

Отзыв

на автореферат диссертации Пуховой Анастасии Игоревны на тему «Повышение эффективности работы ЛЭП на основе комплексной модели нагрузочной способности провода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 — Электротехнические комплексы и системы

Автореферат диссертационной работы Пуховой А.И. посвящён актуальной проблеме повышения пропускной способности линий электропередачи (ЛЭП) в условиях роста потребления электроэнергии и изменения климатических условий. Автор обосновывает необходимость разработки новых методов оценки допустимых токовых нагрузок, которые учитывают одновременно тепловые процессы, механическую прочность проводов и климатические факторы. Актуальность исследования подтверждается анализом трендов в энергосистемах Дальневосточного региона, где дефицит мощности к 2030 г. составит 3 ГВт.

К достоинствам работы можно отнести разработку комплексной математической модели нагрузочной способности проводов ЛЭП, учитывающей тепловые, механические и климатические факторы, такие как температура окружающей среды, скорость ветра, солнечная радиация. Математическая модель верифицирована экспериментально на испытательном стенде, расхождение между расчетными и измеренными данными не превышает 5 %. Научная новизна подтверждена публикациями в рецензируемых журналах и патентом на программу для ЭВМ. Автором разработан алгоритм расчета допустимых токовых нагрузок, реализованный в среде 1С:Предприятие и внедренный в филиале АО «Дальневосточная распределительная сетевая компания». Результаты работы опубликованы в 6 публикациях, входящих в перечень ВАК, и апробированы на международных конференциях и конкурсах инновационных проектов.

По содержанию работы имеются следующие замечания и вопросы.

1. При решении дифференциального уравнения теплового баланса автор делает акцент на моделировании переходного процесса нагрева провода при пропускании по нему тока заданной величины. Тепловая постоянная времени нагрева и охлаждения провода составляет, судя по экспериментальным данным, не более 5–10 минут, поэтому более важным для характеристики нагрузочной способности провода представляется определение его установившейся температуры. Эту температуру легко найти, приравняв в уравнении теплового баланса производную по температуре к нулю и решая полученное алгебраическое уравнение относительно искомой температуры. При таком подходе решение дифференциального уравнения не потребовалось бы, достаточно было ограничиться решением нелинейного алгебраического уравнения. Вероятно, автор, в первую очередь, ориентировалась на анализ аварийных режимов, действующих кратковременно, но для оценки длительных нагрузок более уместен анализ стационарного режима. Почему в работе отдано предпочтение численному решению дифференциального уравнения, а не аналитическому методу для стационарного режима? Как учёт переходных процессов влияет на точность расчётов допустимой нагрузки?

2. Выбранная среда моделирования (MathCad) не в полной мере адекватна решаемой задаче в силу функциональных ограничений. Так, автору пришлось в работе создавать «обходные» циклы для перебора значений тока. MathCad как среда моделирования плохо масштабируется для работы с большими массивами данных, например, в случае расчёта множества линий. Кроме этого, MathCad является проприетарным программным обеспечением. Ввиду указанных ограничений и специфики задачи более подходящим представляется использование других средств моделирования, например, языка программирования Python. Какие преимущества MathCad были ключевыми при выборе среды моделирования? Не планируется ли в дальнейшем адаптация алгоритма под более гибкие и

открытые инструменты (Python, MATLAB и др.) для повышения масштабируемости и интеграции с системами диспетчерского управления?

3. Провода ЛЭП применяются не только в условиях наличия солнечной радиации, но и в условиях дождя, обледенения и коронного разряда на ЛЭП высокого напряжения. Так, обледенение может значительно повысить механическую нагрузку на провода и привести к их обрыву. Учёт влияния дождя сложно формализовать из-за переменной интенсивности осадков и существенного влияния на коэффициент теплопередачи. Однако, эти факторы могли бы увеличить допустимые нагрузки, например, в условиях влажного климата Дальнего Востока. Какие методологические ограничения помешали включить обледенение и дождь в модель? Не рассматривался ли подход для расширения модели с учётом переменной интенсивности осадков и их влияния на коэффициент теплоотдачи?

4. В работе не упоминается развиваемый за рубежом метод динамического расчёта пропускной способности линии с использованием данных, поступающих в режиме реального времени (Dynamic Line Rating). Какие причины объясняют отсутствие сравнения разработанной модели с методами DLR? Не планируется ли в дальнейших исследованиях интеграция модели с системами мониторинга параметров ЛЭП в реальном времени?

Приведённые замечания не умаляют научной ценности и практической значимости работы, не снижают её положительной оценки.

Диссертация представляет собой законченную научную работу, обладающую новизной и практической значимостью. Работа соответствует Положению о присуждении учёных степеней и паспорту специальности, а автор Пухова Анастасия Игоревна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 — Электротехнические комплексы и системы.

Заведующий кафедрой электромеханики
ФГБОУ ВО «Марийский
государственный университет»,
кандидат технических наук, доцент
a.i.orlov@yandex.ru,
+7 (8362) 68-79-69,
+7-917-704-49-13

Орлов Александр Игоревич

30.05.2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Марийский государственный университет»
424000, Республика Марий Эл г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1.
Телефон (приемная): (8362)68-80-02, электронная почта: rector@marsu.ru, Интернет-сайт:
www.marsu.ru



Собственноручную подпись	
<i>Пухова А.И.</i>	
УДОСТОВЕРЯЮ: вед. докум. отд. кадров	
« 30 » 05	2025 г. П.Н. Ярина

Я, Орлов Александр Игоревич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку.

Орлов А.И.

30.05.2025