

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях

Динамика, структура, методы анализа и мероприятия

В. Э. Воротницкий, доктор техн. наук, профессор, **М. А. Калинин**, канд. техн. наук, **Е. В. Комкова**, канд. техн. наук, ОАО «ВНИИЭ», **В. И. Пятигор**, инженер ОАО «ФСК ЕЭС»

Введение

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, кризисные явления в стране в целом и в энергетике в частности отрицательным образом влияют на такой важный показатель энергетической эффективности передачи и распределения электроэнергии, как ее потери в электрических сетях.

Характерным при этом является то, что зависимость роста потерь в сетях и кризиса экономики имеет место не только в России и странах СНГ, но и в других странах, вступивших в период перехода от централизованных к рыночным методам управления экономикой. Это, очевидно, связано с ослаблением в такой период контроля за потреблением электроэнергии, снижением платежеспособности значительной части потребителей, в первую очередь населения, с ростом хищений электроэнергии, обострением проблем из-за несовершенства традиционной системы учета электроэнергии и т. д.

Сверхнормативные потери электроэнергии в электрических сетях – это прямые финансовые

убытки электросетевых компаний. Экономия от снижения потерь можно было бы направить на техническое переоснащение сетей; увеличение зарплаты персонала; совершенствование организации передачи и распределения электроэнергии; повышение надежности и качества электроснабжения потребителей; уменьшение тарифов на электроэнергию.

Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях – сложная комплексная проблема, требующая значительных капитальных вложений, необходимых для оптимизации развития электрических сетей, совершенствования системы учета электроэнергии, внедрения новых информационных технологий в энергосбытовой деятельности и управления режимами сетей, обучения персонала и его оснащения средствами проверки средств измерений электроэнергии и т. п.

Цель статьи – рассмотреть динамику и структуру потерь электроэнергии в электрических сетях России и за рубежом, методы анализа и основные мероприятия по снижению потерь в электрических сетях 0,38–110 кВ.

Динамика и структура потерь электроэнергии

Динамика потерь электроэнергии в электрических сетях России за 1994–2003 годы по данным ОРГРЭС представлена в таблице.

Из нее видно, что за указанный период отпуск электроэнергии в сеть увеличился на 5 %, абсолютные потери выросли на 37 %, а относительные – на 31 %. При этом, если в середине 80-х годов XX века потери в сетях бывшего Минэнерго СССР составляли 9,2 %, то в 2003 году они достигли максимального уровня – 13,15 %. В отдельных энергосистемах относительные потери уже превысили 20 % и более, в некоторых электросетевых предприятиях они достигают 40–50 %.

Анализ зависимости относительных потерь электроэнергии в энергосистемах от доли потребления промышленностью (в % от полезного отпуска) (рис. 1) показывает, что чем выше доля промышленного потребления (Тюмень-энерго 70,5 %), тем ниже уровень относительных потерь – 6,7 %. И наоборот, в энергосистемах со

Таблица

Динамика потерь электроэнергии в электрических сетях России за 1994–2003 годы

Наименование показателя	Ед. изм.	Численные значения показателя по годам									
		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Отпуск в сеть	млрд. кВт•ч	774,4	757,1	748,1	733,1	727,1	744,8	775,5	790,6	789,8	814,3
Потери в сети	млрд. кВт•ч	78,1	79,5	81,5	83,9	88,9	83,5	99,2	103,6	103,1	107,1
	%	10,9	10,51	10,89	11,44	12,22	12,56	12,79	13,10	13,05	13,15

значительной мелкомоторной и бытовой нагрузкой относительные потери электроэнергии, как правило, значительно выше (Дагэнерго, Калмэнерго).

В последние годы в связи с включением нормативных потерь в тариф на услуги по передаче электрической энергии наметилась опасная тенденция подгонки этих нормативов под фактические потери. Такая практика приводит к росту тарифов на услуги по передаче электроэнергии и тарифов на электроэнергию для ее потребителей. Рост тарифов на электроэнергию создаст дополнительные стимулы для ее хищений, что приведет к дальнейшему росту потерь и т. д.

Суммарные технические потери электроэнергии в электрических сетях АО-энерго РФ в 2002 году составили 67,2 млрд. кВт·ч. Кроме того, потери в магистральных электрических сетях ОАО "ФСК ЕЭС" – 9,7 млрд. кВт·ч. Отчетные потери в 2002 году достигли 103,1 млрд. кВт·ч, следовательно, небаланс или коммерческие потери электроэнергии составляют около 27 млрд. кВт·ч.

Из общей величины технических потерь около 78 % приходит-

ся на электрические сети 110 кВ и ниже, в том числе 33,5 % – на сети 0,4–10 кВ. Если принять во внимание, что коммерческие потери сосредоточены в основном в сетях 0,4–10 кВ, то общая доля потерь в них от суммарных по стране в целом составляет около 60 %. Учитывая, что по объективным причинам нагрузка электрических сетей 0,4 кВ будет увеличиваться в связи с опережающим ростом бытового потребления электроэнергии, доля потерь в распределительных сетях в ближайшие годы также будет расти. Соответственно должны будут увеличиваться и усилия персонала по снижению потерь в сетях именно этого класса напряжения.

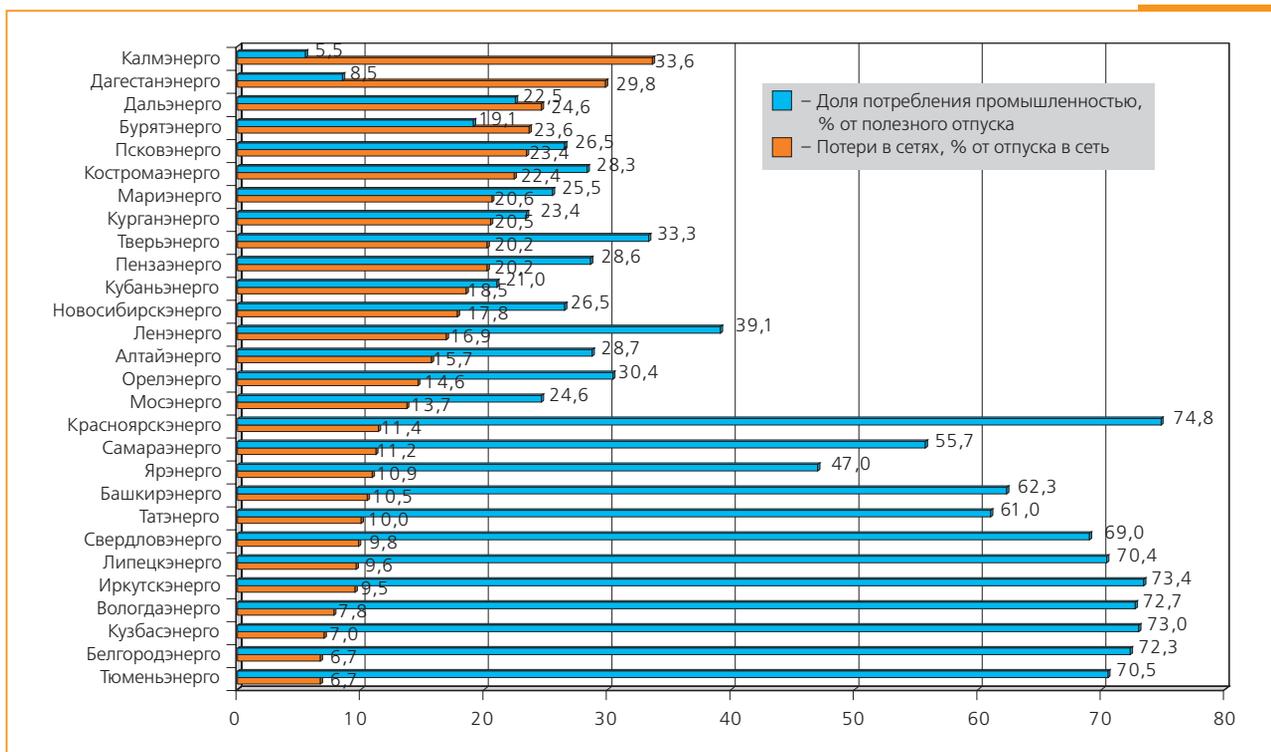
Для сравнения на рис. 2, 3 приведены данные по относительным потерям электроэнергии в электрических сетях стран дальнего зарубежья. Из рис. 2 видно, что потери электроэнергии в странах Западной Европы, в Японии находятся в диапазоне 4,0 – 8,9 %. Несколько выше – 9,8–11,0 % – в Канаде и Новой Зеландии, а также в большинстве стран Африки (рис. 3).

Анализ динамики абсолютных и относительных потерь электро-

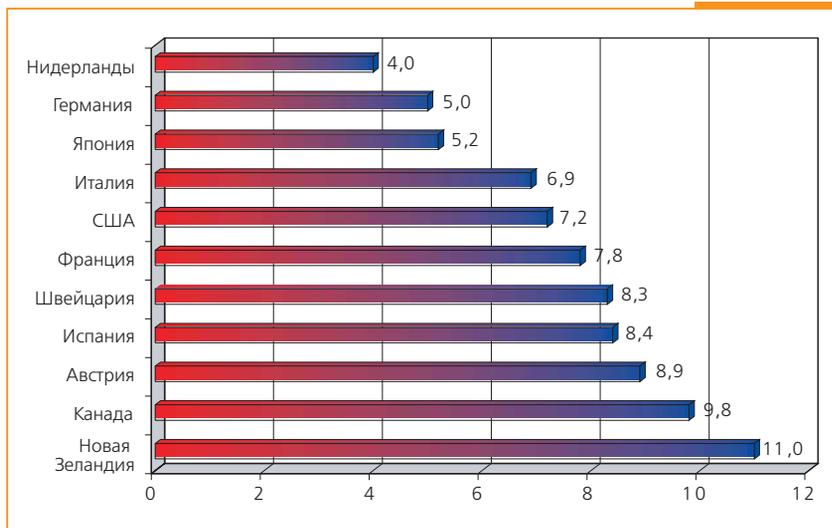
энергии в электрических сетях России, режимов работы сетей и их нагрузка показывает, что практически отсутствуют весомые причины роста технических потерь. К ним в основном относится рост потерь электроэнергии на корону в линиях 110 кВ и выше из-за избытков реактивной мощности в часы минимума нагрузки и рост нагрузки низковольтных сетей из-за увеличения доли бытового потребления электроэнергии. Основная же причина роста потерь – увеличение коммерческой составляющей. Для принятия мер по сдерживанию этого роста и снижения потерь необходимо знать структуру коммерческих потерь.

Структура коммерческих потерь электроэнергии

В идеальном случае коммерческие потери электроэнергии в электрической сети, определяемые расчетным путем, должны быть равны нулю. В реальных условиях отпуск в сеть, полезный отпуск и технические потери определяются с погрешностями. Их разности фактически и являются структурными составляющими коммерческих потерь. Они должны быть по возможности сведены к



▼ Рис. 1. Потери электроэнергии в сетях некоторых энергосистем



▼ Рис. 2. Потери электроэнергии в электрических сетях дальнего зарубежья

минимуму за счет выполнения соответствующих мероприятий по их снижению.

В общем случае составляющие коммерческих потерь электроэнергии можно объединить в три группы [1]:

- обусловленные погрешностями измерений отпущенной в сеть и полезно отпущенной электроэнергии потребителям;
- обусловленные занижением полезного отпуска из-за недостатков энергосбытовой деятельности и хищений электроэнергии;
- обусловленные задолженностью по оплате за электроэнергию.

1. Коммерческие потери электроэнергии, обусловленные погрешностями измерений отпущенной в сеть и полезно отпущенной электроэнергии потребителям

Погрешность измерений электроэнергии может быть разбита на более чем 30 составляющих [2].

К основным наиболее значимым составляющим погрешностей измерительных комплексов, в которые могут входить трансформатор тока, трансформатор напряжения, счетчик электроэнергии, линия присоединения счетчика электроэнергии к трансформатору напряжения, относятся:

1) погрешности измерений электроэнергии в нормальных условиях работы измерительного комплекса, определяемые классами точности трансформатора тока, трансформатора напряже-

ния и счетчика электроэнергии (допустимые метрологические потери электроэнергии);

2) дополнительные погрешности измерений электроэнергии в реальных ненормированных условиях эксплуатации измерительных комплексов, обусловленные:

- заниженным против нормативного коэффициентом мощности нагрузки (дополнительной угловой погрешностью);
- влиянием на счетчик электроэнергии магнитных и электромагнитных полей различной частоты;
- недогрузкой и перегрузкой трансформатора тока, трансформатора напряжения и счетчика электроэнергии;
- несимметрией и уровнем подведенного к измерительному комплексу напряжения;
- работой счетчика электроэнергии в неотапливаемых помещениях с недопустимо низкой температурой;
- недостаточной чувствительностью счетчиков электроэнергии при их малых нагрузках, особенно в ночные часы;

3) систематические погрешности, обусловленные сверхнормативными сроками службы измерительного комплекса. В частности, по результатам проверки Мосoblэнергонадзором состояния приборов учета электроэнергии у бытовых потребителей электроэнергии в городах Московской области установлено, что 81 % электросчетчиков обще-

го количества проверенных подлжит замене и не соответствуют ГОСТ 6570-75 «Счетчики электрические активной и реактивной энергии индукционные. Общие технические условия» по погрешностям измерений. При этом 51 % электросчетчиков имеют в среднем отрицательную погрешность минус 13 %;

4) погрешности, связанные с неправильными схемами подключения электросчетчиков, трансформаторов тока и трансформаторов напряжения, в частности, нарушениями фазировки подключения счетчиков;

5) погрешности, обусловленные неисправными приборами учета электроэнергии;

6) погрешности снятия показаний электросчетчиков из-за:

- ошибок или умышленных искажений записей показаний;
- неодновременности или невыполнения установленных сроков снятия показаний счетчиков, нарушения графиков обхода счетчиков;
- ошибок в определении коэффициентов пересчета показаний счетчиков в электроэнергию.

2. Коммерческие потери, обусловленные занижением полезного отпуска из-за недостатков энергосбытовой деятельности

Эти потери включают несколько составляющих:

- потери при выставлении счетов;
- несоответствие дат снятия показаний расчетных счетчиков с расчетным периодом;
- расчеты потребленной электроэнергии абонентом на основе договоров безучетного электропотребления;
- наличие бесхозных потребителей;
- потери от хищений электроэнергии.

2.1. Потери при выставлении счетов обусловлены:

1) неточностью данных о потребителях электроэнергии, в том числе:

- недостаточной или ошибочной информацией о заключенных договорах на пользование электроэнергией;

- ошибками в корректировке данных о потребителях и т. п.;

2) ошибками при выставлении счетов, в том числе:

- невыставленными счетами потребителям из-за отсутствия точной информации по ним и постоянного контроля за актуализацией этой информации;

- отсутствием контроля и ошибками в выставлении счетов клиентам, пользующимся специальными тарифами;

- отсутствием контроля и учета откорректированных счетов и т. п.

2.2. Несоответствие дат снятия показаний расчетных счетчиков с расчетным периодом

Наличие большого количества потребителей и, как правило, недостаточная укомплектованность АО-энерго персоналом (контролерами, электромонтерами), а также весьма ограниченное использование автоматизированных систем учета электроэнергии приводят к тому, что показания счетчиков у большинства потребителей снимаются раньше расчетного периода или же передаются самим потребителем.

В обоих случаях снижается полезный отпуск и, как следствие, увеличиваются коммерческие потери.

Особенно это характерно для второго случая, когда показания снимаются самим потребителем, что позволяет ему занижать потребление и относить платежи на поздние сроки.

2.3. Расчеты потребленной электроэнергии абонентом на основе договоров безучетного электропотребления

При отсутствии учета электроэнергии у абонента определение потребления осуществляется расчетным образом, что сказывается на правильности определения полезного отпуска и, как следствие, на значении коммерческих потерь.

2.4. Коммерческие потери электроэнергии, обусловленные наличием бесхозных потребителей

Кризисные явления в стране, появление новых акционерных обществ привели к тому, что в большинстве энергосистем в последние годы появились и уже довольно значительное время существуют жилые дома, общежития, целые жилые поселки, которые не стоят на балансе каких-либо организаций. Электро- и теплоэнергию, поставляемые в эти дома, жильцы никому не оплачивают. Попытки энергосистем отключить неплательщиков не дают результатов, так как жители вновь самовольно подключаются к сетям. Электроустановки этих домов никем не обслуживаются, их техническое состояние грозит авариями и не обеспечивает безопасность жизни и имуществу граждан.

2.5. Потери от хищений электроэнергии в связи незаконным подключением потребителей и

мошенничеством с приборами учета и т. д.

Это одна из наиболее существенных составляющих коммерческих потерь, которая является предметом заботы энергетиков в большинстве стран мира.

Обобщение международного и отечественного опыта по борьбе с хищениями электроэнергии показало, что в основном ими занимаются бытовые потребители. Имеют место кражи электроэнергии, осуществляемые промышленными и торговыми предприятиями, но объем этих краж нельзя считать определяющим.

Хищения электроэнергии имеют достаточно четкую тенденцию к росту, особенно в регионах с неблагоприятным теплоснабжением потребителей в холодные периоды года, а также практически во всех регионах в осенне-весенние периоды, когда температура воздуха уже сильно понизилась, а отопление еще не включено.

3. Коммерческие потери, обусловленные задолженностью по оплате за электроэнергию – финансовые потери

Данная составляющая обусловлена:

1) задержками в оплате позже установленной даты (в том числе неодновременностью оплаты за электроэнергию бытовыми потребителями – так называемой «сезонной составляющей»).

Весьма существенная составляющая коммерческих потерь электроэнергии имеет место в связи с тем, что бытовые потребители объективно не в состоянии одновременно снять показания счетчиков и оплатить за электроэнергию. Как правило, платежи отстают от реального электропотребления, что, безусловно, вносит погрешность в определение фактического полезного отпуска бытовым потребителем и в расчет фактического небаланса электроэнергии, так как отставание

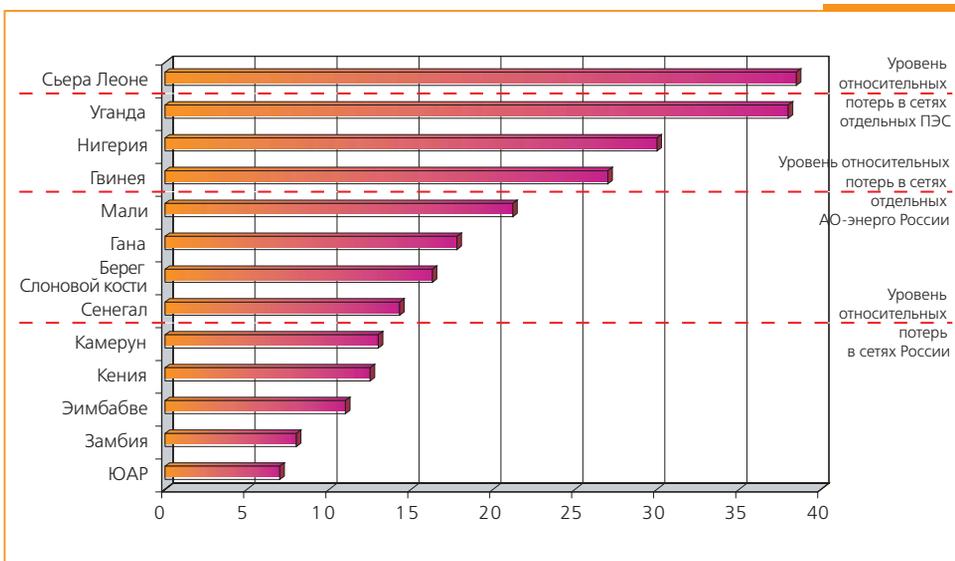


Рис. 3. Относительные потери электроэнергии в электрических сетях стран Африки

может составлять 1–3 месяцев и более.

В действующей методике составления баланса электроэнергии отпуск электроэнергии населению определяется по факту оплаты и принимается за 100 %.

Реально же отпуск населению совершенно иной, может быть определен весьма приблизительно и достаточно сложно прогнозируем в силу ряда причин:

- значительная часть населения, особенно в сельской местности, производит оплату с периодичностью один раз в 2–3 месяца;

- уровень оплаты подвержен сезонности из-за владельцев дачных участков, осуществляющих единовременные платежи в летний период;

- уровень коммерческих потерь существенно возрастает после повышения тарифов, поскольку население завывает показания счетчиков и оплачивает большее количество электроэнергии по старым, более низким тарифам. В результате в месяц, предшествующий повышению тарифа, полезный отпуск населению возрастает, а в последующие 1–3 месяца он ниже.

И хотя недоплачиваемый населением отпуск электроэнергии нельзя считать полностью потерянными, сложность заключается в достоверной его оценке, что может быть сделано лишь с некоторыми допущениями.

2) долговременными и безнадежными долгами и неоплаченными счетами из-за:

- неудовлетворительной процедуры востребования оплаты. Сюда же включается часть абонентов, являющихся злостными неплательщиками, имеющими многомесячную задолженность, которую невозможно востребовать даже по решению суда ввиду отсутствия доходов согласно заключениям судебных приставов;

- неплатежеспособности потребителей;

- плохого учета неоплаченных счетов и управления оплатой, в том числе потери документов об оплате и т. п.

Энергетические обследования электрических сетей и энергосбытовой деятельности – наиболее эффективный метод анализа технических и коммерческих потерь

Для определения приоритетных направлений и очередности внедрения мероприятий по снижению потерь необходим тщательный анализ энергетических балансов электрических сетей в целом и их отдельных узлов (подстанций); технического состояния, условий применения и погрешностей приборов учета электроэнергии (трансформаторов тока, напряжения и счетчиков); организации работы по внедрению мероприятий по снижению потерь. Другими словами, необходимо достаточно детальное энергетическое обследование электрических сетей.

Энергетические обследования должны проводиться в соответствии с Федеральным законом «Об энергосбережении», Постановлением Правительства РФ от 2.11.1995 года № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению», а также в соответствии с утвержденными Минтопэнерго России 25.03.1998 года Правилами проведения энергетических обследований организаций.

Необходимость энергетических обследований для энергосбережения подтверждается не только опытом передовых предприятий и организаций, но и закреплена важнейшими государственными документами, а также рядом государственных стандартов.

В ходе обследования электрических сетей должен проводиться анализ:

- отчетных данных по балансам и потерям электроэнергии в электрических сетях, результатов расчетов технических и коммерческих потерь электроэнергии, программного обеспечения этих расчетов;

- систем коммерческого и технического учета электроэнергии;

- организации управления сбытом электроэнергии;

- режимов работы электрических сетей и качества электрической энергии;

- технического состояния основного оборудования электрических сетей;

- мероприятий по снижению потерь и повышению качества электроэнергии и их эффективности [3].

Как показали энергетические обследования ряда предприятий электрических сетей, мероприятия по снижению потерь электроэнергии можно разбить на шесть групп:

1. Мероприятия по оптимизации режимов электрических сетей и совершенствованию их эксплуатации.

2. Мероприятия по строительству, реконструкции, техпереворужению и развитию электрических сетей, вводу в работу энергосберегающего оборудования.

3. Мероприятия по совершенствованию расчетного и технического учета, метрологического обеспечения измерений электроэнергии.

4. Мероприятия по уточнению расчетов нормативов потерь, балансов электроэнергии по фидерам, центрам питания и электрической сети в целом.

5. Мероприятия по выявлению, предотвращению и снижению хищений электроэнергии.

6. Мероприятия по совершенствованию организации работ, стимулированию снижения потерь, повышению квалификации персонала, контролю эффективности его деятельности.

Литература

1. Воротницкий В. Э., Калинин М. А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях: Учебно-методическое пособие. М.: ИПКГосслужбы, 2002.

2. Загорский Я. Т., Комкова Е. В. Границы погрешности измерений при расчетном и техническом учете электроэнергии // Электричество. 2001. № 8. С. 14–17.

3. Апряткин В. Н., Воротницкий В. Э., Загорский Я. Т., Калинкина М. А., Комкова Е. В. Методология энергетических обследований электрических сетей // Вестник ВНИИЭ-2003. М.: "Издательство НЦ ЭНАС". 2003. С. 66–72.

Продолжение в следующем номере ■