

А. Г. Левшин, В. А. Чечет, А. А. Левшин, А. М. Ондар // Доклады Международной научной конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева 4-6 декабря 2018 г., с. 140-144.

УДК 621.31

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

*Беляев Андрей Сергеевич, студент 4 курса направления подготовки «Агроинженерия» ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, nest\_bas@mail.ru*

**Аннотация:** На основании литературных данных, проанализирована структура и причины потерь электроэнергии в распределительных сетях. С учётом обобщения российского и зарубежного опыта предложены некоторые эффективные направления энергосбережения.

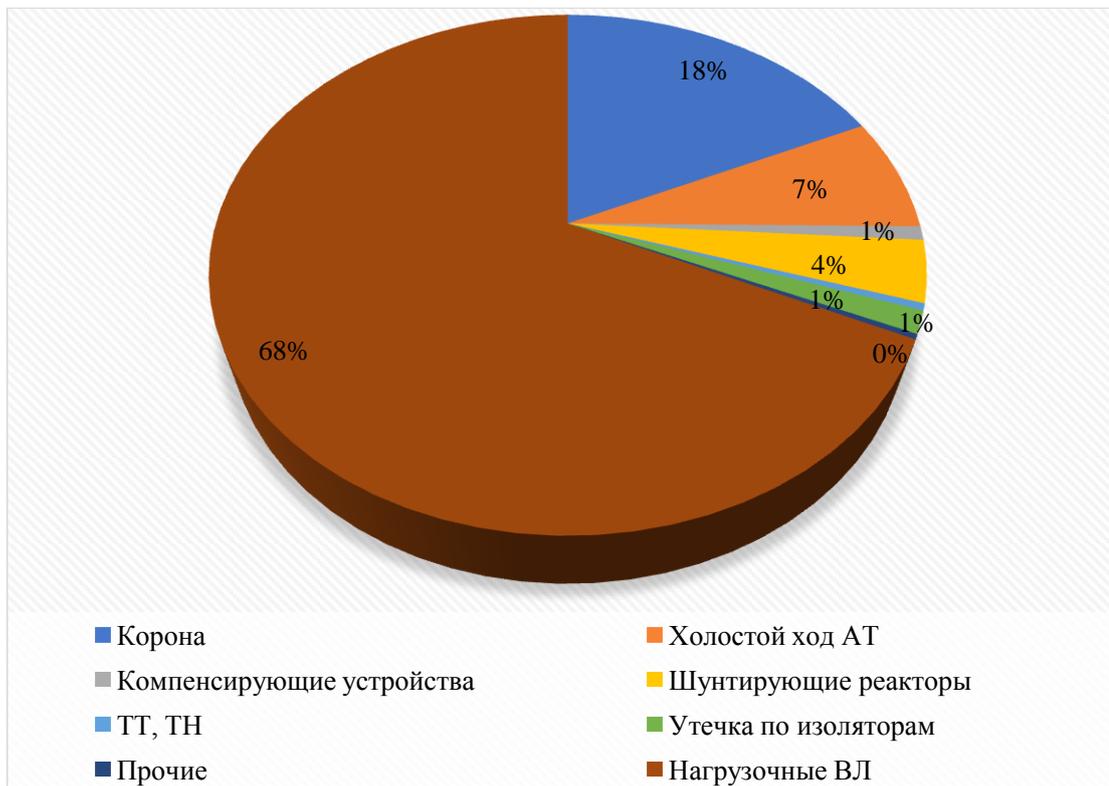
**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергосбережение, потери электроэнергии, автоматизированные системы управления (АСУ).

В настоящее время одним из основных экономических показателей деятельности предприятий является энергоэффективность. Энергоэффективность производства зависит от определенного уровня производительности, себестоимости продукции, качества получаемой электроэнергии, доступности и комфорта при минимальном потреблении энергии на протяжении всего его жизненного цикла.

Потери мощности в электросети неизбежны, смысл их заключается в разнице между мощностью, которая выходит с подстанции, и которая фактически потребляется электроприёмником. Для различных видов электрооборудования вводятся нормативы потерь электроэнергии. Говоря об энергосбережении, подразумевают необходимость избегать экономически необоснованных затрат на электроэнергию. Превышение нормативов технических потерь требует решения вопросов снижения затрат на электроэнергию, для чего необходимо прежде всего определить причины этих затрат.

Причины необоснованных затрат на электроэнергию можно условно разделить на технические, коммерческие и побочные. Технические причины обусловлены непосредственно физическими явлениями и могут изменяться под влиянием какого-либо компонента нагрузки, а также особенностей климата в конкретной области расположения электрической сети. Коммерческие причины связаны с неточным учетом электроэнергии, включая погрешности приборов учёта. К побочным затратам относятся расходы на обслуживание электрических сетей, закупку средств индивидуальной защиты и обеспечение необходимых условий для работы технического персонала.

В соответствии с литературными данными [1-4], была составлена среднестатистическая структура потерь электроэнергии в различных элементах распределительной сети (рисунок 1).



**Рис. 1. Среднестатистическая структура потерь электроэнергии, %**

Учитывая структуру потерь электроэнергии, выделим три группы причин необоснованных затрат на электроэнергию:

**1. Затраты вызванные техническими причинами.**

Потери электроэнергии происходит в разных элементах линий электропередач, электрооборудования и распределительных сетей. Эти потери напрямую зависят от общей нагрузки сети. Максимальные потери связаны с воздушной линии передачи (ЛЭП), и составляют примерно 68 % от общих потерь. Потери в ЛЭП непосредственно зависят от величины силы тока. Из-за этого при передаче электрического тока на значительную расстояния, в несколько раз повышают напряжение. При этом сила тока уменьшается, как и финансовые затраты.

Ещё около 8 % потерь электроэнергии происходит на трансформаторных подстанциях, главным образом за счёт потерь холостого хода (холостой ход АТ) при недогрузке сети и за счёт потерь, связанных с паразитными токами сердечников трансформаторов (ТТ и ТН). Эти потери напрямую зависят от номинальной мощности трансформаторов и добиться их снижения можно при правильном режиме нагрузки.

**2. Условно-фиксированная категория расходов.** Она включает в себя расходы, связанные с регулярной работой электрооборудования, такие как: работа электростанции на холостом ходу, стоимость оборудования для обеспечения возмещения реактивной нагрузки, стоимость прочих типов устройств (ограничители перенапряжения и т.д.), и их не зависящих от нагрузки характеристик.

**3. Отдельно рассматриваются потери электроэнергии связанные с климатическим фактором, определяющим токи утечки изоляции в сетях от 6 кВ.** При основном источнике от 110 кВ, из-за влажности воздуха большую долю (до 17%) составляют потери связанные с коронным разрядом. Кроме этого наш климат в холодное время года

вызывает обледенение проводов высоковольтных линий, что также приводит к дополнительным потерям электроэнергии.

Обобщая опыт некоторых отечественных и зарубежных компаний (особенно США) [3, 5-7], можно утверждать, что одним из современных и эффективных подходов к энергосбережению является применение автоматизированных систем управления (АСУ) энергетическими сетями. Именно автоматика помогает предприятиям обеспечить уровень генерируемой мощности, который равен максимальной нагрузке, что очень редко встречается. Рассмотрим некоторые направления применения АСУ в распределительных сетях.

### **Избегание пиковой нагрузки**

Для компаний с достаточно высоким энергопотреблением, поставщики поддерживают дополнительную выработку электроэнергии в расчёте на пиковые нагрузки, неся значительные необоснованные затраты. Один из вариантов, который помогает стимулировать потребителей не допускать пиков потребления, состоит в том, что затраты на поддержание потенциально высокой выходной мощности переносятся на тех, кто производит большее отклонение в потреблении энергии. Счет за электричество разбивается на нескольких пунктов расходов. Один из них – фактическая потребляемая мощность, а другой – максимально допустимая мощность, которую рассчитывают на фоне пикового потребления за предыдущий период, как правило, год или квартал. Следует отметить, что значительное разовое увеличение энергопотребления приводит к дополнительным затратам на протяжении долгого времени, т.к. оно задаёт значение максимально допустимой мощности не только в следующем месяце, но и в последующий период времени сроком до года.

Чтобы снизить пики потребления электричества, используют АСУ для распределения электроэнергии. Максимально допустимая мощность рассчитывается как точное значение потребления электроэнергии за определенный промежуток времени, например, кВт·ч за 15 минут. Цель этого процесса сохранить общее потребление электричества в данный отрезок времени не выше определенного уровня. Если потребители тратят больше электроэнергии в любой промежуток времени, АСУ определяет это как потенциальную пиковую нагрузку. В этом случае, если срабатывает сигнализация и диспетчер бездействует, система управления начинает отключать вторичные нагрузки в указанном порядке до тех пор, пока состояние тревоги не будет сброшено, или не истечет срок. Все потребительские нагрузки разделяются на три категории: критические, важные и неважные (вторичные). Обычно отключаются только вторичные потребители энергии, причем последовательность отключения может быть запрограммирована предварительно.

Монтаж систем такого рода обычно окупается меньше чем за год, с учетом приобретения.

### **Ограниченное энергопотребление при необходимости**

Еще одной тактикой, которая не дает достичь пиков потребления, является отключение нагрузки по запросу, что означает распределение и управление электроэнергией в соответствии с требованиями пользователей с учетом возможностей сетей электроснабжения. Предприятия имеют особое преимущество, гарантирующее снижение энергопотребления, если сеть не в состоянии обеспечить электроэнергией всех потребителей. В основном такая ситуация возникает в самую жаркую погоду, когда

жителям и предприятиям требуется дополнительная мощность для вентиляции и кондиционирования воздуха. В некоторых странах существуют специальные сторонние поставщики, которые анализируют параметры электросети и определяют цену на электроэнергию в любое время. Отключив нагрузку, если это необходимо, потребитель получит определенную выгоду, а поставщик получит дополнительную энергию, которую можно будет продать. В любом случае такая компания должна заключить договор с потребителем, и по первому требованию поставщика потребляемая мощность должна быть снижена до заранее определенного уровня. Такой контракт может включать в себя как потребление аварийных систем (потребители должны снизить бремя тяжелых штрафов), так и варианты лимитированного потребления (как правило, контракт ограничивает продолжительность лимита до 4 часов, а количество таких лимитов от 3 до 5 в год). Офисные и жилые здания не могут значительно снизить потребление энергии без существенного влияния на комфорт людей, но промышленность должна применять это регулирование.

Предприятие уведомят о том, что необходимо автоматически ввести лимит энергопотребления по телефону или из отдела мониторинга бухгалтерского учета. Обычно это происходит заранее (от 30 до 60 минут) до того момента, когда необходимо снизить энергопотребление. После того, как потребитель получит уведомление, он может с помощью ручного или программируемого автомата последовательно отключить энергопотребление нагрузки или достичь желаемого уровня. После этого автоматизация диспетчерской службы узла выставления счетов и мониторинга или поставщика электроэнергии начинает отсчитывать время для ограничения потребления энергии. По завершении тот же автомат или диспетчер отправляет уведомление о прекращении ограниченного режима и позволяет поставщику электроэнергии восстановить нормальную работу оборудования или производства.

Преимущество ограничения зависит от конкретных условий и тарифов. Существуют различные способы побудить клиентов использовать такую возможность. Если у потребителя имеется достаточно терпимое количество рабочих нагрузок и отключение позволяет избежать пикового потребления электроэнергии, прибыль может составлять до 30% от общей суммы. Время восстановления системы для автоматического снижения энергопотребления обычно составляет менее одного года. Если потребитель, работающий по такой схеме, не ограничивает потребление электроэнергии. К примеру, если не используется автоматическая система, необходимо отключить нагрузку вручную, а диспетчер не успевает среагировать на включение определенного режима ограничения по времени, он подвергается довольно тяжелым штрафам. Поэтому внедрение автоматизированной системы, которая позволяет избежать увеличения потребления и ограничивает потребление энергии, и соответствует требованиям поставщиков, является довольно выгодным вложением.

Совместное использование веб-сайта «по требованию» и оборудования для мониторинга и управления питанием, поставщиком и потребителем электроэнергии делает систему ещё более удобной. Зная потребности и требования дополнительного ограничения, пользователи могут проверять и анализировать свое потребление электричества и, в зависимости от конкретных требований, принимать более быстрые решения о дополнительном ограничении энергопотребления. Программа также поддерживает мониторинг и запись прошлых событий, что четко показывает функциональность сети.

## **Автоматическое подключение резервных генераторов**

Генерация электричества непосредственно в процессе производства обеспечивает определенную степень гибкости энергоснабжения предприятия при требовании поставщика электроэнергии снижения энергопотребления или отключения электричества, в целях предотвращения пика потребления в соответствии со схемой. Система автоматизации распределительной сети может быть расширена до внедрения системы управления генератором, включенным в единую электросеть. Автоматическое управление может быть запрограммировано на сравнение стоимости энергии автономного дизель-генератора и стоимости электричества, поставляемой энергетической компании. Если тариф на электроэнергию выше, чем стоимость генерируемого электричества автономного источника энергии, выключатель автоматически переводит нагрузку на резервный генератор. Если поставщик снижает затраты на электричество, то нагрузка автоматически переключается на нормальный режим и генератор выключается.

### **Библиографический список**

1. Митрофанов, С. В. Энергосбережение в энергетике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / О. И. Кильметьева, Оренбургский гос. ун-т, С.В. Митрофанов. - Оренбург : ОГУ, 2015. - 127 с. : ил. - ISBN 978-5-7410-1371-7. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/468928>
2. Соколов, В. Ю. Энергосбережение в системах жизнеобеспечения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. В. Митрофанов, А.В. Садчиков, Оренбургский гос. ун-т, В.Ю. Соколов. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 201 с. : ил. - ISBN 978-5-7410-1467-7. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/468957>
3. Управление энергосбережением и энергетической эффективностью в городском хозяйстве [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. М. Идиатуллина, Ю. А. Вафина, А. А. Гайнутдинова, Д. А. Гатиятуллина, Л. Р. Ибрашева, М. Н. Комлева, О. В. Лисина, А. С. Тупаева, М. М. Шекурова, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : КНИТУ, 2013. - 220 с. - ISBN 978-5-7882-1414-6. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/302818>
4. Всероссийская молодежная конференция «Современные аспекты энергоэффективности и энергосбережения» [Электронный ресурс] : сб. материалов / ред.: В. Ф. Шкодич, ред.: Р. Р. Файзрахманов, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань : КНИТУ, 2013. - 156 с. : ил. - ISBN 978-5-7882-1496-2. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/303064>
5. Sadati S.M.B. Decreasing Length of Distribution Network for Loss Reduction: Technical and Economical Analysis / S.M.B. Sadati, M. Yazdani-Asrami, M.M.M. Takami // Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology. - 2012. - Vol. 4, № 7. - Pp. 813-818.
6. Benavente-Peces C. Buildings Energy Efficiency Analysis and Classification Using Various Machine Learning Technique Classifiers. / C. Benavente-Peces, N. Ibadah. – Energies, July 2020. V. 13, 3497
7. Sallam A. Electric distribution systems abdelhay /A. Sallam , Om P. Malik. - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2011. - 552 P. - URL: <http://blog.espol.edu.ec/econde/files/2012/08/electric-distribution-system-sallan-malik.pdf>