

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

На правах рукописи



АННОТАЦИЯ

к работе аспиранта Шандрыгина Дениса Александровича

**«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НЕЛИНЕЙНЫМИ
РЕЗКОПЕРЕМЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ»**

Актуальность проблемы. Одной из основных причин ухудшения качества электрической энергии в сетях высокого напряжения являются мощные нелинейные резкопеременные нагрузки промышленных потребителей. К их числу относятся дуговые сталеплавильные печи, прокатные станы металлургических предприятий, системы тягового электроснабжения (СТЭ). В энергосистемах некоторых регионов системы тягового электроснабжения являются одной из основных причин ухудшения качества электрической энергии.

Электроподвижной состав (ЭПС) переменного тока является мощной нелинейной нагрузкой, изменяющейся во времени. Гармонический состав токов зависит от типа преобразователей локомотивов и режима их работы. Тиристорные преобразователи электровозов вызывают значительные искажения потребляемого тока, сопровождающиеся образованием высших гармонических составляющих напряжения на токоприемнике электровоза.

Другая особенность электроэнергетических систем с тяговыми нагрузками состоит в том, что внешняя и контактная сети являются связанными системами с распределенными параметрами, процессы в которых сопровождаются резонансными явлениями, вызывающими значительные искажения напряжения. Взаимное влияние системы внешнего электроснабжения (СВЭ) и тяговой сети приводит к тому, что фактические значения показателей качества электрической энергии нередко превышают требования стандартов не только в тяговой сети, но и в СВЭ. Резонансные явления в тяговых сетях оказывают мешающее влияние на устройства телекоммуникаций, чувствительное электронное оборудование. Особенно значительное влияние СТЭ оказывают на системы электроснабжения с малой мощностью короткого замыкания.

Гармонические искажения токов и напряжений, создаваемые преобразователями ЭПС, снижают энергоэффективность СТЭ, вызывают ускоренное старение изоляции, сокращение срока службы электрооборудования и преждевременный выход его из строя. В то же время искажения напряжения снижают эффективность работы преобразователей ЭПС, могут вызывать их неустойчивую работу. Особенно серьезной эта проблема становится для систем электроснабжения высокоскоростных поездов.

Компенсация реактивной мощности и нормализация качества электроэнергии в электроэнергетических системах с тяговыми нагрузками является одним из основных направлений по снижению потерь. Задача обеспечения КЭ становится еще более актуальной в условиях роста интенсивности и скоростей движения поездов, ужесточающихся требований со стороны энергоснабжающих организаций

Цель работы – совершенствование методов проектирования фильтрокомпенсирующих устройств для электроэнергетических систем с нелинейными резкопеременными нагрузками, обеспечивающих электромагнитную совместимость нагрузок с системой электроснабжения.

Объект исследования. Электроэнергетические системы с нелинейными резкопеременными нагрузками.

Предмет исследования. Качество электроэнергии в системах электроснабжения с нелинейными резкопеременными нагрузками, методы и средства его улучшения.

Методы исследования: основные положения теоретической электротехники, методы оптимального синтеза линейных цепей, методы многокритериальной оптимизации. Теоретические решения сочетались с имитационным моделированием. Для проверки результатов использовалось апробированное программное обеспечение (пакеты Matlab, PSpice).

Научная новизна состоит в том, что в диссертации впервые получены следующие положения, которые выносятся на защиту:

1. Исследовано влияние мощности короткого замыкания внешней сети на частотные характеристики системы электроснабжения, питающей мощные тяговые нагрузки. Показано, что при уменьшении мощности внешней сети резонансные максимумы частотной характеристики смещаются в область низкочастотных гармоник.

2. Предложен метод оптимального проектирования широкополосных демпфирующих фильтров, обеспечивающих минимизацию суммарного коэффициента гармоник напряжения в заданных узлах сети и коррекцию частотной характеристики системы электроснабжения.

3. Предложены новые варианты энергоэффективных устройств поперечной емкостной компенсации, осуществляющих плавное или ступенчатое регулирование реактивной мощности и обеспечивающих электромагнитную совместимость систем тягового и внешнего электроснабжения.

Практическая ценность работы. Использование разработанных ФКУ в системах с тяговой нагрузкой позволит повысить энергоэффективность систем электроснабжения за счет снижения потерь электроэнергии, увеличения срока службы электрооборудования, снижения мешающего влияния электроподвижного состава на системы телекоммуникаций, улучшения качества электроэнергии в сетях нетяговых потребителей, получающих питание от тяговых подстанций. Создание и установку предлагаемых ФКУ можно рассматривать как первый шаг в создании активно-адаптивных систем тягового электроснабжения.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационных исследований использованы Красноярской дирекцией по энергообеспечению – подразделением Трансэнерго филиала ОАО «РЖД» при разработке мероприятий по повышению энергоэффективности и нормализации качества электрической энергии.

Материалы диссертационной работы использованы в учебном процессе кафедры «Системы автоматики, автоматизированного управления и проектирования» Сибирского федерального университета при подготовке курсов лекций по дисциплинам «Электротехника и электроника» для бакалавров направления «Управление в технических системах» и «Структурно-параметрический синтез систем управления технологическими процессами»

для магистрантов направления 27.04.04.03 «Автоматизация управления технологическими процессами в энергетике».

Достоверность полученных научных положений подтверждается их сравнением с результатами моделирования, выполненного с помощью апробированного программного обеспечения, практическим внедрением, а также сравнением с результатами, полученными другими авторами.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международной научно - практической конференции «Энергетика XXI века: Устойчивое развитие и интеллектуальное управление», г. Иркутск 7-11 сентября 2020 г., Международной научно-практической конференции «Управление качеством электрической энергии», Москва 25 декабря 2020 г., Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Борисовские чтения» 25-27 сентября 2019 г., 23-24 сентября 2021 г. в г. Красноярске.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертационных исследований. Положения, составляющие новизну и выносимые на защиту, получены лично автором.

Личный вклад автора. Личный вклад в работах с соавторами соискателю принадлежит от 25 до 75 % результатов. Положения, составляющие новизну и выносимые на защиту, получены лично автором.

Структура и объём работы. Диссертация включает введение, четыре главы основного текста, заключение, библиографический список из 104 наименований и приложений. Общий объём диссертации 139 страниц, в тексте содержится 71 рисунок и 62 таблицы. В приложении приведены материалы о внедрении результатов работы.

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

На правах рукописи



АННОТАЦИЯ

к работе аспиранта Шандрыгина Дениса Александровича

**«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НЕЛИНЕЙНЫМИ
РЕЗКОПЕРЕМЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ»**