

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Германа Леонида Абрамовича на диссертацию Трофимович Полины Николаевны «Повышение эффективности системы тягового электроснабжения переменного тока напряжением 25 кВ на основе встречного интервального регулирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Представленная к защите диссертационная работа посвящена решению актуальной для Российских железных дорог задачи повышения эффективности системы тягового электроснабжения на основе встречного интервального регулирования.

Ключевыми задачами, решаемыми в диссертационной работе, являются:

- анализ эффективности управления потреблением электрической энергии в системе тягового электроснабжения в целях выполнения перспективных требований, которые определены стратегическими программами развития железных дорог России;
- разработка алгоритмов встречного интервального регулирования напряжения в тяговой сети, гарантирующих снижение потерь электрической энергии при условии выполнения графика движения поездов;
- оценка технико-экономической эффективности разработанных мероприятий, направленных на повышение показателей работы системы тягового электроснабжения переменного тока.

Актуальность избранной темы

Актуальность работы заключается в решении отдельных задач, сформулированных в стратегических программах развития железных дорог России. Повышение эффективности деятельности железнодорожного транспорта предусматривает повышение весовых норм и скорости движения поездов на железной дороге при перевозке грузов и пассажиров и снижение потерь электрической энергии, предусмотренные на ближайший период, обострят проблему выполнения нормативных требований по напряжению к системе тягового электроснабжения. Такая сложная технико-экономическая задача может быть решена путем внедрения новых подходов в анализе и научно обоснованных технологий управления показателей работы системы тягового электроснабжения.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректным применением теоретических основ электротехники, теории электроснабжения железных дорог, математической статистики, аргументированных подходов и соответствующих методов решения определенных задач в целях получения конкретных результатов.

Достоверность полученных результатов

Достоверность основных научных положений и выводов подтверждается использованием теоретически обоснованных методов анализа показателей работы системы тягового электроснабжения, применяемых в научных исследованиях, проектирований и эксплуатации. Статистические данные технико-экономических показателей работы подстанций системы тягового электроснабжения получены на сертифицированных устройствах измерения и учета электрической энергии. Выводы и результаты, полученные при выполнении работы, апробированы на конференциях.

Новизна научных результатов, полученных соискателем

Научная новизна полученных результатов обоснована моделями, алгоритмами и устройствами. Разработана новая методика определения прогнозных интервалов времени в целях снижения дисперсии исходных данных в организации встречного интервального управления интегральных показателей работы и выполнения графика движения поездов системой тягового электроснабжения, и одновременного снижения потерь электрической энергии. Алгоритмы выбора схем питания тяговых нагрузок представлены блок-схемами.

В работе уточнена модель расчета потерь электрической энергии в тяговых трансформаторах, которая обеспечивает повышение точности оценки эффективности их работы и снижение потерь электрической энергии выбором одного или двух трансформаторов в работе на интервалы времени. Точность расчета по предложенной методике расчета потерь мощности повышена при учёте несимметрии: напряжений до 30 %; токов – до 50 % и температуры обмоток – до 27 %.

Для межподстанционных зон с большой разностью напряжения на шинах смежных подстанций разработан пост секционирования тяговой сети, выполненный по схеме четырёхугольника, который обеспечивает питание тяговых нагрузок по узловой или петлевой схемах питания.

В диссертационной работе предложен новый способ защиты тягового трансформатора от внутренних повреждений, позволяющий повысить работоспособность системы тягового электроснабжения.

Результаты работы защищены тремя патентами на изобретения: № 2694889 «Тяговая подстанция переменного тока», № 2706634 «Устройство тяговой сети переменного тока», № 2710023 «Способ защиты силового трансформатора тяговых подстанций переменного тока от внутренних повреждений».

Практическая значимость диссертационной работы

В системе тягового электроснабжения ДВОСТЖд определены 70 % межподстанционных зон, для которых переход на петлевую схему питания с применением разработанного поста секционирования приводит к снижению годового энергопотребления на зоне до 1857 МВт·ч посредством снижения дополнительных потерь электроэнергии, вызванных протеканием уравнительных токов.

Разработанная методика определения прогнозных интервалов времени позволяет выбирать схему питания тяговых нагрузок, соответствующую требованиям выполнения графика движения поездов, минимальных потерь электрической энергии и рационального использования нормативного ресурса коммутационных аппаратов.

Результаты научных исследований и разработок приняты к внедрению, что подтверждено актами в производство (Уссурийская дистанция электроснабжения Дальневосточной дирекции инфраструктуры – структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала открытого акционерного общества «Российские железные дороги») и в учебный процесс кафедры «Системы электроснабжения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения».

Апробация работы и публикации с результатами, полученными в диссертации

Диссертация имеет достаточную степень апробации. Основные научные результаты и выводы работы заслушаны и одобрены на заседаниях кафедры «Системы электроснабжения» ДВГУПС и на ряде международных, всероссийских и региональных конференций.

Основные выводы и предложения по рассматриваемым в диссертации вопросам нашли отражение в 11 печатных работах, из которых: 1 опубликована в журнале, входящем в международную систему цитирования Scopus; 4 статьи опубликованы в журналах, определенных перечнем ВАК РФ; 3 патента на изобретения и 3 прочих публикаций, что соответствует критериям, обозначенным в Положении о присуждении учёных степеней.

Объем и содержание диссертационной работы

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка и двух приложений. Диссертация содержит 110 страниц текста, включая 30 рисунков и 17 таблиц.

Анализ выполненной диссертационной работы

Во введении обоснована актуальность, приведены цель и задачи, научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы, выдвинута гипотеза и сформулированы задачи для её доказательства и положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены и приведены результаты анализа не только показателей работы СТЭ, но и современных технологий при применении устройств регулирования напряжения в целях выполнения графика движения поездов при условии минимальных потерь электроэнергии и рационального использования ресурса коммутационных аппаратов.

Кроме этого, определена взаимосвязь перспективных требований и механизмов повышения эффективности работы системы тягового электроснабжения. Выполнение требований, определяемых повышением эффективности перевозочного процесса, предложено обеспечить применением комплекса мероприятий в СТЭ. Механизмы повышения эффективности работы СТЭ предусматривают реализацию следующих мероприятий: переход от реактивного к встречному интервальному управлению показателей работы тягового электроснабжения, применение новых схем питания тяговых нагрузок и т.д.

В второй главе изложены результаты проведенного анализа влияния устройств и методов регулирования напряжения, представлена разработанная методика выбора интервалов времени для схем питания тяговых нагрузок. Предложены блок-схемами алгоритмы выбора ступеней: устройств регулирования напряжения силовых трансформаторов, устройств поперечной и продольной компенсации.

Регулирование показателей работы СТЭ предложено выполнять на основе определенной динамики нагрузок. Прогнозные интервалы времени схем питания тяговых нагрузок позволяют осуществить переход от реактивного управления к встречному интервальному.

В третьей главе представлено снижение потерь электроэнергии посредством выбора схем питания тяговой сети, числа тяговых трансформаторов в работе и применение нового поста секционирования, выполненного по схеме четырёхугольника для межподстанционных зон с большой разностью напряжений на шинах смежных тяговых подстанций, питающих одну межподстанционную зону.

При выборе числа в работе тяговых трансформаторов предложено учитывать действительные потери в стали, которые определяются при несимметричном напряжении обмоток высшего напряжения потерями от напряжения прямой и обратной последовательности. Потери в меди определяются с учетом несимметрии токов, действительных коэффициентов трансформации и температуры обмоток.

Повышение работоспособности системы тягового электроснабжения в диссертации выполнено предложением нового способа защиты тягового трансформатора от внутренних повреждений.

В четвертой главе изложены результаты выполненного анализа показателей работы СТЭ на ДВОСТжд. По результатам анализа установлено, что на ДВОСТжд имеются межподстанционные зоны, которые при применении узловых схем питания приводят к существенным потерям электрической энергии, перегрузке тяговой сети и силовых трансформаторов. Более того, возрастание уравнительных токов ограничивает возможность повышения напряжения в тяговой сети при выборе ступени РПН.

Определена 21 зона на ДВОСТжд с существенными потерями электрической энергии от уравнительных токов. Узловые схемы питания отдельных зон приводят к экономическому ущербу до 4847 тыс. руб. за год.

Для межподстанционных зон со значительными дополнительными потерями электрической энергии от разности напряжения предложен переход к петлевой схеме питания, который осуществляется применением новой схемы поста секционирования, выполненного по схеме четырехугольника.

В **заключении** сформулированы полученные результаты и выводы по диссертационной работе.

В **приложениях** представлены копии актов внедрения результатов исследования в производство и учебный процесс.

Сформулированная гипотеза доказана, и поставленная автором цель достигнута. Диссертация выполнена на высоком научно-исследовательском уровне, написана технически грамотным языком, имеет логичную и связную структуру. Изложенные материалы сопровождаются достаточным количеством иллюстраций. Обзор литературы, проведенный в диссертационной работе, достаточно подробный и качественный. Диссертация автора является завершенной научно-квалификационной работой.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы и включает краткое описание основных материалов диссертации, результаты исследования и выводы по работе.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011

Диссертация и автореферат полностью соответствуют ГОСТ Р 7.0.11-2011, имеют регламентированную структуру и правильно оформленный список литературы.

Замечания по диссертации

1. В диссертации в расчетах УПК применяются формулы с 1/3 от суммарного сопротивления трансформатора и системы внешнего электроснабжения (например, формула 16 в автореферате). Это неправильно, так как коэффициент 1/3 следует убрать. По ГОСТ Р 52735-2007 приведенное сопротивление трансформатора определяется по напряжению КЗ и не зависит от схемы соединения трансформатора. Например, для трансформатора 40 МВА сопротивление фазы около 2 Ом (приведено к напряжению 27,5 кВ). В диссертации правильно ориентируются на сопротивление УПК 2,5 Ом (например, у формулы (13) в автореферате). Как видно, здесь не надо коэффициент 1/3. Поэтому все расчеты УПК в диссертации - сомнительны.

2. Автор, ссылаясь на формулы (12) и (13) (в автореферате) утверждает, что разность напряжений по плечам питания с одинаковыми нагрузками и с УПК в отсосе – 3,5 кВ. Это неправильно, так как эта разность около нуля, что известно по соответствующим учебникам. Ещё раз подтверждается сомнительность всех расчетов по УПК

3. В работе не доказана технико-экономическая эффективность включения УПК в питающих и обратного тока фидерах, на тяговых подстанциях напряжением 25 кВ вместо общепринятой схемы включения УПК в отсасывающий фидер.

4. Содержание диссертации не раскрывает роль современной технологии автоматизации электроснабжения в тяговой сети железных дорог при встречном интервальном управлении показателей работы.

5. Применение поста секционирования, выполненного по схеме четырехугольника, и петлевой схемы питания тяговой сети не рассматривает схему включения КУ на посту секционирования, хотя современная политика в тяговом электроснабжении – повышение пропускной способности за счет включения КУ на посту секционирования. Поэтому не понятно назначение блок-схемы по рис.5 (в автореферате) с блоком КУ.

По содержанию диссертационной работы не ясно следующее:

6. Как учитывать в интервалах времени неплановые окна, предоставляемые для технического обслуживания и ремонта устройств железной дороги?

7. Порядок выбора ступеней устройств регулирования и положений коммутационных аппаратов в диссертационной работе определен блок-схемами алгоритмов выбора устройств поперечной и продольной компенсации, а также ступеней РПН. В работе не представлено доказательство предлагаемой последовательности выбора устройств регулирования?

8. В работе не рассмотрены критерии применения новой схемы поста секционирования.

9. Каким образом связан ресурс коммутационных аппаратов и оборудования с применением встречного интервального регулирования?

10. Непонятно, как учитываются прогнозные графики нагрузок систем тягового и внешнего электроснабжения при выборе положения коммутационных аппаратов и устройств регулирования напряжения в системе тягового электроснабжения?

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней» по пунктам 10, 11 и 14

Диссертация Трофимович П.Н. соответствует пункту 10 Положения, так как работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация имеет прикладной характер, полученные в ней результаты и технические решения аргументированы при сравнении с другими известными работами и могут быть использованы в целях повышения эффективности работы системы тягового электроснабжения переменного тока 25 кВ.

Диссертация соответствует пунктам 11 и 14 Положения, так как её основные результаты опубликованы в 8 статьях в научных журналах, 4 из которых входят в перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ и 1 – в международную базу цитирования Scopus. Результаты научных работ, полученные Трофимович П.Н. лично или в соавторстве, отражены в тексте диссертации, на материалы других авторов, присутствующие в диссертации, имеются ссылки на источник заимствования, что соответствует необходимым критериям Положения.

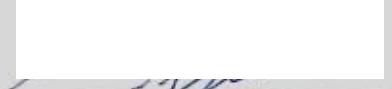
Заключение о соответствии диссертации пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней»

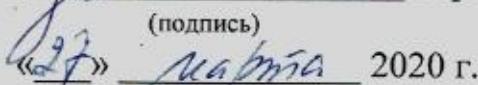
Представленная П.Н. Трофимович диссертация «Повышение эффективности системы тягового электроснабжения переменного тока напряжением 25 кВ на основе встречного интервального регулирования», является логически завершенной самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой из-

ложены новые научно-обоснованные технические решения, обеспечивающие развитие железнодорожного транспорта России, что соответствует требованиям Положения.

Диссертационная работа по степени научной новизны, объёму выполненных исследований и их практической ценности соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор П.Н. Трофимович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Техника и технологии железнодорожного транспорта» Нижегородского филиала ФГБОУ ВО «Самарского государственного университета путей сообщения»

 Герман Леонид Абрамович


«27» марта 2020 г.
(подпись)

Нижегородский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарского государственного университета путей сообщения».

Почтовый адрес: 603011, г. Нижний Новгород, Комсомольская пл., д. 3.
Телефон: 8 (831) 248-60-58, 262-11-09.
Электронная почта: info@nnov-miit.ru.
Сайт: <http://nnov-miit.ru>.

Подпись профессора Германа Л.А. заверяю:


Герман Леонид Абрамович
603011, г. Нижний Новгород, ул. Октябрьской революции, д.51, к. 120.
Тел. 8 (831) 248-60-30, e-mail: lagerman@mail.ru