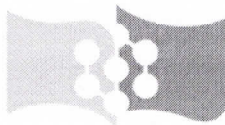


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

660041, РОССИЯ, Красноярск, проспект Свободный, 79
телефон (391)2-44-82-13, тел./факс (391)2-44-86-25
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

№ _____
на № _____ от _____

ВЕРЖДАЮ

Директора ФГАОУ ВО «Сибирский
университет»
наук, доцент
Максим Валерьевич Румянцев

«02» декабря 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» на диссертацию **Пановой Яны Валерьевны «Совершенствование системы управления составом агрегатов на ГЭС на основе теории возможностей»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы**

1. Актуальность темы диссертации

Развитие систем управления на гидроэлектростанциях предполагает разработку современных методов мониторинга и диагностики состояния оборудования. Помимо этого, должны прорабатываться способы повышения эффективности выработки электроэнергии на ГЭС, другими словами, повышения их КПД. Работа в указанных направлениях позволит обеспечить переход от планово-предупредительных ремонтов оборудования к ремонтам по состоянию и возможность рационального использования гидроресурсов, что, в конечном счете, снизит себестоимость выработки 1 кВт·ч электроэнергии на ГЭС.

Сложная иерархия и взаимосвязь отдельных частей системы управления не позволяет на сегодняшний день исключить человека из контура управления сложными техническими объектами. Это говорит о необходимости создания человеко-машинных систем, принципы реализации которых должны основываться на «диалоге» объекта управления и его оператора. Чем проще и понятнее будет это взаимодействие, тем быстрее и надежнее будет функционировать объект.

Всем перечисленным вопросам посвящена данная диссертация. Рассматриваются способы реализации поддержки принятия решений для управляюще-

го персонала ГЭС и принципы оптимизации работы гидроагрегатов. Тем самым, подтверждается актуальность выполненных исследований.

2. Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы:

- разработка методов анализа режимных параметров основного оборудования электростанций (пункт 2);
- разработка методов диагностики электрооборудования электроустановок (пункт 5);
- разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике (пункт 6);

3. Структура и объем диссертации

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Общий объем работы составляет 200 страниц. Диссертационная работа состоит введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 102 наименований и трех приложений.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы её цель и задачи, новизна основных научных положений, представлена практическая значимость полученных результатов.

В первой главе показаны типы управления гидроагрегатами на ГЭС, наибольший интерес среди которых, в контексте диссертационных исследований, представляет ситуационный вид управления нормальными режимами работы ГЭС.

Организация ситуационного управления невозможна без наличия сведений о текущем эксплуатационном состоянии оборудования, а также текущем уровне экономичности выработки электроэнергии. Тем самым, даются пояснения о необходимости учета данных показателей.

Вторая глава диссертации посвящена разработке метода расчета оценки эксплуатационного состояния гидроагрегата. Эту оценку предлагается получать в виде значения функции принадлежности обобщённого нечеткого интервала, составленного из отдельных нечетких интервалов параметров генератора, турбины и других элементов гидроагрегата, у которых произошло срабатывание предупредительной сигнализации, то есть наблюдается ухудшенное состояние.

Преимуществом данного метода является объективность, высокое быстродействие расчетов и возможность проводить измерения в темпе процесса.

В **третьей главе** рассмотрен метод расчета экономичности текущего режима работы гидроагрегата при использовании энергетических (рабочих) характеристик его турбины.

Так как рабочая характеристика связывает вырабатываемую мощность и КПД агрегата, принцип получения оценки экономичности может основываться на анализе этих зависимостей. Известно, что рабочие характеристики со временем могут видоизменяться, что ставит под сомнение их актуальное состояние. Для учета данного факта, в работе предлагается заменить показания рабочих характеристик нечеткими интервалами. В работе показан порядок получения таких интервалов.

Четвертая глава посвящена разработке новых принципов в реализации подсистем поддержки принятия решений и рационального управления составом агрегатов на гидроэлектростанциях. Приводятся подробные алгоритмы их функционирования, а также поясняющие их примеры. Показано, что оценки текущего эксплуатационного состояния и текущей экономичности режима работы гидроагрегатов могут быть положены в основу функционирования разрабатываемых подсистем и позволяют получать информацию о рациональном числе работающих агрегатов, их составе и уровне загрузки при выполнении графика выработки мощности.

В заключении приведены основные выводы по результатам исследований.

4. Основные научные результаты и уровень их новизны

Основными результатами, составляющими научную новизну диссертации, являются:

4.1. Разработанные правила перевода нечетких интервалов параметров гидроагрегатов из именованных единиц измерения в относительные.

4.2. Обоснованная целесообразность оценивания важности и значимости состава гидроагрегатов при учете их текущего эксплуатационного состояния.

4.3. Впервые введенное понятие «обобщенный нечеткий интервал», использование которого позволяет получать текущую картину эксплуатационного состояния агрегата на основе фактических показаний датчиков автоматического контроля режима его работы.

4.4. Разработанные алгоритмы управления составом агрегатов на ГЭС по двум критериям: на основе обобщенных нечетких интервалов их эксплуатационного состояния, реализации текущей оценки экономичности режима работы гидроагрегата с учетом изменчивости энергетической (рабочей) характеристики турбины, а также путем компромисса между этими критериями.

5. Практическая значимость и достоверность полученных результатов

5.1. Предложенные методы расчета оценок экономичности текущего режима работы и эксплуатационного состояния каждого из гидроагрегатов на станции позволяют определять диапазоны рекомендуемых мощностей для каждого гидроагрегата, при работе в которых будет достигнут наилучший КПД станции при распределении нагрузки между наиболее надёжными агрегатами.

5.2. Разработанная модель получения результирующей оценки текущего состояния гидроагрегата позволяет решать задачу выбора наилучшего состава работающих агрегатов в режиме реального времени и может быть положена в основу работы системы рационального управления составом агрегатов на ГЭС.

5.3. Модернизированная система управления нормальными режимами работы гидроэлектростанции на основе методов теории возможностей позволит усовершенствовать алгоритмы подсистемы РУСА в части визуализации текущего эксплуатационного состояния гидроагрегатов, а также улучшить технико-экономические показатели станции.

5.4. Практическое применение представленных в диссертации алгоритмов, положений и выводов подтверждается справками об использовании научных достижений и актами внедрения, полученными от Новосибирской, Саяно-Шушенской и Нурекской гидроэлектростанций.

5.5. Разработанные концепции, принципы и методы ситуационного управления излагаются в курсах «Гидроэнергетика» и «Выбор и принятие решений в электроэнергетике» в Новосибирском государственном техническом университете, что подтверждается актом внедрения положений диссертационной работы в учебный процесс указанного вуза.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается корректным использованием математического аппарата, соответствием результатов аналитического расчёта оптимизационных показателей текущего эксплуатационного состояния и экономичности режима работы гидроагрегата (на примере Новосибирской ГЭС) проведенным вычислительным экспериментам.

Используемые в расчетах методы теории нечетких множеств, теории воз-

возможностей, а также оптимизационные алгоритмы хорошо изучены и неоднократно доказали правомерность своего использования. Основные результаты и положения диссертации докладывались и обсуждались на различных всероссийских и международных конференциях с привлечением, в том числе, сотрудников службы эксплуатации действующих гидроэлектростанций.

6. Замечания и вопросы по работе

6.1. Учитывается ли факт старения оборудования при расчете его текущих эксплуатационных показателей?

6.2. На основании каких исследований в п. 3.4 сделан вывод о величине изменчивости энергетических характеристик турбин, равной 2-7%? Относительно какого показателя приводится данный диапазон?

6.3. В чем отличия функциональных возможностей подсистем ГРАМ и РУСА, речь о которых идет в п. 1.3, если последняя берет на себя распределение активной мощности между агрегатами на станции?

6.4. Что в работе понимается под «экономичностью режима работы гидроагрегата», если речь идет только о его КПД? Почему не выбран этот термин?

6.5. Каков ожидаемый эффект от оптимизации на ГЭС?

6.6. В тексте диссертации неоднократно некорректно использован термин «надежность гидроагрегата», поскольку он не является синонимом термина «эксплуатационное состояние гидроагрегата»

6.7. В диссертации присутствуют отдельные громоздкие примеры расчетов, что обычно не является уместным в научной работе.

7. Общее заключение о соответствии работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Диссертация Я.В. Пановой является законченной научно-исследовательской работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлено решение актуальной задачи по совершенствованию системы управления составом гидроагрегатов на ГЭС. Диссертация соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней в части, касающейся кандидатских диссертаций.

Основные выводы и положения диссертационной работы в полной мере отражены в 19 печатных публикациях автора, 4 из которых входят в списки изданий, рекомендованных ВАК. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Автор диссертации «Совершенствование системы управления составом агрегатов на ГЭС на основе теории возможностей»

Панова Яна Валерьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Заключение принято на научно-техническом семинаре кафедры «Электротехнические комплексы и системы» Сибирского федерального университета, протокол № 4 от 27.11.2019 г.

Заведующий кафедрой «Электротехнические комплексы и системы»
Политехнического института ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», д-р техн. наук, профессор

Василий Иванович Пантелеев

ФГАОУ ВО СФУ
Подпись В.И. Пантелеев заверяю
Начальник общего отдела И.И. Пиратова
« 02 » 12 2019 г.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
Политехнический институт
660074, Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26
тел.: 8 (391) 227-56-65, e-mail: vpanteleev@sfu-kras.ru

Копия получена 04.12.2019г. Сергеев А.А.
С оригиналом ознакомлена 04.12.2019г. Сергеев Л.В.