

Б.М. ТАТРОВ, студент гр. ТТ-2024 (ГГАУ)  
Н.Б. КОКОЕВА, к.т.н., доцент (СКГМИ (ГТУ))  
Научный руководитель М.Т. ПЛИЕВА, к.с.-х.н., доцент  
(СКГМИ (ГТУ))  
г. Владикавказ

## **МИНИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ**

Потери электроэнергии в распределительных сетях являются значимой проблемой для энергетических компаний и потребителей. Эти потери приводят к увеличению затрат на производство и передачу электроэнергии, снижают надежность электроснабжения и оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Снижение потерь электроэнергии является важной задачей, требующей комплексного подхода, включающего в себя как технические, так и организационные мероприятия. Эта статья посвящена рассмотрению основных причин потерь электроэнергии в распределительных сетях, а также анализу технических и организационных мер, направленных на их снижение.

Потери электроэнергии в распределительных сетях подразделяются на две основные категории:

Первая категория – это технологические потери. К ним относятся потери в проводах линий электропередачи (ЛЭП): Основная часть технологических потерь связана с нагревом проводов ЛЭП при прохождении по ним электрического тока. Величина этих потерь пропорциональна квадрату тока и сопротивлению проводов (закон Джоуля-Ленца); потери в трансформаторах: Трансформаторы являются важным элементом распределительных сетей, но они также являются источником потерь, связанных с нагревом обмоток, потерями на перемагничивание сердечника и другими факторами, также здесь можно отметить потери в коммутационной аппаратуре: Выключатели, разъединители и другие коммутационные аппараты также являются источником потерь, связанных с сопротивлением контактов и дугогашением и конечно не нужно забывать про потери на коронный разряд: В высоковольтных ЛЭП возникают потери на коронный разряд, особенно в условиях повышенной влажности и загрязнения.

Ко второй категории потерь относятся коммерческие потери. Основные из них это в первую очередь хищение электроэнергии: Незаконное подключение к сети, вмешательство в работу приборов учета и другие формы хищений приводят к значительным коммерческим потерям. Следующим хочется отметить неточности в учете электроэнергии: Ошибки в

работе приборов учета, неправильное снятие показаний и ошибки в расчетах приводят к расхождениям между объемом произведенной и оплаченной электроэнергии и конечно не стоит забывать и об неучтенном потреблении электроэнергии: Неучтенное потребление электроэнергии возникает в результате использования электроэнергии без заключения договора с энергоснабжающей компанией [1-5].

Учитывая вышеизложенные потери электроэнергии хочется остановиться на вопросе их устранения, то есть непосредственно о мероприятиях по их снижению.

Для начала хотелось бы рассмотреть технические мероприятия по снижению потерь электроэнергии. К таким мероприятиям мы отнесли такие как:

1. Оптимизация топологии сети это в первую очередь рациональное размещение подстанций, что позволяет сократить протяженность ЛЭП и снизить потери на передачу. Также мы отметили и замену радиальных сетей на кольцевые – это в свою очередь позволяет повысить надежность электроснабжения и снизить потери за счет более равномерного распределения нагрузки. К этим мероприятиям относится и секционирование сети, что позволяет локализовать повреждения и снизить потери при аварийных ситуациях.

2. Модернизация оборудования. Это в первую очередь замена проводов на провода с меньшим сопротивлением: Использование проводов из материалов с высокой проводимостью (например, алюминиевого сплава с повышенной электропроводностью) позволяет снизить потери в ЛЭП; замена трансформаторов на энергоэффективные: Использование трансформаторов с низкими потерями холостого хода и короткого замыкания позволяет значительно снизить потери в трансформаторных подстанциях, и установка устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ): Компенсация реактивной мощности позволяет снизить ток в ЛЭП и, следовательно, снизить потери на передачу.

3. Оптимизация режимов работы сети. Здесь хочется отметить такие как, регулирование напряжения, что позволяет снизить потери на передачу и улучшить качество электроснабжения; выравнивание нагрузки по фазам: Равномерное распределение нагрузки по фазам позволяет снизить ток в нулевом проводе и, следовательно, снизить потери; переключение трансформаторов под нагрузкой (РПН) это позволяет поддерживать оптимальный уровень напряжения в сети при изменении нагрузки.

4. Внедрение «умных сетей» (Smart Grids). Например, дистанционный мониторинг и управление, эти системы позволяют оперативно выявлять и устранять проблемы в сети, а также оптимизировать режимы ее работы, а автоматизированный учет электроэнергии (AMI) обеспечивает

точный и своевременный учет электроэнергии, что позволяет снизить коммерческие потери и улучшить планирование.

В таблице 1 представлена динамика величины потерь электроэнергии в 2021–2024 годах, % по данным ПАО «Россети Центр и Приволжье».

Таблица 1

Динамика величины потерь электроэнергии в 2021–2024 годах

Показатель	2021	2022	2023	2024
Потери (факт)	7,31	7,19	7,32	х
Потери (план)	7,32	7,22	7,39	7,38
Потери электроэнергии в условиях баланса электроэнергии за 2024 год	7,54	7,45	7,22	х

Как показывают расчеты, основной эффект в снижении технических потерь электроэнергии может быть получен за счет технического перевооружения, реконструкции, повышения пропускной способности и надежности работы электрических сетей, сбалансированности их режимов, т.е. за счет внедрения капиталоемких мероприятий.

Хотелось бы отметить и организационные мероприятия по снижению потерь электроэнергии.

К организационным мероприятиям относятся:

1. Повышение эффективности учета электроэнергии. Это в первую очередь регулярная поверка приборов учета, далее установка современных приборов учета: их использование позволяет снизить хищения электроэнергии, а также внедрение автоматизированных систем учета электроэнергии (АСУЭ), что позволит автоматизировать процесс сбора и обработки данных учета электроэнергии, что снижает вероятность ошибок и повышает оперативность выявления нарушений.

2. Борьба с хищениями электроэнергии. Это конечно регулярные рейды по выявлению несанкционированных подключений; установка антивандальных устройств защиты и проведение разъяснительной работы с населением.

3. Оптимизация договорной работы. Необходимо своевременное заключение договоров с потребителями это позволяет избежать неучтенного потребления электроэнергии; контроль за соблюдением договорных условий (соблюдение лимитов потребления, оплата электроэнергии в срок) позволяет снизить риски возникновения дебиторской задолженности и неучтенного потребления и мероприятия по совершенствованию тарифной политики: Разработка и внедрение стимулирующих тарифов, направленных на снижение потребления электроэнергии [6-9].

В таблице 2 мы приводим данные влияния различных мероприятий на снижение потерь электроэнергии с учетом вышеизложенного.

Заключение

Снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях является сложной, но выполнимой задачей. Комплексный подход, включающий в себя как технические (модернизация оборудования, оптимизация режимов работы), так и организационные мероприятия (повышение эффективности учета, борьба с хищениями), позволяет значительно сократить потери электроэнергии и повысить энергетическую эффективность распределительной системы. Внедрение современных технологий (Smart Grids, АСУЭ) и активное взаимодействие с потребителями также играют важную роль в решении этой задачи.

**Таблица 2**

**Влияние мероприятий на снижение потерь электроэнергии**

Мероприятие	Тип потерь	Ожидаемый эффект	Затраты на реализацию
Замена проводов на провода с меньшим сопротивлением	Технологические	Снижение потерь в ЛЭП на 5-15%	Высокие
Замена трансформаторов на энергоэффективные	Технологические	Снижение потерь в трансформаторах на 10-30%	Средние
Установка УКРМ	Технологические	Снижение потерь в сети на 3-7%	Средние
Внедрение АСУЭ	Коммерческие	Снижение коммерческих потерь на 15-30%	Высокие
Борьба с хищениями	Коммерческие	Снижение хищений электроэнергии на 20-50%	Низкие/ Средние
Оптимизация топологии сети	Технологические	Снижение потерь в сети на 5-10%	Высокие

#### Список литературы:

1. Гамазин, С.И. Обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии /СИ. Гамазин, В.М. Пупин, Ю.В. Марков // Промышленная энергетика. – 2006. – № 11. С.51-56.
2. Долецкая, Л.И. Оценка эффективности методов повышения надежности распределительных сетей / Долецкая Л.И., Кавченко В.П., Солопов Р.В. // Науковедение. – 2015. – №6. – С. 1-13.
3. Захаренко, С.Г. Анализ аварийности в электросетевом комплексе / С.Г. Захаренко, Т.Ф. Малахова, С.А. Захаров и др. // Вестник КузГТУ. – 2016. – №4. – С. 95-98.

4. Ершевич, В.В., Зейлингер, А.Н., Илларионов, Г.А. и др.; Под ред. С.С. Рокотяна, И.М. Шапиро // Справочник по проектированию электроэнергетических систем. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985.– 352 с.

5. Кайдакова, К.В. Вопросы использования современных энергосберегающих технологий - Современные наукоемкие технологии. 2014. – № 5-2.– С. 45-46.

6. Татров, Б.М., Гаврин, И.А., Амосов, М.А., Плиева, М.Т. Снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях: технические и организационные аспекты // В сборнике (Том I): XXII Всероссийскую научно-практическую конференцию студентов и аспирантов. Старый Оскол, 2025. – С. 32-35.

7. Хренников, А.Ю., Гольдштейн, В.Г., Назарычев, А.Н. Диагностические модели для оценки технического состояния электрооборудования электростанций и подстанций // Промышленная энергетика, 2010. – № 10.

8. Шевченко, Н.Ю. Повышение эффективности работы воздушных линий электропередачи, работающих в экстремальных метеоусловиях / Шевченко Н.Ю., Лебедева Ю.В., Угаров Г.Г. // Вестник СГТУ. – 2011. – №1. – С. 119-123.

9. Шмаков, А.Д., Галазова, А.Б., Плиева, М.Т. Современные требования по безопасности в энергетике // В сборнике XII Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума. Геленджик, 1–3 ноября 2023. – С. 301-307.

Информация об авторах:

Татров Борис Маратович, студент гр. ТТ-2024, ГГАУ, 362040, г. Владикавказ, ул. Кирова, д. 37

Кокоева Наталья Борисовна, к.т.н., доцент, СКГМИ(ГТУ), 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44, kokoeva.natali.borisovna@yandex.ru.

Плиева Мадина Толиковна, к.с.-х.н., доцент, СКГМИ(ГТУ), 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44, madosya80@mail.ru.