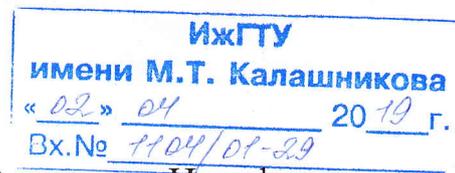


Отзыв



официального оппонента на диссертацию Буяльского Владимира Иосифовича

«Автоматизированная система управления ветроэнергетической установкой на базе оценки скорости и мощности потребляемой электроэнергии»
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности:
05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении).

На отзыв представлена диссертационная работа на 206 страниц, в том числе 4 приложения на 20 страницах, в которой 31 рисунок, 11 таблиц, список литературных источников из 94 наименований и автореферат на 21 странице, включая 3 рисунка и список трудов автора, отражающих содержание работы.

Актуальность темы

Современная технология производства электроэнергии за счет использования энергии ветра, имеет ряд проблем, которые негативным образом влияют на повышение эффективности энергосбережения. Широко используемые методы управления ветроустановкой не обеспечивают стабильности частоты вращения ротора ветротурбины, что отрицательно влияет на продолжительность работы ветроэлектрических агрегатов, экономию производимой электроэнергии при собственном потреблении, а также на эффективность использования энергии ветра.

Существующий метод по подготовке информации для реализации управления показывает необходимость модификации такого метода и разработки более эффективного управления путем обеспечения своевременной подготовки системы к внешним возмущающим воздействиям за счет упреждения характеристик метеорологических и электроэнергетических условий, а также учета динамических свойств системы, что позволит уменьшить время переходного процесса регулирования угловой скорости ротора ветроколеса.

Значительный вклад на совершенствование управления ветроэлектрической установкой внесли работы Кацурина А.А., Серебрякова А.В., Крюкова А.В., Весенина А.Б., Еникеева Т.У., Медведева М.Ю., Веселова Г.Е., и зарубежных Тихевича О.О., Гайдайчук В.И., Легошина Д.В. и др.

Основополагающими в этом плане можно считать работы Васько В.П., Коханевича В.П., Козина В.С. и др. Вынесенная диссертационная работа на защиту является продолжением этих трудов, расширяя методы повышения эффективности управления ветроэнергетической установкой. Она направлена на разработку принципов, структуры и системы автоматизированного управления ветроэлектрической установкой на базе оценки скорости ветра и мощности потребляемой электроэнергии, которые обеспечивают повышение стабильности частоты вращения ротора ветроколеса, уменьшают динамические нагрузки на основные элементы конструкции в процессе эксплуатации, что

способствует улучшению показателей надежности составляющих частей современных ветроустановок. С теоретической позиции, это позволяет исследовать необходимые законы и параметры управления нестационарными режимами работы ветротурбин промышленных ветроэлектростанций, с практической – дает возможность обеспечить оперативное управление ветроустановкой в соответствии с изменением скорости ветра и величины потребляемой электроэнергии как внешних возмущающих воздействий. Таким образом, рассматриваемая диссертационная работа В.И. Буяльского несомненно актуальна и имеет научную и практическую значимость.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов

Автором диссертационной работы вынесены на защиту следующие четыре научных положения, сформулированные следующим образом:

1. Математическая зависимость угловой скорости ветроколеса от скорости ветра и угла положения лопасти.

2. Метод оценки параметра времени включения двигателя привода угла питча лопасти.

3. Метод оценки угловой скорости ветроколеса и угла положения лопасти.

4. Критерий по формированию согласованного доступа к двигателю привода питча со стороны, предложенного и основного методов принятия управляющих решений.

Первая глава диссертационной работы раскрывает современное состояние работы системы управления ветроэлектрической установкой в России и за рубежом, проанализированы негативные их стороны и характеристики применяемых методов принятия управляющих решений. Исследуются пути повышения эффективности автоматизированного управления ветроагрегатом с позиций получить повышение стабильности угловой скорости ротора ветроколеса с целью обеспечения продолжительности функционирования ветроэлектрических агрегатов, экономии производимой электроэнергии при собственном потреблении, эффективности использования энергии ветра и обосновываются основные пути решения. Выводы по данной главе сформулированы квалифицированно.

Во второй главе диссертантом применяется подход по разработке математической зависимости угловой скорости ветроколеса от скорости ветра и угла положения лопасти, который основывается на уравнении связи ширины лопасти и коэффициента подъемной силы с деформацией потока, характеризуемого коэффициентом торможения, и плане скоростей воздушного потока, набегающего на крыло. Большое внимание заслуживает тот факт, что автор разработал мероприятия по обеспечению учета параметра плотности воздушного потока в различные времена года. К выводам по главе замечаний нет. Они показывают личное участие автора диссертации в разработке предложенной математики. В целом глава соответствует содержанию первого защищаемого положения и можно признать, что в ней дано удовлетворительное обоснование его новизны.

Метод оценки времени включения двигателя привода питча в соответствии

с изменением скорости ветра и мощности потребляемой электроэнергии с учетом инерционности системы и постоянной времени переходного процесса предложен автором диссертации в третьей главе. Для этого использован общий вид дифференциального уравнения ветроустановки и разработанная во 2-й главе математическая зависимость угловой скорости ветроколеса от скорости ветра и угла положения лопасти, что характеризует логичность построения исследований. Предложенный метод позволил диссертанту сделать анализ влияния приведенного момента инерции на время запаздывания включения двигателя привода питча и выявить критические стороны данного явления. Несомненно, что эти результаты являются весьма важным условием построения оперативного управления ветроэлектрическим агрегатом. Таким образом, можно считать, что второе защищаемое положение в полной мере обосновано, представляет собой определенный вклад в решение проблемы повышения стабильности скорости вращения ротора ветроколеса.

Четвертая глава посвящена проведению эксперимента регулирования угловой скорости ветроколеса с запаздыванием, которое подробно проанализировано в главе 3 на основе результатов численных методов. Реализация эксперимента выполнена с помощью Simulink-модели, разработанной на основе предложенной модели системы автоматического регулирования, и показали, что запаздывание входного значения угла положения лопасти на 9 секунд и выше вызывает колебания угловой скорости ветроколеса и увеличивает время переходного процесса.

В пятой главе исследования автор предлагает подсистему оценки, изменения угловой скорости ветроколеса и угла положения лопасти. Для решения рассматриваемой задачи в диссертационной работе разработан метод автоматизированного управления процессом производства электроэнергии ветроэнергетической установкой путем формирования угловой скорости ротора ветроколеса и угла положения лопасти на основе упреждения изменений скорости ветра и величины потребляемой электроэнергии на малые промежутки времени. При этом организация интервала, в течение которого осуществляется осреднение измеренных значений, производится с помощью учета хронологии характера изменения внешней среды, чтобы минимизировать время контроля выходных управляемых параметров, который реализуется согласно критерию формирования доступа к двигателю привода питча со стороны предложенного и основного методов принятия управляющих решений, что дает возможность повысить стабильность частоты вращения ротора ветротурбины за счет уменьшения продолжительности переходного процесса в среднем в два раза. Полученные результаты свидетельствуют о том, что научные результаты, характеризующие третье и четвертое защищаемые положения, достоверны и полностью обоснованы.

Завершает диссертационную работу шестая глава, в которой обосновывается структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления ветроэнергетической установкой, непосредственно реализующей предложенную методику.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна диссертационной работы и ее практическая значимость не вызывает сомнений. Представленные материалы свидетельствуют:

– об усовершенствовании математической модели процесса производства электроэнергии ветроэнергетической установкой, отличающейся тем, что метеопараметр, определяющий характер зависимости угловой скорости ротора ветроколеса от скорости ветра и угла положения лопасти выбирается таким образом, который позволяет заблаговременно определить изменение частоты вращения ветротурбины, что способствует учету динамических свойств системы для повышения оперативности принятия управляющих решений при переменных характеристиках метеорологических условий, а наличие коэффициента в предложенной формуле, обеспечивает понижение кубической степени метеопараметра до единицы, что дает возможность получить линейную зависимость скорости вращения ротора в соответствии с изменением внешней среды;

– о впервые разработанном методе оценки времени включения двигателя привода угла pitch лопасти в соответствии с изменением скорости ветра и мощности потребляемой электроэнергии на последующем интервале времени с учетом инерционности системы и постоянной времени разворота лопастей, что позволяет обеспечить своевременную установку лопастей на необходимый угол положения для повышения стабильности частоты вращения ротора ветроколеса;

– об усовершенствовании метода автоматизированного управления процессом производства электроэнергии ветроэнергетической установкой путем формирования угловой скорости ротора ветроколеса и угла положения лопасти на основе упреждения изменений скорости ветра и величины потребляемой электроэнергии на малые промежутки времени.

– об организации интервала, в течение которого осуществляется осреднение измеренных значений, производится с помощью учета хронологии характера изменения внешней среды, чтобы минимизировать время контроля выходных управляемых параметров, который реализуется согласно критерию формирования доступа к двигателю привода pitch со стороны предложенного и основного методов принятия управляющих решений, что дает возможность повысить стабильность частоты вращения ротора ветротурбины за счет уменьшения продолжительности переходного процесса в среднем в два раза.

Полученные материалы в практическом отношении найдут широкое распространение и применение в процессе автоматизированного управления ветроэлектрическим агрегатом для обеспечения повышения стабильности скорости вращения ротора ветроколеса.

Оформления диссертационной работы и автореферата

Оформление диссертационной работы и автореферата выполнено на хорошем уровне. При чтении и анализе полученных результатов становится ясно, что ее лаконичность несколько не влияет на постановку проблемы, на качество характеристик используемых методов и методик, на свертывание результатов и их представление в графических моделях и, наконец, в анализе и формулировках соответствующих выводов по каждой главе и в целом по

диссертации. Это же самое относится и к оформлению автореферата, где в хорошей пропорции соблюдается текстовая часть и ее визуализация.

Замечания по диссертационной работе и автореферату

К сожалению, в диссертационной работе имеется ряд недостатков, которые сводятся к следующему:

1. Оформление диссертационной работы выполнено с нарушением ГОСТ7.32-2001 - отсутствует реферат, список сокращений и обозначений, имеются стилистические ошибки.

2. Фактическое значение скорости потока, а, следовательно, и его плотности существенно зависят не только от высоты над уровнем земли, но и от условий в самом потоке, т.е. наличие неровностей поверхности земли, различные естественные и искусственные строения влияют на это распределение. В этом случае табличное задание данных параметров в расчете угловой скорости ветроколеса может приводить к погрешности для формирования алгоритма управления. И было бы желательно провести такую оценку, что существенно повысило бы практическую значимость данной работы.

3. При вращении ветроколеса угол атаки каждой лопасти меняется по ее длине и это связано с неравномерностью распределения давления по «спинке» и «корыту» лопасти и возникновению момента закручивания лопасти. И чем длиннее эта лопасть, тем больше величина этого расхождения. Кроме того, физико-механические свойства материала лопастей имеет отклонения как по длине, так и между лопастями, что создает неравномерность величины подъемной силы между лопастями, особенно в нижней сфере энергоустановки из-за эффекта «тени» при ее обтекании ветром. В алгоритме управления углом поворота лопасти эти особенности физических процессов создания момента вращения ветрового колеса в явном виде не присутствуют, что не позволяет корректно оценить данный эффект.

4. Колебания угловой скорости ветроколеса приводят к повышению потерь и снижению ресурса работы всех элементов энергоустановки. Следовательно в процессе эксплуатации необходимо учитывать потери мощности и компенсировать путем изменения управления углом атаки лопастей ветроколеса. Данный анализ в работе не просматривается.

5. Использование ПИД-регулятора в построении системы автоматического регулирования угловой скорости ветроколеса не позволяет достаточно точно учитывать параметры ветроустановки.

6. В диссертации нет оценки улучшения показателей надежности составляющих частей ветротурбины при использовании предложенного метода управления.

Заключение

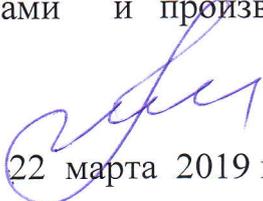
Диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно на высоком научном уровне. Замечания по диссертационной работе не снижают научную и практическую значимость полученных результатов. Диссертационная работа базируется на большом объеме эмпирических, аналитических и теоретических исследований.

Она написана доходчиво, грамотно и хорошо оформлена. Каждая глава и диссертация заканчивается достаточно лаконичными и содержательными выводами. Защищаемые положения, выводы и заключения в диссертационной работе достоверны и научно обоснованы.

По теме диссертации опубликовано 13 работ, включая 11 – в зарубежных и других изданиях; 2 – в научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Реферат соответствует основному содержанию диссертационной работы, а содержание диссертации ее названию.

Таким образом, следует признать, что диссертационная работа отвечает требованиям ВАК по пунктам 2, 4, 10 предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении, а соискатель Буяльский Владимир Иосифович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в машиностроении и приборостроении).

 А.Ф. Сальников

Дата подписи отзыва: 22 марта 2019 г.

Организация; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,

Адрес: 614600, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, Телефоны: (342) 2198–067, 2198–179, E-mail: rector@pstu.ru

Фамилия, имя, отчество автора отзыва: Сальников Алексей Федорович, доктор технических наук, профессор.

Должность: профессор кафедры Ракетно-космической техники и энергетических систем, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Виброакустического контроля и диагностики» ПНИПУ.

Телефон: 8 902 804 20 21

Адрес электронный почты: afsalnikov_1@mail.ru

Список основных публикаций:

1. Кашина И.А., Сальников А.Ф. Исследование влияния диссипативных свойств конструктивных элементов ракетных двигателей на твердом топливе.// Труды Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана № 607 «Теория и практика современного ракетного двигателестроения», М. из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013 г. С 146-151

2. Кашина И.А., Сальников А.Ф. Методы определения собственных частот элементов системы ракетного двигателя твердого топлива. // Электронный журнал «Труды МАИ» , выпуск 65, 2013 г
[/www.mai.ru/science/trudy/](http://www.mai.ru/science/trudy/)

<http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35841>

3. Кашина И.А., Сальников А.Ф. Сравнительный анализ методов определения собственных частот конструктивных элементов системы РДТТ.// Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2013. № 6. С. 26-30.

4. Пермяков К.В., Сальников А.Ф. Анализ динамических нагрузок выхлопного тракта по косвенным измерениям нагрузок на стенки.// Главный энергетик. 2013. №4, С. 32-34

5. Шелудяков А.М., Сальников А.Ф. Исследование режимов работы насоса на возбуждение колебаний стрелы РПК// Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. Т. 1. С. 251-253

6. Пермяков К.В., Сальников А.Ф., Деева С.С. Особенности работы и исполнения диффузора в составе тракта газоперекачивающего агрегата// Газовая промышленность. 2014. № 6 (707). С. 78-79.

7. Кашина И.А., Сальников А.Ф. Исследование влияния диссипативных свойств конструктивных элементов на внутрибаллистические характеристики ракетного двигателя твердого топлива. // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2014. № 2 (95). С. 94-99

8. Пермяков К.В., Сальников А.Ф. Исследование работоспособности выхлопного тракта газоперекачивающего агрегата. // Вестник машиностроения. 2014. № 6. С. 47-49.

9. Петрова Е.Н., Кашина И.А., Сальников А.Ф. Методика газодинамического моделирования влияния конструктивных элементов при разработке и проектировании новых двигателей.// В сборнике: ВОСЬМАЯ

всероссийская конференция «внутрикамерные процессы и горение в установках на твердом топливе и ствольных системах (ICOC'2014) Ижевск, 2014. С. 264-271.

10. Petrova E.N., Salnikov A.F. GAS-DYNAMIC MODELING OF GAS FLOW IN SEMI-CLOSED SPACE INCLUDING CHANNEL SURFACE FLUCTUATION.// AIP Conference Proceedings 18. Сер. "International Conference on the Methods of Aerophysical Research, ICMAR 2016: Proceedings of the 18th International Conference on the Methods of Aerophysical Research" 2016. С. 030071.

11. Петрова Е.Н., Кашина И.А., Сальников А.Ф. Алгоритм определения диссипации энергии при колебаниях топливного заряда ракетного двигателя. // В книге: 15-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» 2016. С. 553-554.

12. Петрова Е.Н., Сальников А.Ф. Динамическое взаимодействие продуктов сгорания с конструктивными элементами камеры сгорания РДТТ. // Химическая физика и мезоскопия. 2016. Т. 18. № 3. С. 343-348.

13. Сальников А.Ф. Диагностика технического состояния крупногабаритных деталей газотурбинных двигателей по модальным характеристикам/ Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2018. № 55. С. 61-69.

Подпись Сальникова А.Ф. заверяю:

Ученый секретарь ученого
Совета ПНИПУ
к.и.н. доцент



Макаревич В.И.