

ОБЗОР НОВЕЙШИХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

А. Б. Богданов, начальник сектора
энергоресурсосбережения ОАО «МРСК Сибири»



В России принят ряд новых законодательных документов¹, которые кардинально меняют подход к созданию энергосберегающей политики в целом и в электрических сетевых распределительных комплексах в частности. Требование снизить энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) заставляет совершенно по-новому подходить к анализу потерь энергии и мощности в распределительном сетевом комплексе. Показатель энергетической эффективности транспорта электрической энергии, существующий в виде процента потерь энергии на нужды сетевого комплекса, является традиционно простым и наглядным для понимания проблемы. Однако в условиях рыночной конкуренции применение только одного этого показателя недостаточно. Появление непривычного для «чистой» электроэнергетики показателя – энергоемкость ВВП – требует переосмысления принципов в вопросах формирования технической политики распределительного комплекса.

¹ Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...»; Указ Президента РФ от 4 июня 2008 года № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»; Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 года № 1-р «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года».

Энергоемкость ВВП для энергетики

Большинство менеджеров и экономистов электроэнергетического комплекса считают нецелесообразным оценивать эффективность энергоресурсосбережения по экономии первичного топлива и ограничивают свое участие только экономией электроэнергии без учета огромной разницы топливной эффективности в покупной электрической и тепловой энергии.

Из определений показателей энергетической эффективности, данных в Федеральном законе № 261-ФЗ (см. справку 1), очевидно, что законодатель не привел прямого описания энергоемкости ВВП сетевого распределительного комплекса. Однако, исходя из показателей проекта Государственной программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности РФ на период до 2020 года, видно, что энергоемкость ВВП России определяется затратами первичного источника энергии – суммарным расходом условного топлива, необходимого для производства ВВП (именно первичной энергии (топлива), а не вторичной (электроэнергии)). Только такой подход позволяет выявить и разработать энергоэффективные мероприятия в электроэнергетике (рис. 1).

Передовые энергосберегающие технологии в электросетевом комплексе

Рассмотрим подробнее технологии, позволяющие снизить энергоемкость ВВП в сетевом комплексе и соответствующие классам энергетической эффективности (рис. 1).

Технология энергопотребления с затратами первичного топлива до 7 %. Использование сбросного тепла различных технологий (класс А1)

Использование сбросного тепла силовых трансформаторов, тепла отработанного пара паровых турбин, низкотемпературных скважин для сезонной аккумуляции тепла в грунте с температурой до 40 °С является самым эффективным и перспективным ресурсосберегающим мероприятием. Затраты первичного топлива до 7 % необходимы только на перекачку низкопотенциального тепла от источника до места потребления или места промежуточной аккумуляции тепла. Применение данной технологии позволяет снижать энергоемкость схем отопления электрических подстанций электросетевого комплекса в 4–6 раз.

СПРАВКА 1

Энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Класс энергетической эффективности – характеристика продукции, отражающая ее энергетическую эффективность.

Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ

Технология солнечного теплоснабжения (класс А1)

В мире солнечная энергетика является одним из наиболее динамично развивающихся направлений использования возобновляемых источников энергии. Лидером в этой области стал Китай, на его долю приходится 59 % всех установленных мощностей в мире. Специалисты из ООО «Южгеотепло» (Краснодар) выявили экономическую эффективность установки солнечных термических батарей (для отопления) для двух регионов России – Якутии и Краснодарского края, в которых мощность излучения солнечной радиации, достигающего поверхности Земли, максимальна.

Однако солнечное теплоснабжение, как и теплоснабжение сбросными источниками тепла, не обеспечивает надежной и бесперебойной выработки тепловой энергии в течение всего года. Только в сочетании с использованием компрессионных или абсорбционных тепловых насосов класса В2 с организацией сезонного аккумулирования тепла в грунте оно становится одним из самых эффективных ресурсосберегающих мероприятий. К сожалению, в России взамен разрушенной советской системы развития

солнечного теплоснабжения не создан никакой аналог. Работы выполняются по инициативе отдельных специалистов.

Технология энегопотребления с затратами топлива 65 %. Применение тепловых насосов с возможностью сезонной аккумуляции сбросного тепла силовых трансформаторов в грунте (класс В2)

Теплоснабжение бытовых и производственных помещений на основе энергетических технологий с использованием тепловых насосов (ТН) быстро развивается во многих странах. Ежегодный прирост количества таких систем в мире оценивается в 10 %, а общее число уже работающих ТН приближается к 1 млн. Величина установленной тепловой мощности достигает 10 100 МВт, а ежегодное производство тепловой энергии составляет около 59 000 ТДж (16 470 ГВт·ч)¹. Наиболее распространенными являются ТН, использующие в качестве внешнего источника тепловой энергии низкопотенциальное рассеянное тепло наружного воздуха (цикл «воздух-воздух») или грунта на небольших глубинах (цикл «грунт-вода»).

Замещение традиционных схем отопления системами, использующими ТН, не требует ввода дополнительных энергетических мощностей и осуществляется с помощью минимальных конструктивных доработок. Однако в конечном итоге дает значительный энергетический и экономический эффект.

Можно рассчитывать на получение тепла / холода в количестве 10–35 Вт/м² площади грунта в качестве среднегодового значения при круглогодичном (моновалентном) режиме работы. В почве с большим содержанием песка количество отбираемого тепла меньше. Для уточнения состояния почвы рекомендуется обратиться к эксперту.

Температура воздуха в помещении определяется балансом между сезонным аккумулированным теплом грунта и теплопотерями в окружающую среду. Возможность использования ТН поверхностных слоев грунта должна основываться на термодинамическом и технико-экономическом анализе как самих установок трансформации энергии, так и стоимостных характеристик эксплуатации оборудования зданий, сооружений и др.



Рис. 1. Класс (маркировка) энергетической эффективности покупаемого энергетического товара

¹ См.: Curtis R., Lund J., Sanner B., Rybach L., Hollstrom G. Ground source heat pumps – geothermal energy for anyone, anywhere: current world-wide activity // Proceedings World Geothermal Congress 2005. – Antalya, Turkey. – 2005.

В первую очередь оценке подлежит энергетический потенциал грунта в месте расположения отапливаемого помещения, который во многом зависит от геологии местности, типа грунта и глубины залегания грунтовых вод.

Теоретическая оценка количества тепла, которое можно снять со 100 м^2 поверхности грунта, расположенной параллельно поверхности земли на глубине от 3 до 8 м, показывает, что оно может обеспечить обогрев $2\text{--}3 \text{ м}^2$ помещения в течение отопительного сезона без дополнительного аккумулирования энергии.

Если обеспечить аккумулирование энергии в этом объеме грунта в неотапливаемый летний период, то без дополнительных мер по предотвращению рассеивания тепла можно обеспечить отопление помещения площадью $30\text{--}50 \text{ м}^2$. Расчеты, которые выполнялись при температуре наружного воздуха -15°C , показывают, что для отопления метра квадратного помещения в течение всего отопительного сезона необходимо трансформировать тепло с $45\text{--}50 \text{ м}^3$ грунта, расположенного под зданием. Если использовать в качестве рабочего тела хладоны, то расход циркулирующего в этом объеме грунта рабочего тела будет составлять около $25\text{--}28 \text{ кг/ч}$. Равномерное распределение этого количества рабочего тела по указанному объему грунта является достаточно сложной инженерной задачей. Таким образом, без концентрирования низкопотенциального тепла весьма проблематично использование ТН для целей отопления помещений.

Тепловые насосы являются высокоэкономичными энергоресурсосберегающими тепловыми аппаратами, позволяющими снизить потребность в первичных топливных ресурсах в 4 раза, с 270 до 65 %.

СПРАВКА 2

Тепловые трубы (ТТ) постоянного термического сопротивления с продольными конструктивными канавками выполняются из алюминиевого сплава и обладают термическим сопротивлением $0,01\text{--}0,12 \text{ м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$. Плотность подводимого теплового потока составляет $0,01\text{--}20 \text{ Вт/см}^2$, а диапазон рабочих температур от -190 до 250°C . Рабочей жидкостью ТТ может быть азот, аммиак, метан, пропилен, спирты, ацетон и вода.

Тепловые трубы применяются в системах охлаждения, терморегулирования устройств космической техники; системах обеспечения тепловых режимов радиоэлектронного оборудования в промышленности; холодильном оборудовании, работающем на основе элементов Пельтье и абсорбционно-диффузионного эффекта; медицинской технике; отопительной бытовой технике: обогреватели, солнечные коллекторы, печи и т. п.

Сезонная аккумуляция теплоты ТН позволяет в течение летнего, осеннего и весеннего периодов отобрать их избыточное тепло и «закачать» в грунт с температурой до 55°C , а в периоды максимальной низкой температуры «выбирать» тепло грунта с температурой до -5°C . Именно тепловой насос, работающий по данной схеме, позволяет реализовать возможность сезонного аккумулирования тепловой энергии.

Рис. 2. Подсоединение водного контура теплового насоса



СПРАВКА 3

Термосифон функционирует подобно тепловой трубе, однако возврат рабочей жидкости в нем осуществляется за счет сил гравитации, а не капиллярных сил. Термосифоны применяются для охлаждения интегральных микросхем, полупроводниковых приборов, блоков электропитания, трансформаторов и мощных осветительных устройств; утилизации теплоты выбросных потоков газов и жидкостей и обеспечения оптимальных тепловых режимов технологических процессов в химической, легкой и пищевой промышленности, сельском хозяйстве.

Технология энергопотребления с затратами первичного топлива 120–125 % (класс С1)

Данная технология достаточно экономна. К этому классу относятся традиционные отопительные котельные и котельные, работающие на пеллетах, для производства которых используются современные технологии, основанные на измельчении материала в однородную массу с последующим прессованием при очень высоком давлении. Пеллеты – топливные гранулы или брикеты, также называемые биотопливом. Биотопливо можно изготавливать не только из древесных отходов, но также из лузги подсолнечника, соломы, торфа и даже водорослей. **Экономическая эффективность и отдача энергии у этой технологии настолько высока, что использовать это топливо можно где угодно: в котельных, на электростанциях, для отопления домов в селе.**

Общими показателями качества пеллет являются ровное и эффективное горение, высокая теплотворная способность, практически полное сгорание (с образованием золы не более 0,5 % от веса) и характерно малое дымообразование. В отличие от обычных дров, они не стреляют и горят примерно в 2 раза дольше. Поскольку пеллеты изготавливаются без каких-либо химических добавок и склеивающих веществ, то являются экологически чистым топливом, не выделяющим вредных веществ при горении. **Теплотворная способность пеллет в 1,5–2 раза выше, чем для обычной древесины.** Это связано с показателем влажности: в дровах он составляет 18–20 %, в топливных брикетах не превышает 7–8 %.

Прошедшие цикл термической обработки брикеты и гранулы не опасны для здоровья человека и могут храниться близко к жилью. **Кроме этого, процесс подачи гранулированного топлива можно автоматизировать:** технологическая операция легко выполняется шнековыми или пневматическими загрузчиками без участия человека.

Технология энергопотребления с расходом первичного топлива более 270 % (класс F)

Это максимально энергозатратная технология. К ней относятся пленочно-лучистые электронагреватели (ПЛЭН), которые применяются как источник пиковой энергии в дополнение к котельной либо к тепловым насосам, вырабатывающим базовую энергию. ПЛЭН устанавливается между покрытием потолка и дополнительной теплоизоляцией, занимая при этом около 70–80 % площади поверхности. В основу работы нагревателя заложен известный принцип, в соответствии с которым при протекании тока через



Рис. 3. Котел, работающий на пеллетах

**Рис. 4. Установка
пленочно-лучистых
электронагревателей**



проводник (резистивную греющую фольгу) выделяет-ся теплота. Теплота контактно передается на алюми-ниевую фольгу, поверхность которой нагревается до температуры 43–44 °С. ПЛЭН начинает излучать невидимую тепловую составляющую солнечного света (инфракрасные лучи) длиной волны 9–15 мкм. Это излучение поглощается поверхностью стен, пола и мебели, создавая при этом комфортный температур-ный обогрев помещения (разница между полом и потолком составляет 2–3 °С). КПД ПЛЭН составляет 95 %, что существенно отражается на теплозатратах для обогрева метра квадратного. Систему отопле-ния на основе ПЛЭН невозможно разморозить. При отключении электроэнергии с ней ничего не случит-ся, она отключится и после восстановления энерго-снабжения выйдет на заданный температурный режим. Система способна повысить температуру в положительном диапазоне в помещении на 10 °С в течение 40 мин. Если в работе системы нет необхо-димости в течение длительного периода, она может быть переведена в дежурный режим (с температу-рой 10 °С), причем энергопотребление снизится в 2 раза. На обогрев квадратного метра помещения с высотой потолка, не превышающей 3 м, затрачивает-ся около 10–20 Вт·ч. Столь низкий расход электро-энергии обусловлен тем, что в дежурном режиме система включается не более чем на 10 мин. в час.

Наглядно проследить экономию можно на приме-ре. В коттедже потребление электроэнергии на метр квадратный отапливаемой площади в среднем составляет 12 Вт; при тарифе 1,2 руб./кВт·ч общие затраты электроэнергии на 100 м² отапливаемой пло-щади составят: $100 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 30 = 864 \text{ кВт}\cdot\text{ч/мес.}$, или 1 036,80 руб./мес. Практически такая же сумма пла-тится за теплоснабжение панельной квартиры пло-щадью 54 м².

Если здание не соответствует СНиП II-3–98 «Строи-тельная теплотехника», то система работать будет, но показатели расхода электроэнергии будут выше заявленных ранее.

Еще одним важным преимуществом лучистой системы отопления является ее малая инерцион-ность. Даже если колебания температур в течение суток достигают 20–25 °С, система включается и под-держивает комфортную температуру только тогда, когда есть необходимость в нагреве помещения.

Опираясь на вышесказанное, можно прийти к выводу, что лучистая система может применяться повсеместно и по большинству аспектов превосхо-дит традиционную систему, но особенно актуальна для следующей группы потребителей: существую-щие и новые коттеджи и загородные дома, где пре-дусмотрено электроснабжение.

При выборе системы отопления имеет смысл про-извести подробные расчеты и оценить затраты на традиционную и лучистую системы. В большинстве случаев ПЛЭН выглядит привлекательней. При расче-тах следует помнить, что система ПЛЭН не потребует дальнейших затрат на обслуживание. Минимальное снижение затрат на отопление – 2,5 раза.

Технология замены энергозатратных потребителей электроэнергии (класса F) на энергоэкономичные (класса B2)

Трубчатые электронагреватели (ТЭН) являются одним из наиболее затратных потребителей по величине заявленной тепловой мощности класса F. ТЭН предназначены для подогрева масла масляных выключателей, приводов и ячеек выключателей, рас-пределительных устройств. Их можно заменять на тепловые трубы (ТТ) (см. справку 2) или термосифоны



**Рис. 5. Трубчатый
электронагреватель**

(см. справку 3). Применение ТТ с использованием в качестве рабочей жидкости воды с температурой до 55–60 °С позволяет обеспечить высокую энергетическую эффективность и одновременно высокую надежность для обогрева ответственных и труднодоступных элементов электротехнических устройств. Конструктивно ТТ можно выполнить настолько компактными, что они могут заменить ТЭН.

В заключение сформулируем основные принципы развития энергоресурсосберегающей энергетики России, учитывая резко континентальный климат и огромную территорию страны:

- внедрение приведенной на рис. 1 системы классификации и маркировки эффективности энергетического товара: электрической, тепловой, комбинированной¹ энергии;
- приведение российской тарифной политики для энергоресурсов и мощности в соответствие с «тремя западными и пятью российскими принципами»² энергоресурсосберегающей политики;
- эффективное сочетание двух взаимно противоположных подходов, обеспечивающих коллективный оптимальный минимум как по первоначальным капитальным затратам по мощности, так и по эксплуатационным затратам на энергию. Для этого нужно выделить два сектора в годовом графике потребления тепла, идущего на отопление помещений (служебно-бытовых и производственных)

для распределительных устройств сетевого комплекса:

сектор А – производство условно дешевой энергоэффективной энергии класса А и В (с расходом первичного топлива от 10 до 65 %), получаемой от затратных энергоисточников: ТЭЦ, тепловых насосов, котельных;

сектор В – производство дорогой энергосодержащей энергии класса F (с расходом первичного топлива 270 %), получаемой в пиковых режимах работы от условно дешевых источников мощности, например электрических котельных, ТЭН и т. д.;

- массовый перевод систем отопления с электрического на отопление от ТЭЦ, тепловых насосов и котельных, работающих на пеллетах;
- установка тепловых насосов с использованием сбросного тепла силовых трансформаторов;
- применение сезонной аккумуляции тепла в грунте в сочетании с тепловыми насосами;
- массовое использование солнечного отопления с аккумуляцией тепла и тепловых насосов;
- массовый переход с ламп накаливания на энергосберегающие лампы;
- использование электрического отопления только в пиковом режиме с применением пленочно-лучистых обогревателей. ■

¹ См.: Богданов А. Б. Принципы организации рыночной энергетики / А. Б. Богданов. – Энергосбережение. – 2009. – № 5, 6.

² Там же.