

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

**Елистратова Лариса Анатольевна**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТА  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

Направление 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль «Электроснабжение»

**АВТОРЕФЕРАТ**

**МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

Комсомольск – на – Аму

Коротченко  
Лариса Никитовна

**Проверено**

29.02.2024 Зачтено Библиотека

2024

Работа выполнена на кафедре «Электромеханика»  
Комсомольского-на-Амуре государственного университета  
(КнАГУ).

Научный руководитель кандидат тех. наук, доцент  
Скрипилев Александр  
Александрович

Рецензент Киница Олег Игоревич

Защита состоится «22» февраля 2024 года в 09 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г.Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 203/3.

Автореферат разослан «12» февраля 2024 г

Секретарь ГЭК Мельникова Наталья Николаевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Введение**

Учет энергетических ресурсов, в том числе электрической энергии, является основой для энергосбережения и повышения энергетической эффективности России. Без организации системы достоверного учета поступившей в электрические сети, отпущенной из сетей и полезно потребленной электроэнергии невозможно с достаточной точностью рассчитать балансы электроэнергии по сети в целом и ступеням напряжения, технические и фактические потери электроэнергии, а также локализовать места “очагов потерь” для выбора мероприятий по снижению потерь. Наконец, невозможно обоснованно определить фактический эффект от внедрения энергосберегающих мероприятий. Если кратко – чтобы эффективно экономить электроэнергию, ее нужно точно измерять. Основные требования к обеспечению учета используемых энергетических ресурсов и применению приборов учета при осуществлении расчетов за энергетические ресурсы сформулированы в ст.13 Федерального Закона РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации” (далее ФЗ 261). Для полноценной реализации этих требований в установленные ФЗ 261 сроки, необходимо решить ряд проблем, связанных, в основном, с формируемым в настоящее время розничным рынком электроэнергии и учетом электроэнергии в распределительных электрических сетях (0,4-10 кВ).

Любое энергосбережение, в том числе снижение потерь электроэнергии в электрических сетях невозможно без достоверной системы учета электроэнергии, без автоматизации этой системы и максимального исключения “человеческого фактора” из процесса

измерения и регистрации электроэнергии, без интеграции автоматизированных систем учета электроэнергии с автоматизированными системами оперативного контроля и управления режимами электрических сетей. В данной работе рассмотрены основные проблемы современного учета электроэнергии в районных электрических сетях, пути решения этих проблем, направления развития от традиционных систем учета к современным интеллектуальным системам.

Преобладающий в настоящее время учет электроэнергии на базе интегральных и интервальных приборов учета электроэнергии не предоставляет эффективно контролировать транспортирование электрической энергии как товара по всему ее технологическому циклу, оперативно решать задачи составления балансов электроэнергии и выявления очагов потерь по всем объектам сетевого комплекса, обеспечивать оперативные расчеты за потребленную энергию, оптимизировать и прогнозировать энергопотребление. Поэтому комплексы учета электроэнергии подлежат своевременной модернизации и установке новыми средствами и системами учета, основанными на использовании алгоритмов автоматизации учета электрической энергии.

Большое количество предлагаемых производителями средств учета электрической энергии, интерфейсов связи и технологий передачи данных требует выработки единой технической политики по отбору и применению средств учета электроэнергии с целью эффективного и полного решения задач учета. Модернизация комплексов учета электроэнергии должна также соответствовать признанным современным международным нормам и правилам.

Основные принципы организации коммерческого учета электроэнергии:

1) организация расчетных систем учета электроэнергии на границе балансовой принадлежности и в электроустановках сетевых организаций;

2) внедрение и модернизация систем учета с применением электронных

«интеллектуальных» счетчиков электроэнергии;

3) внедрение систем учета электроэнергии, к элементам которых отсутствует доступ для потребителей (ПКУЭ, ПУ на опоре ВЛ).

Организация систем учета электроэнергии должна обеспечивать:

- определение потерь электроэнергии в электрических сетях;
- контроль за достоверностью информации об электропотреблении;
- снижение (оптимизация) потерь электроэнергии.

В современных условиях коммерческие потери составляют четверть от общих потерь электроэнергии, обусловленные субъективными причинами, погрешностями систем учета электроэнергии и ее несанкционированным потреблением. И если не принимать, причем в сетях всех классов напряжения, эффективных мер по их снижению, то дальнейший рост таких потерь неизбежен.

Снижение коммерческих потерь электрической энергии в сетях — важнейшая задача повышения эффективности любой сетевой организации, один из основных источников сокращения производственных издержек.

Внедрение современных информационных технологий позволяет получать дополнительную информацию о схемах и режимах электрических сетей, использование которой при анализе потерь электроэнергии требует дополнительных исследований с целью разработки эффективных методов расчета и их локализации.

**Актуальность** работы обусловлена необходимостью уменьшения коммерческих (в первую очередь) и технических потерь электроэнергии в

районных распределительных сетях 0,4-6(10) кВ. Существующие способы снижения потерь электроэнергии не обеспечивают достижения максимально возможных энергетических показателей. Необходима модернизация существующих методов и разработка новых способов расчета и подходов к проблеме снижения коммерческих потерь электроэнергии.

**Объект исследований** – районные распределительные электрические сети 0,4-6(10)кВ сетевых организаций.

**Предмет исследований** – потери электрической энергии в сетях 0,4-6(10) кВ.

**Целью** работы является снижение процента технических и коммерческих

потерь электроэнергии с применением существующих и новых разработанных методов и средств автоматизации учета электроэнергии, а также повышение точности учета потребляемой электроэнергии.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

- 1) классификация потерь электрической энергии;
- 2) анализ применяемых систем АИИС КУЭ для снижения коммерческих потерь;
- 3) анализ современных средств учета электрической энергии и способы их пломбирования;
- 4) разработка способа локализации коммерческих потерь в электрических сетях.

**Научные результаты и новизна** работы заключается в развитии существующих методов выявления и анализа коммерческих потерь энергии в районах электрических сетей 0,4-6(10) кВ с применением современных информационных возможностей.

## **Практическая ценность и внедрение результатов работы.**

Выполненные исследования реализованы в производственный процесс сетевой организации АО «ДРСК» и приняты к внедрению комплекса мер, направленного на снижение коммерческих потерь в районах электрических сетей.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

- 1) Классификация составляющих потерь энергии в электрических распределительных сетях;
- 2) Основные направления к снижению коммерческих потерь электрической энергии;
- 3) Программная реализация разработанных методов очагов потерь электроэнергии на базе программного комплекса «1С: Предприятие».

**Публикации.** По результатам исследований имеются две публикации:

1) Елистратова Л.А., Скрипилев А. А. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и М754 прикладных исследований :материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г. : в 4 ч. / редкол. : А. В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – Ч. 1. – 123 с.

2) Елистратова Л. А., Скрипилев А. А. Комсомольский-на-Амуре государственный университет Повышение состояния надежности и качества электроснабжения потребителей Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : П801 материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых, г. Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г. : в 2 частях / редкол. : С. И. Сухоруков (отв.

ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч. 1. - 180 с.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемых источников.

Работа изложена на 95 страницах основного текста и включает: 23 рисунка, 4 таблицы. Список используемых источников содержит 32 наименования.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, приводится краткое изложение цели работы, намечен круг решаемых задач.

Содержание работы распределено по главам следующим образом:

### **В первой главе**

Рассмотрены основные виды потерь электроэнергии в районах распределительных сетей. Приведены причины возникновения коммерческих потерь, неблагоприятно, влияющих на развитие и экономику непосредственно сетевых организаций.



Рисунок 1 - Структура потерь электроэнергии в электрических сетях



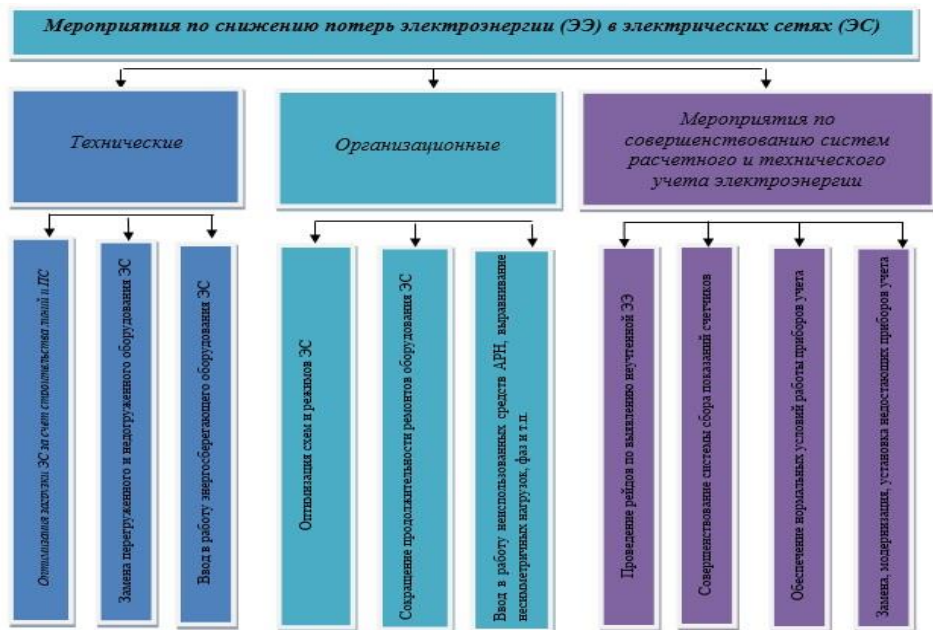


Рисунок 2 - Классификация мероприятий по снижению потерь в электрических сетях

**Во второй главе** рассмотрены основные направления к снижению коммерческих потерь электроэнергии, приведены существующие методы и основные мероприятия выявления и снижения коммерческих потерь электроэнергии. Приведен ряд широко применяемых в наше время систем АИИС КУЭ. Рассмотрены современные счетчики электроэнергии. Также рассмотрены современные средства опломбирования и индикации приборов и вторичных цепей в узлах учета электроэнергии, как один из немаловажных способов по снижению (хищению) коммерческих потерь электроэнергии.



Рисунок 3 - Установка ПКУ на границе балансовой принадлежности

В свою очередь, внедрение АИИС КУЭ, является самым эффективным методом в уменьшении коммерческих потерь электрической энергии, являясь комплексным решением основных ключевых задач и обеспечивая достоверное (фактическое) и дистанционное получение информации от каждого электросчетчика, осуществляя постоянный контроль работы приборов учета.

Также, усложняется несанкционированное подключение к электрическим сетям, и заметно повышается обнаружение «очагов» потерь в короткие сроки с минимальными затратами. Основным ограничивающим фактором широкого применения автоматизации учета электроэнергии

является высокая стоимость АИИС КУЭ. Внедрение таких систем разумно осуществлять поэтапно, в первую очередь, определяя те узлы электрической сети, в которых потери электроэнергии выше нормированных и установка АИИС КУЭ будет экономически эффективным проектом.



Рисунок 4 - Структурная схема системы на базе «RiM»

Сбор информации осуществляется на мобильный пульт представителем сетевой организации, который проходит (либо проезжает на автомобиле) с пультом вдоль строений потребителей, в которых установлены счетчики-детекторы, и производит съем информации. Для этого к мобильному пульту подключается внешняя автомобильная антенна, позволяющая осуществлять прием информации на расстоянии до 100м. При необходимости представитель сетевой организации может принять информацию от конкретного абонента либо от группы абонентов и анализировать ее на месте. После того как сбор данных произведен,

мобильный пульт подключается к компьютеру, и информация переносится в компьютер для дальнейшей обработки.

**В третьей главе** проведен анализ потерь электроэнергии в районах электрических сетей АО «ДРСК». Предложены мероприятия, направленные на увеличение прибыли от поставляемой потребителям электрической энергии, за счет основного уменьшения коммерческих потерь. Приведен алгоритм локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии в сетях.

В целях локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии предлагается реализация соответствующей подсистемы в составе расчетного сервера учета электроэнергии на базе программного комплекса «1С: Предприятие», главным назначением которого будет выявление очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии и их возможных причин (вплоть до поиска конкретных "виновников") путем формирования отчетных таблиц в файл «Excel». На рисунке 5 представлена функциональная структура подсистемы локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии.



Рисунок 5 - Функциональная структура подсистемы

На примере участка сети сформирован баланс электроэнергии и реализация разработанных методов поиска очагов потерь электроэнергии на базе программного комплекса «1С: Предприятие».

В заключении сформулированы основные научные результаты работы и указаны направления дальнейших исследований.

### **Заключение**

При передаче и распределении электрической энергии по электрическим сетям неизбежно возникают ее потери. Потери электроэнергии разделяются на технологические и коммерческие. Первые обусловлены физическими процессами при передаче электроэнергии, а вторые возникают из-за хищений электрической энергии, несоответствия показаний счётчиков оплате за электроэнергию потребителями и из-за других причин.

Объем фактических потерь непосредственно влияет на финансовый результат деятельности сетевой организации, поэтому одной из первоочередных задач сетевых организаций является снижение потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям. Снижение потерь электрической энергии является сложным процессом, который предусматривает выполнение технических и организационных мероприятий.

Основные результаты работы и выводы можно сформулировать следующим образом:

1) рассмотрены причины коммерческих потерь и действенные методы их снижения;

2) приведен алгоритм локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии в сетях;

3) разработан и внедрен метод на базе программного комплекса «1С: Предприятие» составления балансных отчетов по объемам электрической энергии различных схем сети, который позволит и в дальнейшем вести расчет потерь электрических сетей, выявлять очаги коммерческих потерь и разрабатывать мероприятия по их снижению;

4) совершенствование системы учета электроэнергии на основе современных интеллектуальных технологий измерений и управления электропотреблением является основой для достоверного расчета балансов, фактических, технических и коммерческих потерь электроэнергии, разработки мероприятий по снижению потерь и оценке их экономической эффективности;

5) в последние годы возникли новые метрологические проблемы измерения электроэнергии. Необходима разработка и утверждение методик: расчета систематических погрешностей от низкого качества электроэнергии; случайной и систематической погрешностей измерения фактических и расчета технических потерь электроэнергии; оценки допустимых коммерческих потерь электроэнергии;

6) необходима скорейшая актуализация и утверждение Правил коммерческого учета на розничном рынке электроэнергии;

7) современные системы интеллектуального учета являются источником достоверной оперативной информации о профилях нагрузки, режимах электропотребления и потоках мощности и электроэнергии по электрической сети в целом, ее участкам, уровням напряжения, о показателях качества электроэнергии, о фактах несанкционированного доступа и учету электроэнергии;

8) создание и внедрение систем интеллектуального учета является одним из первых этапов перехода к интеллектуальным электрическим

сетям, к интеллектуальному управлению их режимами, ремонтному и эксплуатационному обслуживанию;

9) системы «умного» учета, «умной» сети, «умного» города являются сложными многоуровневыми, иерархическими информационно-управляющими системами, требующих значительных временных и финансовых затрат на создание, внедрение и эксплуатацию, а также высокой квалификации обслуживающего персонала. Разработке таких систем должны предшествовать тщательное обследование потенциальных объектов внедрения; технико-экономическое обоснование проектных решений и оценка рисков реализации этих проектов; подготовка и повышение квалификации персонала, четкая организация работ по проектированию, внедрению и сопровождению.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были раскрыты теоретические аспекты формирования потерь электрической энергии, изучена нормативно-правовая база расчета технологических потерь, проведен анализ фактических потерь электрической энергии, возникающих в электрических сетях АО «ДРСК», а также разработаны мероприятия по снижению потерь и оценены с точки зрения их эффективности. Внедрение комплекса мероприятий, направленного на снижение потерь электрической энергии в электрических сетях АО «ДРСК», позволяет выполнить программу энергосбережения и повышения энергетической эффективности, обязательной к исполнению согласно требованиям Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года, а также улучшить результаты финансовой деятельности Общества.