

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Модернизация существующих методов поузлового анализа очагов потерь электроэнергии в распределительных сетях 6/10, 0,4 кВ»

Студент(ка)

И.С. Горопыгин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.Е. Бурмутаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Содержание

Введение	4
1 Основные виды потерь электроэнергии в городских распределительных сетях. Причины возникновения некоторых из них.....	10
1.1 Структура потерь энергии в электрических сетях.....	10
1.2 Потери холостого хода.....	14
1.3 Нагрузочные потери электроэнергии.....	17
1.4 Климатические потери электроэнергии.....	18
1.5 Коммерческие потери электроэнергии.....	20
1.6 Причины возникновения коммерческих потерь электроэнергии.....	22
Выводы по главе 1.....	29
2 Основные направления к снижению коммерческих потерь электрической энергии. Современные способы борьбы с хищениями электроэнергии.....	31
2.1 Обзор существующих методов выявления коммерческих потерь электроэнергии.....	31
2.2 Основные мероприятия, направленные на снижение коммерческих потерь в электрических сетях.....	33
2.3 Общий обзор широко применяемых систем АИИС КУЭ.....	37
2.3.1 АИИС КУЭ на базе УСПД ЭКОМ-3000.....	38
2.3.2 АИИС КУЭ на базе счетчиков «РИМ».....	40
2.3.3 АИИС КУЭ на базе Smart_IMS «Матрица».....	44
2.4 Современные приборы учета электроэнергии.....	47
2.5 Современные средства пломбирования и индикации приборов и вторичных цепей в узлах учета электроэнергии.....	52
Выводы по главе 2.....	62
3 Анализ потерь электрической энергии в сетях ЗАО«Квант». Программная реализация разработанных методов поиска очагов потерь электроэнергии на базе программного продукта «1С: Предприятие».....	63

3.1 Анализ потерь электрической энергии в городских распределительных сетях ЗАО «Квант».....	63
3.2 Мероприятия, направленные на увеличение прибыли от поставляемой потребителям электрической энергии.....	72
3.3 Предпосылки создания оперативного поиска очагов потерь.....	76
3.4 Локализация очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии.....	78
3.5 Формирование баланса электроэнергии и реализация разработанных методов поиска очагов потерь электроэнергии на базе программного продукта «1С: Предприятие».....	81
Выводы по главе 3.....	90
Заключение.....	91
Список использованных источников.....	93

Введение

Учет энергетических ресурсов, в том числе электрической энергии, является основой для энергосбережения и повышения энергетической эффективности России. Без организации системы достоверного учета поступившей в электрические сети, отпущенной из сетей и полезно потребленной электроэнергии невозможно с достаточной точностью рассчитать балансы электроэнергии по сети в целом и ступеням напряжения, технические и фактические потери электроэнергии, а также локализовать места “очагов потерь” для выбора мероприятий по снижению потерь. Наконец, невозможно обоснованно определить фактический эффект от внедрения энергосберегающих мероприятий. Если кратко – чтобы эффективно экономить электроэнергию, ее нужно точно измерять. Основные требования к обеспечению учета используемых энергетических ресурсов и применению приборов учета при осуществлении расчетов за энергетические ресурсы сформулированы в ст.13 Федерального Закона РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации” (далее ФЗ 261). Для полноценной реализации этих требований в установленные ФЗ 261 сроки, необходимо решить ряд проблем, связанных, в основном, с формируемым в настоящее время розничным рынком электроэнергии и учетом электроэнергии в распределительных электрических сетях (0,4-10 кВ).

Любое энергосбережение, в том числе снижение потерь электроэнергии в электрических сетях невозможно без достоверной системы учета электроэнергии, без автоматизации этой системы и максимального исключения “человеческого фактора” из процесса измерения и регистрации электроэнергии, без интеграции автоматизированных систем учета электроэнергии с автоматизированными системами оперативного контроля и управления режимами электрических сетей. В данной работе рассмотрены основные проблемы современного учета электроэнергии в городских электрических

сетях, пути решения этих проблем, направления развития от традиционных систем учета к современным интеллектуальным системам.

Преобладающий в настоящее время учет электроэнергии на базе интегральных и интервальных приборов учета электроэнергии не предоставляет эффективно контролировать транспортирование электрической энергии как товара по всему ее технологическому циклу, оперативно решать задачи составления балансов электроэнергии и выявления очагов потерь по всем объектам сетевого комплекса, обеспечивать оперативные расчеты за потребленную энергию, оптимизировать и прогнозировать энергопотребление. Поэтому комплексы учета электроэнергии подлежат своевременной модернизации и установке новыми средствами и системами учета, основанными на использовании алгоритмов автоматизации учета электрической энергии.

Большое количество предлагаемых производителями средств учета электрической энергии, интерфейсов связи и технологий передачи данных требует выработки единой технической политики по отбору и применению средств учета электроэнергии с целью эффективного и полного решения задач учета. Модернизация комплексов учета электроэнергии должна также соответствовать признанным современным международным нормам и правилам.

Основные принципы организации коммерческого учета электроэнергии:

- 1) организация расчетных систем учета электроэнергии на границе балансовой принадлежности и в электроустановках сетевых организаций;
- 2) внедрение и модернизация систем учета с применением электронных «интеллектуальных» счетчиков электроэнергии;
- 3) внедрение систем учета электроэнергии, к элементам которых отсутствует доступ для потребителей (ПКУЭ, ПУ на опоре ВЛ).

Организация систем учета электроэнергии должна обеспечивать:

- определение потерь электроэнергии в электрических сетях;
- контроль за достоверностью информации об электропотреблении;

- снижение (оптимизация) потерь электроэнергии.

В современных условиях коммерческие потери составляют четверть от общих потерь электроэнергии, обусловленные субъективными причинами, погрешностями систем учета электроэнергии и ее несанкционированным потреблением. И если не принимать, причем в сетях всех классов напряжения, эффективных мер по их снижению, то дальнейший рост таких потерь неизбежен.

Снижение коммерческих потерь электрической энергии в сетях — важнейшая задача повышения эффективности любой сетевой организации, один из основных источников сокращения производственных издержек.

Внедрение современных информационных технологий позволяет получать дополнительную информацию о схемах и режимах электрических сетей, использование которой при анализе потерь электроэнергии требует дополнительных исследований с целью разработки эффективных методов расчета и их локализации.

Актуальность работы обусловлена необходимостью уменьшения коммерческих (в первую очередь) и технических потерь электроэнергии в городских распределительных сетях 0,4-6(10) кВ. Существующие способы снижения потерь электроэнергии не обеспечивают достижения максимально возможных энергетических показателей. Необходима модернизация существующих методов и разработка новых способов расчета и подходов к проблеме снижения коммерческих потерь электроэнергии.

Объект исследований – городские распределительные электрические сети 0,4-6(10)кВ сетевых организаций.

Предмет исследований – потери электрической энергии в сетях 0,4-6(10) кВ.

Целью работы является снижение процента технических и коммерческих потерь электроэнергии с применением существующих и новых разработанных методов и средств автоматизации учета электроэнергии, а также повышение точности учета потребляемой электроэнергии.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи**:

- 1) классификация потерь электрической энергии;
- 2) анализ применяемых систем АИИС КУЭ для снижения коммерческих потерь;
- 3) анализ современных средств учета электрической энергии и способы их пломбирования;
- 4) разработка способа локализации коммерческих потерь в электрических сетях.

Научные результаты и новизна работы заключается в развитии существующих методов выявления и анализа коммерческих потерь энергии в городских электрических сетях 0,4-6(10)кВ с применением современных информационных возможностей.

Практическая ценность и внедрение результатов работы.

Выполненные исследования реализованы в производственный процесс сетевой организации ЗАО «Квант» и приняты к внедрению комплекса мер, направленного на снижение коммерческих потерь в городских электрических сетях.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Классификация составляющих потерь энергии в электрических распределительных сетях;
2. Основные направления к снижению коммерческих потерь электрической энергии;
3. Программная реализация разработанных методов очагов потерь электроэнергии на базе программного продукта «1С:Предприятие».

Апробация работы. Научные результаты диссертационной работы обсуждались и докладывались на IV Всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов «Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов».

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в двух работах, размещенных в е-журнале «Теория и практика современной науки» №

5(11)2016 ISSN 2412-9682. Свидетельство о регистрации средства массовой коммуникации Эл № 61970 от 02.06.2015г. Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникации (Роскомнадзор). Выпуски журнала включены в РИНЦ (e-library).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемых источников и приложения.

Работа изложена на 97 страницах основного текста и включает: 32 рисунка, 3 таблицы, 1 приложение. Список используемых источников содержит 48 наименований.

Содержание работы распределено по главам следующим образом:

В первой главе

Рассмотрены основные виды потерь электроэнергии в городских распределительных сетях. Приведены причины возникновения коммерческих потерь, неблагоприятно, влияющих на развитие и экономику непосредственно сетевых организаций.

Во второй главе рассмотрены основные направления к снижению коммерческих потерь электроэнергии, приведены существующие методы и основные мероприятия выявления и снижения коммерческих потерь электроэнергии. Приведен ряд широко применяемых в наше время систем АИИС КУЭ. На примере зарубежных стран рассмотрены современные счетчики электроэнергии. Также рассмотрены современные средства пломбирования и индикации приборов и вторичных цепей в узлах учета электроэнергии, как один из немаловажных способов по снижению (хищению) коммерческих потерь электроэнергии.

В третьей главе проведен анализ потерь электроэнергии в городских электрических сетях ЗАО «Квант». Предложены мероприятия, направленные на увеличение прибыли от поставляемой потребителям электрической энергии, за счет основного уменьшения коммерческих потерь. Приведен алгоритм локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии в сетях.

На примере участка сети сформирован баланс электроэнергии и реализация разработанных методов поиска очагов потерь электроэнергии на базе программного продукта «1С: Предприятие».

В заключении сформулированы основные научные результаты работы и указаны направления дальнейших исследований.

В приложении приведен акт внедрения результатов диссертационной работы.

1 Основные виды потерь электроэнергии в городских распределительных сетях. Причины возникновения некоторых из них

1.1 Структура потерь энергии в электрических сетях

Потери электрической энергии при передаче возникают в любом сегменте электрической сети. Для понимания составляющих потерь в таких сегментах и оценки необходимого проведения того или иного мероприятия, направленного на снижение потерь, выполняется анализ структуры потерь электрической энергии.

На сегодняшний день официально принята общая структура потерь энергии в электрических сетях, которая показана на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Структура потерь электрической энергии в распределительных сетях

Фактические, или, как их еще называют, отчетные потери электрической энергии $\Delta W_{отч}$, находят как разность электрической энергии, поступившей в

сеть и реализованной электрической энергии из сети потребителям. Фактические потери электрической энергии включают в себя следующие составляющие [12]:

- расход электроэнергии на работу оборудования, установленного на подстанциях и обеспечивающего передачу электроэнергии;
- потери в элементах сети, имеющие определенно физический характер;
- погрешности фиксации приборами учета электроэнергии;
- хищения электроэнергии, неоплату или неполную оплату показаний счетчиков и т.д.

Разделение потерь на составляющие выполняется по разным критериям:

- по группам элементов;
- по классам напряжения;
- по характеру потерь (переменные, постоянные);
- по производственным подразделениями и т.д.

Фактические потери могут быть разделены на четыре составляющие по физической природе и специфике методов определения количественных значений [8]:

1) технические потери электроэнергии ΔW_T , обусловленные физическими процессами в линиях и электрооборудовании, происходящими при передаче электроэнергии по электрическим сетям;

2) расход электроэнергии на собственные нужды подстанций ΔW_{CH} , который необходим для обеспечения функционирования технологического оборудования подстанций, а на некоторых из них и жизнедеятельности обслуживающего персонала. В большинстве случаев такой расход фиксируется приборами учета, установленными на трансформаторы собственных нужд (ТСН) с целью достоверности объемов потребления;

3) потери электрической энергии, обусловленные инструментальными погрешностями (низкий класс точности приборов учета) их измерения $\Delta W_{ИЗМ}$;

4) коммерческие потери электроэнергии ΔW_K , обусловленные хищениями электроэнергии, несоответствием показаний счетчиков при оплате за электроэнергию бытовыми потребителями и другими причинами в сфере организации контроля, значение которых определяются по приведенной ниже формуле [9]:

$$\Delta W_K = \Delta W_{отч} - \Delta W_T - \Delta W_{CH} - \Delta W_{ИЗМ}, \quad (1.1)$$

Первые три составляющие структуры потерь характеризуются технологическими потребностями процесса транспортировки электрической энергии по сетям и технического учета ее отпуска и поступления. Сумма этих составляющих и есть технологические потери. Последняя (четвертая) составляющая в приведенной выше формуле - коммерческие потери, которая представляет собой "человеческий фактор", включающий в себя все его проявления: умышленные хищения электроэнергии недобросовестными потребителями с помощью изменения работы и недоплаты фактических показаний счетчиков, подключения проводов до приборов учета.

Потери электрической энергии могут быть физического и экономического характера [6].

Физическими потерями электрической энергии можно назвать сумму коммерческих потерь, технических потерь, а также расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций. Указанные составляющие в действительности связаны с физикой распределения электрической энергии по сети. При этом первая составляющая физических потерь относится к технологии контроля количества переданной электроэнергии, а вторая и третья – к технологии передачи электроэнергии по сетям [11].

Экономика характеризует потери, как объем электроэнергии, на который его зарегистрированный полезный отпуск потребителям оказался меньше объема электроэнергии, произведенного на своих электростанциях и закупленного у других ее производителей. В данном случае

зарегистрированный полезный отпуск электрической энергии не только тот объем, денежные средства за который действительно поступили на расчетный счет энергоснабжающей организации, но и тот, на который выставлены счета (потребление энергии зафиксировано). В отличие от этого фактические показания приборов учета, фиксирующих потребление энергии бытовыми потребителями, неизвестны. Полезный отпуск электроэнергии бытовым потребителям определяется непосредственно по оплате, поступившей за месяц, поэтому к таким потерям можно отнести всю недоплаченную энергию.

Расход электрической энергии на собственные нужды подстанций, так же как и расход в элементах сетей на передачу остальной части электроэнергии потребителям ничем не отличается.

Недоучет объемов полезного отпуска электрической энергии так же является важной экономической потерей, как и две указанные выше составляющие. То же можно сказать и о хищениях электрической энергии. Таким образом, с экономической точки зрения, все четыре описанные выше составляющие потерь одинаковы.

Технические потери электрической энергии включают в себя следующие структурные составляющие [12]:

- потери холостого хода, которые, в свою очередь, включают в себя потери электроэнергии в силовых трансформаторах, компенсирующих устройствах (КУ), трансформаторах напряжения и в изоляции кабельных линий;

- нагрузочные потери в оборудовании подстанций, включающие потери в линиях, силовых трансформаторах, а также потери в измерительных трансформаторах тока и вторичных цепях узла учета электроэнергии. Все эти элементы включаются в последовательную цепь линии, поэтому потери в них зависят от протекающей через них мощности;

- климатические потери, состоящие из двух видов потерь: потери на корону и потери из-за токов утечки по изоляторам воздушных линий (ВЛ) и подстанций.

Технические потери в распределительных электрических сетях энергоснабжающих организаций (энергосистем) рассчитываются по трем диапазонам напряжения [5]:

- в электрических сетях высокого напряжения 35 кВ и выше;
- в распределительных сетях среднего напряжения 6(10)кВ;
- в распределительных сетях низкого напряжения 0,4кВ.

Эксплуатируемые сетевыми организациями распределительные электрические сети 0,4-6(10)кВ, характеризуются значительной долей потерь электроэнергии в суммарных потерях по всей цепи транспортировки электроэнергии от источников до электроустановок потребителей. Это объясняется особенностями построения, функционирования, организацией эксплуатации данного вида сетей: большим количеством сегментов, разветвленностью электрических схем, недостаточной обеспеченностью приборами учета трансформаторных подстанций, относительно малой загрузкой элементов и т.д. [7]

В настоящее время в каждой сетевой организации технические потери в сетях 0,4-6(10)кВ рассчитываются ежемесячно и суммируются за год. Данные, полученных значений потерь, применяются для дальнейшего расчета планируемого норматива потерь электрической энергии на следующий год.

Рассмотрим подробнее структурные составляющие технических потерь электрической энергии.

1.2 Потери холостого хода

Для электрических распределительных сетей 0,4-6(10)кВ составляющие потерь холостого хода включают:

- потери электрической энергии холостого хода в силовом трансформаторе, определяющиеся за время T по формуле, тыс. кВт*ч:

$$\Delta W_X = \frac{\Delta P_X}{U_H} \cdot \int_0^T U^2(t) dt, \quad (1.2)$$

где ΔP_X - потери мощности холостого хода трансформатора при номинальном напряжении U_H ;

$U(t)$ - напряжение в точке подключения трансформатора в момент времени t .

- потери в компенсирующих устройствах (КУ), зависящие от типа устройства. В распределительных сетях 0,4-6(10)кВ используются в основном батареи статических конденсаторов (БСК). Потери в них определяют на основе известных удельных потерь мощности $\Delta p_{БСК}$, кВт/квар [4]:

$$\Delta W_{БСК} = \Delta p_{БСК} \cdot \Delta W_{QБСК}, \quad (1.3)$$

где $\Delta W_{БСК}$ - реактивная энергия, выработанная батареями конденсаторов за расчетный период. Обычно $\Delta W_{БСК} = 0,003 \text{ кВт} / \text{квар}$.

Потери в трансформаторах напряжения. Потери активной мощности в трансформаторе напряжения состоят из потерь в самом трансформаторе напряжения и во вторичной нагрузке [9]:

$$\Delta P_{ТН} = \Delta P_{1ТН} + \Delta P_{2ТН}, \quad (1.4)$$

Потери в самом трансформаторе напряжения $\Delta P_{1ТН}$ состоят в основном из потерь в стальном магнитопроводе трансформатора. Они увеличиваются с ростом номинального напряжения и для одной фазы при номинальном напряжении численно примерно равны номинальному напряжению сети. В распределительных сетях напряжением 6(10)кВ они составляют около 6-10 Вт [4].

Потери во вторичной нагрузке $\Delta P_{2ТН}$ зависят от класса точности трансформатора напряжения $K_{ТН}$. Причем, для трансформаторов напряжением 6(10)кВ эта зависимость линейная. При номинальной нагрузке для трансформатора напряжения данного класса напряжения $\Delta P_{2ТН} \approx 40$ Вт. На практике вторичные цепи трансформаторов напряжения часто перегружаются, поэтому указанные значения необходимо умножать на коэффициент загрузки вторичной цепи ТН $\beta_{2ТН}$. Учитывая вышеизложенное, суммарные потери электроэнергии в ТН и нагрузке его вторичной цепи определяют по формулам, тыс. кВт*ч:

$$\Delta W_{ТН} = (U + \beta_{2ТН} \cdot \Delta P_{2ТН} \cdot K_{ТН}) \cdot T \cdot 10^{-6}, \quad (1.5)$$

Потери в изоляции кабельных линий, определяющиеся по формуле, кВт*ч:

$$\Delta W_{каб} = T \cdot b_c \cdot U^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot L_{каб}, \quad (1.6)$$

где b_c - ёмкостная проводимость кабеля, Сим/км;

U - напряжение, кВ;

$L_{каб}$ - длина кабеля, км;

$\operatorname{tg} \varphi$ - тангенс угла диэлектрических потерь, определяемый по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi = (0.003 + 0.0002 \cdot T_{сл}) \cdot (1 + a_\tau \cdot T_{сл}), \quad (1.7)$$

где $T_{сл}$ - количество лет эксплуатации кабеля;

a_τ - коэффициент старения, учитывающий старение изоляции в течение эксплуатации. Происходящее при этом увеличение тангенса угла диэлектрических потерь отражается второй скобкой формулы.

1.3 Нагрузочные потери электроэнергии

Потери энергии в проводах, кабелях и обмотках трансформаторов пропорциональны квадрату протекающего по ним тока нагрузки, и поэтому их называют нагрузочными потерями. Ток нагрузки, как правило, изменяется во времени, и нагрузочные потери часто называют переменными [5].

Нагрузочные потери электроэнергии включают:

Потери в линиях и силовых трансформаторах, которые в общем виде можно определить по формуле, тыс. кВт*ч:

$$\Delta W_{nep} = 3 \cdot R \cdot \int_0^T I^2(t) dt = 3 \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^{T/\Delta t} I_i^2, \quad (1.8)$$

где $I(t)$ – ток элемента в момент времени t ;

Δt - интервал времени между последовательными его замерами .

Потери в трансформаторах тока. Потери активной мощности в трансформаторах тока и его вторичной цепи определяют суммой трех составляющих: потерь в первичной ΔP_1 и вторичной ΔP_2 обмотках и потерь в нагрузке вторичной цепи ΔP_{H2} . Нормированное значение нагрузки вторичной цепи большинства трансформаторов тока напряжением 10 кВ и номинальным током менее 2000 А, составляющих основную часть всех трансформаторов тока, эксплуатируемых в сетях составляет 10 ВА при классе точности трансформаторов тока $K_{TT} = 0,5$ и 1 ВА при $K_{TT} = 1,0$ [4].

Для потерь электроэнергии в трансформаторах тока одного присоединения, тыс. кВт*ч за расчетный период продолжительностью T , дней:

$$\Delta W_{TT} = (a + b \cdot \sqrt{K_{TT}}) \cdot \beta_{TT\Delta t}^2 \cdot T \cdot 10^{-6}, \quad (1.9)$$

где $\beta_{TT\Delta T_3}$ - коэффициент эквивалентной токовой загрузки трансформаторов тока;

a и b - коэффициенты зависимости удельных потерь мощности в трансформаторах тока и в его вторичной цепи ΔP_{TT} , имеющей вид [9]:

$$\Delta p_{TT} = 2 \cdot [40 + 2 \cdot (6 + 0.5 \cdot 15 \sqrt{K_{TT}})] = 104 + 30 \sqrt{K_{TT}}, \quad (1.10)$$

1.4 Климатические потери электроэнергии

Изменение климатической обстановки окружающей среды неизменно влияет на расчетные величины потерь электроэнергии. Размер потребления электрической энергии, который определяет потоки мощности в ветвях и напряжение в узлах сети, прямо пропорционально зависит от условий окружающей среды. В условиях резкого возрастания потребления электрической энергии, особенно в зимний и летний периоды, а также увеличение затрат электрической энергии на собственные нужды главных понизительных подстанций ведет к увеличению потерь в сети в целом. Однако в данном случае на размер потерь влияние оказывает один фактор, который учесть достаточно просто, это температура воздуха.

Помимо указанного фактора на величину потерь оказывать могут погодные проявления, такие как сухой снег, дождь и изморозь. Данные погодные проявления оказывают существенное влияние на величины потерь, вызванные коронирующими разрядами, возникающими на высоковольтных проводах линий электропередачи. В литературе они обычно носят название потери на корону. Причина возникновения коронирующих разрядов заключается в большой напряженности электрического поля на их поверхности.

Также стоит учесть, что состояние электрооборудования, в частности изоляторы воздушных ЛЭП, также оказывает значительное влияние на вклад в результирующий показатель потерь, так как при влажной погоде, в особенности

при тумане, когда отсутствуют осадки в виде дождя, смывающего пыль и грязь с изоляторов, на поверхности возникает токопроводящая среда, (электролит), который является причиной возрастанию тока утечки. Эти процессы носят временный непостоянный, но активный характер. Именно поэтому они являются прямой составляющей потерь электроэнергии, которые не подлежат точному учету. Размеры этих потерь определяются на основании методик расчета исходя из климатических особенностей региона.

Климатические потери включают:

Электрические потери, возникающие при коронировании на воздушных линиях электропередачи, основную зависимость которые имеют не столько от погоды, сколько от конструктива выбранного проводника, а именно от сечения значения рабочего напряжения. Существует зависимость, в соответствии с которой чем меньше сечение ВЛ и выше значение рабочего напряжения, тем больше удельная напряженность на поверхности линии и тем больше уровень исследуемых потерь [11].

Значения удельных потерь при различных или меняющихся погодных условиях рассчитывают, прибегая к экспериментальным методикам и методам исследования. Что же касается потерь от токов утечки по фарфоровым конструкциям изоляторов воздушных ЛЭП, то данные потери также определяются в соответствии с климатической зоной исследуемого района и нормируются в зависимости от степени загрязненности атмосферы.

Активная мощность, выделяющуюся на одном изоляторе рассчитывается по формуле:

$$P_{uz} = \frac{U_{uz}^2}{R_{uz}}, \quad (1.11)$$

где U_{uz} – напряжение, приходящееся на изолятор, кВ;

R_{uz} – его сопротивление, кОм.

Потери от токов утечки по изоляторам воздушной ЛЭП, рассчитываются по формуле, тыс. кВт*ч:

$$\Delta W_{из} = \frac{U_{ном}^2}{3 \cdot R_{из} \cdot N_{из}} \cdot T_{вл} \cdot N_{гир} \cdot 10^{-3}, \quad (1.12)$$

где $T_{вл}$ – продолжительность в расчетном периоде влажной погоды (туман, роса и морозящие дожди);
 $N_{гир}$ – число гирлянд изоляторов.

1.5 Коммерческие потери электроэнергии

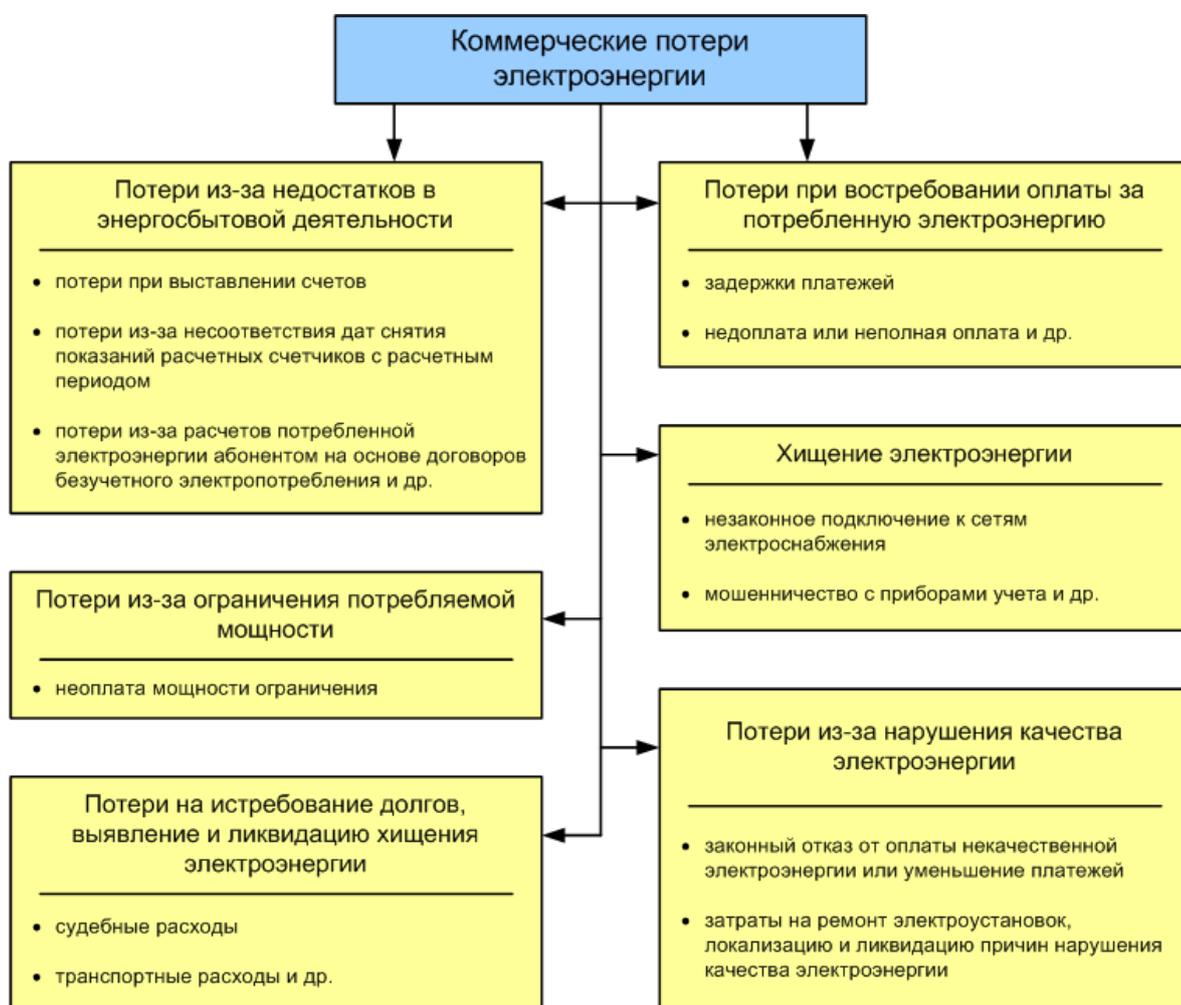


Рисунок 1.2 - Структура коммерческих потерь электроэнергии

К основному виду потерь, влияющему на вклад в результирующий показатель потерь электрической энергии можно отнести коммерческие потери

в сетях различного класса напряжения. В особенности к таким сетям можно отнести распределительные сети 0,4 кВ.

Данный вид потерь не классифицируется и не относится к потерям, которые включаются в общий норматив потерь электрической энергии. Расчетным путем их можно определить как разность между фактическими и технологическими потерями электроэнергии. Финансовая нагрузка, которая ложится на Сетевые организации, не компенсируется тарифным регулированием.

Данный вид потерь в большей части свидетельствует о том, что часть электроэнергии использовано потребителями, но это потребление не зафиксировано и не подтверждено документально. Иными словами этот вид потерь связан с хищением электроэнергии в процессе транзита и передачи электроэнергии законопослушным потребителям. В связи с чем, часть объема переданной электроэнергии не учтена, как отдача из распределительных сетей потребителям, а, следовательно, счет за нее никому предъявлен быть не может.

Федеральные законы Российской Федерации предусматривают возложения финансовых издержек на Сетевые организации всех видов потерь, в том числе и коммерческих, обнаруженных или выявленных на находящихся в их ведении объектах сетевого электрохозяйства [31].

Стоит отметить, что коммерческие потери в отличие от всех других являются как финансовыми издержками, так и недополученной или упущенной материальной выгодой Сетевых предприятий. Именно поэтому владельцы сетей, являющиеся игроками электроэнергетического рынка, как никто другой заинтересованы в адекватном и точном подходе учета электрической энергии у потребителей, четком и фиксированном расчете объемах электропотребления на границах балансовой и эксплуатационной ответственности.

Вполне правомерно поднимать и обсуждать вопрос о неправильности возложения финансовой нагрузки на сетевые фирмы коммерческих составляющих потерь электрической энергии в связи с тем, что предпосылки их появления, а также способы и эффективность их выявления и упреждения

находятся в ведении не одних сетевых организаций. Финансовые или коммерческие издержки от потерь – главные издержки, с которыми обязаны бороться все электросетевые предприятия сообща вне зависимости от их уровня.

В свою очередь стоит отметить о несовершенстве нормативно - правовой базы. Так, например, не предусмотрено в законодательстве сетевых прямых отношений компаний, подкрепленных договором по снабжению электрической энергии, с покупателями. Также отсутствие финансовых возможностей, что является следствием в препятствии увеличения кадрового состава служащих, контролирующих потребление электроэнергии. Эту смысловую цепочку можно продолжать и далее, однако, все это приводит к ограничению действий в принятии кардинальных мер сетевых компаний по выявлению и устранению первопричин появления коммерческих потерь.

1.6 Причины возникновения коммерческих потерь электроэнергии

Размер значения финансовых потерь от хищения электричества при несанкционированном технологическом присоединении к электросетям находится в зависимости от значений структурных характеристик, таких как баланс электроэнергии. Для того чтобы определить размер коммерческих издержек от потерь электрической энергии за конкретный период времени, требуется в начале сформировать баланс электропотребления исследуемого участка электросети, квалифицировать фактические издержки и высчитать все составные элементы технологических потерь электрической энергии.

Произведенная аналитическая работа по формированию структуры потерь и вычленению из них коммерческих даст возможность выявить предполагаемые места на схеме распределительной сети, где осуществляется безучётное потребление электроэнергии, а впоследствии локализовать данные участки и принять превентивные меры по их упреждению, а, следовательно, снизить уровень потерь в целом [19].

Исследуемые главные группы финансовых издержек сетевых организаций – коммерческих потерь электрической энергии:

1. Инструментальные, причиной которых являются ошибочные данные в процессе измерений потребления электроэнергии.

Каждый прибор учета электрической энергии обладает своей погрешностью измерений. Хотя погрешности приборов и устройств жестко регламентированы, в процессе их функционирования инструментальная погрешность может меняться, в зависимости от окружающей среды. Она также зависит от технических данных устройств фиксации электропотребления и настоящих условий эксплуатации.

Даже учитывая тот акт, что приборы и устройства учета электрической энергии технически соответствуют действующим законодательным и нормативно–техническим документа погрешность приборов учета относят не к технологическим, а к коммерческим потерям, а весь размер недоучета энергии является финансовой нагрузкой сетевых организаций.

Самые значимые предпосылки, приводящие к возникновению «инструментальных» потерь, лежащих финансовым бременем на сетевые компании, заключаются в следующем:

- наличие нагрузки на вторичные цепи ТТ и ТН, которые превышают длительно-допустимые значения перегрузки;
- сравнительно невысокий $\cos\varphi$;
- длительное воздействие на узел учета магнитных или электромагнитных полей разной частоты;
- несимметрия нагрузки по фазам;
- недопустимое снижение значений напряжения во вторичных измерительных цепях;
- нарушение температурного режима работы приборов учета, в особенности, когда они установлены на улице без обогрева;
- низкая чувствительность приборов учета электрической энергии;

- несоответствие установленных трансформаторов тока току нагрузки потребителя электрической энергии;

- высокие технологические погрешности индукционных приборов учета электрической энергии.

Помимо указанного выше на конечный итог измерений оказывают влияние следующие моменты, присутствие коих свидетельствует о том, что в сетевых предприятиях уровнем контроля состояния и корректности работы применяемых устройств и комплексов учета электрической энергии служат:

- выработавшие, установленный заводом – изготовителем, срок службы работы измерительных установок;

- дефект или неисправность приборов учета электрической энергии;

- допущенные при монтаже устройств фиксации потребления электрической энергии ошибки (рис. 1.3), в т.ч. некорректные схемы их включения в работу, монтаж измерительных ТТ с разными коэффициентами трансформации и т.п.



Рисунок 1.3 - Неверная установка трансформаторов тока

По настоящее время в эксплуатации функционируют архаичные, выработавшие индивидуальный ресурс, установленный изготовителем, индукционные электрические счетчики класса 2,5. При этом данные приборы учета электрической энергии используются как у физических лиц, так и у юридических.

В соответствии с ГОСТ 6570-96 функционирование индукционных приборов учета электрической энергии классом точности 2,5 ограничен первым межповерочным периодом. В 01.07.97 производство приборов учета электрической энергии классом точности 2,5 остановлено.

Индукционные приборы учета электрической энергии класса точности 2,5 удалены из Муниципального реестра. В настоящее время выпуск их остановлен, поверку не производят. Периодичность поверки для однофазного индукционного прибора учета электрической энергии не менее шестнадцать лет, а трехфазного – четыре года. Вследствие этого, трехфазные индукционные приборы учета электрической энергии класса точности 2,5 вне закона для физических и юридических лиц уже некоторое количество лет [33].

В данный промежуток время ГОСТ Р 52321-2005 (МЭК 62053-11:2003) распространяется на электромеханические (индукционные) приборы учета электрической энергии классов точности 0,5; 1 и 2. Для индукционных приборов учета электрической энергии класса 2,5 законодательные нормативно-правовые акты, свидетельствующие правомерность их использования, отсутствуют, что говорит о невозможности их применения для учета электрической энергии.

На основании изложенного делаем вывод, что использование индукционных приборов учета электрической энергии классом точности 2,5 в реальное время как однофазных, так и трехфазных противоречит ФЗ от 26.06.2008 № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений".

2. Ошибки в точной фиксации значений потребления электрической энергии потребителями заключаются в следующем:

- неточное отображение данных о фактических показаниях приборов учета электрической энергии на различных интервалах процесса передачи, распределения и снабжения электроэнергией. К данному фактору можно отнести ошибочные действия при снятии показаний с приборов учета электрической энергии, неточное предоставление данных о потреблении электрической энергии со стороны потребителя, ошибки оператора или системы при осуществлении ввода информации в базы хранения и переработки данных и т.п.;

- отсутствие информации или наличие ошибочной информации об используемых приборах учета электрической энергии, расчетных коэффициентах, тарифов при фиксации данных двухтарифными счетчиками электрической энергии и их фактическим сведениям. Промахи имеют место быть даже при заключении контракта на осуществление электроснабжения, а еще при неточном внесении информации в базы обработки данных, их несвоевременной корректировки и т.п. К данному фактору можно также отнести инциденты подмены устройств учета электрической энергии без составления соответствующих актов осмотра электроустановок, в том числе прибора учета электрической энергии, коэффициентов трансформации ТТ;

- нерешенные договорные отношения в части электроснабжения и оказания услуг по передаче электрической энергии в точках поставки, устройств учета электрической энергии и используемых методов и методик расчета потерь в электротехническом оборудовании и токоведущих линиях электропередачи при их монтаже не на границе балансовой и эксплуатационной ответственности. Схожие по своему смыслу ситуации имеют место быть и зачастую приводят к неточностям при проведении расчетов, особенно в том случае, когда происходит изменение права собственности или смена владельца объекта, проведение реструктуризации организаций-потребителей электрической энергии и т.п. Также к данному фактору можно отнести «бездоговорное» потребление электрической энергии при осуществлении несанкционированного технологического присоединения

потребителя к электрическим сетям сетевой организации третьими лицами и, соответственно, невозможность адекватного учета электрической энергии в «серых» точках поставки электроэнергии;

- отсутствие возможности у сетевых организаций в единовременности снятия данных с устройств учета электрической энергии как у покупателей, так и внутри сетевых организаций по всем имеющимся точкам подключения электрической энергии;

- разновременность временных интервалов обнаружения и включения ранее неучтенных объемов электрической энергии в общие данные по всем имеющимся объемам её передачи;

- организация узлов учета электрической энергии не на границе балансовой и эксплуатационной ответственности электросетей, некорректности и неточности используемых методик расчета потерь электроэнергии в структурных токопроводящих элементах электросети от разграничения балансовой и эксплуатационной ответственности до точки, в которой происходит съем данных о потреблении электрической энергии, или невозможность применения данных методик по причине их отсутствия для осуществления «дорасчета» коммерческих потерь электричества;

- расчет объемов отпущенной электрической энергии потребителям как физическим, так и юридическим лицам, математическими приближенными алгоритмами при недоступности для проверки, идентификации узлов учета электрической энергии или же в случае его выхода из строя;

- «безучетное» использование электрической энергии, с выявлением и фиксацией использованных объемов потребленного электричества по заводским данным о мощности электроприборов и электроустановок потребителя. Дополнительно с осуществлением использования иных нормативно-расчетных способов расчета электроэнергии. Подобные инсинуации и не противоречат действующим Федеральному закону № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ " от 23.11.2009;

- отсутствие полной укомплектованности устройствами учета электроэнергии на границах балансовой и эксплуатационной ответственности электрических распределительных сетей, в том числе речь идет о многоквартирных жилых домах;

- наличие большого количества старых бесхозяйных электрических сетей разного класса напряжения и отсутствие организации рабочего процесса по выявлению их владельцев и узакониванию с ними отношений;

- использование данных, полученных математическим путем, за временной период недоучета электрической энергии при выходе из строя узлов и устройств учета электрической энергии [31].

3. Несанкционированное электропотребление

К предоставленной категории можно отнести «хищение» электрической энергии, к коим относят несанкционированное технологическое присоединение к электросетям, а, следовательно, включение потребителей в обход узлов учета электрической энергии, дополнительно возможны различные ухищрённые технические решения воплощенные в жизнь по приборам учета электрической энергии с целью занижения показаний потребленной энергии. К данной категории имеет смысл отнести нарушение сроков предоставления извещений в энергоснабжающую компанию о поломках устройств учета электрической энергии, в особенности коммерческого.

В большинстве случаев в сетевых организациях на долю несанкционированного электропотребления приходится весомая, значительная часть всех финансовых потерь в особенности в распределительных сетях напряжением 0,4 кВ в частном секторе. Не редки случаи выявления хищения электрической энергии организациями малого и среднего бизнеса.

Размеры кражи электрической энергии увеличиваются по мере снижения температуры окружающей среды или в жаркую погоду, что собственно говорит том, что львиная доля неучтенной потребляемой электрической энергии используется на отопление и кондиционирование.

4. Неточности математических расчетов при фиксации технологических потерь электрической энергии.

Так как финансовые издержки, основанные на коммерческих потерях, - расчетное значение, аккумулируемое арифметически, то отклонения по нахождению технологических затрат электрической энергии имеют прямую зависимость от размеров величин коммерческих потерь. Неточности в расчетах при определении фактических технологических потерь могут быть объяснены тем, что используемой в различных методиках и алгоритмах расчета исходные данные нуждаются в уточнении и адаптации. Адекватность производимых расчетов потерь электрической энергии, основанных на оперативных методиках или же на учете времени суток, значительно выше и точнее по сравнению с методиками средних нагрузок. Также стоит учесть, что настоящие технические характеристики составляющих элементов системы электроснабжения нередко отличаются от справочных и паспортных значений, используемых при расчетах, собственно, что напрямую связано с длительностью эксплуатации электротехнического оборудования [5].

Данные о характеристиках существующих режимов работы системы электроснабжения и электротехнических комплексов, приведенных затратах на электрическую энергию на собственные нужды также имеют высокую долю погрешности и не являются абсолютно достоверными. Все указанные отклонения формируют общую величину технологических потерь электрической энергии. С увеличением точности обрабатываемой информации по технологическим потерям электрической энергии, повышается адекватность расчета результирующих коммерческих потерь электрической энергии.

Выводы по главе 1:

- 1) приведен ряд факторов, влияющих на технические и коммерческие потери электрической энергии в городских распределительных сетях;
- 2) приведена структура фактических и подробнее расписана структура коммерческих потерь электроэнергии;

3) проведен анализ способов хищения электроэнергии в бытовом и мелкомоторном секторах потребителей. Уточнена их структура.

2 Основные направления к снижению коммерческих потерь электрической энергии. Современные способы борьбы с хищениями электроэнергии

2.1 Обзор существующих методов выявления коммерческих потерь электроэнергии

Одной из важнейших функций электросетевых организаций является обнаружение и борьба с частыми хищениями электроэнергии. С целью поиска хищений электрической энергии представители таких предприятий планово обходят абонентов, чтобы проверить (осмотреть) правильность включения электросчетчиков, целостность пломб и лент визуального контроля, достоверность показаний, соответствие узла учета электроэнергии технологическому присоединению. Однако эффективность таких осмотров низка, так как невозможно изначально оперативно определить место и объем хищения электроэнергии. Кроме этого, в рамках существующего законодательства РФ оперативный доступ представителя сетевой организации к приборам учета электроэнергии может быть искусственно затруднен самим потребителем [8].

Приведем основные методы выявления коммерческих потерь электроэнергии:

1) балансный метод подразумевает суммарный объем за определенный интервал времени электросчетчиков, установленных в шкафах учета потребителей электроэнергии, и объема электросчетчика электроэнергии, установленного в начале линии электроснабжения;

2) измерительный метод заключается в использовании таких приборов, которые позволяют обнаружить скрытую электропроводку. Такие приборы указывают электрическое поле проводника, находящегося под напряжением. Таким образом, представители сетевой организации с помощью такого прибора легко могут обнаруживать скрытую (доучетную) электропроводку;

3) использование токоизмерительных клещей для измерения электрической энергии. Одни токоизмерительные клещи подключаются на фазный провод до ввода в дом, другими токоизмерительными клещами проверяется нагрузка возле прибора учета электроэнергии;

4) применение приборов для измерения электроэнергии с защитой от хищений. В комплектацию таких приборов входит датчик мощности (устроен на принципе токоизмерительных клещей) и базовый блок, в ходе проверки непосредственно устанавливаемый возле расчетного прибора учета электроэнергии. Проверяется разность проходящей токовой нагрузки. Связь между внешним датчиком мощности и базовым блоком осуществляется по тем же проводам с помощью сигнала, передаваемого на определенных установленных высоких частотах. Существенный недостаток таких приборов это высокая стоимость, а также необходимость поверки и обязательного наличия сертификата соответствия двух блоков для измерения, разность показателей из-за собственных погрешностей блоков, в некоторых случаях блокировка информационного высокочастотного сигнала из-за дополнительно устанавливаемых у потребителей элементов (фильтров или стабилизаторов напряжения);

5) применение заведомо поверенного прибора (например, СЕ 602 производства ЗАО «Энергомера») для проверки технических параметров и правильности работы электросчетчика в месте его установки (не демонтируя). Прибор предназначен для выявления погрешности однофазных и трехфазных электросчетчиков в местах их установки без разрыва электрической цепи и для измерений потребляемой нагрузкой мощности во вторичных цепях измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения при существующих во время измерений сигналах (исполнения с токовыми клещами), а также для поверки средств учета (исполнения с блоком трансформаторов тока). Прибор всех исполнений осуществляет измерения основных электроэнергетических величин в трехфазной и однофазной контролируемой сети и позволяет производить проверку корректности

подключения приборов учета электроэнергии. При поверке (либо проверке) средств измерений электрической энергии прибор используется для определения метрологических характеристик поверяемых средств измерений электрической мощности и энергии. Прибор может быть использован для определения общей погрешности комплекса, состоящего из трансформатора тока и счетчика электрической энергии при напряжении на первичной обмотке трансформатора не более 380 В, а также — в качестве средства технического учета электрической энергии [48];

б) применение автоматизированных информационно измерительных систем контроля и учета электроэнергии (АИИС КУЭ) является на сегодняшний день наиболее перспективным методом для выявления коммерческих потерь [47].

2.2 Основные мероприятия, направленные на снижение коммерческих потерь в электрических сетях

Мероприятия по снижению коммерческих потерь электрической энергии условно делятся на две группы:

- 1) организационные;
- 2) технические.

Приведем ряд основных организационных мероприятий:

- выверка актов раздела балансовой и имущественной принадлежности по точкам присоединения к электрическим сетям;
- обязательная фиксация точек присоединения электроэнергии;
- проверка технологического подключения на соответствие с договорными и техническими условиями;
- своевременное обновление и формирование баз данных о потребителях электроэнергии, с привязкой их к конкретным элементам схемы электрической сети;

- выверка фактических технических характеристик приборов учета и номиналов трансформатор тока и напряжения;
- соответствие правильности алгоритмов «дорасчета» потерь при установке приборов учета не на границе балансовой принадлежности (потери в линии, трансформаторе);
- своевременная сверка показаний электросчетчиков, передаваемых потребителем;
- максимальная автоматизация формирования баз данных при внесении показаний и расчетах объемов электроэнергии с целью для исключения влияния «человеческого фактора»;
- исключение «безучетного» электропотребления;
- повышение точности выполнения расчетов технологических потерь электроэнергии с включением их в ведомости по итоговым объемам;
- ежемесячный контроль фактических небалансов электроэнергии на трансформаторных подстанциях, при несоответствии нормированных потерь своевременное принятие мер по их устранению;
- расчеты «фидерных» балансов электроэнергии в сети, балансов по трансформаторным подстанциям, балансов в ВЛ-0,4 кВ, КЛ-0,4 кВ, с целью оперативного выявления «очагов» коммерческих потерь электрической энергии;
- своевременное выявление и немедленная локализация хищений электрической энергии;
- обеспечение сотрудников сетевой организации, выполняющих проверки узлов учета, необходимым инструментом, а для выявления хищений электроэнергии необходимыми устройствами. Обучение персонала методам оперативного обнаружения хищений электроэнергии, повышение мотивации дополнительным премированием с учетом успеваемости и эффективности работы [12].

К основным техническим мероприятиям относятся такие, как:

- инвентаризация пунктов коммерческого учета электроэнергии, маркирование измерительных комплексов лентами визуального контроля;
- пломбирование приборов учета, измерительных трансформаторов тока и напряжений;
- пломбирование клеммных зажимов, распределительных испытательных коробок во вторичных цепях;
- пломбирование рукоятки выключателей нагрузки трансформатора напряжения при выполнении узла учета 6(10) кВ;
- использование антимагнитных пломб;
- своевременная калибровка, поверка и инструментальная проверка электросчетчиков;
- установка узлов и пунктов коммерческого учета (ПКУ) на границах балансовой принадлежности (опора ВЛ-0,4 кВ, опора ВЛ-6, 10 кВ, РУ-04, 6, 10, кВ трансформаторной подстанции) (рис. 2.1), с целью их защиты от механических воздействий и несанкционированного доступа;



Рисунок 2.1 - Установка ПКУ на границе балансовой принадлежности

- установка дублирующего прибора учета сетевой организации, подключенного по последовательной схеме с расчетным (рис. 2.2);



Рисунок 2.2 - Установка дублирующего прибора учета, счетчик потребителя (слева), счетчик сетевой организации (справа)

- замена морально и технически устаревших электросчетчиков;
- при строительстве новых и реконструкции существующих объектов применять схему измерения с тремя трансформаторами тока;
- установка электросчетчиков преимущественно с ЖК-дисплеем;
- установка контрольных приборов учета за пределами частных владений;
- замена алюминиевых проводов марок «А, АС» ВЛ–0,4 кВ на самонесущий изолированный провод (СИП);
- внедрение АИИС КУЭ для промышленных и бытовых потребителей.

В свою очередь, внедрение АИИС КУЭ, является самым эффективным методом в уменьшении коммерческих потерь электрической энергии, являясь комплексным решением основных ключевых задач и обеспечивая достоверное (фактическое) и дистанционное получение информации от каждого электросчетчика, осуществляя постоянный контроль работы приборов учета.

Также, усложняется несанкционированное подключение к электрическим сетям, и заметно повышается обнаружение «очагов» потерь в короткие сроки с минимальными затратами. Основным ограничивающим фактором широкого применения автоматизации учета электроэнергии является высокая стоимость АИИС КУЭ. Внедрение таких систем разумно осуществлять поэтапно, в первую очередь, определяя те узлы электрической сети, в которых потери электроэнергии выше нормированных и установка АИИС КУЭ будет экономически эффективным проектом [6].

Совершенствование нормативно-правовой базы в области энергоснабжения и учета электроэнергии является также одним из немаловажных вопросов по снижению коммерческих потерь электроэнергии, так как допуск представителей сетевых организаций с целью проверки состояния приборов учета, наличия контрольных пломб, лент визуального контроля и снятия достоверных показаний у абонентов, а в первую очередь физических лиц, должен быть максимально прост, а ответственность за несоответствие технологического электроснабжения усилена.

Коммерческие потери электрической энергии являются серьезным экономическим убытком сетевых организаций, отвлекают их денежные средства от решения других насущных задач в области электроснабжения.

Снижение коммерческих потерь электроэнергии является комплексной задачей, которая в своем решении требует разработки конкретных мероприятий на основе предварительного энергообследования.

2.3 Общий обзор широко применяемых систем АИИС КУЭ

Развитие методов расчета и анализа потерь электроэнергии сетевых организаций тесно связано с техническим оснащением сетей 0,4-6(10) кВ средствами АИИС КУЭ, позволяющими получать необходимую для более достоверного и детального анализа потерь электроэнергии информацию.

Главной задачей автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии является дистанционный сбор данных о потреблении электроэнергии с различных точек учета.

Приведем основные элементы при построении систем АИИС КУЭ:

- сертифицированный прибор учета электроэнергии с возможностью удаленного доступа к данным о накопленной энергии;
- аппаратура и каналы для передачи данных (проводные или беспроводные);
- аппаратное и программное обеспечение верхнего уровня (базы данных, средства отображения информации).

Ряд современных АИИС КУЭ решает задачи коммерческого учета электропотребления. К таким АИИС КУЭ можно отнести:

- АИИС КУЭ ООО «НПФ «Прософт-Е» на базе устройства сбора и передачи данных ЭКОМ-3000;
- АИИС КУЭ ЗАО «Радио и Микроэлектроника» на базе счетчиков «РИМ» [45];
- АИИС КУЭ ООО «Матрица» на базе счетчиков «Матрица», и ряд других систем, обеспечивающих сбор, передачу и обработку информации о «перетоках» электрической энергии [46].

Рассмотрим подробнее каждую из систем.

2.3.1 АИИС КУЭ на базе УСПД ЭКОМ-3000

ЭКОМ-3000 используется в составе автоматизированных систем управления, контроля и учета регламентируемых показателей режимов потребления электрической энергии.

Типовая схема, показанная на рисунке 2.3, включает в себя информационно-измерительные комплексы (ИИК) точек учета, информационно-вычислительные комплексы электроустановок (ИВКЭ) и информационно-вычислительный комплекс верхнего уровня системы. Более

сложные системы могут дополнительно иметь общий Центр сбора данных, например, для консолидации данных предприятий электрических сетей на уровень региональной сетевой компании.

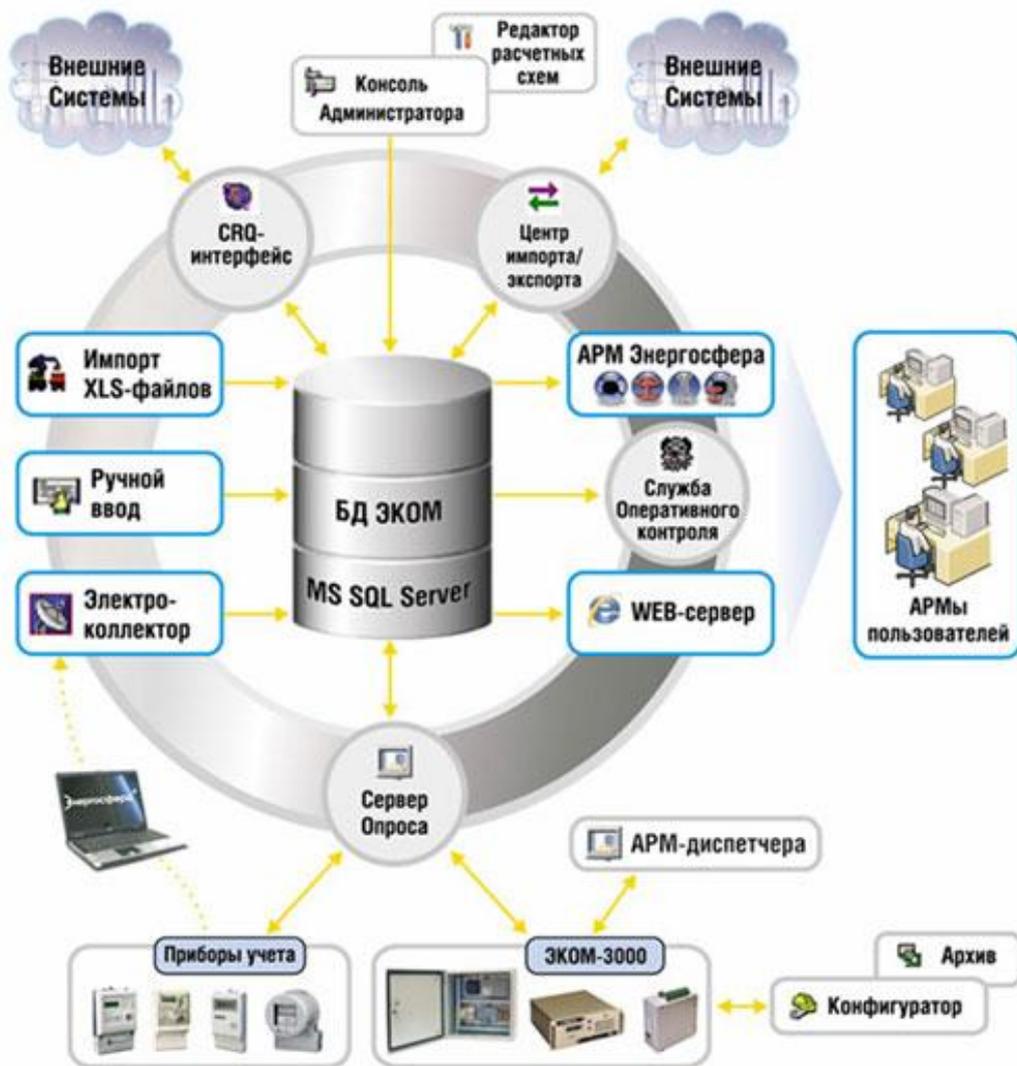


Рисунок 2.3 - Структурная схема системы на базе УСПД ЭКОМ-3000

ЭКОМ-3000 – модульный, конфигурируемый, разнообразно-компонuemый, IBM PC совместимый контроллер, модули ввода аналоговых сигналов, ввода дискретных и числоимпульсных сигналов, дискретных и аналоговых выходов, коммуникационные модули которого содержатся в любых технических исполнениях.

2.3.2 АИИС КУЭ на базе счетчиков «РИМ»

Структурная схема функционирования системы приведена на рисунке 2.4.

В основу построения системы заложены принципы, позволяющие организовать:

- дистанционный доступ для снятия показаний со счетчиков и проверки их технического состояния;
- возможность постепенного наращивания точек учета без ограничения их количества;
- учет всей потребленной электроэнергии независимо от методов ее хищения.

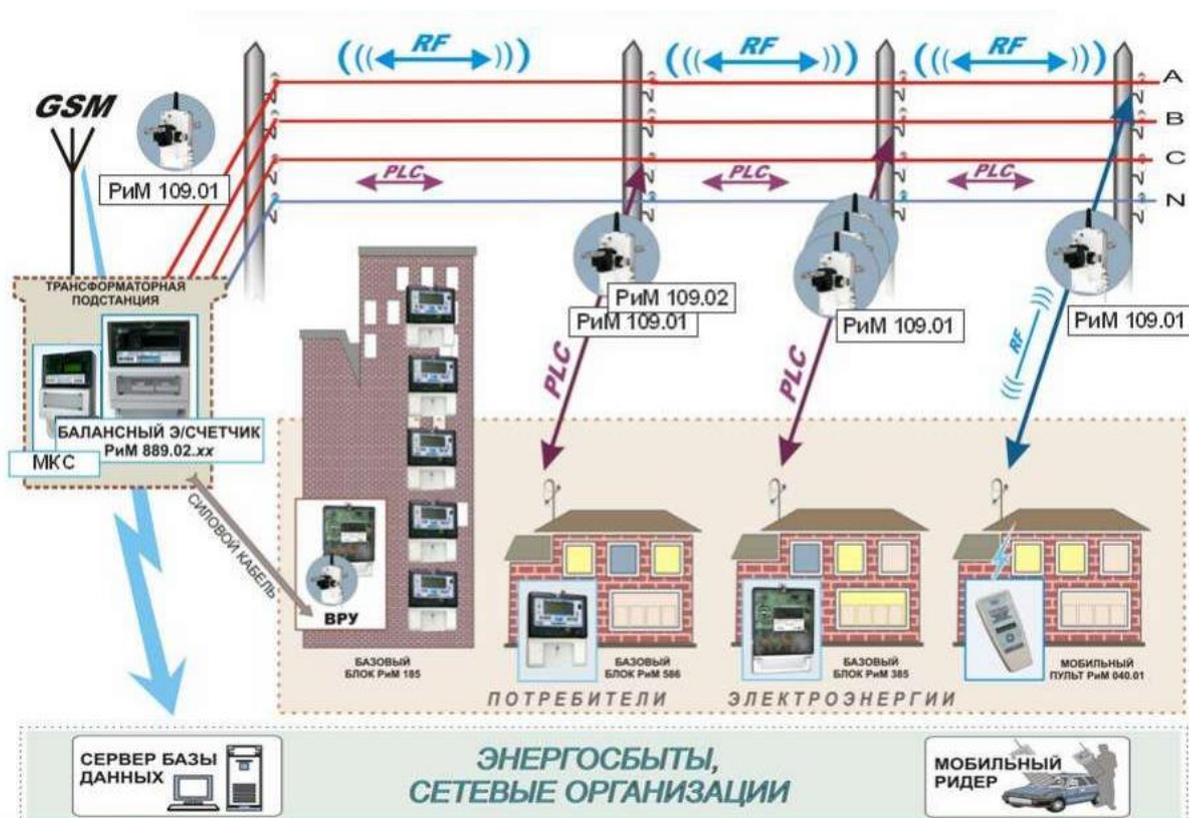


Рисунок 2.4 - Структурная схема системы на базе «РиМ»

Для этого у потребителей старые индукционные счетчики заменяются на электронные типа РИМ 189.01, РИМ 189.02 или РИМ 489.04 с детекторами обнаружения несанкционированного потребления электроэнергии [45].

В этом случае любые методы доучетного подключения учитываются и идёт непрерывный учет всей потребляемой электроэнергии потребителя. Сбор информации осуществляется на мобильный пульт представителем сетевой организации, который проходит (либо проезжает на автомобиле) с пультом вдоль строений потребителей, в которых установлены счетчики-детекторы, и производит съём информации. Для этого к мобильному пульту подключается внешняя автомобильная антенна, позволяющая осуществлять прием информации на расстоянии до 100м. При необходимости представитель сетевой организации может принять информацию от конкретного абонента либо от группы абонентов и анализировать ее на месте. После того как сбор данных произведен, мобильный пульт подключается к компьютеру и информация переносится в компьютер для дальнейшей обработки.

Особенности:

- снимается проблема доступа представителей сетевых организаций к электросчетчикам для сверки показаний и проверки их технического состояния;
- расчетные службы получают дистанционный доступ к электросчетчикам, что решает вопрос о сокращении штата контролёров;
- устраняется возможность хищения электрической энергии, срыва пломб, установки магнита;
- существует возможность ведения тарификации по зонам суток (день/ночь) в расчетах с потребителями;
- внедрение системы не требует создание проводных линий связи;
- минимальные затраты по установке на одного потребителя;
- расчет баланса отпущенной и потребленной электроэнергии;
- дистанционный съём показаний электросчетчика контроллером по радиоканалу (до 7000 счетчиков в смену);

- минимизация затрат на съём показаний с электросчетчиков и выдачу счетов потребителям на оплату электроэнергии.

Рассмотрим два способа сбора информации:

1. Сбор информации в полуавтоматизированном режиме (рисунок 2.5)



Рисунок 2.5 - Сбор информации в полуавтоматизированном режиме

Все электросчётчики оснащены радиоканалом для сбора показаний, дальность 100 и более метров в зависимости от местности. Показания с электросчётчика снимаются по радиоканалу с помощью радиомодема РыМ 043.01 на ноутбук. Программное обеспечение и его обновления бесплатны, размещены на сайте завода. Потребители заносятся в базу, опрос происходит в полуавтоматическом режиме, т.е. в радиусе действия радиомодема все потребители опрашиваются по нажатию на кнопку в программе. Для опроса потребителей вне радиуса действия радиомодема не обходимо переместиться ближе к опрашиваемым приборам учета электроэнергии.

2. Сбор информации в автоматизированном режиме (рис. 2.6).

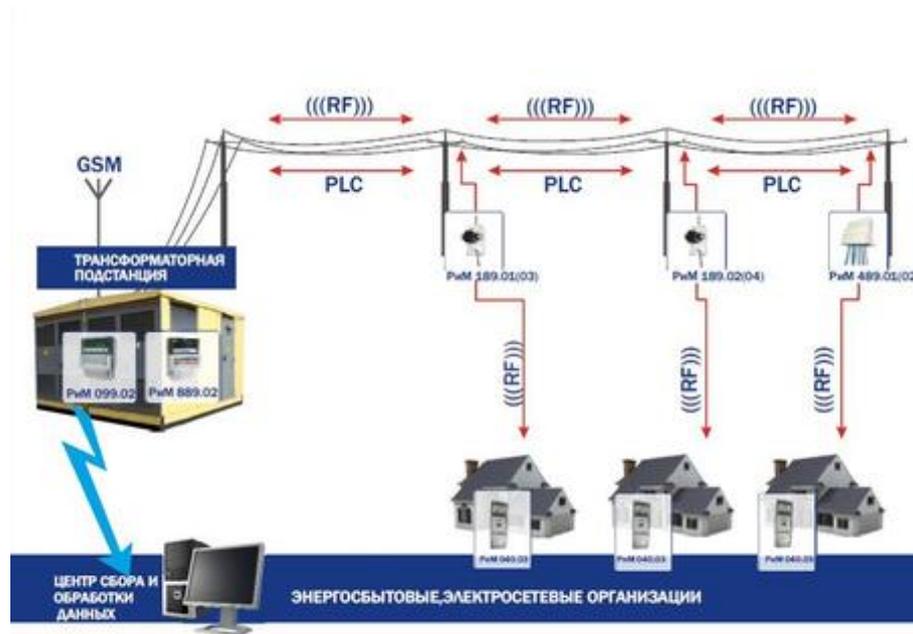


Рисунок 2.6 - Сбор информации в автоматизированном режиме

Полностью автоматизированный сбор информации с возможностью удалённого сбора и передачи показаний (напр. из другого города). Счётчики объединяются в сеть с помощью маршрутизатора каналов связи МКС РiМ099.02, который опрашивает счётчики, сохраняет данные и по запросу передаёт их через GSM- модем или радиомодем на компьютер. На компьютере устанавливается программное обеспечение. Потребители заносятся в базу, показания с абонентов собираются по команде оператора [45].

АИИС КУЭ на базе счетчиков «РiМ» позволяет исключить потребление энергии в обход электросчётчика (исключить хищение электроэнергии).

Электросчётчик устанавливается на опоре около изоляторов (на отводе воздушной линии к абоненту), за счёт способа установки происходит защита от хищения электроэнергии самыми распространёнными способами, т.е. от «накидок» на провода, от скрытого подключения до счётчика. Кроме того имеется защита от хищения электроэнергии, когда абонент ворует электроэнергию путём взятия «нуля» с «земли», в таком случае счётчик показывает ампер*часы и в журнал (память счётчика, срок хранения

информации не менее 30 лет) заносится информация о факте хищения электроэнергии.

Также система обеспечивает возможность дистанционного отключения неплательщиков.

В линейке электросчётчиков РИМ есть приборы учета электроэнергии с функцией управления нагрузкой, т.е. отключение абонента. Реализованы две возможности отключения абонентов:

- непосредственное отключение абонента путём передачи команды на электросчётчик абонента;

- ограничение мощности потребляемой абонентом. Например, потребителю выделяется мощность 6 кВт. При превышении порога установленной мощности срабатывает реле и отключает абонента, при уменьшении загрузки происходит автоматическое подключение. Эта функция нужна для контроля мощности и для предотвращения выхода из строя дорогостоящего трансформатора.

2.3.3 АИИС КУЭ на базе Smart_IMS «Матрица»

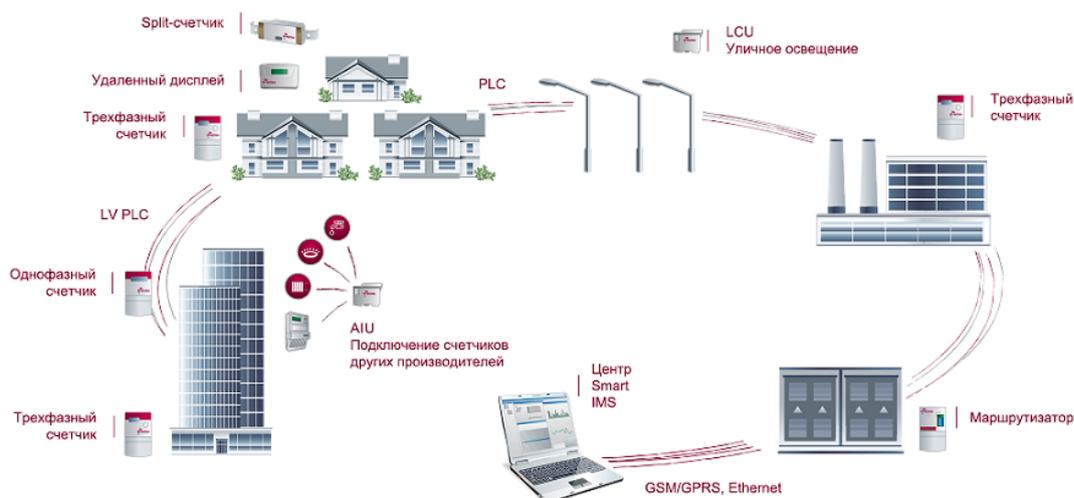


Рисунок 2.7 - Структурная схема системы на базе «Матрица»

Система состоит из трех уровней [46]:

- верхний уровень представляет собой центр сбора и обработки информации SMART_IMS, включает в себя компьютер и GSM модем;
- средний уровень включает УСПД, которое собирает информацию по силовым линиям со счетчиков, подключенных в рамках сети 0,4 кВ (по связи PLC), где он установлен, и передает их в центр с помощью встроенного GSM модема.
- нижний уровень состоит из счетчиков и удаленных дисплеев.



Рисунок 2.8 - Основные типы счетчиков и УСПД

Приведем основные преимущества комплекса «Матрица»:

- надежность эксплуатации при сверхнизких температурах - до -40 градусов;
- уверенный обмен данными при передаче по силовой сети. С оборудованием «Матрица» данная проблема не возникала. С помощью технологии ретрансляции сигнала каждым устройством, входящим в систему, и использование двухчастотного канала передачи обеспечивается надежный устойчивый канал связи. Т.е. каждый счётчик, каждое устройство дублирует сигнал предыдущего, тем самым достигается бесперебойное получение данных от удалённых приборов;
- наличие встроенного управляемого реле, позволяющего эффективно контролировать нагрузку в соответствии с договором по технологическому присоединению с потребителем, производить дистанционные отключения в случае нарушений условий договора;

- наличие в приборах учета контроля параметров сети, а также датчика дифференциального тока, который в совокупности с реле представляет эффективное защитное устройство от различных аварий режимов и хищений. Датчик дифференциального тока (аналог УЗО) и есть то скрытое оружие от похитителей электроэнергии, данная вещь считает и сверяет ток, протекающий в проводнике;

- исключается возможность сговора абонентов с представителями сетевых организаций по сокрытию реального потребления электрической энергии. Обеспечивается автоматизированным ежедневным сбором информации со всех приборов учета, а также невозможностью изменения данных о потреблении ни абонентом, ни обслуживающим персоналом;

- многотарифный режим работы. Тарифная программа записывается в конфигурацию счётчика программно удаленно из Центра, и может быть изменена в процессе эксплуатации счётчика;

- информационный обмен УСПД и центра по GSM каналу, не требующий проведения дополнительных работ по прокладке проводов связи;

- получение «пофидерного» баланса. Наличие данного функционала позволяет эффективно бороться с хищениями электроэнергии, быстро выявляя нарушителя;

- удачно спланированные крепления и габариты позволяют производить замену действующего парка приборов в кратчайшие сроки без дополнительных затрат. А также позволяют размещать приборы учёта в недоступном абоненту месте.

Экономический эффект от внедрения АИИСКУЭ достигается за счет:

- снижения потерь электроэнергии в приборах учета;
- повышения точности учета;
- сокращения штата контролеров;
- снижения коммерческих потерь электроэнергии за счет функциональных возможностей примененной аппаратуры и получения инструмента анализа фактического небаланса по объекту;

- сокращения до минимума выездов к потребителю (транспортные расходы);
- уменьшения количества ошибок в расчетах при выставлении счетов;
- сведение к минимуму возможности хищений электрической энергии;
- возможности индивидуального воздействия на каждого абонента.

2.4 Современные приборы учета электроэнергии

Жизнь современного человека немислима без электроэнергии. От ее распределения и учета зависят наши комфорт и безопасность. Один из способов сделать эти процессы более удобными — использовать счетчики нового поколения [43].

Прототип интеллектуального электросчетчика, разработанный специалистами компании NXP Semiconductors, позволяет в режиме реального времени отслеживать основные параметры электрической сети, выводить их на монитор и передавать на диспетчерский узел. Потребление электроэнергии — это привычное и обыденное явление, от которого, в буквальном смысле, зависит жизнь человека.



Рисунок 2.9 -Схема работы «умных» счетчиков канадской сбытовой компании HorizonUtilities в провинции Онтарио

С увеличением объемов выпуска различной бытовой и промышленной техники спрос на этот вид энергии значительно возрос. Большое количество потребителей, частые случаи несанкционированного использования энергоресурсов, задолженности по оплате услуг — все это обуславливает необходимость пересмотреть принципы учета и регулирования нагрузки на электросеть. Один из способов решения этой задачи — применение интеллектуальных счетчиков, которые со временем должны заменить морально устаревшие модели.



Рисунок 2.10 - Прототип интеллектуального электросчетчика

Уже более ста лет учет электроэнергии производится механическими счетчиками, принцип действия которых основан на вращении металлического диска при прохождении через устройство электрического тока. Интеллектуальные приборы стоят дороже, зато производят более точный учет и более долговечны. С 2008 года началось массовое внедрение так называемых «умных» счетчиков энергии, обладающих рядом преимуществ, подключаемых к единой информационной сети.

Принцип работы старых систем для контроля потребляемой энергии сводится к учету объема расходуемого объема электричества. Причем он осуществляется сугубо индивидуально: каждый месяц нужно нищать показания счетчика и на их основании оплачивать счет за электроэнергию. Работу счетчиков контролируют сотрудники энергетических компаний, которые с определенной периодичностью проверяют правильность функционирования всех подобных устройств. Для этого они вынуждены выезжать на место их установки.

Возможности новых систем, в основе которых лежат интеллектуальные счетчики, не ограничиваются мониторингом потребляемой энергии. «Умные» учетные приборы — это полностью цифровые устройства, работающие под управлением отдельного микропроцессора. В прототипе таких приборов, созданного специалистами компании NXP Semiconductors, используется мощный и энергоэффективный чип ARM Cortex M, что позволяет счетчику работать не только от сети, но и от батареек. Это особенно важно в случае с устройствами для контроля потребления воды или газа, поскольку они не всегда могут быть подключены к электрической сети, а для подсчета используемых ресурсов приходится применять сложные математические алгоритмы.

Интеллектуальные счетчики могут подключаться к компьютерным сетям и снабжаться специальным программным обеспечением, позволяющим удаленно осуществлять настройку устройства в каждом конкретном случае. Также такое программное обеспечение дает возможность устанавливать различные тарифные планы — не только для определенного времени суток, но и, например, для каждого дня недели, а также использовать кредитные схемы предоплаты с автоматическим уведомлением о недостаточной сумме на счете. Так, компания NXP Semiconductors, разрабатывающая ключевые полупроводниковые компоненты для электросчетчиков нового поколения, предлагает следующую схему расчета: вы покупаете в магазине карту

бесконтактной оплаты, приходите домой, поднесите к своему прибору — и деньги сразу же поступают на ваш счет.

По сравнению со старыми моделями устройств для учета электроэнергии у интеллектуальных счетчиков много преимуществ.

Во-первых, они позволяют потребителю самому выбирать график использования энергоресурсов: всю статистику с такого прибора он может увидеть на мониторе компьютера. В частности, можно узнать, сколько энергии потребляет конкретный прибор, какова польза от энергосберегающих технологий, а также посмотреть график потребления ресурсов по часам. Во-вторых, такие устройства обеспечивают высокую точность показаний, а их надежность очень высока.

Одно из главных достоинств интеллектуальных счетчиков — непосредственная связь с диспетчерским терминалом, откуда осуществляется наблюдение и управление услугами по предоставлению энергии. Благодаря двусторонней связи со счетчиком можно, например, дистанционно включать или отключать подачу электричества в квартиру, фиксировать несанкционированные подключения к сети, сообщать об аварийных ситуациях, отслеживать и выявлять причины пиковых нагрузок. Компьютерный мониторинг позволяет автоматизировать процесс передачи энергии, а также является эффективным способом борьбы с теми, кто не платит вовремя или имеет большую задолженность.

Счетчики нового поколения используют различные способы коммуникации с управляющим центром. Для связи могут применяться как стандартные способы обмена информацией (WiMAX, Wi-Fi и GPRS), так и другие средства. Например, передача данных может осуществляться по IP-протоколу через электрическую линию с использованием специальных концентраторов.

Установка интеллектуальных счетчиков выгодна как компаниям, предоставляющим услуги электросети, так и обычным потребителям. Самый

простой пример проявления экономии состоит в пересмотре используемой системы тарифов.

Нередко в моменты наибольшей загруженности электросети вырабатываемой мощности оказывается недостаточно. Это приводит к вынужденному заимствованию дополнительных мощностей с соседних станций, в результате чего увеличиваются расходы компании, которая предоставляет электроэнергию. Если она применяет гибкую систему тарифов, учитывающую дополнительные факторы (например, мощность потребления), а также время года и суток, распределение нагрузки на систему электроснабжения становится более равномерным. Потребителям же использование «умных» счетчиков дает возможность существенно сократить расходы на оплату коммунальных услуг. Эти современные приборы позволяют экономить и за счет выбора оптимального тарифа, и благодаря снижению объемов потребляемой энергии в часы пик: например, можно установить таймер для запуска стиральной и посудомоечной машин на ночное время, когда тариф ниже.

Целесообразность использования интеллектуальных счетчиков настолько очевидна, что многие развитые страны мира начали переход на новый способ контроля энергоресурсов. В одной только Европе уже установлены десятки миллионов таких устройств.

Возможности приборов нового поколения гораздо шире. Коммуникационный модуль, который может отправлять и получать данные, дает возможность считывать информацию дистанционно. Счетчик также позволяет накапливать статистику за определенный период времени, благодаря чему можно выяснить, в какой из дней недели вы расходуете больше всего электричества, или узнать текущий уровень энергопотребления. Счетчиками с собственными микропроцессорами можно управлять — например, отключать подачу энергии, изменять тарифные планы или оплачивать с их помощью счета. Также они позволяют сбытовым компаниям более равномерно распределять нагрузку на систему электроснабжения.

Понемногу такие устройства появляются и в СНГ: они устанавливаются на электростанциях и подстанциях как часть автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии. Постепенно они проникают и в частный сектор: их уже взяли на вооружение в Белгороде (Россия), где за 2009 год в жилых домах было установлено более 14 000 таких устройств, Екатеринбурге и других российских городах.

2.5 Современные средства пломбирования и индикации приборов и вторичных цепей в узлах учета электроэнергии

Среди мероприятий, осуществляемых для снижения коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях, актуальным является совершенствование пломбирования приборов учета электрической энергии

Согласно пункта 3.5 «Правил учета электрической энергии» средства учета электрической энергии должны быть защищены от несанкционированного доступа для исключения возможности искажения результатов измерений [25].

Расчетные поверенные электросчетчики должны иметь на креплении кожухов пломбы организации, производившей поверку, а на крышке колодки зажимов счетчика пломбу сетевой организации.

В случае нарушения пломбы на расчетном счетчике по каким либо причинам, если это не вызвано действием непреодолимой силы, лишает законной силы учет электроэнергии, осуществляемый данным расчетным счетчиком.

С целью возможных предотвращений хищений электроэнергии, электросетевая организация также пломбирует:

- контакты вторичных цепей трансформаторов тока;
- контакты вторичных цепей трансформаторов напряжения;

- токовые цепи расчетных счетчиков в случаях, когда к трансформаторам тока совместно со счетчиками присоединены электроизмерительные приборы и устройства защиты;

- испытательные коробки с зажимами для шунтирования вторичных обмоток трансформаторов тока и места соединения цепей напряжения при отключении расчетных счетчиков для их замены или поверки;

- решетки и дверцы камер, где установлены трансформаторы тока;

- решетки или дверцы камер, где установлены предохранители на стороне высокого и низкого напряжения трансформаторов напряжения, к которым присоединены расчетные счетчики;

- приспособления на рукоятках приводов разъединителей трансформаторов напряжения, к которым присоединены расчетные счетчики.

Эффективными методами снижения коммерческих потерь является применение надежных, современных средств индикации и пломбирования, при правильном использовании которых ужесточается контроль доступа к энергоресурсам (электроэнергии), минимизируя усилия и затраты.

Для установки таких пломб не требуется дополнительных инструментов, отличаясь особой надежностью их нельзя вскрыть без видимых следов повреждения, а тем более использовать повторно. Пломб с одинаковыми номерами не производят, на каждой из которых свой индивидуальный контрольный номер.

Важной составляющей при создании автоматизированных систем является защита контрольно-измерительных устройств от нежелательного вмешательства в показания и работу приборов недобросовестных потребителей электрической энергии.

Вместе с тем, нельзя не отметить, что до сих пор, применяемые в электроэнергетики свинцовые, пластилиновые, а еще и бумажные пломбы, не могут обеспечить требуемый уровень защиты, уже хотя бы потому, что снять и заменить их на аналогичные намного проще (плашку с оттиском пломбы можно изготовить для пломбира с идентичным номером в любой граверной или

ювелирной мастерской). Современные номерные пломбировочные устройства, обладают высокой надежностью совершенно не сравнимыми со свинцовыми пломбами.



Рисунок 2.11 - Электросчетчик, опечатанный пломбами и номерной наклейкой

Основными преимуществами современных средств пломбирования в сравнении со свинцовыми, пластилиновыми и бумажными пломбами являются [43]:

- нанесение неповторяющегося индивидуального контрольного номера (в отличие от свинцовых пломб, оттиск пломбира который можно легко подделать);
- установка производится вручную без помощи пломбира;
- высокая надежность от несанкционированного вскрытия и повторного использования;
- замочный механизм вскрыть не возможно;
- нанесение разных цветов пломб (для удобства ответственности сотрудников);
- предоставляется возможность нанесения индивидуального логотипа сетевой организации;
- хорошая читаемость нанесенной на пломбу информации;

- возможность хранения информации в журнале с указанием адреса установки и номера пломбы;

Приведем основные способы применения подобных пломб и лент визуального контроля, используемых для снижения коммерческих потерь и учета электрической энергии.

Для обеспечения безопасности и контроля функционирования контрольно-измерительного оборудования, обеспечивающего надежную работу всей системы электрических сетей, возникает необходимость в их пломбировании и надежной защите от нежелательного доступа.



Рисунок 2.12 - Контроллер «СИКОН С10», оклеенный номерной пломбировочной наклейкой

Пломбирование счетчиков современными средствами пломбирования позволяет:

- точно учитывать потребляемую электроэнергию;
- обеспечивать высокую защиту и контроль электроприбора от нежелательного вскрытия;
- обеспечивать достоверность показаний электросчетчиков;
- исключать возможность скрытых хищений электрической энергии;

- не допускать неплановое отключение прибора от сети;
- сокращать рабочее время, упрощать процедуру пломбирования и проверки целостности пломбы.

Рассмотрим устройства, повышающие контроль над доступом:

1) для защиты и контроля от нежелательного доступа рекомендуется применять индикаторные пломбы и силовые пломбы, позволяющие надежно защищать и пломбировать разные по размерам приборы.

2) минимально возможные пломбировочные отверстия (специальные винты электросчетчиков), пломбуются одноразовыми номерными пластиковыми пломбами с проволокой 0,7мм/0,8мм/1,05мм/1,2мм.

Пломба фиксируется вручную, без лишнего инструмента. Такую пломбу, вследствие уникальности ее конструкции, невозможно вскрыть без видимых последствий.



Рисунок 2.13 - Электросчетчик Меркурий 230, опломбированный номерной роторной пломбой

3) для пломбирования приборов, не имеющих специальных отверстий применяются номерные самоклеющиеся пломбы-наклейки, обладающие высокими защитными и эксплуатационными свойствами (при нарушении

проявляется надпись «НЕ ВСКРЫВАТЬ», не исчезающая при повторном наклеивании), имеющая температурный диапазон использования от -40°C до $+250^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 2.14 - Электросчетчик CE-301, опломбированный номерной роторной пломбой, испытательная коробка, опечатанная номерными самоклеющимися пломбами-наклейками (слева) и шинный разъединитель, опечатанный пломбой (справа)

4) для маркировки, защиты и идентификации любого коммерческого и промышленного оборудования различных поверхностей может применяться ультрафиолетовый маркер (УФ-маркер) и ультрафиолетовый фонарь (УФ-фонарь). Надписи и обозначения, нанесенные таким маркером визуально различимы только в лучах портативного фонаря.

Пломбирование электрооборудования, трансформаторных и вводных распределительных устройств современными одноразовыми номерными устройствами позволяет заметно сократить нежелательное проникновение посторонних лиц к узлам, быстро выявить проникновения.

Неодимовые магниты – «паразиты» коммерческих потерь электроэнергии.

Очень серьезной проблемой в последнее время в вопросе пресечения фактов хищения электрической энергии всплывает распространение неодимовых магнитов (супермагниты) для остановки счетчиков. «Использование магнитов для остановки счетчика самый безопасный и к тому же – очень простой в исполнении способ сэкономить» - такая характеристика данному способу хищения электрической энергии дается в интернете (рис. 2.15).

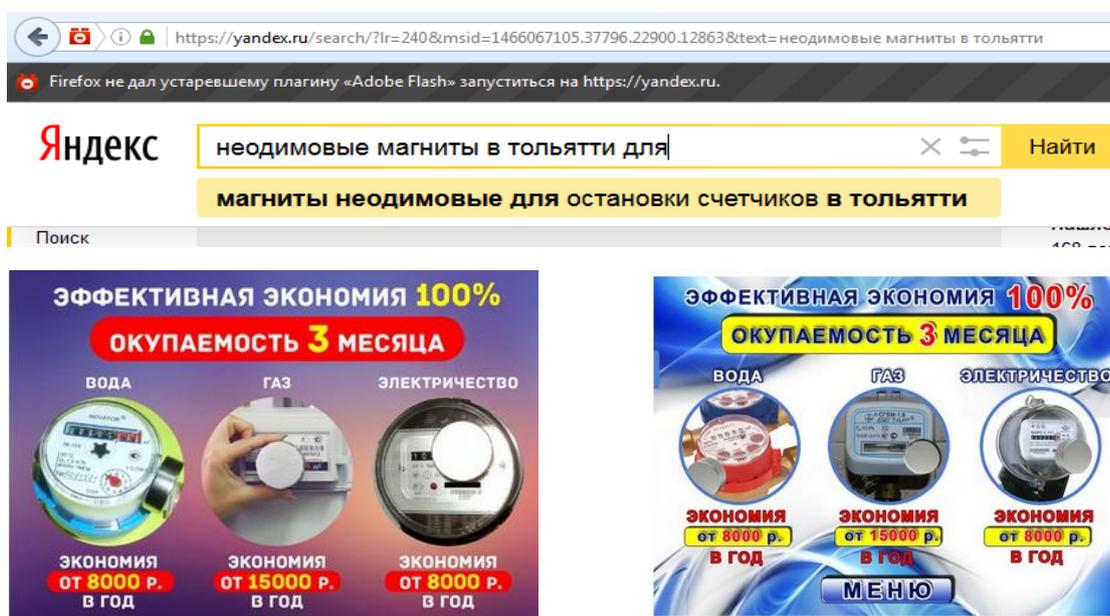


Рисунок 2.15- Предложения о продаже неодимовых магнитов в интернете

С активизацией рекламной агитации приобретения неодимовых магнитов для остановки счетчиков на интернет ресурсах, на базе лаборатории по проверке и ремонту электросчетчиков специалистами были проведены эксперименты по указанной проблеме (рис. 2.16).

В результате проведенных лабораторных исследований были определены крайне необходимые на сегодня требования к современным приборам учета электрической энергии с целью обеспечения их защищенности от основных, доступных абонентам, способов хищения.

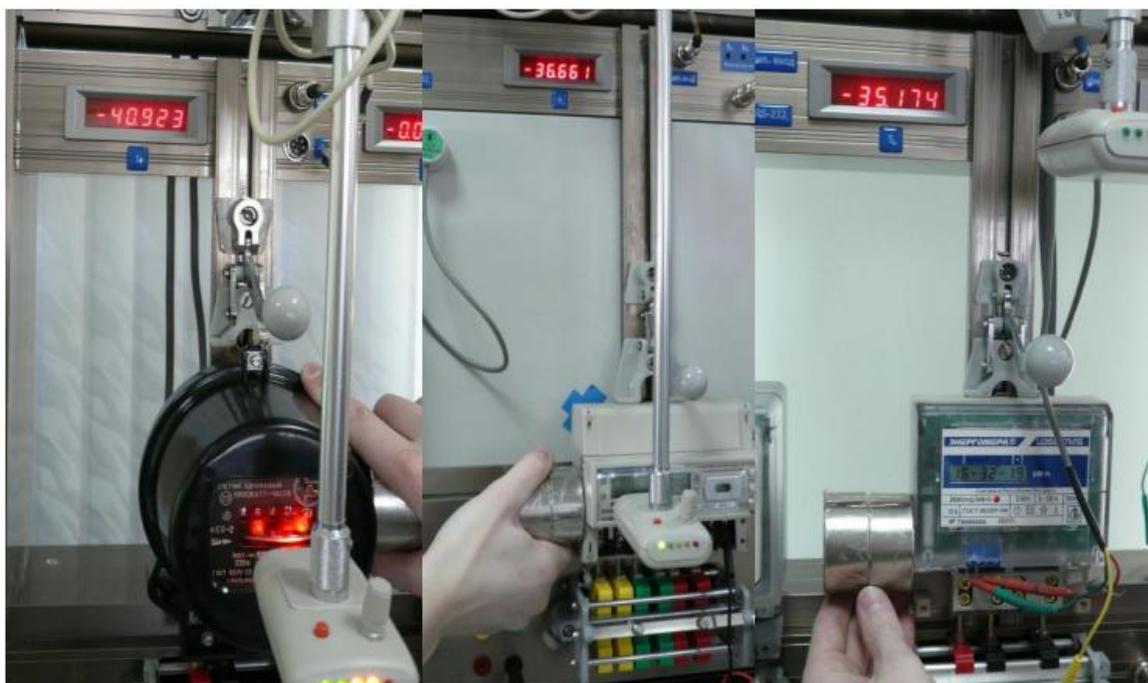


Рисунок 2.16 - Воздействие неодимовых магнитов (супермагниты) на метрологические характеристики счетчиков

Антимагнитные пломбы – действенный способ борьбы с хищениями электроэнергии.

Разнообразие способов хищения электрической энергии обусловлено изъянами в электросчетчиках, производители которых не всегда находятся на одной стороне с сетевыми и энергоснабжающими организациями, преследую только свою выгоду на конкурентном рынке в продаже таких приборов учета, которые наиболее подвержены самым простым способам вмешательства в их работу [43].

Чаще всего электросчетчики подвержены блокировке счетного механизма под воздействием магнитного поля. Способ хищения заключается в том, что при воздействии мощного постоянного магнитного поля на движущиеся металлические части электросчетчиков и микросхемы измерителей. Результатом воздействия магнитом прибор учета либо приобретает значительную отрицательную погрешность, либо полностью останавливается.



Рисунок 2.17 - Образец антимагнитной пломбы

Оснащение приборов учета антимагнитными пломбами помогает выявить и доказать факт хищения электрической энергии с применением магнита.

Пломба-индикатор магнитного поля в большинстве случаев представляет собой наклейку на основе пломбировочного скотча, снабженную капсулой с магниточувствительной суспензией. Наночастицы суспензии реагируют на магнитное поле выше 100 мТл, меняя свое агрегатное состояние и распространяясь по всей капсуле, указывая тем самым на факт воздействия магнитом на электросчетчик.

Пломба-индикатор магнитного поля устанавливается на корпус прибора учета. Изначально, индикатор имеет однородную массу в виде черной точки диаметром 1,5- 2 мм. В случае даже кратковременного воздействия магнитным полем, индикатор меняет свою структуру, рассыпаясь по всей капсуле, указывая на факт воздействия магнитным полем на прибор учета. Каждая пломба-индикатор имеет свой не повторяющийся номер. При попытке снятия пломбы, разрушается структура индикатора, и появляется надпись: «ВСКРЫТО».

Технические характеристики антимагнитной пломбы:

- работа пломбы основана на необратимом разрушении внутренней структуры пломбы, которое вызывается воздействием внешнего магнитного поля;

- типовой порог срабатывания пломб 300 Гаусс;
- время срабатывания пломбы сильно зависит от силы магнитного поля и может быть в диапазоне от 1 секунд до 10 минут. Пломбы не реагируют на импульсы магнитного поля короче 0,1 секунд;
- замерзание до – 20 градусов и последующее отмораживание не приводит к почернению пломбы или утрате ею своих качеств;
- нагрев до +50 градусов Цельсия не приводит к почернению пломбы или утрате ею своих качеств;
- удерживание под водой в течении суток не приводит к почернению пломбы или утрате ею своих качеств
- пломба сохраняет свою чувствительность в диапазоне температур от +10 до +40 градусов;
- пломба не чувствительна к радиопомехам, магнитным бурям, работе мобильных телефонов;
- каждая пломба имеет свой индивидуальный номер.

Системы пломбирования и индикации являются одной из немаловажных составных частей комплексной системы контроля и при грамотном применении позволяют существенно снизить коммерческие потери электрической энергии, повысить достоверность учета в электрических сетях. Использование таких современных средств уже позволяет различным организациям повысить уровень контроля, сократить финансовые потери, дисциплинирует персонал.

Таким образом, благодаря использованию современных номерных пломбировочных устройств, сетевая организация может рассчитывать на существенное снижение коммерческих потерь электроэнергии.

Следует отметить, что применение контрольных пломб не решит всех проблем, связанных с некоторыми изощренными способами хищения и несанкционированного пользования электроэнергией. Поэтому необходимо использовать комплекс мер, направленных на снижение потерь максимально высокого уровня.

Выводы по главе 2:

- 1) коммерческие потери электрической энергии в сетях можно и нужно снижать;
- 2) чтобы обеспечить устойчивое снижение коммерческих потерь, необходим комплексный подход к проблеме, начиная с совершенствования организации работы и заканчивая техническим перевооружением и модернизацией сетей;
- 3) стратегическое направление снижения потерь в сетях – обеспечение нормальной, соответствующей современным требованиям автоматизированной информационно измерительной системы учета электроэнергии;
- 4) одним из основных условий снижения потерь в сетях должно быть создание нормативно-правовой основы для активного воздействия на потребителей, нарушающих правила пользования электроэнергией;
- 5) современная классификация составляющих потерь электроэнергии расписана подробнее по сравнению с классификацией потерь, применяемой в начале этого века, все же требует некоторых уточнений и доработок.

3 Анализ потерь электрической энергии в сетях ЗАО «Квант». **Программная реализация разработанных методов поиска очагов потерь** **электроэнергии на базе программного продукта «1С: Предприятие»**

3.1 Анализ потерь электрической энергии в городских **распределительных сетях ЗАО «Квант»**

В настоящее время ЗАО «Квант» осуществляет эксплуатацию сетей и сооружений электроснабжения Центрального района г. Тольятти, включая мкр. Портовый, и Комсомольского района г. Тольятти, включая мкр. Шлюзовой, мкр. Жигулевское море, пос. Федоровка, пос. Тракторный и п-ов Копылово, а также пос. Поволжский и пос. Ягодинский.

Сетевая организация получает электроэнергию от 10 центров питания, основную часть которых представляют главные понизительные подстанции (ГПП), принадлежащие межрегиональным распределительным сетям.

Проблему коммерческих потерь электрической энергии в значительной степени можно связать с состоянием учета электроэнергии бытового сектора, в том числе с серьезными проблемами метрологического контроля. Так, по данным ЗАО «Квант», некоторую часть приборов учета электрической энергии абонентов все же составляют старые индукционные счетчики. Современные электронные приборы учета составляют лишь около 50 %.

Вместе с тем, с целью снижения коммерческих потерь, несколькими годами ранее, были определены наиболее благоприятные участки сети с менее приятными показателями в них потерь для создания АИИС КУЭ.

Так в 2010 году была принята в эксплуатацию (или «вооружение») АИИС КУЭ на базе счетчиков «Матрица», установленная в Центральном и Комсомольском районах г.о. Тольятти (рис.3.1 и рис. 3.2).

Двумя годами позже принята в эксплуатацию АИИС КУЭ на базе счетчиков «РиМ», установленная в бытовом секторе пос. Поволжский г.о. Тольятти (рис. 3.3).

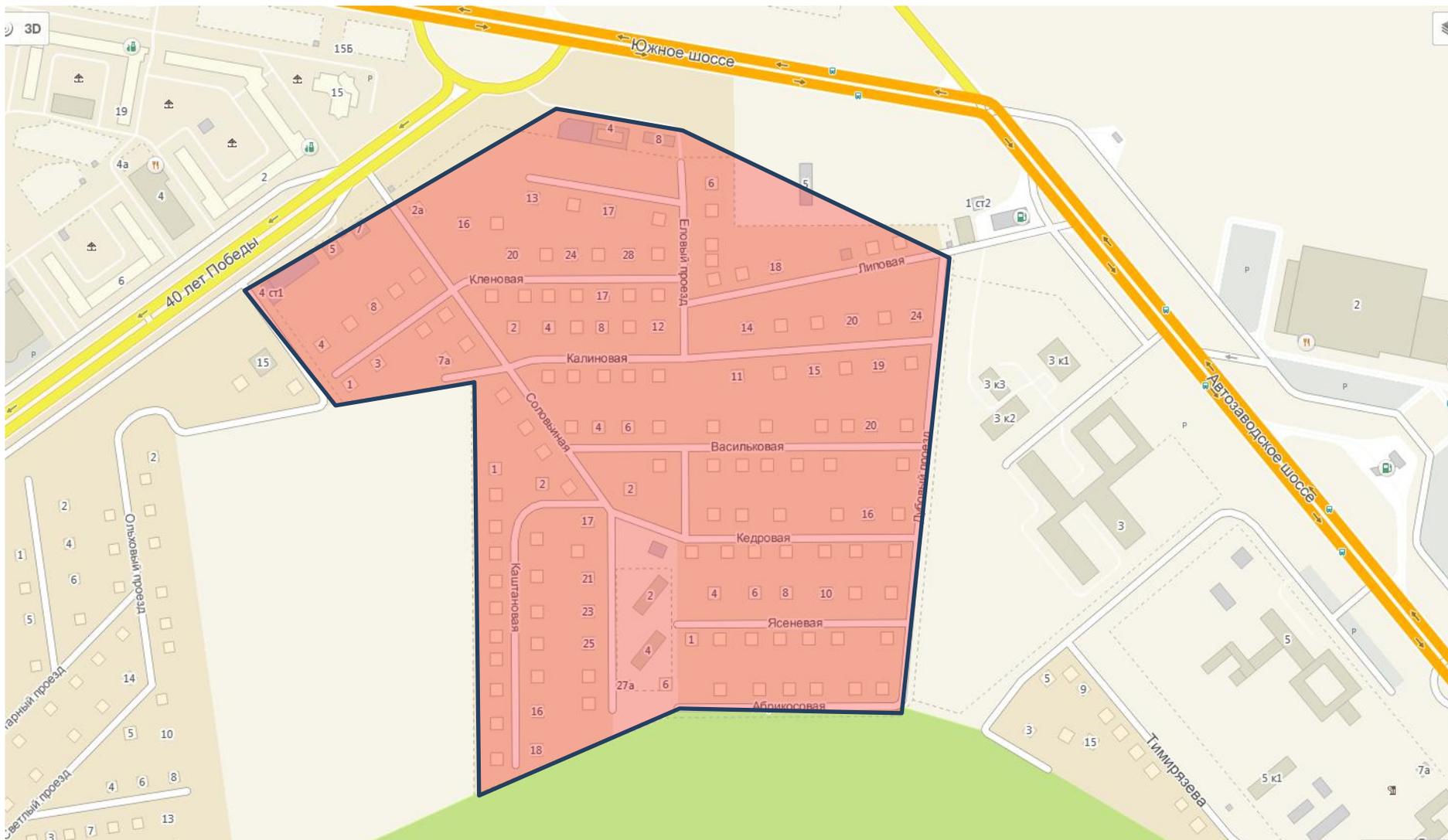


Рисунок 3.1 - АИИС КУЭ на базе счетчиков «Матрица», установленная в частном бытовом секторе Центрального района г.о.Тольятти

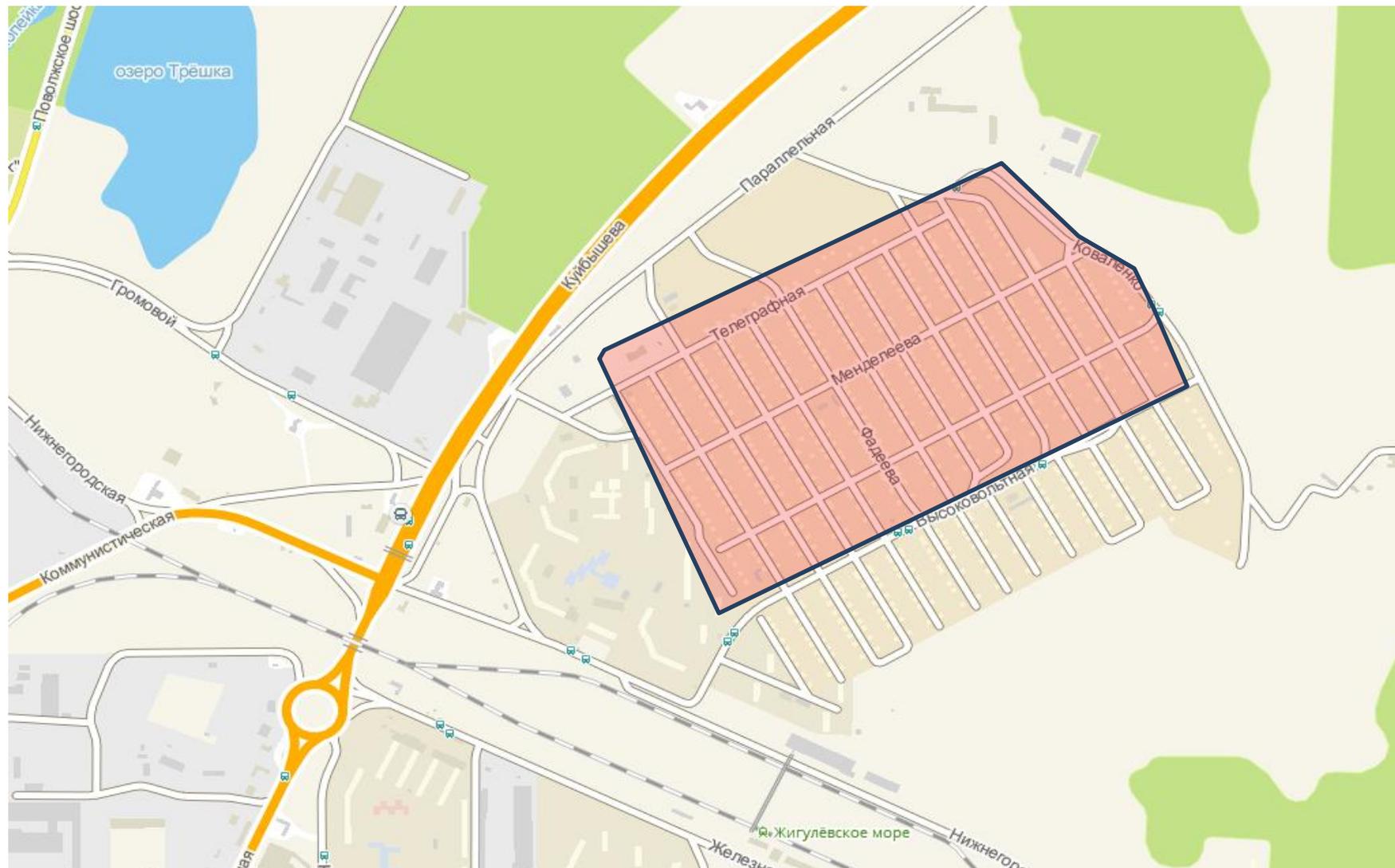


Рисунок 3.2 - АИИС КУЭ на базе счетчиков «Матрица», установленная в частном бытовом секторе мкр. Жигулевское море г.о.Тольятти



Рисунок 3.3 - АИИС КУЭ на базе счетчиков «РиМ», установленная в частном бытовом секторе пос. Поволжский Комсомольского района г.о.Тольятти

Указанные эксплуатируемые системы заметно уменьшили хищения электроэнергии, тем самым снизив коммерческие потери.

Программа внедрения систем АИИС КУЭ на базе счетчиков «РиМ» и «Матрица» продолжает активно реализовываться. Так, начиная с 2012 года, заметно увеличилось количество обращений физических лиц по технологическим присоединениям садовых домов к городским электрическим сетям. И здесь установка таких систем имеет ряд преимуществ, в сравнении с обычными приборами учета, которые описаны во второй главе диссертации.

Коммерческие потери электрической энергии, вызванные несанкционированным потреблением (хищением) электрической энергии, являются существенной составляющей суммарных коммерческих потерь. Они обусловлены ростом тарифов на электроэнергию, низким уровнем платежеспособности населения, отсутствием соответствующей законодательной базы, несовершенством средств учета, и, как следствие, их незащищенностью от несанкционированного воздействия с целью хищения электроэнергии [31].

К коммерческим потерям, вызванным недостатками энергосбытовой деятельности, можно отнести потери, обусловленные наличием абонентов, потребляющих электроэнергию без приборов учета, неравномерностью и задолженностью оплаты за потребленную электроэнергию. Более 2,0 % абонентов обслуживается без электросчетчиков и потребленная ими электроэнергия определяется расчетным путем.

По данным сетевой организации ЗАО «Квант» объемы электроэнергии в 2014 г. снизились на 3,76 % по сравнению с аналогичным показателем прошлого года.

Но, в свою очередь, экономия электроэнергии у некоторых недобросовестных потребителей означает хищение электроэнергии. Так, например, в сентябре 2015 года потери электроэнергии от отпуска в сеть полезного отпуска составили 5,6 %. Эти потери, как было отмечено выше, делятся на технологические потери и коммерческие потери. Технологические

потери составили 2,1 % от отпуска электроэнергии в сеть. Все остальное относится к коммерческим потерям, которые составили 3,5 % от отпуска электроэнергии в сеть. Такие потери и являются хищением электроэнергии.

По результатам анализа электропотребления определено распределение коммерческих потерь по месяцам в течение календарного года. Анализ динамики изменения коммерческих потерь позволил определить характер их распределения. Анализ потерь показал, что устойчиво высокий уровень коммерческих потерь удерживается в период с октября по апрель включительно. В период с апреля по ноябрь происходит существенное снижение потерь с минимально устойчивым уровнем. Все это свидетельствует о явном сезонном характере распределения коммерческих потерь электроэнергии в течение года.

Организационные:

- недостаточное освещение в СМИ целей и задач снижения сверхнормативных потерь, ожидаемых и полученных результатах;
- несовершенство законодательной базы в части привлечения к ответственности лиц, совершающих прямые хищения энергоресурсов и несанкционированный доступ к приборам учета.
- низкий уровень ответственности потребителей за нарушения правил пользования электрической энергией.

Технические:

- высокая степень износа (в среднем 64 %) основных производственных фондов (кабельных линий, воздушных линий, силовых трансформаторов, и т.п.) и как следствие достаточно высокий уровень аварий, ремонтов, отказов оборудования, что приводит к росту технических потерь;
- невысокий технический уровень существующих систем учета энергоресурсов, их физический и моральный износ, несоответствие современным требованиям;
- ограниченное использование автоматизированных систем учета энергоресурсов;

- отсутствие надлежащей системы достоверного учета объемов покупки, выработки и добычи энергоресурсов;

- несовершенство автоматизированных баз данных потребителей энергоресурсов (юридических и физических лиц) с привязкой к участкам распределительных сетей для контроля динамики объема потребления энергоресурсов и определения их соответствия динамике объемов покупки, выработки и добычи энергоресурсов;

- отсутствие системного энергетического обследования распределительных электрических сетей и их отдельных участков; технического состояния приборов учета; должного финансирования мероприятий по снижению потерь.

Экономические:

- недостаточное финансирование мероприятий, направленных на реконструкцию, техническое перевооружение и развитие распределительных сетей, ввод в работу энергосберегающего оборудования.

Анализ потерь энергоресурсов приведем в следующих таблицах

Таблица 3.1 - Динамика объема отпуска электрической энергии в сеть в 2012 – 2015 гг.

Наименование	2012 г	2013 г.	Прогноз 2014 г.	План 2015 г.
Объем отпуска электроэнергии в сеть (покупка), тыс. кВт*ч	570 720	557332	561 806	560 000

Таблица 3.2 - Динамика объема отпуска электрической энергии в сеть в 2012 – 2015 гг.

Наименование	2012 г	2013 г.	Прогноз 2014 г.	План 2015 г.
Полезный отпуск электроэнергии, тыс. кВт*ч	505 388	495 890	504 160	500 100

Таблица 3.3 - Динамика нормативной составляющей потерь электроэнергии в 2012- 2015 гг.

Наименование	2012 г.	2013 г.	Прогноз 2014 г	План 2015г.
Потери электрической энергии, тыс. кВт*ч	65 332	61 442	57 645	59 900
Потери электрической энергии, %	11,45	11,02	10,26	10,70

Основными причинами возникновения сверхнормативных потерь электроэнергии являются:

- 1) недостаточный и недостоверный учет распределяемых энергоресурсов;
- 2) потери, возникающие из-за погрешностей систем учета электрической энергии, характеризующиеся:

- классами точности трансформаторов тока, трансформаторов напряжения и электросчетчиков;

- недогрузкой, перегрузкой, работой с ненормированным коэффициентом мощности;

- неисправными электросчетчиками, трансформаторами тока и напряжения;

- ошибками в снятии показаний счетчиков;

- 3) потери из-за хищений электрической энергии, а именно:

- несанкционированные подключения потребителей к электрическим сетям ЗАО «Квант»;

- нарушения целостности вторичных цепей и приборов учета;

- передачей недостоверных данных приборов учета;

- недобросовестное применение ступенчатых тарифов;

- применение магнитов с целью занижения расходов электроэнергии;
- установка дополнительного блока управления счетным механизмом с дистанционным пультом.

Рассмотрим подробнее последний способ хищений электрической энергии. Суть его заключается во вмешательстве в работу счетчика, которая требует хороших знаний в электронике. В связи с чем, массового распространения на текущий момент не наблюдается, но подобные «накрученные» счетчики встречаются. Кроме того, с 2013 года сотрудники ЗАО «Квант» начали выявлять подобные счетчики как у юридических так физических лиц в мелкомоторном секторе (рис. 3.4).

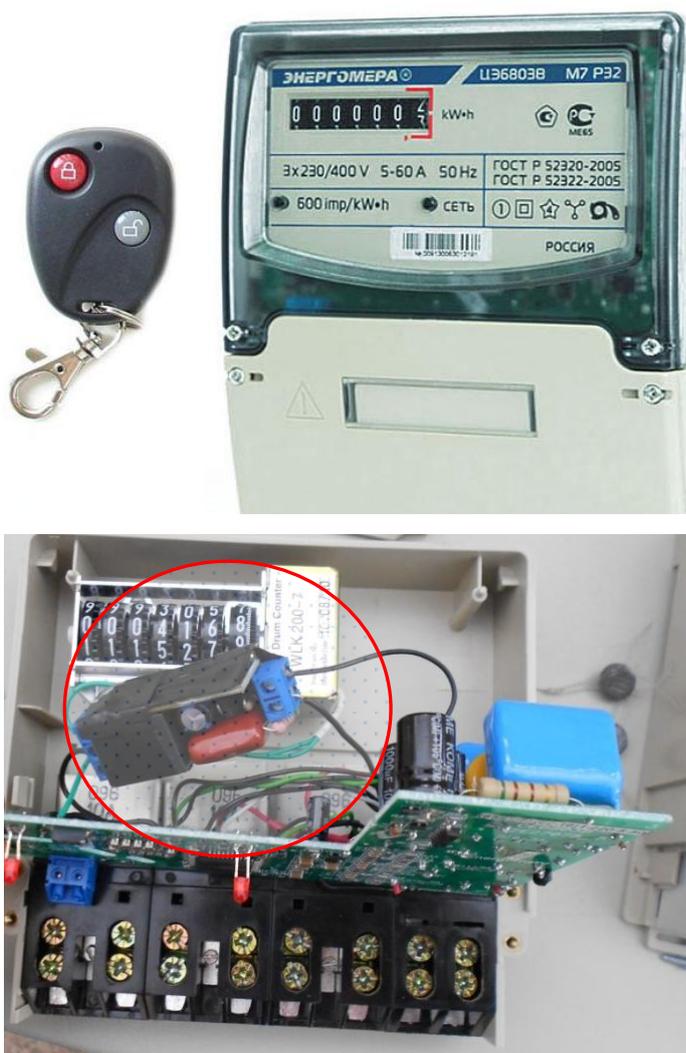


Рисунок 3.4 - Внедрение дополнительной платы управления

При визуальном осмотре очень сложно определить наличие дополнительной платы, которая обнаруживается только после вскрытия кожуха прибора учета в присутствии представителя потребителя (абонента) и представителя сетевой организации. Такая плата имеет радиоприемник и реле, которое монтируется в разрыв к измерительным (токовым) проводам внутри счетчика. Для того, чтобы установить плату, необходимо нарушить госповерительную и заводскую пломбу счетчика, но так как основные заводы-изготовители электросчетчиков до сих пор используют свинцовые пломбы, подделать их не составляет труда. Злоумышленникам удастся устанавливать подобную плату на счетчик электроэнергии любого производителя.

3.2 Мероприятия, направленные на увеличение прибыли от поставляемой потребителям электрической энергии

1) Обследование измерительных комплексов учета электроэнергии на соответствие их требованиям нормативно-технических документов (НТД) на объектах ЗАО «Квант» и у абонентов юридических и физических лиц.

Проверка соответствия состояния приборов учета электроэнергии нормативным документам (Федеральный закон РФ от 26.06.2008г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», «Правила устройства электроустановок», «Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении», утвержденная Минтопэнерго России 02.09.1994г. № РД-34.09.1001-94, «Правила учета электрической энергии», зарегистрированные в Минюсте РФ 24.10.1996г. №1182) позволяет снизить составляющую сверхнормативных потерь, возникающую в результате нарушений технического состояния средств учета.

В 2015г. персоналом ЗАО «Квант» проведено более 6000 осмотров точек учета у абонентов юридических лиц (проверка каждого прибора учета, установленного у абонента, из расчета один раз в год) и около 18000 осмотров точек учета у абонентов физических лиц (проверка каждого прибора учета из

расчета один раз в шесть месяцев - в соответствии с «Правилами предоставления коммунальных услуг гражданам», утвержденными Постановлением Правительства РФ от 23.05.2006г. № 307). Эффект от реализации данного мероприятия определяется следующим образом:

- потребители юридические лица:

Расчет фактического экономического эффекта проводится по результатам выполненных предписаний на устранение нарушений.

Эффект складывается из разницы между среднемесячным потреблением электроэнергии абонента после устранения выявленного нарушения (приведенного к дате устранения нарушения) и его потреблением до выявления нарушения (приведенного к дате выявления нарушения).

- потребители физические лица:

Фактический экономический эффект определяется как разница между предъявлением к оплате по нормативу потребления электроэнергии и потреблением электроэнергии за аналогичный период прошлого года.

2) Проведение рейдов по выявлению хищений электроэнергии.

Хищения электрической энергии составляют от 30 до 50% сверхнормативных потерь. Борьбу с хищениями планируется вести планомерно, систематически и по всем направлениям возможных хищений.

Мероприятия по проведению рейдов по проверке расчетных комплексов абонентов и выявлению хищений электроэнергии, включают в себя непрерывный анализ балансов отпуска в сеть, полезного отпуска и потерь и на его основе - выявление очагов потерь электроэнергии, их ликвидацию, доначисление к оплате денежных средств за выявленные хищения, а также увеличение числа обращений в судебные органы в целях взыскания задолженности, образовавшейся в результате выявления хищений, и добровольно не оплаченной потребителями.

3) Приобретение и установка 1-фазных и 3-фазных счетчиков в частном секторе на границах балансовой принадлежности.

В настоящее время для частного сектора (индивидуальные жилые дома, коттеджи) характерен высокий уровень сверхнормативных (коммерческих) потерь электроэнергии до 60%, обусловленный затрудненным доступом к счетчикам для сверки показаний или для проверки их технического состояния, занижением абонентами показаний счетчиков при оплате за электроэнергию, воздействием абонентами на счетные механизмы счетчиков в целях искажения достоверного учета потребленной электроэнергии.

Кроме того, около 5% населения на сегодняшний день не имеют расчетных приборов учета и оплачивают потребленную электроэнергию по нормативу, что не позволяет судить о достоверности

Фактический экономический эффект от установленных счетчиков складывается из разницы между потреблением электроэнергии после замены счетчиков и потреблением электроэнергии за аналогичный период прошлого года по следующему алгоритму:

4) Отключение силовых трансформаторов трансформаторных подстанций в режимах малых нагрузок.

Важным мероприятием по уменьшению технологического расхода электрической энергии является сезонное отключение одного из трансформаторов, установленных на ТП-6(10)/0,4 кВ (с числом силовых трансформаторов два и более). В данном случае отключается тот трансформатор, который работает с наименьшей нагрузкой, а его нагрузка переводится на другой трансформатор.

На период понижения нагрузки с мая по сентябрь в сетях ЗАО «Квант» отключается один из двух трансформаторов на 37 подстанциях.

Данное мероприятие приводит к снижению технических потерь за счет отсутствия потерь холостого хода отключаемого трансформатора.

5) Выбор оптимального сочетания точек нормального размыкания (разрыва) является весьма эффективным малозатратным энергосберегающим мероприятием, который позволяет достигать существенного эффекта.

Соответствующие расчеты предусмотрены во многих прикладных программных пакетах.

Однако в большинстве случаев не учитывается одно важное обстоятельство: изменение точек размыкания обуславливает перераспределение активных и реактивных нагрузок между узлами в предвключенных питающих сетях и, следовательно, приводит к изменению величины потерь в них. Указанное изменение потерь может происходить как в большую, так и в меньшую сторону, поэтому при оптимизации мест размыкания следует учитывать результирующее снижение потерь в данной сети и предвключенной питающей сети. Таким образом, при оптимизации точек нормального размыкания в сетях 0,4-6(10)кВ следует, как минимум, учитывать результирующее изменение потерь в электрических сетях.

б) Выравнивание графиков нагрузки и КРМ потребителей.

Выравнивание графиков нагрузки потребителей - действенный механизм снижения технических потерь в распределительных сетях. Для успешного применения данного мероприятия необходимо отработать формы взаимодействия между сетевыми компаниями и предприятиями, включающие соответствующие стимулы для потребителей.

7) Применение DMS-систем.

Решение всех описанных выше задач снижения технических потерь электрической энергии объединяют в своей функциональности получающие все большее распространение в мировой электроэнергетике так называемые DMS-системы (DistributionManagementSystem). Это мощнейшие современные интегрированные экспертные системы управления распределенными сетями, имеющие в своем составе динамическую модель электрической сети с возможной привязкой к ГИС, микроSCADA и пакет приложений для решения задач различного характера: эксплуатационных, оперативных, режимных, РЗА и др. Кроме этого, DMS-системы обладают широким выбором инструментов разработки решений по снижению технических потерь.

3.3 Предпосылки создания оперативного поиска очагов потерь

В настоящее время в распределительных электрических сетях часто имеет место существенное превышение уровня фактических потерь электроэнергии над оптимальными и нормативными значениями. Причиной указанного превышения, как правило, являются так называемые коммерческие потери электроэнергии, то есть потери, не связанные с физической передачей и преобразованием электроэнергии [8].

Коммерческие потери электроэнергии являются результатом хищений и недостоверности данных учета электроэнергии.

Как показала практика, в подавляющем большинстве случаев усилия, направленные на эффективное снижение коммерческих потерь электроэнергии, оказались малоэффективными. Причины тому следующие:

- иллюзия очевидности и легкости решения проблемы и как результат - попытки ее решения кампанейскими и директивными способами при отсутствии четкой программы действий и специализированного методического и программного обеспечения;

- традиционная несогласованность усилий сетевых и энергосбытовых компаний;

- низкий уровень оснащенности средствами технического учета и недостаточно высокая точность измерений электроэнергии в распределительных сетях;

- отсутствие привязки потребителей к конкретным точкам динамической модели электрической сети;

- отсутствие или низкий уровень автоматизации коммерческого и технического учета электроэнергии и взаимодействия с существующими смежными автоматизированными системами;

- организационно-правовые проблемы (трудности с привлечением к ответственности нарушителей и т. п.).

Величина технологического расхода электроэнергии в электрических сетях является одним из важнейших показателей эффективности работы сетей. Объективное определение данной величины и ее структурных составляющих позволяет принимать обоснованные решения в задачах технико-экономического анализа, оценивать эффективность работы энергосистемы и ее структурных подразделений, выявлять очаги технологического расхода электроэнергии, разрабатывать мероприятия по их снижению до экономически обоснованных уровней. Основной составляющей технологического расхода электрической энергии в сетях остаются коммерческие потери. Они являются серьезным финансовым убытком сетевых организаций, отвлекают их денежные средства от решения других насущных задач в области электроснабжения. Снижение коммерческих потерь электроэнергии является комплексной задачей, которая в своем решении требует разработки конкретных мероприятий на основе предварительного энергообследования и определения фактической структуры потерь электроэнергии и их причин. Наиболее высокий уровень относительных потерь также имеет место в сети данной группы номинальных напряжений. В связи с этим основной комплекс мероприятий должен быть направлен в первую очередь на снижение технологического расхода электроэнергии в распределительных сетях [11].

Однако в настоящее время, согласно Правилам функционирования розничного рынка электроэнергии, ответственность за учет и потери электроэнергии, за редким исключением, полностью переходит к распределительным сетевым компаниям, что, в свою очередь, является благоприятной предпосылкой для успешного решения проблемы снижения всех видов потерь электроэнергии.

Автоматизация учета электроэнергии - первый шаг к решению проблемы снижения потерь.

Первый шаг к решению проблемы коммерческих потерь электроэнергии - создание Расчетного сервера учета электроэнергии (РСУЭ), главным

назначением которого должна стать консолидация данных коммерческого и технического учета электроэнергии. Основными функциями РСУЭ являются:

- привязка потребителей к конкретным точкам динамической модели электрической сети;
- обработка, сбор, и хранение данных коммерческого учета электроэнергии по абонентам, коммерческого учета электроэнергии по границам сетевых компаний, а также технического учета электроэнергии;
- формирование суммарного объема полезного отпуска и балансов электроэнергии по участкам сети;
- детальный расчет фактических и коммерческих потерь;
- создание отчетных форм;
- интеграция со смежными автоматизированными системами (автоматизированные системы коммерческого и технического учета электроэнергии, системы расчета технических потерь электроэнергии, информационное обеспечение биллинга и расчета технических потерь).

3.4 Локализация очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии

Цель работы по анализу очагов потерь: устойчивое предсказуемое снижение потерь электроэнергии.

Очаг потерь – участок территории электрообеспечения электрической сети, процент потерь электроэнергии которого выше установленного на данный момент допустимого значения [31].

Три этапа работы с очагами потерь:

- 1) Определение очага потерь;
- 2) Определение источника потерь в очаге;
- 3) Ликвидация источника потерь.

Многоуровневый анализ очагов потерь:

- Электросеть;
- Сетевые районы;
- Фидеры;
- Контрольные (технические) узлы учета;
- Подстанции;
- Трансформаторы;
- Абоненты;
- Объекты.

В целях локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии предлагается реализация соответствующей подсистемы в составе расчетного сервера учета электроэнергии на базе программного продукта «1С: Предприятие», главным назначением которого будет выявление очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии и их возможных причин (вплоть до поиска конкретных "виновников") путем формирования отчетных таблиц в файл «Excel». На рисунке 3.5 представлена функциональная структура подсистемы локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии.

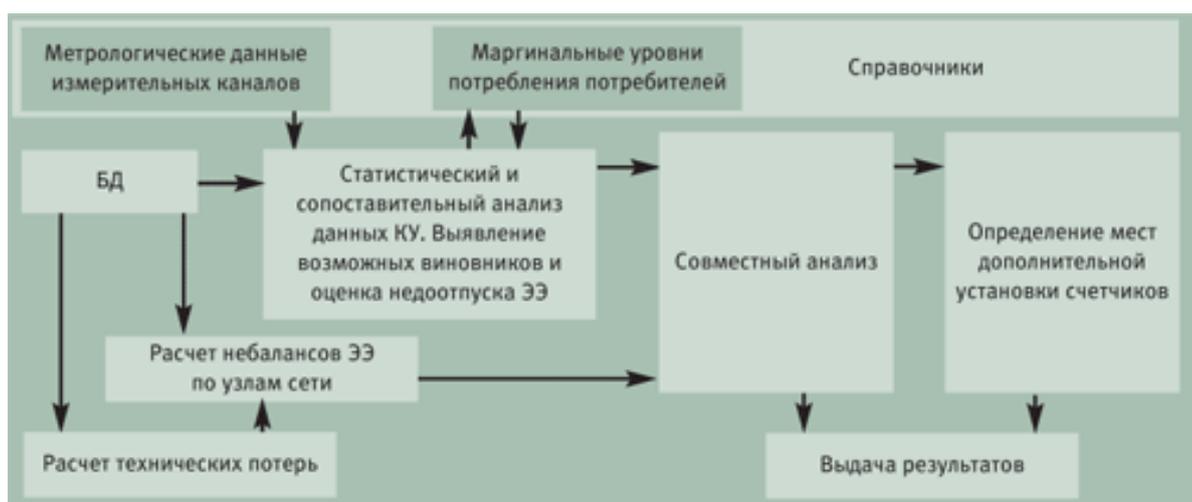


Рисунок 3.5 - Функциональная структура подсистемы

Основными отличительными особенностями подсистемы выявления очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии являются совместный анализ локализованных небалансов электроэнергии и статистических данных о ее потреблении отдельными потребителями и их группами и определение мест необходимого дополнительного оснащения средствами учета электроэнергии (включая их предполагаемую окупаемость за счет снижения потерь электроэнергии).

Расчеты с применением возможностей указанной подсистемы могут дать следующие результаты:

- перечень локализованных очагов потерь, ранжированных по величине небалансов электроэнергии;

- перечень точек учета - предполагаемых мест недоотпуска электроэнергии (с указанием предполагаемой причины и оценки величины недоотпуска);

- перечень точек учета электроэнергии, где требуется повышение точности измерений;

- перечень мест рекомендуемой установки дополнительных средств учета электроэнергии с целью дальнейшей локализации небалансов (с учетом их предполагаемой окупаемости);

- рекомендации по очередности проведения мероприятий по выявлению "виновников" и дополнительному оснащению средствами учета.

Таким образом, имеет место цикличность расчетов с применением возможностей данной подсистемы и проведение соответствующих мероприятий по снижению коммерческих потерь и дополнительному оснащению сетей средствами технического учета электроэнергии (рис. 3.6).

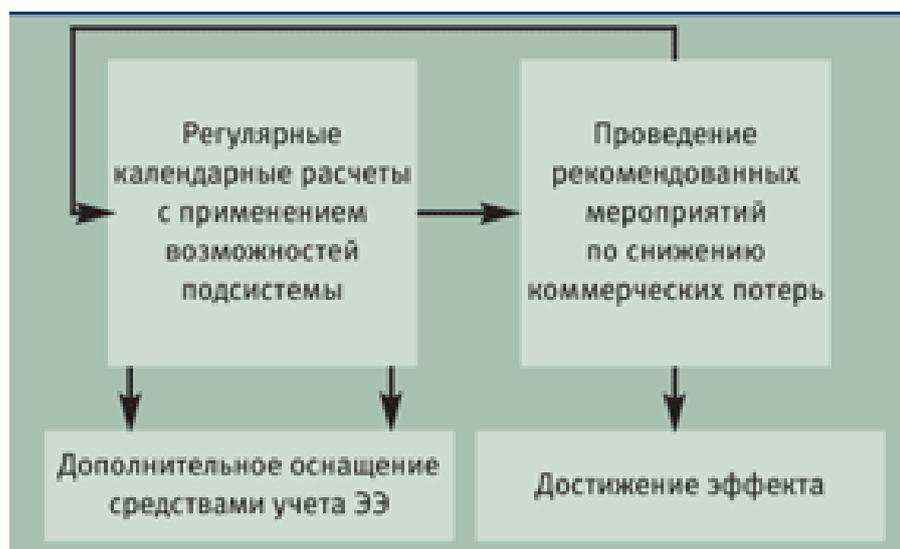


Рисунок 3.6 - Циклы работы подсистемы

3.5 Формирование баланса электроэнергии и реализация разработанных методов поиска очагов потерь электроэнергии на базе программного продукта «1С: Предприятие»

На базе программного продукта «1С:Предприятие 7.7» формируются отчетные формы баланса электроэнергии в сети.

Программный продукт решает следующие задачи:

1) Учет сетевого оборудования:

- учет иерархии электрической сети организации (перечень точек учета с полным электрическим адресом и обязательной привязкой к электрической сети (головному источнику питания, трансформаторной подстанции);
- учет установленного оборудования;
- учет истории перемещения каждого объекта паспортизации;
- ведение неограниченного числа характеристик оборудования с возможностью дальнейшего анализа.

2) Учет метрологических приборов:

- ведение учетной базы, содержащей информацию обо всех средствах измерений (тип, дата выпуска, заводской номер, дата установки или замены),

находящихся в эксплуатации или на хранении, и внесение сведений об изменении технического состояния средств измерений;

- планирование проверок и калибровок средств измерений (трансформаторов тока и трансформаторов напряжения) и измерительных каналов;

- учет результатов поверки и калибровки средств измерений и измерительных каналов;

- формирование сводной отчетности по планам-графикам и результату проведения проверок калибровок;

формирование различных перечней средств измерений.

3) Учет и анализ транспорта электроэнергии:

- ведение базы данных:

- потребителей электроэнергии: юридических и физических лиц (реквизиты, номер договора на электроснабжение);

- коммерческих и технических точек учета электроэнергии;

- измерительных комплексов потребителей электроэнергии;

- гибкая настройка схем подключения субпотребителей;

- расчет отпуска электроэнергии по приборам учета с учетом различных схем подключения субпотребителей (в том числе по многоканальным приборам учета);

- расчет отпуска электроэнергии с помощью различных способов расчета: по фиксированной величине, по мощности, по среднему;

- учет актов недоучета и перерасчетов;

- расчет объема потерь потребителей;

- формирование отчетности по отпуску электроэнергии.

4) Расчет баланса электроэнергии:

- учет перетоков электроэнергии между подстанциями;

- учет технических и прочих потерь;

- расчет пофидерного баланса;

- расчет баланса по подстанциям.

5) Учет и анализ транзита и передачи электроэнергии:

- учет объема транзита электроэнергии по сетям, не принадлежащим распределительной сетевой компании;
- учет объема передачи электроэнергии энергосбытовым компаниям;
- формирование отчетности на основе информации о произведенных передаче и транзите электроэнергии.

Ежемесячно в базе 1С:Предприятие ЗАО «Квант» формируются объемы электроэнергии (по каждому договору, точке поставки), которые в свою очередь в конце отчетного периода направляются гарантирующему поставщику электроэнергии с последующим выставлением счета потребителю за потребленную электроэнергию.

В свою очередь данные о перетоках электроэнергии также формируются в общей базе, и заведены техническими договорами, с целью подведения по ним баланса. Для обеспечения полной наблюдаемости данных о перетоках электроэнергии в границах ЗАО «Квант» организован сбор, обработка и хранение технической информации о перетоках электрической энергии, служащей для контроля достоверности коммерческой информации, актуализации расчетной модели и для решения других производственных задач [43].

Используя готовую и постоянно (ежемесячно) обновляющуюся базу данных по объемам потребления электроэнергии каждого потребителя было принято решение создать отчетные формы баланса электроэнергии в сети на базе программного продукта «1С:Предприятие».

Создание отчетных форм рассмотрим на примере городской распределительной сети 6 кВ, показанной на рисунке 3.7.

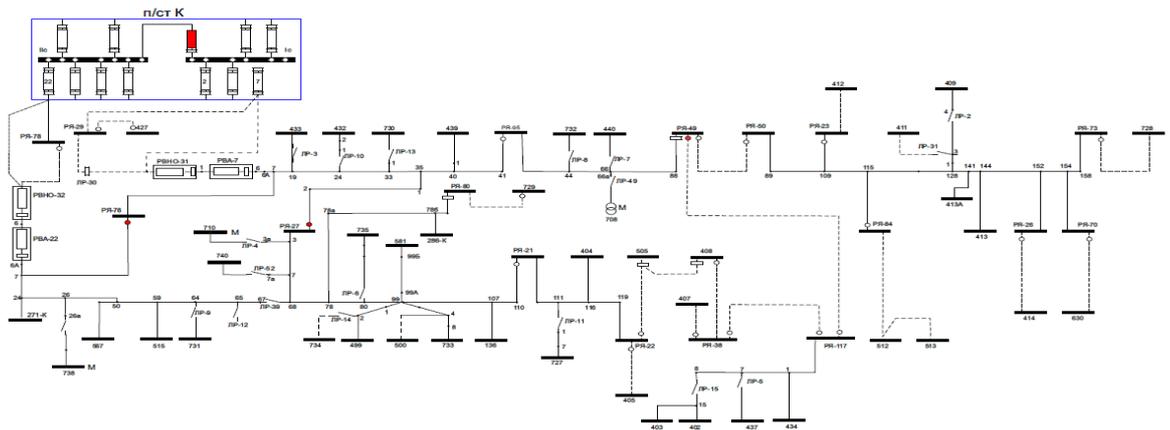


Рисунок 3.7 - Электрическая схема распределительной сети 6 кВ

На приведенной схеме не сложно определить балансовую схему, так как вход электроэнергии в сеть производится по двум отходящим линиям 6 кВ (ф-7, ф-22) ГПП, а реализация складывается из объемов электроэнергии всех потребителей, подключенных от этих линий. Итак, имея объем входа в сеть и выставленные объемы потребителям за расчетный месяц сводим баланс с помощью программного продукта.

Запускаем программу 1С:Предприятие. Открываем окно формирования отчетов (рис. 3.8). Выбираем форму отчета.

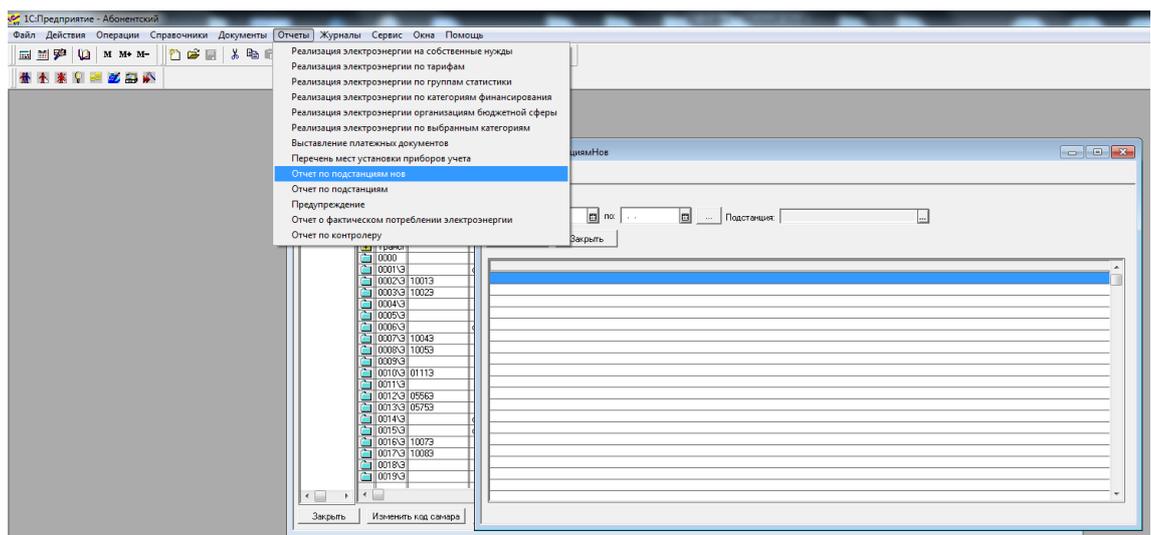


Рисунок 3.8 – Выбор формы отчета в программе 1С:Предприятие

В следующем окне выбираем объект для балансирования (рис. 3.9). Объектом для балансирования может быть только тот объект, который занесен в базу, и по нему ежемесячно формируются данные по объемам электроэнергии.

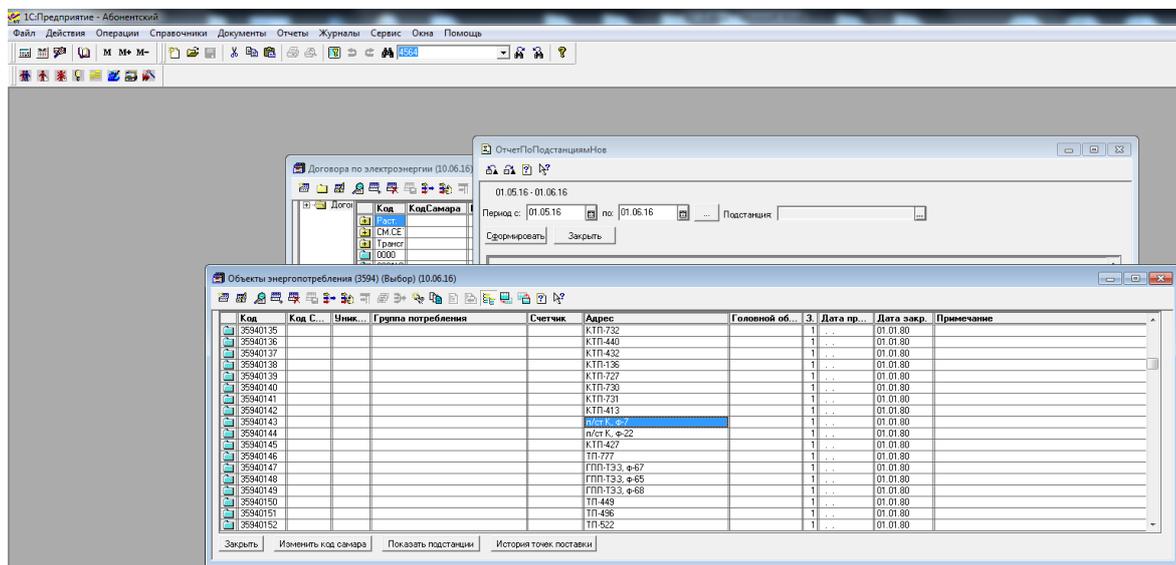


Рисунок 3.9 – Выбор объекта (головной счетчик, установленный на отходящем фидере ГПП или ТП) в программе 1С:Предприятие

Определяем интервал балансирования (рис. 3.10). Интервалом балансирования может быть любой заданный период (год, месяц). Алгоритм программы выполнит расчет.

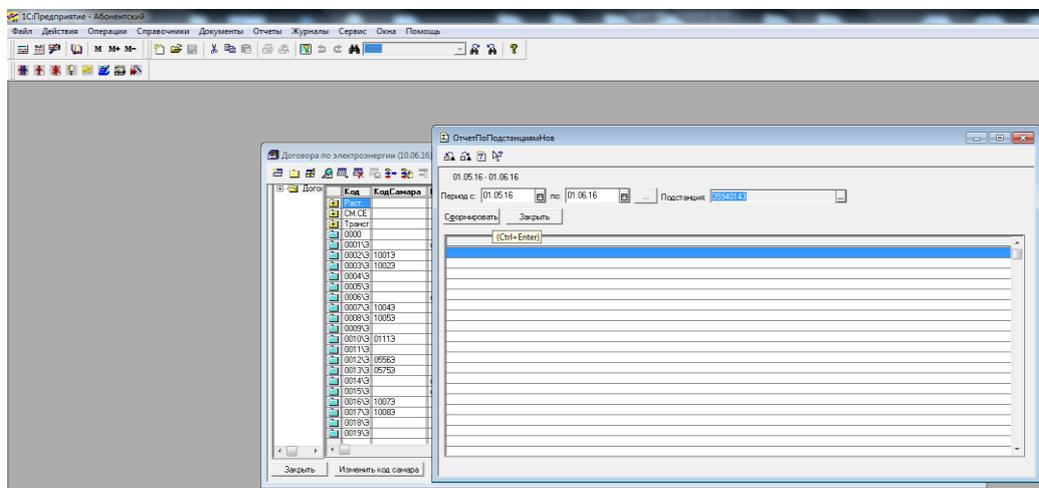


Рисунок 3.10 – Выбор интервала создания отчета для балансирования

Затем формируется итоговый баланс по выбранному объекту сети за указанный интервал времени, ф-7 (в данном случае) (рис. 3.11).

Баланс по подстанции п/ст К, ф-7

№ п/п	№ договора	Уникальный ИД	п/ст	Наименование потребителя	Наименование объекта	№ счетчик	Дата проверки	Май 2016 г.
16	13270002	001440	КТП-732			008840073000354	12.12.14	13278.00
17	13270004	001440	КТП-732			008840073000354 -	12.12.14	5498.00
18	21180004	001982	КТП-630			071117030844592 2	17.12.14	166.00
19	22370001	002072	КТП-730			007791088020681	09.06.15	1271.00
20	22450002	002074	КТП-409			13148647	22.06.15	750.00
21	22910002	002117	КТП-414			13148695	30.05.16	17334.00
22	24020001	002202	КТП-512			5N819074	30.05.16	
23	24250001	002213	КТП-512			009064022000046	14.04.16	2324.00
24	37570001	012073	КТП-513			008841029000333	17.12.14	13.00
25	37700001	012122	КТП-413			15605190	31.03.16	5479.00
26	37700002	012122	КТП-413			15605190_	31.03.16	3269.00
27	38120002	015923	КТП-754			13074439	22.04.16	28000.00
28	38120003	015923	КТП-754			13074439_	22.04.16	14200.00
29	39620024	012589	КТП-427			009130064014999	21.05.13	1957.00
30	40090003	012730	КТП-427			008840078004166	28.08.14	580.00
31	40090004	012731	КТП-427			000077	22.03.16	3963.00
32	43980001	002428	КТП-410			22009055	31.03.16	1325.00
33	44230001	000596	КТП-412			21973637	28.10.15	2145.00
Реализация ИТОГО:								191757.00
Вход в сеть:				МРСК Волги" ОАО	п/с "Комсомольская", ф.7.	0811101353		233196.00
Вход в сеть ИТОГО:								233196.00
Разница								-41439.00
Потери								-18%

Рисунок 3.11 – Форма баланса по ф-7

Также формируется итоговый баланс по ф-22 за указанный интервал времени (рис. 3.12).

Баланс по подстанции п/ст К, ф-22							
№ п/п	№ договора	Уникальный ИД	п/ст	№ счетчик	Дата проверки	Май 2016 г.	
37	17430001	001618	КТП-515	04858438	16.12.14	186.00	
38	21240002	001985	КТП-405	11121979	27.02.15	2000.00	
39	22640001	002094	КТП-500	38080883	28.06.13		
40	29730001	002568	КТП-734	008842065002745	19.12.14	1171.00	
41	33480001	003254	КТП-581	11160573	30.05.16	669.00	
42	37130002	012012	КТП-735	008840076001118	22.06.15	4800.00	
43	37130003	012012	КТП-735	008840076001118	22.06.15	5400.00	
44	37200013	013292	КТП-402	15584206	22.01.16	3112.00	
45	37200014	013293	КТП-403	077630	..		
46	37460001	012061	КТП-437	17486344	23.06.15	7330.00	
47	39820001	012635	КТП-710	008841061005710	22.12.14	213.00	
48	39940046	002424	ТП-505	07098096	28.05.15	1992.00	
49	39940047	002424	ТП-505	07098096_	28.05.15	1183.00	
50	42980001	012719	КТП-499	0711170302002299	26.03.15	1100.00	
51	43080001	002353	КТП-500	008842074003271	26.02.15	791.00	
52	43540001	001726	КТП-734	01890637	18.05.15	726.00	
53	43850001	015900	п/ст К, ф-22	22011242	18.09.15	31.00	
54	44720001	001549	КТП-407	008840063003558	14.04.16	5351.00	
Реализация ИТОГО:						300934.99	
Вход в сеть:				МРСК Волги" ОАО	п/с "Комсомольская", ф.22.	0812100196	375322.00
Вход в сеть ИТОГО:						375322.00	
Разница						-74387.01	
Потери						-20%	

Рисунок 3.12 – Форма баланса по ф-22

Таким образом, приведен пример балансовой схемы по линиям 6 кВ. Имея на объектах сети, таких как РП, ТП и КТП, технический или коммерческий учет активной электрической энергии возможно организовать аналогичные отчетные формы балансов.

Существующая система учета в сетях 0,4 кВ несовершенна, так как на некоторых подстанциях отсутствует технические узлы учета, требующие установки на вводах 0,4 кВ. Поэтому необходимо провести мероприятия по установке в голове фидеров 0,4 кВ счетчиков электрической энергии. Это кардинально повысит точность учета потребляемой энергии и точность расчетов как технических, так и коммерческих потерь в сетях 0,4 кВ.

Работа по снижению потерь электрической энергии в сетях 0,4-6(10) кВ ЗАО «Квант» осуществляется в соответствии с «Программой технологического расхода электроэнергии на ее транспортировку в электрических сетях на период с 2013 до 2016г.г.». Вместе с тем, ежегодно составляются

соответствующие годовые программы реализации комплекса организационно-технических мероприятий по снижению и оптимизации технологического расхода электроэнергии в электрических сетях предприятия. Работа с фидерными балансами электрической энергии, их анализ, разработка и реализация мероприятий по снижению сверхнормативных потерь, по совершенствованию систем расчетного и технического учета электроэнергии, выявлению неучтенной либо недоучитываемой электроэнергии. Работа по выявлению хищения электрической энергии на основании фидерных балансов исключает выявление хищения персоналом по интуиции, т.е. для выявления одного случая воровства персоналу приходилось осуществлять множество проверок учетов потребителей, неоднократно проводить рейды. Данные подходы в работе, безусловно, внесли дополнительные существенные издержки.

После внедрения на предприятии в 2015 году метода «поузлового анализа очагов потерь» снизились случаи неудачных рейдов по выявлению хищений, а значит, повысилась эффективность рейдовой работы, т.е. на один рейд все больше приходилось вскрытых фактов нарушения. Своевременное внедрение новых действенных мероприятий по выявлению фактов хищения электроэнергии позволяет сохранять положительную динамику данного показателя работы в целом по электрическим сетям.

Одним из важных вопросов выявленным в ходе проведения работы по фидерным балансам является недостоверность определения полезного отпуска электроэнергии по фидерам, где преобладает потребление бытового сектора. Это означает слабую эффективность работы по данным фидерам на основании анализа баланса по фидеру.

Недостоверность определения полезного отпуска по бытовым фидерам обусловлена следующими основными причинами:

- определение полезного отпуска по оплате абонентом за расчетный период;

- имеют место многочисленные занижения показаний абонентами приборов учета электроэнергии при оплате в связи с введением расчетов по объему потребления;

- отсутствием технической возможности снятия показаний на конечную дату расчетного периода;

-отсутствие возможности доступа к прибору учета абонента, в большинстве случаев с целью сокрытия фактов хищения;

- применение сложно выявляемых методов хищения электроэнергии (использование неодимовых магнитов, внедрения в счетный механизм электросчетчика устройства, замедляющего его работу, либо полностью останавливая, постороннего нуля, отматывающих трансформаторов и др.). Снижение влияния, приведенных причин недостоверного определения полезного отпуска электрической энергии, во многом повысит качество борьбы с хищением и безучетным потреблением. Именно поэтому необходимо принимать необходимые меры по снижению влияния при расчете полезного отпуска за расчетный период указанных факторов.

Установка измерительных узлов в виде «шунтов» в цепи фазного и нулевого проводника исключают полностью факты хищения с помощью «постороннего нуля» и отматывающих трансформаторов, а также самый доступный, безопасный и дешевый способ хищения электроэнергии с помощью воздействия на счетчик сильных внешних магнитных полей. Организация в счетчиках передачи данных по радиоканалу позволяет на любой момент времени снять всю необходимую для определения полезного отпуска информацию со всех приборов учета, участвующих в балансе электроэнергии по конкретному объекту, даже в случае установки их внутри жилого дома и без наличия к ним прямого доступа. Т.е. индукционные приборы учета можно заменить на электронные аналоги, оставив их внутри дома.

Использование в качестве ретранслятора прибора учета с дистанционной передачей данных для передачи данных от других приборов учета позволяет обеспечить надежный сбор данных с электросчетчиков без организации АИИС

КУЭ на объекте, тем самым снижая эксплуатационные затраты и затраты на внедрение эффективной системы борьбы с хищением электроэнергии на конкретном объекте. В основном наиболее эффективными мероприятиями по снижению потерь электрической энергии в распределительных сетях являются мероприятия, направленные на снижение коммерческих потерь. Такие мероприятия снижают фактические потери электроэнергии, а, следовательно, и финансовые затраты энергоснабжающих организаций на компенсацию сверхнормативных потерь. Основным и самым эффективным мероприятием по снижению коммерческих потерь в сетях 0,4 кВ является вынос учета электрической энергии за пределы территории домовладения абонента. Особенно эффективно данное мероприятие в районах коттеджной застройки.

Выводы по главе 3:

1) на сегодня имеются конкретные наработки высокоэффективных методов снижения коммерческих потерь в электрических сетях. Для выработки общих подходов их применения в более широких масштабах, необходимо перейти к их реализации в полном объеме на отдельных проблемных фидерах подстанций. Поэтапная реализация действительно эффективных мероприятий по снижению коммерческих потерь в рамках выделяемых финансовых средств позволит обеспечить доведение уровня потерь в электрических сетях до уровня технически обоснованного;

2) насущной становится необходимость проработки математического аппарата, моделей и методов корректного использования информации АИИС КУЭ, создания новых и адаптации существующих алгоритмов и программного обеспечения, для чего необходимо создание методов расчета потерь энергии, позволяющих использовать информационные возможности и АИИС КУЭ.

3) основными тенденциями применения современных информационных технологий, в том числе и при расчете, анализе и снижении потерь энергии в сетях, являются: объединение в едином комплексе нескольких расчетных модулей, работающих с единой базой данных.

Заключение

В диссертации рассмотрены основные механизмы реального снижения коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях. Так, необходимыми условиями для снижения коммерческих потерь являются автоматизация учета электроэнергии и привязка потребителей к динамической модели электрической сети, а также более широкий охват сетей 0,4-6(10) кВ средствами технического учета электрической энергии. Также обозначены мероприятия по снижению технических потерь электроэнергии, даны оценки границ их применимости, указаны препятствия на пути реализации данных мероприятий.

Основные результаты работы и выводы можно сформулировать следующим образом:

- 1) рассмотрены причины коммерческих потерь и действенные методы их снижения;
- 2) приведен алгоритм локализации очагов повышенных коммерческих потерь электроэнергии в сетях;
- 3) разработан и внедрен метод на базе программного продукта «1С:Предприятие» составления балансных отчетов по объемам электрической энергии различных схем сети, который позволит и в дальнейшем вести расчет потерь электрических сетей, выявлять очаги коммерческих потерь и разрабатывать мероприятия по их снижению;
- 4) совершенствование системы учета электроэнергии на основе современных интеллектуальных технологий измерений и управления электропотреблением является основой для достоверного расчета балансов, фактических, технических и коммерческих потерь электроэнергии, разработки мероприятий по снижению потерь и оценке их экономической эффективности;
- 5) в последние годы возникли новые метрологические проблемы измерения электроэнергии. Необходима разработка и утверждение методик: расчета систематических погрешностей учета от низкого качества

электроэнергии; случайной и систематической погрешностей измерения фактических и расчета технических потерь электроэнергии; оценки допустимых коммерческих потерь электроэнергии;

6) необходима скорейшая актуализация и утверждение Правил коммерческого учета на розничном рынке электроэнергии;

7) современные системы интеллектуального учета являются источником достоверной оперативной информации о профилях нагрузки, режимах электропотребления и потоках мощности и электроэнергии по электрической сети в целом, ее участкам, уровням напряжения, о показателях качества электроэнергии, о фактах несанкционированного доступа и учету электроэнергии;

8) создание и внедрение систем интеллектуального учета является одним из первых этапов перехода к интеллектуальным электрическим сетям, к интеллектуальному управлению их режимами, ремонтному и эксплуатационному обслуживанию;

9) системы «умного» учета, «умной» сети, «умного» города являются сложными многоуровневыми, иерархическими информационно-управляющими системами, требующих значительных временных и финансовых затрат на создание, внедрение и эксплуатацию, а также высокой квалификации обслуживающего персонала. Разработке таких систем должны предшествовать тщательное обследование потенциальных объектов внедрения; технико-экономическое обоснование проектных решений и оценка рисков реализации этих проектов; подготовка и повышение квалификации персонала, четкая организация работ по проектированию, внедрению и сопровождению.

Список использованных источников

1. Федеральный Закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: Принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г.; одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 г. // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
2. Федеральный Закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 № 35-ФЗ с изм. и допол. в ред. от 29.12.2014
3. Приказ Российской Федерации от «30» декабря 2008 г. № 326 (Зарегистрирован в Минюсте РФ 12.02.2009 N 13314) «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям».
4. Герасимова, В.Г. Электротехнический справочник Т.3. Кн. 1. Производство, передача и распределение электрической энергии/ В.Г. Герасимова, А.Ф. Дьякова, А.И. Попова и др. – М.: МЭИ, 2002. – 964 с.
5. Кудрин, Б.И. Электроснабжение. Учебник. - М.: Academia, 2015. - 352 с.
6. Конюхова, Е.А. Электроснабжение. Учебник. - М.: МЭИ, 2014. - 512 с.
7. Шабад, В.К. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах. Учебное пособие. - М.: Academia, 2013. - 192 с.
8. Савина, Н.В. Методы расчета и анализа потерь электроэнергии в электрических сетях: учебное пособие / Н.В. Савина. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2014. – 150 с.
9. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ : учеб.-произв. изд. В 6 т. Т. 4-6 - М. : Папирус Про, 2005.

10. Сибикин, Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. - М.: Форум, 2015. - 384 с.
11. Елгин, А.А. Производство и передача электроэнергии : учеб. пособие. - Тольятти : ТГУ, 2008.
12. Железко, Ю.С. Принципы нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях и программное обеспечение расчетов. - Электрические станции, 2001, №9, с.33-38.
13. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование. Учебное пособие, 2-е изд. испр. и доп. - М.: Лань, 2011. - 192 с.
14. Степкина, Ю.В. Высоковольтное оборудование станций и подстанций: учеб. пособие. - Тольятти: ТГУ, 2006. - 49 с.
15. Самсонов, В.С. Экономика предприятий энергетического комплекса: учеб. для вузов / В.С. Самсонов, М.А. Вяткин. – М. : Высш, школа, 2013.
16. Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов: IV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов (Тольятти, 12-14 апреля 2016 года) сборник трудов/ отв. За вып. В.В. Вахнина. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. – 415 с.: обл.
17. Вахнина, В.В. Положение о выпускной квалификационной работе бакалавров: учеб.-метод. пособие для студентов направления 140200 "Электроэнергетика". - Тольятти: ТГУ, 2009. - 15 с.
18. Вахнина, В.В. Требования к выпускной квалификационной работе бакалавров: учеб.-метод. пособие; - Тольятти : ТГУ, 2012. - 31 с.
19. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. Учебник. - М.: Форум, 2014. - 416 с.
20. Опалева, Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения / Г.Н. Опалева. – М.: ИД «ФОРУМ», 2008.

21. Сибикин, Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин – М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2002. - 370 с.
22. Галанов, В.П. Влияние качества электроэнергии на уровень ее потерь в сетях. - Электрические станции, 2001, №5, с.54-63.
23. Ерошенко, Г.Н. Эксплуатация электрооборудования. Учебник. - М.: Инфра-М, 2014. - 336 с.
24. Дайнеко, В.А. Эксплуатация электрооборудования и устройств автоматики: Учебное пособие. Гриф МО РФ. - М.: Инфра-М, 2015. - 333 с.
25. Правила устройств электроустановок (ПУЭ). 7 издание. - С.-Пб.: Энергоатомиздат, 2009.-289 с.
26. Грунтович, Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. Учебное пособие. - М.: Инфра-М, 2015. - 271 с.
27. Варварин, В.К. Выбор и наладка электрооборудования. Справочное пособие. - М.: Форум, 2015. - 240 с.
28. Васильева, Т.Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. - М.: Горячая линия-Телеком, 2015. - 152 с.
29. Радкевич, В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий / В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова // Учеб. пособие — Минск : ИВЦ Минфина, 2015.
30. Янукович, Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства / Г.И. Янукович // Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие: 3-е изд., доп. и исправ. — Минск: ИВЦ Минфина, 2016.
31. Овчинников, А. Потери электроэнергии в распределительных сетях 0,38 - 6 (10) кВ. - Новости ЭлектроТехники, 2003, №1, с.15-17.
32. Кабышев, А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения / А.В. Кабышев, С.Г. Обухов // Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2015.
33. Гуртовцев, А.Д. Правила приборного учета электроэнергии. Главный проект Российских энергетиков / Новости ЭлектроТехники. – 2004. –372 с.

34. Хорольский, В.Я. Эксплуатация систем электроснабжения / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов — Москва, Форум, Инфра-М, 2013 г.
35. McDonald, J. D. Electric Power Substations Engineering / J. D. McDonald [и др.]. – Майями: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012. – 593с
36. Gers, J. M. Protection of Electricity Distribution Networks, 3rd Edition (Energy Engineering) / J. M. Gers, E. D. Holmes. - The Institution of Engineering and Technology, 2011. – 368 с.
37. Lakervi, E. Electricity Distribution Network Design, 2nd Edition (Energy Engineering) / E. Lakervi, E. J. Holmes. - The Institution of Engineering and Technology, 2005. – 338 с.
38. Bayliss, C. Transmission and Distribution Electrical Engineering / C. Bayliss, B. Hardly. – Newnes, 2012. – 1180 с.
39. Niu, B. Development of a new power supply system of distributed sensors of transmission lines/ B. Niu, S. Wang, L. Pu, Z. Li, P. Zhang – Hing Voltage Engineering and Application (ICHVE), 2012 International Conference on, Shanghai, 2012, pp. 358-362.
40. Dai, Q. H. Application study of cost control in the power supply enterprise/ Q. H. Dai, F. Ye. – Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM), 2011 IEEE 18 Th International Conference on, Changchun, 2011, pp. 388-392.
41. Yajing, C. Test on Lightning Characteristics of Electronic Equipment's Power Supply/C. Yajing, Z. Wenjun, H. Ruidong, Z. Luxing. – EMC Technologies, 2007 International Symposium on, Hangzhou, 2007, pp. 1357-1360.
42. Энергоучет АСКУЭ современного предприятия: [Электронный ресурс]. М., 2015. URL: <http://www.eu.sama.ru/>. (Дата обращения 05.07.2015).
43. Новости энергетики: [Электронный ресурс]. М., 2014. URL: <http://novostienergetiki.ru/>. (Дата обращения 07.04.2016).
44. Астра-электроучет: [Электронный ресурс]. М., 2010. URL: <http://www.astraelectra.ru/>. (Дата обращения 05.03.2016).
45. ЗАО «Радио и Микроэлектроника»: [Электронный ресурс]. М., 2014. URL: <http://zao-rim.ru/> (Дата обращения 05.03.2016).

46. ООО «Матрица» [Электронный ресурс]. М., 2014. URL: <http://www.matritca.ru/> (Дата обращения 04.03.2016).

47. Сайт Министерства энергетики Российской Федерации: [Электронный ресурс]. М., 2015. URL: [www.minenergo.gov.ru /](http://www.minenergo.gov.ru/). (Дата обращения 16.12.2015)

48. АО Электротехнические заводы «Энергомера»: [Электронный ресурс]. М., 2015. URL: <http://www.energomera.ru/>. (Дата обращения 17.12.2015).

