

ЭНЕРГОАУДИТ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ И КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Воротницкий В.Э., заведующий отделом, д.т.н., профессор

Загорский Я.Т., главный метролог, д.т.н., профессор

Калинкина М.А., к.т.н., ст. науч. сотр.

Комкова Е.В., науч. сотр.

ОАО «ВНИИЭ»

115201, г. Москва, Каширское шоссе, 22, корп. 3

Тел.: (095) 113-08-27

E-mail: vorotnitski@mail.ru

Апраткин В.Н., генеральный директор

ОАО «Электрические сети»

141600 г. Клин Московской обл., ул. Транспортная, 6

Тел.: (224) 5-80-24, (095) 539-80-24

E-mail: klinseti@mail.ru

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 между ростом потерь в сетях и кризисом 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 [1].

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.

Потери электроэнергии в электрических сетях – это прямые финансовые убытки энергоснабжающих организаций. Экономия от снижения потерь можно было бы направить на: техническое перевооружение сетей; увеличение зарплаты персонала; совершенствование организации производства 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 как для оптимизации развития электрических сетей, так и для совершенство-

вания системы учета электроэнергии, внедрения новых информационных технологий в энергосбытовой деятельности и управлении режимами сетей, для обучения персонала и его оснащения средствами поверки средств измерений электроэнергии.

Для определения приоритетных направлений и очередности таких капиталовложений 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 расчетам технических потерь и по внедрению мероприятий по их снижению. Другими словами, необходимо достаточно детальное энергетическое обследование электрических сетей.

Энергетические обследования должны проводиться в соответствии с Федеральным Законом «Об энергосбережении», Постановлением Правительства Российской Федерации от 2 ноября 1995 г. № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению», а также в соответствии с утвержденными Минтопэнерго России 25.03.98, Правилами проведения энергетических обследований организаций [2,3].

Необходимость и полезность энергетических обследований для энергосбережения подтверждается не только опытом передовых предприятий и организаций, но и закреплена важнейшими государственными документами [2,3], а также рядом государственных стандартов [4–7].

Для энергетических обследований электрических сетей ОАО «Фирма ОРГРЭС» разработан РД 153-34.2-09.166-00 [8]. Практика применения этого РД показала, что для выбора и обеспечения приоритетного перечня мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях, в первую очередь, по снижению коммерческих потерь, необходимы более детальные программа и методика обследования. Такая детализация выполнена авторами настоящей статьи по результатам обследования ряда электросетевых предприятий Центра и Юга России.

Цель статьи – рассмотреть основные этапы энергетических обследований электрических сетей, задачи каждого из этапов.

В ходе обследования электрических сетей проводится анализ:

1. отчетных данных по балансам и потерям электроэнергии в электрических сетях, результатов расчетов технических и коммерческих потерь электроэнергии, программного обеспечения этих расчетов;
2. систем коммерческого и технического учета электроэнергии;
3. организации управления сбытом электроэнергии;
4. режимов работы электрических сетей и качества электрической энергии;
5. технического состояния основного оборудования электрических сетей;
6. мероприятий по снижению потерь и повышению качества электроэнергии и их эффективности.

Для наглядности основные этапы и алгоритм проведения энергетического обследования представлены на рис. 1.

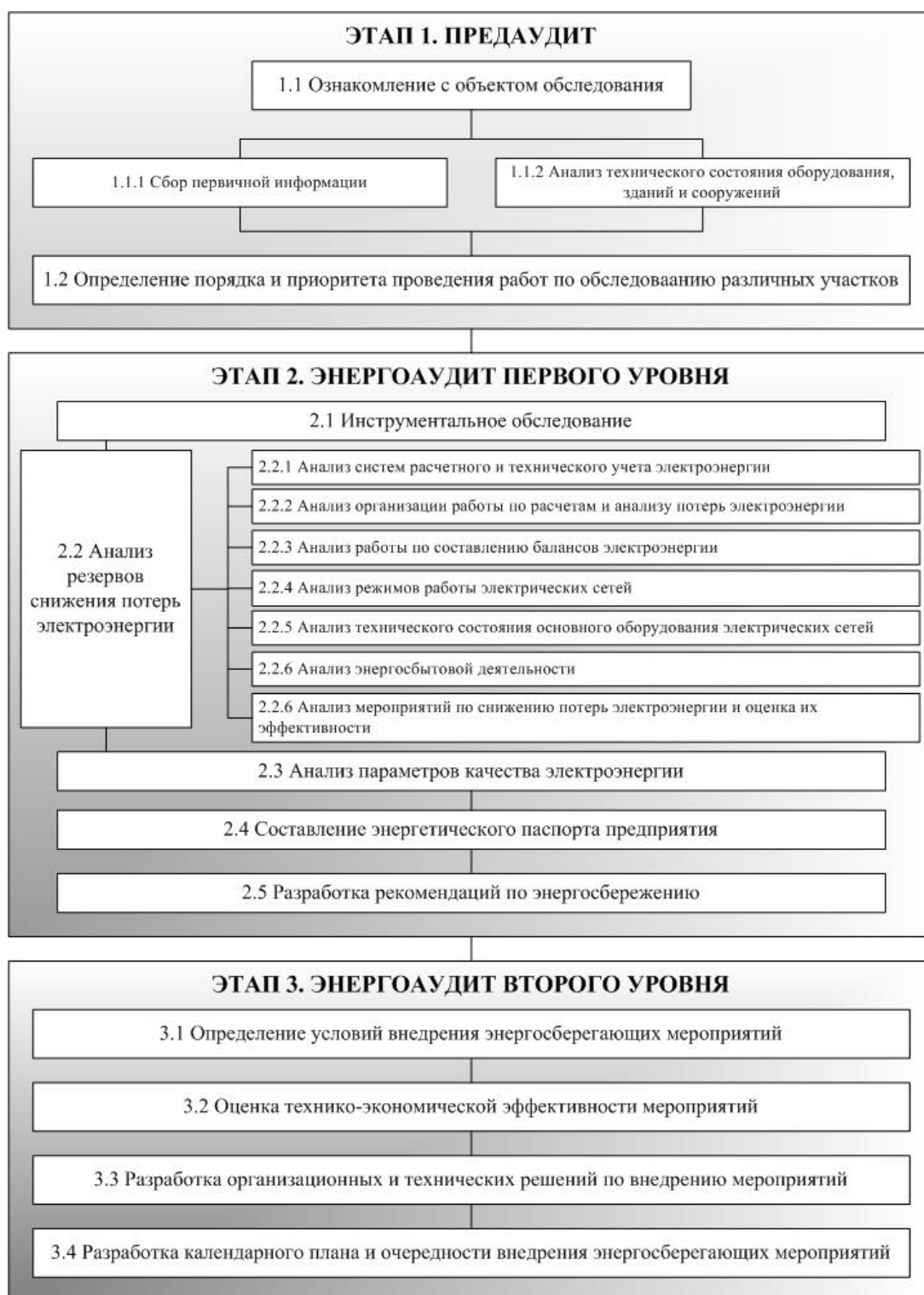


Рис. 1. Этапы и алгоритм проведения энергетических обследований электрических сетей

Из рисунка видно, что энергетическое обследование (энергоаудит) электрических сетей состоит из трех этапов:

- этап 1, предаудит;
- этап 2, энергоаудит первого уровня;
- этап 3, энергоаудит второго уровня.

Методология работ на каждом из этапов имеет свои особенности, которые кратко сводятся к следующему.

На стадии предаудита собирается первичная информация об исследуемой сети, проводится общий анализ технического состояния электрических сетей, определяется и согласовывается с руководством предприятия последовательность работ по обследованию.

В сборе первичной информации участвуют как организация – энергоаудитор, так и обследуемое предприятие. Информация фиксируется в формах, предоставляемых энергоаудитором в соответствии с программой проведения обследования.

Источниками информации на первом этапе являются: беседы с руководством и техническим персоналом; схемы энергоснабжения и учета электроэнергии; отчетная документация по коммерческому и техническому учету электроэнергии; графики нагрузки и напряжений в узлах сети; данные по энергосбытовой деятельности и тарифам на электроэнергию; техническая документация на технологическое и вспомогательное оборудование; отчетная документация по ремонтным работам и энергосберегающим мероприятиям; перспективные планы развития предприятия и проектная документация; приказы и распоряжения по предприятию; должностные инструкции персонала.

На первом этапе следует четко определить объем необходимой информации для эффективного обследования предприятия, оценить степень ее достоверности. Необходимо выделить наиболее энергоемких потребителей, места наибольших потерь, узлы с низким качеством электроэнергии. Следует выбрать объекты для детального анализа – определить порядок и приоритетность проведения работ по техническому и инструментальному обследованию различных участков и объектов электрических сетей.

На втором этапе (энергоаудит первого уровня) проводится выборочное инструментальное обследование отдельных узлов электрических сетей и измерительных комплексов [9,13], осуществляется выборочный инструментальный контроль качества электроэнергии; выявляются резервы снижения потерь и повышения качества электроэнергии; составляется энергетический паспорт предприятия.

Инструментальное обследование применяется для восполнения отсутствующей информации, которая необходима для оценки эффективности передачи электроэнергии, но не была получена на предыдущем этапе.

Для проведения инструментального обследования должны применяться специализированные портативные приборы. При этом особое внимание следует уделять узлам учета электроэнергии, как коммерческим, так и техническим с просроченными МПИ и индукционными счетчиками. Необходимо выделить объекты, которые подлежат комплексному инструментальному исследованию. Измерения при этом подразделяются на следующие виды:

– *однократные измерения*, при которых исследуется отдельный объект в определенном режиме работы;

– *балансовые измерения*, которые применяются для контроля баланса электроэнергии по отдельным потребителям, участкам сети, предприятию в целом. Перед проведением балансовых измерений необходимо иметь схему электрической сети, по которой должен быть составлен план измерений, необходимых для сведения балансов. При этом желательно иметь несколько измерительных приборов для одновременных измерений в различных точках;

– *регистрация параметров* – исследование изменения какого-либо параметра во времени (например, снятие суточного графика нагрузки, графика отклонений напряжения в узлах сети и т.д.). Для этого вида измерений необходимо использовать приборы с внутренними или внешними устройствами записи и хранения данных и возможностью их последующего анализа в компьютере. В ряде случаев допускается применение стационарных приборов без записывающих устройств, но при условии снятия показаний через равные промежутки времени;

– *обследование технического состояния электрических сетей* – на этом этапе обследования проводится техническая экспертиза физического и морального износа оборудования с целью определения и обоснования затрат на ремонт, включаемых в тариф на электроэнергию.

При анализе технического состояния должны по возможности использоваться соответствующие приборы и методики, в частности: тепловизоры – для контроля местных нагревов оборудования, контактных соединений; методы и приборы для контроля состояния масла трансформаторов; щупы для определения степени загнивания деревянных опор; приборы для оценки технического состояния опорных изоляторов разъединителей, фарфоровых покрышек выключателей и т.п.

К инструментальным обследованиям условно можно отнести проверку расчетов нормативов потерь электроэнергии с помощью сертифицированного программного обеспечения.

Одним из таких программных обеспечений для электрических сетей 0,4-110 кВ является программа РТП 3, которая уже используется для этой цели отдельными территориальными управлениями Госэнергонадзора и региональными энергетическими комиссиями [15].

Вся информация, полученная из документов и путем инструментального обследования, является исходным материалом для анализа резервов снижения потерь и повышения качества электроэнергии.

Анализ резервов снижения потерь электроэнергии проводится на основе материалов, полученных на предыдущих этапах, а также на основе анализа данных по балансам электроэнергии в электрических сетях и динамике составляющих балансов за три последних года с разбивкой по месяцам, в том числе: отпуска электроэнергии в сеть; коммерческих и технических потерь электроэнергии; полезного отпуска электроэнергии потребителям; структуры полезного отпуска.

Определяется и анализируется структура потерь электроэнергии.

Выполняется анализ метрологического обеспечения учета электроэнергии, в том числе: технического состояния и условий работы приборов учета (счетчиков, ТТ и ТН); сроков эксплуатации приборов учета; соблюдения периодичности поверки; организации ремонта, замены, поверки; перспективных планов по замене и дополнительной установке приборов учета; их калибровки; наличия программного обеспечения для инвентаризации и метрологического контроля приборов учета электроэнергии.

Определяется количество, номенклатура и места установки недостающих приборов учета.

На втором этапе энергоаудита выполняется также *анализ эффективности энергосбытовой деятельности предприятия* по: сбору полезного отпуска, выявлению хищений электроэнергии, системе стимулирования персонала за выявление хищений, выставлению счетов и взиманию оплаты по выставленным счетам, со-

ставлению договоров на энергоснабжение, компьютеризации расчетов с потребителями, отключению неплательщиков, оснащённости контролеров приборами по выявлению хищений электроэнергии.

Выполняется анализ номенклатуры и эффективности проведенных за последние три года мероприятий по снижению коммерческих и технических потерь электроэнергии.

Проводится анализ выполнения нормативных документов по расчетам, анализу и снижению потерь электроэнергии в электрических сетях [10–12].

Анализ качества электроэнергии предполагает проверку обеспечения качества электроэнергии, передаваемой потребителям, подключенным к сети, а также контроль за соблюдением потребителями, предусмотренных договором на присоединение, условий по потреблению реактивной мощности, выравниванию создаваемой ими несимметрии, подавлению высших гармоник.

В ходе обследования следует убедиться в том, что качество электроэнергии соответствует требованиям ГОСТ 13109-97 [14].

Должен быть выполнен анализ причин несоответствия ГОСТ 13109–97 по: установившемуся отклонению напряжения в точках контроля качества электроэнергии и конкретных виновников этих несоответствий; несинусоидальности напряжения в точках присоединения потребителей; установившейся и переменной несимметрии напряжений в точках присоединения потребителей.

Анализ причин несоответствия ГОСТ 13109–97 по перечисленным показателям качества должен выполняться в соответствии с [14].

По результатам анализа качества электроэнергии должны быть разработаны рекомендации по его повышению до требуемого уровня.

Энергетический паспорт предприятия составляется в соответствии с [4].

Разработка рекомендаций по снижению потерь электроэнергии производится на основании анализа собранной информации, цель которой выявить участки сети, наиболее эффективные в части проведения энергосберегающих мероприятий.

Типовой перечень мероприятий по снижению технических потерь, совершенствованию расчетного и технического учета достаточно хорошо известен [16].

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

1. Совершенствование систем учета электроэнергии, отпущенной в сеть ПЭС и по ступеням напряжения.
2. Совершенствование системы учета полезного отпуска электроэнергии.
3. Совершенствование организации работы по сбору полезного отпуска электроэнергии.
4. Совершенствование метрологического обеспечения учета электроэнергии.
5. Совершенствование организации работ по расчетам технических потерь электроэнергии.

Ниже каждая из перечисленных групп рассмотрена более подробно [17].

1. Совершенствование системы учета электроэнергии, отпущенной в сеть ПЭС и по ступеням напряжения.

1.1. Установка дополнительных счетчиков и замена индукционных счетчиков класса точности 2,5, выпущенных из производства до 1998 г., на счетчики класса точности не ниже 2,0 на границах балансовой принадлежности ПЭС для достоверного определения отпуска электроэнергии в сеть.

1.2. Установка дополнительных счетчиков и замена устаревших индукционных на электронные счетчики повышенного класса точности не ниже 2,0 для расчета допустимых и фактических небалансов электроэнергии на опорных подстанциях и проверки правильности работы счетчиков. Установка и замена счетчиков на отходящих линиях 6–10 кВ этих подстанций. При этом желательно, чтобы счетчики предусматривали возможность их подключения к АСКУЭ.

1.3. Инвентаризация измерительных трансформаторов тока и напряжения. Составление плана дополнительной установки ТТ и ТН, их замены и диагностирования.

2. Совершенствование системы учета полезного отпуска электроэнергии.

2.1. Установка контрольных счетчиков на стороне 110 кВ энергоемких потребителей.

2.2. Установка счетчиков расчетного учета электроэнергии на границе балансовой принадлежности с энергоемкими потребителями. Ликвидация самообслуживания счетчиков.

2.3. Замена устаревших индукционных счетчиков и счетчиков класса точности 2,5 на новые с классом точности не ниже 2,0 у бытовых абонентов.

2.4. Установка учета на высокой стороне КТП у потребителей коттеджного типа.

2.5. Защита счетчиков, ТТ и ТН от хищений электроэнергии.

3. Совершенствование организации работы по сбору полезного отпуска электроэнергии, в том числе:

3.1. Ревизия (инвентаризация) присоединений потребителей в электрических сетях, в особенности 0,4 кВ.

3.2. Введение системы прогрессирующих штрафов за повторное незаконное подключение.

3.3. Обеспечение правовой базы отношений с бытовыми потребителями, заключение «Договора на энергоснабжение» с ними по аналогии с трехфазными потребителями.

3.4. Разработка и внедрение действенной системы материального стимулирования персонала электрических сетей, в первую очередь РРС, и отделения Энергосбыта за снижение коммерческих потерь электроэнергии, обеспечение своевременной выплаты премий.

3.5. Доукомплектация штата контролеров отделений Энергосбыта с обязательным обучением всего персонала современным методам и средствам хищений электроэнергии, методам их выявления. Выделение в их распоряжение необходимого количества транспортных средств.

3.6. Доукомплектация отделений Энергосбыта персональными компьютерами и программным обеспечением по ведению баз данных по расчетам с потребителями.

3.7. Разгрузка персонала отделений Энергосбыта от многочисленной избыточной отчетности.

3.8. Упрощение сложной и трудоемкой процедуры согласований с различными инстанциями официального (санкционированного) подключения бытовых и мелкомоторных потребителей к электрическим сетям.

4. Совершенствование метрологического обеспечения учета электроэнергии.

4.1. Увеличение количества персонала в ПЭС, занимающегося метрологическим обслуживанием учета, выделение этого персонала в отдельное подразделение – метрологическую службу. Обучение персонала и получение права калибровки и поверки средств учета электроэнергии.

4.2. Разработка положения по организации метрологической службы предприятия электрических сетей, основной функцией которой должен быть контроль технического состояния и соблюдение сроков поверки приборов расчетного учета и калибровки приборов технического учета, определение численности и функций персонала службы, приобретение необходимого метрологического оборудования для поверки измерительных приборов и счетчиков электроэнергии, переносного метрологического оборудования для поверки и калибровки средств измерений на месте эксплуатации, активизация работы по ведению базы данных по средствам измерений (АРМ «Метролог»), разработка местных методик выполнения измерений электроэнергии, мощности во вторичных цепях ТТ и ТН, и программ измерений при замене счетчиков электроэнергии.

5. Совершенствование организации работ по расчетам технических потерь электроэнергии.

5.1. Налаживание ежемесячных расчетов балансов электроэнергии по секциям шин 6–10 кВ центров питания для достоверизации данных об отпуске электроэнергии в сеть 6–10–0,4 кВ.

5.2. Переход от расчетов технических потерь в сетях 0,4–10 кВ к расчету допустимых и фактических небалансов электроэнергии в этих сетях.

5.3. Передача программного обеспечения, баз данных по расчетам в распределительных сетях 0,4–10 кВ в РЭСы, чтобы облегчить работу персонала электрических сетей в целом.

Перечисленные мероприятия положены в основу разработанных с участием авторов программ снижения потерь электроэнергии в электрических сетях ряда предприятий.

Расчеты эффективности внедрения этих мероприятий показали, в частности, что для снижения коммерческих потерь электроэнергии на 1 млн. кВт·ч в год необходимо затратить в среднем не менее 1 млн. руб. Это с одной стороны подтверждает сравнительно высокую окупаемость мероприятий по снижению потерь (около 2 лет), с другой – свидетельствует о необходимости тщательного технико-экономического анализа мероприятий и определения очередности их внедрения. Достоверность этого анализа решающим образом зависит от глубины и всесторонности энергетического обследования электрических сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бохмат И.С., Воротницкий В.Э., Татаринев Е.П. Снижение коммерческих потерь в электрических системах. – Электрические станции, 1998, № 9.
2. Федеральный закон «Об энергосбережении» от 03 апреля 1996 г. № 28-ФЗ.
3. Правила проведения энергетических обследований организаций. (Утверждены Минтопэнерго России 25.03.98)
4. ГОСТ Р 51379–99. Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы.
5. ГОСТ Р 51387–99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения.
6. ГОСТ Р 51380–99. Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности.
7. ГОСТ 13109–97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
8. РД 153-34.2-09.166–00. Типовая программа проведения энергетических обследований подразделений электрических сетей АО-энерго. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
9. РД 34.11.333-97. Типовая методика выполнения измерений количества электрической энергии. – М.: ВНИИЭ, 1997.
10. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. – М.: СПО ОРГРЭС, 1998.
11. Инструкция по расчету и анализу технологического расхода электроэнергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений. И 34-70-030–87. – М., СПО ОРГРЭС, 1987.
12. Методические рекомендации по определению потерь электрической энергии в городских электрических сетях напряжением 10 (6) – 0,4 кВ. (Утверждены Госстроем России 11.04.01)
13. Основы инструментального энергоаудита. – М.: УМИТЦ Мосгосэнергонадзора, 1999.
14. РД 153-34.0-15.501–00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.
15. Воротницкий В.Э., Калинин М.А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях / Учебно-методическое пособие. 2-е изд. – М.: ИПКГосслужбы, 2001.
16. Инструкция по снижению технологического расхода электроэнергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений. И 34-70-030. – М.: СПО ОРГРЭС, 1987.
17. Воротницкий В.Э., Апрыткин В.Н. Коммерческие потери электроэнергии в электрических сетях. Структура и мероприятия по снижению. – Новости электротехники, 2002, № 4 (16).