

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭЭС

Н.К. Алексеев, В.М. Шевцов

Введение. Обязательные энергетические обследования организаций РАО «ЕЭС России» проводятся во исполнение Федерального закона «Об энергосбережении» [1], а также приказа Минэнерго России от 18.05.99 «О сводной программе проведения обязательных энергетических обследований энергоемких предприятий и организаций на 1999-2003 годы» № 161. Центр энергосбережения РАО «ЕЭС России» в настоящее время нацеливает энергоаудиторов на то, чтобы при проведении энергетических обследований особое внимание уделялось комплексному энергоэкономическому анализу, это позволит не только выполнить требования Федерального законодательства и Минэнерго России, но и использовать результаты комплексных энергетических обследований для подтверждения затрат на производство продукции и на мероприятия по снижению издержек, а также для обоснования инвестиционных программ и подтверждения экономического эффекта от реализации мероприятий.

Одной из основных задач энергетических обследований электрических сетей является разработка технических и организационных мероприятий по снижению потерь электроэнергии и оценка прогнозируемого значения снижения потерь электроэнергии в результате внедрения рекомендуемых мероприятий [2]. Величину потерь электроэнергии характеризует важный показатель – энергоэффективность передачи и распределения электроэнергии. В первую очередь необходимо произвести тщательный анализ энергетических балансов по отдельным подстанциям и в целом по электрическим сетям, обследование технического состояния, условий применения и погрешностей приборов учета электроэнергии, оценку фактической эффективности планируемых ежегодно предприятием электрических сетей (ПЭС) отдельных мероприятий по снижению потерь электроэнергии, а также плана организационно-технических мероприятий в целом.

Для детального анализа потерь электроэнергии используется следующая информация: отчетные данные о потерях в электрических сетях за несколько лет (ежемесячные, годовые и для представления глубины обработки сведений за три последних года); результаты расчетов технических и коммерческих потерь электроэнергии, а также погрешности измерений; данные о состоянии систем коммерческого и технического учета электроэнергии; сведения об использовании средств компенсации реактивной мощности и регулирования режима электрических сетей; показатели деятельности энергосбыта по выявлению безучетного потребления электроэнергии (хищений); технико-экономические итоги выполнения плана мероприятий по снижению потерь электроэнергии.

Источниками информации являются: рабочие схемы электроснабжения и существующая система учета электроэнергии; оперативная и отчетная документация по учету электроэнергии, графики нагрузки и уровней напряжений, документация на технологическое и вспомогательное оборудование и др. Информация дополняется инструментальными обследованиями.

На основании полученной информации производится всесторонний анализ работы как отдельных подстанций (ПС), так и предприятия электрических сетей в целом, что отражается в энергетических паспортах.

Пример энергетического обследования подстанции. Охарактеризуем годовой анализ для одной из подстанций ПЭС «Северные электрические сети» ОАО «Чувашэнерго». Подстанция имеет следующие характеристики: класс напряжения – 110/10 кВ; тип ПС по признаку присоединения к сети ВН – узловая; количество силовых трансформаторов типа ТДН-160000/110 – 2 шт.; количество трансформаторов собственных

нужд типа ТМГ-160 – 2 шт. На подстанции используются трансформаторы напряжения (ТН) с классом точности 0,5-1,0 и трансформаторы тока (ТТ) с классом точности 0,5, а счетчики учета электроэнергии (технические и расчетные) имеют класс точности 2,0.

Расчетные потери электроэнергии в силовых трансформаторах, определяемые как сумма постоянных (в стали Π_c) и переменных (в обмотках Π_o) потерь удобно представить для k-го трансформатора в виде относительных значений (рис.1):

$$\Pi_k, \% = \frac{\Pi_{ck} + \Pi_{ok}}{\Sigma \Pi} \cdot 100,$$

где $\Sigma \Pi$ – сумма потерь всех силовых трансформаторов подстанции.

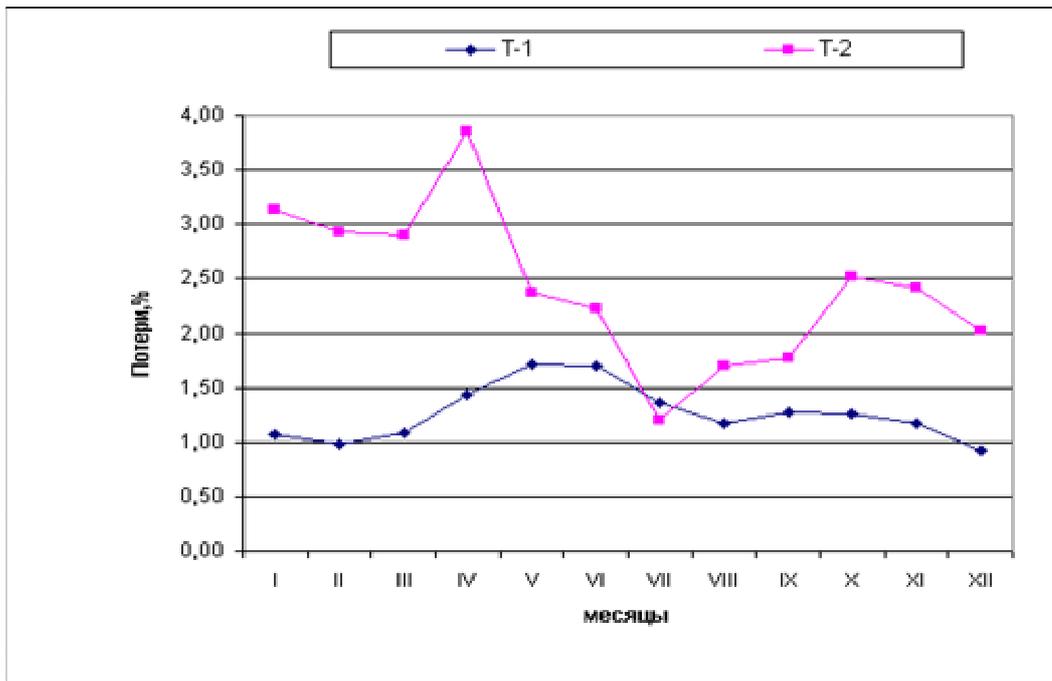


Рис. 1. График изменения относительных потерь силовых трансформаторов подстанции за 2001 г.

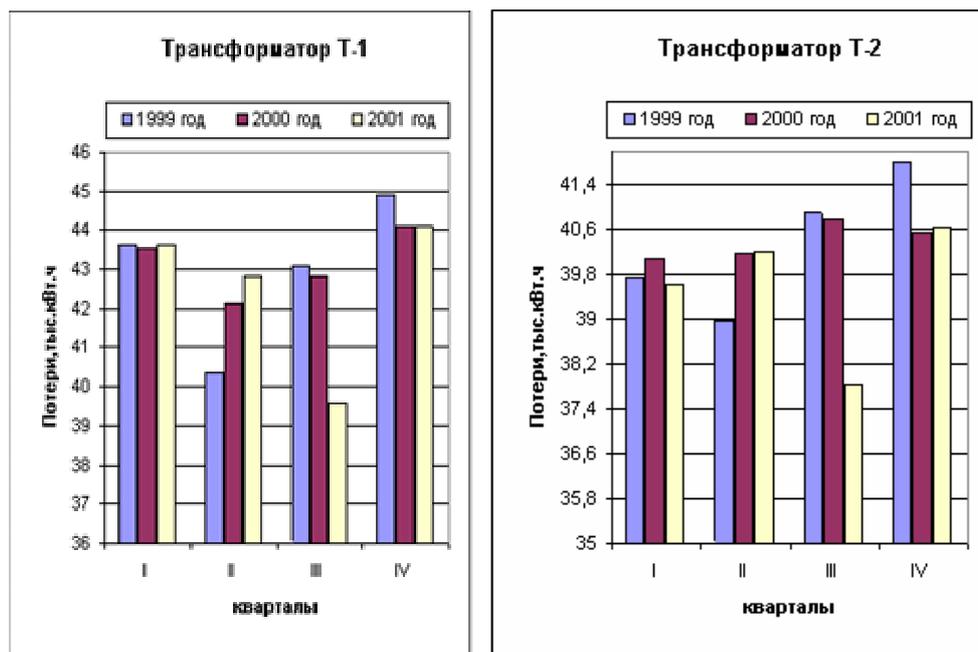


Рис. 2. Потери электроэнергии в силовых трансформаторах подстанции за 1999-2001 гг.

Из рис.1 следует, что трансформатор Т-2 имеет малый коэффициент загрузки. Потери в стали Т-1 составили 95,64% от общих потерь в трансформаторе, а в Т-2 – 99%.

Для характеристики динамики изменения потерь необходимо проанализировать данные о потерях электроэнергии в электрических сетях за несколько лет (например, за три года). Такие данные для рассматриваемой подстанции приведены на рис.2. Наблюдается тенденция к снижению суммарных потерь в силовых трансформаторах: за 1999 г. суммарные потери составили 333,413 тыс.кВт·ч, а в 2001 г. –328,45 тыс.

Важным показателем работы ПС является достоверность учета электроэнергии, что характеризуется сравнением фактического и допустимого небалансов, значения которых определяются в соответствии с [3]. На рис.3 приведена диаграмма поступления и отпуска электроэнергии на шинах 10 кВ по данным ежемесячных показаний счетчиков, а диаграмма фактического и допустимого небалансов иллюстрируется на рис.4. Фактический небаланс, в основном, меньше допустимого и колеблется в пределах от +0,1 (июнь) до +1,96% (май) при допустимом небалансе соответственно $\pm 2,15$ и $\pm 2,09\%$. Превышение фактического небаланса над допустимым за месяцы (февраль, сентябрь, октябрь, ноябрь) свидетельствует о коммерческих потерях и персоналу ПЭС рекомендуется выявить причины этого и принять меры по их устранению. Заметим, что фактический небаланс за все месяцы, кроме декабря, имеет положительное значение.

Вся полученная информация после анализа используется в качестве исходного материала для выработки эффективных мероприятий по снижению потерь электроэнергии, а также повышения качества электроэнергии. Как показывает опыт энергетических обследований нескольких подстанций электрических сетей ОАО «Чувашэнерго», рекомендации и предложения по энергосбережению касаются следующих основных направлений:

1. Совершенствование систем приборного учета и контроля передачи и распределения электроэнергии.
2. Использование эксплуатируемого энергооборудования в режимах с малыми потерями электроэнергии.
3. Модернизация и техническое перевооружение силового энергооборудования.
4. Совершенствование организации работ по расчетам технических потерь электроэнергии.
5. Снижение коммерческих потерь.
6. Активизация работы всего персонала ПЭС по проблеме энергосбережения.



Рис.3. Диаграмма поступления и отпуска электроэнергии на шинах 10 кВ подстанции за 2001 г.

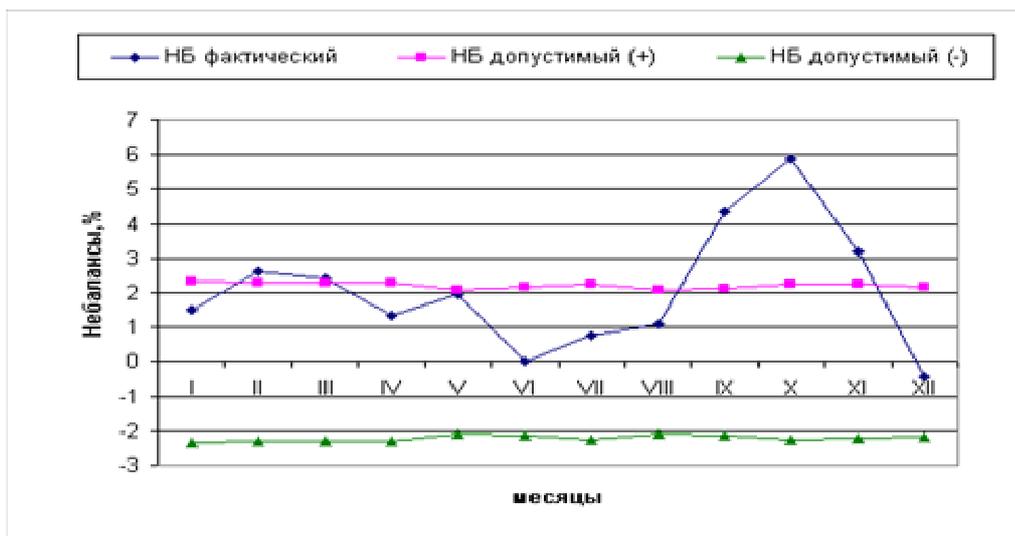


Рис.4. Диаграмма фактического и допустимого небалансов на шинах 10 кВ подстанции за 2001 г.

Более подробно эти мероприятия сводятся к следующему:

1. Осуществить модернизацию системы приборного учета и контроля передачи и распределения электроэнергии, для чего:

- В первую очередь, в измерительных комплексах недогруженных линий целесообразно установить более точные и малопотребляющие электронные счетчики вместо морально устаревших электромеханических. Как известно, при первичных токах, значительно меньших номинальных, индукционные счетчики работают с большой погрешностью (более 10%), а также имеют повышенное потребление, что дополнительно увеличивает погрешность измерительных ТТ (снижение класса точности). Замена устаревших индукционных счетчиков на электронные при малых токах нагрузки позволит снизить погрешность измерений в 5-10 раз.

- Рассмотреть возможность применения для мощных энергопотребителей измерительных ТТ более высокого класса точности (0,2) вместо 0,5, что позволит в два раза уменьшить погрешность измерений. При годовом отпуске с шин 10кВ ПС электроэнергии порядка 20 млн. кВт·ч уменьшение погрешности измерительного комплекса, хотя бы на 1%, уменьшает ежегодно недоучет электроэнергии примерно на 200 тыс.кВт·ч.

- Целесообразно установить счетчики активной и реактивной энергии на вводах 110 кВ силовых трансформаторов, что дает возможность более точно определять фактический и допустимый небалансы на шинах 110 кВ и повысить точность учета поступления и отпуска электроэнергии на 7-10% по подстанции в целом.

- Организовать регулярную запись показаний имеющихся счетчиков реактивной электроэнергии на ВЛ 110 кВ. Тем самым можно контролировать режим электропотребления и обоснованно решать проблему компенсации реактивной мощности у потребителей.

- Укомплектовать измерительные комплексы счетчиками реактивной электроэнергии на линиях 110 и 10 кВ, что решает проблему расчетов балансов реактивной энергии и потерь электроэнергии в силовых трансформаторах и трансформаторах собственных нужд.

- Оперативно осуществлять контроль и проводить анализ поступления и отпуска электроэнергии с целью своевременного выявления и устранения причин возникновения небалансов.

- Повысить ответственность дежурного персонала при ведении записей показаний счетчиков: осуществлять съем показаний в строго регламентированное время и обеспечивать одновременность записей показаний. Это повышает точность системы учета элек-

троэнергии и уменьшает в два-три раза фактические ежемесячные небалансы, особенно в начальные декады месяца.

2. В связи с малой загрузкой силовых трансформаторов рекомендуется изучить возможность замены работающих около 20 лет силовых трансформаторов Т-1 и Т-2 на трансформаторы меньшей мощности с оптимальной загрузкой, более высокими энергетическими показателями и меньшими потерями.

С целью снижения потерь в трансформаторах рекомендуется шире практиковать отключение малозагруженного трансформатора. При этом экономия электроэнергии за месяц может составить более 12 тыс. кВт·ч.

3. Настоятельно рекомендовать использование самонесущих изолированных проводов (СИП) для новых проектов сетей 6-10 кВ и 0,4 кВ, а также модернизацию морально и технически устаревших воздушных ЛЭП, особенно в сельской местности [6,7].

4. Ввести в практику оперативные расчеты потерь в силовых трансформаторах и линиях электропередач и их более детальный анализ с целью своевременной корректировки режимов работы электрооборудования и минимизации потерь электроэнергии. Это позволит повысить точность расчетов энергобалансов на 2-3%.

5. Считать целесообразным учет реактивной мощности в электрической сети; решить проблему ее компенсации в первую очередь у потребителей, имеющих большую двигательную нагрузку.

Выполнение мероприятий по повышению коэффициента мощности у таких потребителей может снизить потери в линии электропередачи и трансформаторах на 5-10% при той же отпущенной активной электроэнергии.

6. Приостановить тенденцию роста коммерческих потерь и хищений электроэнергии, для чего:

- Наладить более четкое взаимодействие с местными администрациями, инспекторами Госэнергонадзора, Энергосбытом, а также органами МВД по пресечению несанкционированного подключения к электрическим сетям, фактов хищения электроэнергии.

- Улучшить приборный учет, контроль поступления и отпуска электроэнергии, проводить оперативно анализ фактического и допустимого небалансов, своевременно устранять технические неполадки.

- Ввести более жесткие санкции для групп электропотребителей, подключенных к присоединениям, на которых систематически наблюдается хищение электроэнергии.

- Модернизировать систему электроснабжения по линиям с большими коммерческими потерями, используя самонесущие изолирующие провода.

7. Активизировать работу персонала подстанции по проблеме энергосбережения:

- Довести до сведения всего рабочего персонала информацию о «Законе об энергосбережении» и других отраслевых материалах, нацеленных на снижение потерь электроэнергии, повышение энергоэффективности работы сетей и улучшение качества электроэнергии.

- Рекомендовать составлять более обоснованные ежегодные планы мероприятий (перечень предложений) по энергосбережению.

- Создавать условия для моральной и материальной заинтересованности персонала в активном участии по разработке и реализации предложений к энергосбережению.

Суммарные потери электроэнергии в ПЭС «Северные электрические сети» ОАО «Чувашэнерго» в 1999 г. составили 4,76%, а в 2000 г. – 4,35 от отпуска в сеть, что по сравнению с другими электрическими сетями являются незначительными. Анализ структуры потерь электроэнергии в электрических сетях в целом по ОАО «Чувашэнерго» показывает, что в 2000 г. потери в линиях (с учетом потерь на корону) составили

44,5%, в стали трансформаторов – 44,9, нагрузочные потери в трансформаторах – 10,6, а в электрических сетях ПЭС «Северные электрические сети» соответственно: 56,3%, 33,95 и 9,75. Это свидетельствует о более оптимальном управлении режимами работы и рациональном использовании силового электрооборудования в данном ПЭС по сравнению с другими. Из анализа отчетных и нормативных потерь электроэнергии следует, что годовые нормативные потери превышают отчетные, что связано, очевидно, как с некоторым завышением нормативных потерь при планировании, так и с успешным внедрением мероприятий по снижению потерь электроэнергии при ее передаче. Следует заметить, что только сопоставление отчетных и технических потерь дает возможность правильно оценить значение и структуру коммерческих потерь.

Заключение

Организация работ по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях может осуществляться эффективно лишь при комплексном рассмотрении различных задач, для которых требуется одна и та же информация. Меры по снижению потерь дают ощутимый результат при наличии обученного и заинтересованного персонала, современных средств выявления потерь, выделения финансовых и материальных ресурсов для их внедрения. В этом случае энергосберегающие организационно-технические мероприятия и проекты становятся важной составной частью Программы управления издержками и Программы технического перевооружения региональных энергосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Федеральный закон "Об энергосбережении"** № 28-ФЗ от 3 апреля 1996 г.
2. **Положение о проведении** энергетических обследований организаций РАО «ЕЭС России»: РД 153-34.0-09.162-00. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000. – 48 с.
3. **Типовая программа** проведения энергетических обследований подразделений электрических сетей АО-Энерго: РД 153-34.3-09.166-00. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
4. **Железко Ю.С.** Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях / Руководство для практических расчетов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. **Опыт энергетических обследований электрических сетей** / В.Э. Воротницкий, Я.Т. Загорский, М.А. Калинкина, Е.В. Комкова // Метрология электрических измерений в электроэнергетике. – М., 2002.
6. **Правила приемки в эксплуатацию** воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ самонесущими изолированными проводами: РД 153-34.0-20.408-97. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000. – 8 с.
7. **Типовая инструкция** по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 кВ с самонесущими изолированными проводами: РД 153-34.3-20.671-97. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000. – 24 с.
8. **Типовая инструкция** по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении: РД 34.09.101-94. – М.: СПО ОРГРЭС, 1995.
9. **ГОСТ Р 51379-99.** Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы.

Об авторах.

Алексеев Николай Константинович, к.т.н., доцент кафедры «Теоретические основы электротехники» электроэнергетического факультета Чувашского государственного университета, Заслуженный работник высшей школы Чувашской Республики, автор более 100 публикаций.

Шевцов Виктор Митрофанович, к.т.н., доцент кафедры «Теоретические основы электротехники» электроэнергетического факультета Чувашского государственного университета, зам. директора по научно-методической работе «Инженерного центра», Заслуженный изобретатель Чувашской Республики, автор более 150 публикаций, в том числе 50 изобретений в области релейной защиты и автоматики.