

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Реуцкого Ивана Сергеевича на тему «Разработка модели интеллектуальной автоматики регулирования напряжения и реактивной мощности на основе мультиагентных систем и машинного обучения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

### 2.4.3. Электроэнергетика

Противоаварийное управление режимами работ электроэнергетическими системами (ЭЭС) играет ключевую роль в обеспечении надёжности электроснабжения потребителей. Современное состояние российских и зарубежных ЭЭС претерпевают значительные изменения в структуре генерирующих мощностей, внедрению быстродействующих устройств управления электрическими режимами на базе силовой электроники, развитию сконцентрированных энергообъединений и изменениями в правилах функционирования электроэнергии и мощности. Новые условия функционирования ЭЭС предъявляются повышенные требования к адаптивности и быстродействию как централизованных, так и локальных комплексов противоаварийной автоматики. Одним из эффективных способов обеспечения требований к противоаварийному управлению современных ЭЭС являются алгоритмы машинного обучения. За счёт высокой способности к выявлению скрытых и неявных корреляций в обучающих данных, алгоритмы машинного обучения позволяют синтезировать решающие правила на основе простых математических структур, что обеспечивает их быстродействие и возможность выбора оптимальных управляющих воздействий в условиях высокого схемно-режимного многообразия. В этой связи, тема диссертационного исследования Реуцкого И. С., посвященного разработке модели интеллектуальной автоматики регулирования напряжения и реактивной мощности на основе мультиагентных систем и машинного обучения безусловно является актуальной и представляет научно-практический интерес.

В работе описан принцип реализации интеллектуальной автоматики регулирования напряжения и реактивной мощности на основе мультиагентных систем и машинного обучения. Разработанная автором интеллектуальная автоматика регулирования напряжения и реактивной мощности на основе мультиагентных систем и машинного обучения апробирована на численных экспериментах с применением математической модели Северобайкальского энергетического кольца на момент 2020 года.

Научная новизна диссертации заключается в:

1. Формировании подходов совершенствования системы противоаварийного управления Единой энергосистемы России в части обеспечения устойчивости по напряжению.

2. Новом гибридном принципе координации регулирования средств компенсации реактивной мощности с применением роевого алгоритма и градиентного бустинга деревьев решения.

3. Модификации мультиагентного принципа координированного регулирования установок устройств автоматического регулирования возбуждения синхронных генераторов и отключения нагрузки.

4. Разработке концепции внедрения автоматики регулирования напряжения и реактивной мощности в структуру противоаварийного управления Единой энергосистемы России.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке оригинальных моделей интеллектуальной координации локальных средств регулирования напряжения в ЭЭС с применением мультиагентных систем, роевого интеллекта и машинного обучения, позволяющие обеспечить устойчивость по напряжению в процессе протекания аварийного режима, своевременно выдавая управляющие воздействия, основанные на параметрах аварийного режима или максимально близкому к нему. Не вызывают сомнений перспективы практической реализации для управления режимами ЭЭС разработанного автором модели интеллектуальной автоматики регулирования напряжения и реактивной мощности на основе мультиагентных систем и машинного обучения. Достоверность и обоснованность положений и выводов диссертации обеспечиваются корректным использованием основных положений теории математического моделирования, устойчивости ЭЭС, корректностью поставленных задач, анализом и сопоставлением полученных результатов с данными, опубликованными другими отечественными и зарубежными авторами.

По материалам диссертационного исследования автором опубликовано 6 научных работ, включая 2 публикации в журналах из перечня ВАК РФ, 1 работ в изданиях, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science, 3 в иных изданиях.

По содержанию автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. Для оценки устойчивости ЭЭС по напряжению автором был использован  $L$ -индекс, позволяющий выполнить количественную оценку запаса устойчивости по напряжению без значительных вычислительных затрат. Рассматривались ли автором другие индексы устойчивости и проводилось ли сопоставление их вычислительных затрат?

2. Для передачи управляющих воздействий предполагается использование SCADA системы. В ЦСПА, разрабатываемой в НТЦ ЕЭС, для передачи таблиц управляющих воздействий на низовые устройства используются специально выделенные высокоскоростные каналы связи,

обеспечивающие требуемое быстродействие. Проводилось ли автором исследование быстродействия сигналов реализации управляющих воздействий SCADA системы? Позволяет ли быстродействие данной системы реализовать принцип противоаварийного управления «После»?

3. Для реализации интеллектуальной автоматики регулирования напряжения и реактивной мощности автором была использована модель *CatBoost*. Выполнялось ли автором сравнение данной модели с популярными моделями *XGBoost*, *AdaBoost*, *LightGBM*?

Следует отметить, что данные замечания не являются критическими и не снижают общей положительной оценки работы.

Считаем, что диссертация «Разработка моделей интеллектуальной автоматики регулирования напряжения и реактивной мощности на основе мультиагентных систем и машинного обучения» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение научной и практической задачи, имеющей существенное значение для развития электроэнергетической отрасли, выполненной автором самостоятельно на актуальную тему, в которой соблюдены требования пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Реуцкий Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 Электроэнергетика.

Заведующий кафедрой автоматизированных электрических систем,  
доктор технических наук, профессор Паздерин Андрей Владимирович

Ведущий инженер кафедры автоматизированных электрических систем,  
кандидат технических наук Сенюк Михаил Дмитриевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19  
Тел.: +7 (343) 3754875  
Эл. почта: a.v.pazderin@urfu.ru



Подписи Паздерина А.В. и Сенюка М.Д. заверяю

