

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Косьминой Евгении Владимировны «Интеллектуальное управление устройствами facts для повышения гибкости распределительных электрических сетей с высокой долей ветроэнергетических установок», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. – Электроэнергетика

Исследование посвящено важной проблеме современной электроэнергетики – обеспечению устойчивости и управляемости распределительных сетей в условиях массового внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности, ветрогенерации. Актуальность темы не вызывает сомнений, так как стохастический характер выработки ветроэнергетических установок (ВЭУ) создает серьезные вызовы для поддержания качества электроэнергии, стабильности напряжения и надежности снабжения. Необходимость разработки адаптивных методов управления, способных в реальном времени компенсировать колебания генерации и нагрузки, является насущной задачей для цифровизации и модернизации энергосистем. Работа находится в русле ключевых направлений развития «умных» сетей (Smart Grid) и соответствует приоритетам научно-технологического развития РФ в области энергоэффективности.

Автором получен ряд значимых научных результатов, которые в совокупности формируют новизну диссертации:

- Обоснована целесообразность применения устройств FACTS (гибких систем передачи переменного тока) именно на уровне первичных распределительных сетей с ВИЭ для локального регулирования, что отличается от традиционного подхода, ориентированного на магистральные сети.

- Разработан модифицированный алгоритм метода «прямого-обратного хода» (backward/forward), расширяющий его применимость на слабозамкнутые сети с распределенной генерацией и учитывающий нелинейности нагрузки и управляющие воздействия устройств FACTS.

- Предложена методика количественной комплексной оценки гибкости напряжения на основе системы взаимосвязанных показателей (индекс гибкости, среднее и максимальное отклонение), что позволяет объективно сравнивать эффективность различных стратегий управления.

- Разработан интеллектуальный подход к синтезу самообучающихся систем автоматического управления (САУ) для устройств FACTS на основе алгоритма обучения с подкреплением Proximal Policy Optimization (PPO), обеспечивающий адаптивное регулирование в условиях нестационарных процессов.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

- Разработанные алгоритмы и модели (модифицированный метод b/f, САУ на основе PPO) реализованы в виде программного обеспечения на Python, что подтверждает возможность их внедрения в инструментарий проектирования и управления энергосистем.

- Предложенные решения позволяют повысить гибкость, надежность и качество электроэнергии в распределительных сетях с ВЭУ, снизить потери и минимизировать риски ложных срабатываний защит.

- Результаты работы уже используются в учебном процессе (ИРНИТУ) и внедрены в производственный процесс компании «Смарт Грид», а также защищены свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

- Методики могут быть использованы энергетическими компаниями для обоснования применения устройств FACTS, анализа режимов сетей с ВИЭ и настройки систем управления.

В качестве замечаний, исходя из автореферата, необходимо отметить следующее:

1. В таблицах и результатах моделирования (табл. 2, 4, 5, 7) проводится сравнение с традиционными методами (РПН, КБ) и другими алгоритмами RL. Однако не представлено сравнение предложенного интеллектуального САУ с современными промышленными система-

ми управления FACTS (например, на основе модельно-прогнозирующего управления), что важно для оценки реальной конкурентоспособности разработки.

2. Исследование сфокусировано на ветрогенерации. Возникает вопрос об универсальности предложенных методов для сетей с иными типами стохастической генерации (солнечная, приливная) и их комбинациями. Необходимо кратко обозначить границы применимости и потенциал расширения.

3. В положении о синтезе САУ на основе РРО не в полной мере раскрыто, в чем заключается конкретное авторское усовершенствование данного известного алгоритма машинного обучения применительно к задаче управления FACTS. Требуется более четкая артикуляция авторского вклада в адаптацию РРО для электроэнергетических систем.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Работа имеет законченный вид и соответствует паспорту специальности 2.4.3. – Электроэнергетика. Диссертация «Интеллектуальное управление устройствами facts для повышения гибкости распределительных электрических сетей с высокой долей ветроэнергетических установок», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика, соответствует требованиям ВАК, а ее Косьмина Евгения Владимировна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. – Электроэнергетика.

Согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации исходя их нормативных документов Правительства, Минобрнауки и ВАК, в том числе на размещение их в сети Интернет, на сайте ВАК, в единой информационной системе.

Доктор технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленности) по техническим наукам», доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий», профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»

Клюев
Роман
Владимирович

U

Адрес: 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»
Телефон: +7 (8672) 407-371 e-mail: kluev-roman@rambler.ru

Подпись Клюева Р.В. заверяю
Учёный секретарь ФГБОУ ВО «СК

«20» января 2026 г.

