

А.О. Варыгина, Н.В. Савина

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

*Повышение энергоэффективности и энергосбережение признано стратегической задачей, связанной с поддержанием технического состояния электросетевого комплекса на современном уровне.*

*Ключевые слова: энергоэффективность, провод, ЛЭП, потери, модернизация, электросетевое хозяйство.*

## POWER EFFICIENCY IN ELECTRIC NETWORKS

*Power efficiency and conservation is recognized as a strategic objective related to the maintenance of the electric power grid complex.*

*Key words: power efficiency, wire, electric power line, electric power losses, modernization, electric power networks facilities.*

Энергоэффективность – это комплекс организационных, экономических и технологических мер, направленных на повышение значения рационального использования энергетических ресурсов в производственной, бытовой и научно-технической сферах [5]. На сегодняшний день это является одним из глобальных трендов в мировой энергетике. Именно повышение энергоэффективности и энергосбережение (далее – ПЭиЭ), а не наращивание производства энергоресурсов стало за последние 30 лет основным источником покрытия потребностей в энергетических услугах.

По причине очевидного роста стоимости энергоресурсов потери, которым ранее уделялось гораздо меньше внимания, на сегодняшний день стали обходиться слишком дорого. И сохранение тенденции высокого уровня потерь не всегда определяется только уровнем изношенности электросетевого хозяйства или сложными климатическими условиями России. Реализация же отдельных мер, направленных на улучшение ситуации, несмотря на все очевидные преимущества и ожидаемый экономический эффект, показала несовершенство избирательного подхода решения проблемы.

Исходя из вышесказанного, существует настоятельная потребность в комплексном изучении процессов повышения энергоэффективности на основе повышения энергоэффективности электроэнергетики в целом и электросетевого комплекса в частности, что подтверждает высокий процент электросетевой составляющей в цене электроэнергии (табл. 1) и нереализованный мировой потенциал энергосбережения, составляющий 80%.

Таблица 1

### Доля электросетевой составляющей в цене электроэнергии

Параметр	Россия				США*	Англия*	Франция*
	2006	2008	2010	2011	2010	2010	2010
Электросетевая составляющая, %	32	40	61	47	17	26	30
Производство и сбыт, %	68	60	39	53	83	74	70

\*данные АПБЭ, НП «Совет рынка» и аналитика компании Branap [1], [2].

Таким образом, ПЭиЭ признано стратегической задачей, связанной с поддержанием технического состояния электросетевого комплекса на современном уровне. Для отечественных электросетей это особенно важно, достаточно отметить, что с 1990-х гг. потери электроэнергии при передаче в сетях выросли в 1,5 раза, при этом эффективность использования капиталовложений снизилась в 2,5 раза [5].

Российский электросетевой комплекс является одним из крупнейших в мире по числу потребителей и протяженности линий электропередачи. Ни для кого не секрет, что он стремительно стареет. Уровень износа оборудования колеблется в пределах 60-70% по стране. В частности, на Дальнем Востоке динамику износа оборудования можно проследить на примере ОАО «ДРСК» (табл. 2), из которой видно, что ситуация не меняется и тенденция к увеличению процента износа сохранятся.

Таблица 2

**Износ электросетевого хозяйства ОАО «ДРСК»**

Год	2009	2010	2011	2012	2013
Износ, %	63,7	64,4	64,4	64,5	65,1

Таким образом, проведение глубокой модернизации электросетевого хозяйства с ориентиром на энергоэффективность – одно из основных направлений улучшения ситуации как в регионе, так и в стране.

Для предприятий электросетевого комплекса ежегодная разработка и выполнение мероприятий по снижению потерь электроэнергии, а также следование программе повышения энергоэффективности и энергосбережения позволяют улучшить технико-экономические показатели в работе. Совершенствование технологических процессов, оптимизация режимов потребления ресурсов, совершенствование схем электроснабжения, реконструкция и модернизация энергетических установок, внедрение новых технологий и оборудования, совершенствование средств и систем учета энергоресурсов и снижение потерь электроэнергии при ее транспорте – одни из важных задач. Частично решение их возможно за счет [4]:

сокращения величины потерь энергии в проводах (60% потерь энергии при передаче приходится именно на провода);

увеличения пропускной способности электросетей;

обеспечения бесперебойности энергоснабжения в сложных природных условиях, а также повышения надежности и долговечности ЛЭП.

Рассмотрим данные по ежегодному уровню потерь, начиная с 2008 г., сведенные в табл. 3. Общий уровень потерь не превышает 10% от отпуска в сеть, и казалось бы, что ситуация в целом не критична. Но не стоит забывать о большом значении величины самого отпуска в сеть, а также об очагах максимальных потерь, – в частности, в сетях Михайловского района потери составляют около 60%, а Ромненского, Ивановского, Мазановского и Тамбовского районов – около 45%.

Таблица 3

**Ежегодный уровень потерь**

Показатели	Ед. изм.	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Потери электроэнергии	млн. кВт.ч	2084,65	2095,42	2039,8	2132,8	2134,1	2017,2
Нормативные технологические потери	млн. кВт.ч	1813,65	1796,7	1875,5	1960,0	1964,5	1901,5
Сверхнормативные потери	млн. кВт.ч	271	298,72	164,3	172,8	169,6	115,6
Потери электроэнергии, % от отпуска в сеть	%	8,79	8,98	8,08	9,61	9,35	8,91

Снижение потерь в распределительных сетях – часть общей задачи повышения экономичности работы предприятия. Однако не всякое снижение потерь в сети повышает экономичность системы электроснабжения предприятия в целом. Поэтому целесообразность каждого мероприятия необходимо проверять технико-экономическими расчетами.

От чего же зависит величина потерь? Во-первых, от сопротивления линии. А поскольку зависимость между ними прямо пропорциональна, то его нужно снижать. И если раньше для реализации ЛЭП выбирали между медью и алюминием, то сейчас выбор стал намного шире: это и СИП, и провода типа Z, и провода с композитным сердечником. Сравним характеристики этих проводов для сетей 6-110 кВ, а результаты сведем в табл. 4.

Таблица 4

#### Характеристики проводов

Характеристика	СИП	Провод типа Z	Провод с композитным сердечником
Конструкция	состоит из четырех скрученных изолированных проводов, по одному на каждую из трех фаз. Четвертый фазный провод выполняет одновременно роль несущего и служит нулевым рабочим или совмещенным проводником	компактная, наружные слои из проволок Z-образного профиля	компактная, из трапециевидных проволок, с композитным сердечником
Материалы	светостабилизированный полиэтилен (LDPE) для проводов СИП-1, СИП-1А светостабилизированный полиэтилен (XDPE) для проводов СИП-2, СИП-2А, СИП-3	алюминиево-магниевый кремниевый сплав, сердечник из стальной оцинкованной проволоки или из алюминиевого сплава	термообработанный алюминий, сердечник из композитного материала на основе углеродных волокон
Удельное сопротивление	на 5 меньше	на 3% меньше	на 10% меньше
Аэродинамическое сопротивление	на 20 % меньше	на 30-35 % меньше	на 25-50% меньше
Усилие на разрыв	на 12% больше	на 23% больше	на 15 % больше
Удельная масса	меньше на 20-30%	меньше на 13-18%	меньше на 15-20%
Преимущества	повышенная надежность в зонах интенсивного гололедообразования, уменьшение гололедно-ветровых нагрузок на опоры; снижение падения напряжения вследствие малого реактивного сопротивления	повышенная надежность, стойкость к снегоналипанию, обледенению, к механическим повреждениям	повышенная пропускная способность (в 2 раза), повышенная надежность

С учетом того, что медь имеет почти вдвое меньшие потери, но она гораздо тяжелее и дороже алюминия, для воздушных линий обычно выбирают сталеалюминевый провод, поэтому в таблице характеристики проводов будут приводиться по отношению к сталеалюминевому аналогу.

Следует отметить, что для модернизации электросетевого комплекса требуются провода нового поколения, которые по характеристикам превосходят так привычные уже всем сталеалюминевые. И хотя сама стоимость этих проводов будет в 2-5 раза больше (в зависимости от условий проекта), то за счет меньшего количества анкерных и промежуточных опор на линии, экономии на фундаментах опор, меньшего значения тепловых потерь, дополнительной передаваемой мощности и т.п. экономический эффект окажется существенным, а срок окупаемости составит от 0,3 до 3 лет.

Вторым источником потерь является реактивная мощность, или, точнее, реактивная нагрузка. Проблема компенсации реактивной энергии и мощности возникла одновременно с применением на практике переменного и особенно трехфазного тока. При включении в цепь индуктивной или емкостной составляющей нагрузки (всевозможные двигатели, промышленные печи и даже высоковольтные линии электропередач) между электроустановкой и источником возникает обмен потоками энергии, суммарная мощность которого равна нулю, но при этом он вызывает дополнительные потери активной энергии, потери напряжения и снижает пропускную способность электрических сетей. Так как избежать подобных негативных воздействий невозможно, необходимо просто свести их к минимуму [5].

Из статистики известно, что по причине некомпенсированной реактивной мощности потребитель теряет до 30% электроэнергии. Чтобы ликвидировать такие типы потерь, используются компенсаторы реактивной мощности. Эти устройства серийно выпускаются промышленностью. Причем они бывают от «однорозеточного» варианта до устройств, устанавливаемых на трансформатор подстанции. Срок окупаемости устройств для компенсации реактивной мощности составляет 2 – 3 года [3].

К рекомендованным мероприятиям по снижению потерь электроэнергии в распределительных сетях также относятся оптимизация: рабочей или нормальной схемы электроснабжения; распределения нагрузки между пунктами приема электроэнергии; режимов работы схем электроснабжения, повышение рабочего уровня напряжения в сети за счет регулирования напряжения на генераторах и силовых трансформаторах, регулирование напряжения в узлах нагрузки и др.[3].

Таким образом, для повышения энергоэффективности и энергосбережения в рамках модернизации электросетевого комплекса необходимо: внедрение энергоэффективных инновационных решений; усовершенствование нормативно-технической базы в этом направлении, а также учет рисков эксплуатации электросетевого хозяйства; пересмотр методов и принципов проектирования или реконструкции объектов электросетевого комплекса на этапе экономического обоснования с учетом стоимости владения и эксплуатации; осуществление комплексного подхода.

ПЭиЭ позволит не только снизить потребление энергии и уменьшить плату за пользование ею, но даст и другие серьезные положительные результаты, включая повышение энергетической безопасности за счет улучшения макроэкономической ситуации и обеспечения сохранности окружающей среды и природных ресурсов.

---

1. WorldEnergyOutlook.OECD/IEA. – Paris, 2013. – 688 p.
2. WorldEnergyOutlook. OECD/IEA. – Paris, 2012.– 668 p.
3. Савина, Н.В. Системный анализ потерь электроэнергии в электрических распределительных сетях. – Новосибирск: Наука, 2008. – 228 с.
4. Федоров, Н.А. Энергоэффективность в электрических сетях // Оперативное управление в электроэнергетике. – 2014 – № 4. – С. 39 – 48.
- 5.Электронный журнал по энергосбережению и энергоэффективности «ЭНЕРГОСОВЕТ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energsovet.ru/bul.php> (дата обращения 20.09.2014).