

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Середкина Дмитрия Александровича на тему «Моделирование электромагнитных полей ЛЭП на основе расчета режимов электроэнергетической системы в фазных координатах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика

В настоящее время вопросам безопасности персонала и населения от воздействия опасных и вредных факторов уделяется особое значение. Широко применяемые в электроэнергетике высоковольтные воздушные линии электропередачи (ЛЭП) являются источниками электромагнитного поля (ЭМП) с повышенными уровнями напряженности. Они могут оказывать негативное воздействие на персонал и сторонних лиц, находящихся вблизи воздушных ЛЭП, функционирование электрических и электронных устройств, а также быть причиной возгорания легковоспламеняющихся веществ. Высшие гармонические составляющие, источниками которых являются нелинейные электроприемники потребителей, содействуют повышению напряженности ЭМП. Безопасность персонала и сторонних лиц, как правило, достигается посредством реализации мероприятий, направленных на их защиту от опасных воздействий, а также минимизацией этих воздействий до допустимого уровня. В этих условиях разработка методов и цифровых моделей для адекватного определения ЭМП в местах пересечения воздушных ЛЭП при наличии высших гармонических составляющих является ключом к решению поставленных задач. Это позволяет сделать вывод, что выбранная тема диссертационной работы актуальна.

Диссертационная работа Середкина Д.А. посвящена разработке методов моделирования ЭМП ЛЭП на основе расчета режимов электроэнергетической системы (ЭЭС) в фазных координатах. Объектом исследования являются высоковольтные ЛЭП различных классов напряжения и конструктивного исполнения ЭЭС и тяговых сетей переменного тока. Предметом исследования являются методы и средства моделирования ЭМП в местах пересечения высоковольтных ЛЭП, а также способы обеспечения электромагнитной безопасности при наличии высших гармонических составляющих.

Научной новизной обладают следующие полученные результаты:

1. Разработан метод определения ЭМП в местах пересечений ЛЭП различных классов напряжения и конструктивного исполнения, а также тяговых сетей и ЛЭП, позволяющий производить моделирование на основе расчета режима сложных ЭЭС в фазных координатах с учетом нагрузок, изменяющихся во времени и перемещающихся в пространстве.

2. Разработан метод моделирования ЭМП с учетом высших гармоник, базирующийся на определении несинусоидальных режимов ЭЭС и систем электроснабжения железных дорог, позволяющих корректно учитывать

источники высших гармоник, параметры которых изменяются во времени, а точки приложения перемещаются в пространстве.

3. Реализованы цифровые модели, позволяющие определять условия электромагнитной безопасности на трассах ЛЭП с учетом экранирования и стрел провеса проводов, отличающиеся использованием решетчатых схем замещения, в которых каждая пара узлов соединяется ветвью.

4. Разработаны цифровые модели, обеспечивающие расчеты ЭМП тяговых сетей переменного тока, отличающиеся возможностью расчетов при реализации современных технологий организации движения поездов.

Теоретическая и практическая значимость результатов заключается в:

1. Разработке положений, обеспечивающих реализацию методов и алгоритмов адекватного определения ЭМП ЛЭП на частотах высших гармоник, а также в местах пересечений высоковольтных ЛЭП.

2. В возможности применения при разработке организационных и технических мероприятий, направленных на улучшение условий электромагнитной безопасности при проектировании, реконструкции и эксплуатации ЛЭП, а также тяговых сетей переменного тока.

3. В возможности реализации обоснованного подхода к выбору конструкции и трассы ЛЭП, а также организации мест пересечений ЛЭП на основе разработанных методов и моделей.

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечена их совпадением в сопоставимых случаях с результатами моделирования ЭМП, полученными в программе ELCUT, разработанной в ООО «Тор». Сравнение полученных результатов с измерениями на реальных объектах показало, что наибольшее расхождение значений напряженностей ЭМП, измеренных и рассчитанных по предлагаемой автором методике, составило менее 4 %.

По результатам диссертационных исследований опубликована 41 печатная работа, в том числе 9 статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, из которых 6 статей в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus, а также 1 монография и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертационная работа Середкина Д.А. соответствует п. 3 и п. 4 паспорта научной специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

По содержанию автореферата имеются вопросы и замечания:

1. Известно, что в эксплуатации применяется несколько схем плавок гололеда на проводах и тросах воздушных ЛЭП. Из автореферата неясно, какие схемы плавки гололеда рассматривались в процессе моделирования и насколько будут отличаться результаты расчетов ЭМП для разных схем плавки.

2. В автореферате отмечается, что предложенный подход позволяет решать задачи моделирования ЭМП с учетом высших гармоник в местах ортогонального пересечения ЛЭП. Однако не во всех случаях воздушные ЛЭП пересекают друг

друга под углом 90° . Следует пояснить, как будут отличаться результаты расчетов ЭМП при уменьшении угла до $80-70-60^\circ$?

3. На воздушных ЛЭП напряжением 330-500 кВ применяются высоковольтные коммутационные аппараты с пофазным управлением. Необходимо пояснить, почему не рассматривался режим успешного двухфазного АПВ при неуспешном АПВ на одной поврежденной фазе.

4. В автореферате упоминается горизонтальное и вертикальное расположение проводов на опорах воздушных ЛЭП, однако неясно, какая схема подвески проводов предпочтительна – «бочкой» или «обратной ёлкой»?

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку представленной Середкиным Д.А. диссертационной работы.

Диссертационная работа Середкина Дмитрия Александровича на тему «Моделирование электромагнитных полей ЛЭП на основе расчета режимов электроэнергетической системы в фазных координатах» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно на актуальную тему, содержащей решение научных и практических задач, имеющих существенное значение для развития электроэнергетики России, которая соответствует научной специальности 2.4.3 – Электроэнергетика и п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ», а ее автор – Середкин Дмитрий Александрович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

Доктор технических наук, главный научный сотрудник,
руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем
и распределенной энергетики ИНЭИ РАН

Илюшин Павел Владимирович

16 октября 2023 г.

Тел. (моб): +7(915) 092-98-33

E-mail: ilyushin.pv@mail.ru



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт энергетических исследований Российской академии наук» (ИНЭИ РАН)

Адрес: 117186, Россия, г. Москва, ул. Нагорная, д. 31, корп. 2

Телефоны: +7 (499) 127-46-64, +7 (499) 123-98-78, Факс: +7 (499) 123-44-85

E-mail: info@eriras.ru, Web-сайт: <https://www.eriras.ru/>