

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Казанцева Юрия Валентиновича** «Исследование и разработка алгоритмов группового регулирования активной и реактивной мощности ГЭС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

### **1. Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 172 наименований и пяти приложений. Работа изложена на 198 страницах машинописного текста, в котором основной текст без списка литературы составляет 152 страницы, содержит 82 рисунка и 12 таблиц.

### **2. Актуальность темы диссертации**

В настоящее время в России более 102 гидроэлектростанций (ГЭС) с установленной мощностью более 10МВт, где мог бы быть применен групповой регулятор активной и реактивной мощности (ГРАРМ). Гидроэлектростанции зачастую используются в единой энергосистеме как средство оперативного регулирования частоты, способное в короткий интервал времени ввести или вывести необходимое количество агрегатов, быстро изменять мощность в широком диапазоне для обеспечения высокого качества поставляемой электроэнергии. Для выполнения указанной задачи на ГЭС устанавливается система ГРАРМ, которая получает задание от системного оператора, распределяет его по агрегатам и контролирует их исполнение. От алгоритмов управления и группового и индивидуального регулирования, а также от точности исполнения их команд зависит как износ, так и эффективность основного оборудования ГЭС. В этой связи тема диссертационной работы актуальна и работы по ней востребованы в настоящее время.

### **3. Оценка содержания диссертации**

*Во введении обосновывается актуальность проведенных в диссертации исследований.*

*В первой главе* работы на основании обзора литературы и нормативных документов формулируются задачи.

*Во второй главе* приводится описание разработанной универсальной нелинейной модели гидроагрегата с учетом водовода и явления гидроудара, гидравлической турбины, САУ агрегата.

*В третьей главе* приводятся результаты разработки алгоритмов группового и индивидуального регулирования активной мощности гидроагрегатов по направлениям: синтез оптимального закона управления открытием направляющего аппарата гидроагрегата и совершенствование алгоритмов распределения активной мощности между гидроагрегатами.

*Четвертая глава* содержит результат усовершенствования управления реактивной мощностью гидроагрегатов ГЭС при групповом регулировании.

*В заключении* сформулированы основные результаты теоретического и практического плана по диссертационной работе, совокупность которых свидетельствует о достижении поставленной цели.

*Приложения* содержат исходные данные для моделирования, описание программ и акты об использовании результатов диссертационной работы.

#### **4. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы**

Материалы диссертации и автореферата соответствует следующим пунктам Паспорта научной специальности 05.14.02:

- п. 2 – «Разработка методов анализа режимных параметров основного оборудования электростанций»;
- п. 9. – «Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.
- п. 13. – Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

#### **5. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

#### **6. Методы исследования**

Применялись методы имитационного моделирования и теории автоматического управления, численной оптимизации.

## **7. Степень обоснованности и достоверности полученных научных положений**

Достоверность научных положений подтверждается использованием математического аппарата. Достоверность проведенных расчетов подтверждается проведенной верификацией, а также внедрением разработанных алгоритмов в системы ГРАРМ трех ГЭС, что подтверждается актами о внедрении.

Основные положения работы докладывались на пяти международных научно-технических конференциях и научных семинарах.

Степень достоверности и обоснованности высокая.

## **8. Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций**

1. Предложена динамическая имитационная модель гидроагрегата, описывающая как стационарные, так и нестационарные режимы его работы.

2. Разработан и обоснован численными экспериментами экспоненциальный алгоритм управления направляющим аппаратом гидроагрегата, уменьшающий эффект гидроудара.

3. Предложен алгоритм распределения активной мощности, уменьшающий расход воды через агрегаты и ГЭС.

4. Создан алгоритм равномерного распределения реактивной мощности, сокращающий потери активной мощности и учитывающий ограничения по статической устойчивости и полной мощности.

Новизна присутствует.

## **9. Ценность для науки и практики результатов исследования**

Ценность данной работы для науки состоит в создании динамической имитационной модели агрегата ГЭС в объеме достаточном для оптимизации алгоритмов управления, группового и индивидуального регулирования активной и реактивной мощности ГЭС.

Практическую ценность работы составляют частные алгоритмы систем регулирования и управления, уменьшающие эффект гидроудара, распределения активной и реактивной мощности, уменьшающие расход через агрегаты и ГЭС, а также сокращающие потери активной мощности ГЭС и учитывающие ограничения по статической устойчивости и полной мощности.

Научный уровень диссертации характеризуется как достаточно высокий.

## **10. Отличие выполненных исследований от других работ**

Диссертационная работа отличается от других работ, выполненных в исследуемой области, своеобразным подходом к решению поставленной задачи, в частности были получены и объединены имитационные модели

различных компонентов гидроагрегата (турбины, водовода) и его САУ, были рассмотрены и учтены нестационарные режимы работы агрегата и распределение реактивной мощности.

### **11. Личный вклад автора**

Представленные в диссертационном исследовании результаты получены как лично автором, так и при его непосредственном участии. В опубликованных в соавторстве работах по теме диссертации определяющая роль принадлежит автору данной работы.

### **12. Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати**

По теме диссертационной работы опубликовано 14 печатных работ, в том числе 3 научных статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных изданий ВАК РФ; 8 статей в сборниках международных и всероссийских конференций; 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science.

Материалы диссертации опубликованы с достаточной полнотой.

### **13. Соответствие полученных результатов поставленной цели и задачам**

Полученные результаты соответствуют поставленной цели. Сформулированные задачи решены.

### **14. Замечания**

- 1) Все полученные результаты опираются на слишком малый объем экспериментальных данных (следовало бы исследовать решения для разных воздействий, заданий, на разных напорах, для разных турбин), таким образом сложно говорить о возможности широкого применения всех результатов.
- 2) Раздельность и разнородность описания задач и выбор методов решения не позволяет сделать вывод о возможности применения всех решений в рамках единой системы.
- 3) Из представленной работы не ясна необходимость и глубина изменения в системе автоматизации в связи с предлагаемыми решениями.
- 4) Представленный алгоритм распределения активной мощности предполагает исполнение задания наиболее эффективными по расходу агрегатами, таким образом происходит их повышенный износ, оправданность такого решения нуждается более полном исследовании за длительное время по всем заданиям, по различным напорам с

контролем износа и т.д., а кроме того обладает рядом не озвученных недостатков:

- а. не подходит для многозонных агрегатов, не учитывает возможности и необходимости перехода через зоны ограниченной работы;
- б. допускает поочередный выход агрегатов на ограничение, соответственно, допускает снижение скорости регулирования частоты в энергосистеме;
- в. не имеет интуитивно-понятного представления для диспетчера оператора, например, по рисункам 4.19, 4.20 сложно мгновенно оценить равна ли сумма заданий по агрегатам суммарному заданию, все ли агрегаты исполнили задание, какой из агрегатов медленнее исполняет задание, а это необходимо для качественного ведения режима ГЭС оперативному персоналу.

#### **15. Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении ученых степеней»**

Диссертационная работа Казанцева Ю. В. отвечает требованиям соответствующих пунктов Положения о присуждении ученых степеней:

По п.9. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором обосновано новое научное решение актуальной задачи совершенствования алгоритмов группового регулирования активной и реактивной мощности на гидроэлектростанциях для снижения суммарного расхода воды станцией, активных потерь в обмотках.

По п.10. Диссертация написана автором самостоятельно в виде рукописи, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о достаточном вкладе автора в науку. В диссертации имеются сведения о практической полезности выполненных исследований, подтвержденные актами внедрения.

По п.11-13. Основные научные результаты достаточно полно отражены в шести публикациях, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

По п.14. Диссертация соответствует указанным критериям.

## 16. Заключение

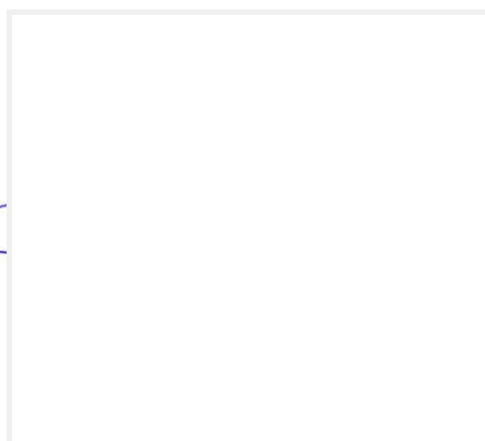
Приведенные замечания не снижают актуальности и значимости диссертационной работы, поставленная цель достигнута и подтверждена внедрением на двух ГЭС.

Представленная работа «Исследование и разработка алгоритмов группового регулирования активной и реактивной мощности ГЭС» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержит совокупность выносимых на защиту новых научных результатов и положений, является законченным научно-квалификационным трудом. По совокупности изложенного считаю, что Казанцев Юрий Валентинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент

**Захарченко Виталий Евгеньевич**

кандидат технических наук,  
Заместитель технического директора  
по программному обеспечению и  
научно-исследовательской и  
опытно-конструкторской работе,  
ООО Научно-внедренческая фирма  
«Сенсоры, Модули, Системы»  
443020, г. Самара, ул. Галактионовская, 7  
тел. +79270080219  
e-mail: [vitaliy.zakharchenko@sms-a.ru](mailto:vitaliy.zakharchenko@sms-a.ru)



03.12.21

Подпись Захар  
Начальник ОК



Савинова И.Ю.

*Оригинал получен 10.12.2021г. Уд.П. / Решинцев В.В. /  
С отзывом возвращен 10.12.2021г. / Казанцев Ю.В. /*