **6. Заключение по работе**

В целом диссертационная работа является завершённой научно-исследовательской работой, содержащей новые теоретические и практические положения, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует паспорту научной специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки), в частности: п. 4 «Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами»; п. 5 «Научные основы, алгоритмическое обеспечение и методы анализа и синтеза систем автоматизированного управления технологическими объектами».

В автореферате в достаточном объёме изложены основные результаты исследований, проведённых в диссертации.

Диссертационная работа отвечает требованиям пункта 2.2 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением совета



министров Донецкой Народной Республики №2-13 от 27.02.2015 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Черников Вадим Геннадиевич заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки).

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании Научно-технического Совета ГУ «Автоматгормаш им. В.А. Антипова», протокол №6 от 26.10.2023 г.

Первый заместитель директора по научной работе ГУ «Автоматгормаш им. В.А. Антипова», председатель научно-технического совета, докт. техн. наук, проф.

Специальность 27.00.02 «Безопасность жизнедеятельности»



В. Г. Курносов

Я, Курносов Вячеслав Григорьевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе.



В. Г. Курносов

Подпись В. Г. Курносова заверяю шовой специализации по кадрам

Григорьевич М. В. Григорьевич



Адрес: г. Донецк, проспект Ильича, 93  
+7(949) 331-09-14

E-mail: avtomatgormash@mail.ru