

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ХАКАССКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –  
ФИЛИАЛ ФГАОУ ВПО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **ЭКОНОМИКА ЭНЕРГЕТИКИ**

### **Формирование балансов электрической энергии**

Методические указания

Абакан  
2013

УДК 338.465:621.31(072)

Э40

Э40 Экономика энергетики. Формирование балансов электрической энергии : метод. указания к практ. занятиям / сост. Н. В. Дулесова ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2013. – 40 с.

*Содержат методику определения объема переданной электрической энергии по сетям региональных сетевых компаний и районным электрическим сетям, изучаемую на практических занятиях, и практические примеры формирования баланса. Данная методика используется также при выполнении выпускной квалификационной работы (дипломного проекта).*

*Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлениям и специальностям укрупненной группы 140000 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника».*

УДК 338.465:621.31(072)

Рекомендовано к изданию  
научно-методическим советом ХТИ – филиала СФУ

© ХТИ – филиал СФУ, 2013

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективное использование электроэнергии как энергоресурса – одно из условий развития экономики страны, так как рынок выдвигает свои требования и потребитель обязан в срок и в необходимом объеме расплачиваться за потребляемую электроэнергию. В связи с этим особую актуальность для энергетических предприятий приобретает формирование баланса электрической энергии (энергобаланса).

Энергобаланс позволяет установить потребности в электроэнергии и соотношение между ее потреблением и производством, выявить пути рационализации электропотребления, устранения излишних потерь, обосновать масштабы и режимы электропотребления, рациональные схемы электроснабжения.

Энергобаланс играет важную роль в энергоиспользовании и повышении энергоэффективности, являясь тем средством, с помощью которого обеспечивается комплексность и научная обоснованность планирования развития и функционирования энергохозяйства. Он характеризует фактический объем электроснабжения потребителей и расход электрической энергии по сети с распределением по назначению.

В зависимости от функционального назначения энергобаланс классифицируют по ряду признаков: времени разработки, объекту электропотребления, целевому назначению, совокупности видов анализируемых потоков электроэнергии, способу разработки и форме их составления. Баланс формируется из объемов электропотребления и производства как покупных, так и собственных энергоносителей. По своему целевому назначению он обеспечивает анализ различных технологий, производств, отопления, освещения, вентиляции и других направлений электропотребления.

В числе перспектив разработки энергобалансов можно отметить их важнейшую роль при формировании долгосрочных инвестиционных программ хозяйствующих субъектов при прогнозировании объемов, режимов и цен на поставки мощности и электроэнергии на оптовом рынке.

В методических указаниях изложены методики расчета, примеры расчета и представлены справочные материалы.

### 1. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ

При расчете используются следующие термины.

***Отпуск электрической энергии в электрическую сеть районной электрической сети (РЭС) по границе балансовой принадлежности (отпуск в сеть РЭС)*** – разница между приемом электрической энергии в сеть и отдачей ее из сети в точках поставки по границе балансовой принадлежности сети РЭС,  $W_{\text{ОС}}$ .

**Отпуск электрической энергии в сеть по ступеням напряжения (отпуск электрической энергии в сеть)** – суммарный объем электрической энергии, трансформированной в данный уровень напряжения из сети смежной ступени напряжения, и отпуска электрической энергии в электрическую сеть РЭС по границе балансовой принадлежности. Соответствует физическому процессу передачи электрической энергии по электрическим сетям.

**Полезный отпуск из сети РЭС** – объем электрической энергии, переданной (поставленной) по распределительным сетям РЭС по точкам поставки электрической энергии потребителей и (или) нижестоящих сетевых организаций, сформированный по уровню напряжения по границе балансовой принадлежности. Соответствует физическому процессу передачи электрической энергии по электрическим сетям,  $W_{ПО}$ .

**Фактические (отчетные) потери электрической энергии в электрической сети РЭС (потери электрической энергии в сети)** – разность между отпуском электрической энергии в электрическую сеть и полезным отпуском электрической энергии из сети РЭС,  $\Delta W_{Ф}$ .

**Технические потери электрической энергии** – технологический расход электрической энергии, обусловленный физическими процессами передачи, распределения и трансформации электрической энергии по электрическим сетям РЭС, определенный расчетным путем,  $\Delta W_{ТЭ}$ .

**Коммерческие потери электрической энергии** – разность между фактическими (отчетными) потерями электрической энергии в электрической сети РЭС и техническими потерями электрической энергии,  $\Delta W_{К}$ .

**Распределительная электрическая сеть** – электрическая сеть, присоединенная к центру питания, обеспечивающая распределение электрической энергии между потребителями электрической энергии или обеспечивающая передачу электрической энергии организациям, заключающим договор энергоснабжения.

**Граница балансовой принадлежности** – линия раздела объектов электроэнергетики между владельцами по признаку собственности или владения на ином предусмотренном федеральными законами основании, определяющая границу эксплуатационной ответственности между сетевой организацией и потребителем услуг по передаче электрической энергии (потребителем электрической энергии, в интересах которого заключается договор оказания услуг по передаче) за состояние и обслуживание электроустановок.

**Нижестоящие сетевые организации** – организации, расположенные в зоне действия РЭС, являющиеся потребителями электрической энергии по отношению к РЭС, владеющие на праве собственности или ином установленном федеральным законом основании объектами элек-

тросетевого хозяйства, с использованием которых такие организации оказывают услуги по передаче электрической энергии и осуществляют в установленном порядке технологическое присоединение энергопринимающих устройств (энергетических установок) юридических и физических лиц к электрическим сетям.

**Блок-станции** – объекты по производству электрической энергии.

## **2. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЛАНСА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Баланс электрической энергии формируется в целях:

- а) организации работ по выявлению коммерческих потерь;
- б) оценки корректности работы приборов учета электроэнергии по диапазонам напряжения;
- в) оценки эффективности процесса передачи электрической энергии путем сопоставления информации плановых и фактических объемов структурных составляющих по диапазонам напряжения;
- г) применения сформированных структурных составляющих баланса электрической энергии в базовом периоде для формирования прогнозных балансов электрической энергии на заданный период регулирования;
- д) использования сформированных базовых и прогнозных показателей балансов электрической энергии для нормирования потерь электрической энергии в электрических сетях РЭС на регулируемый период;
- е) анализа эффективности и целесообразности выполняемых мероприятий по снижению потерь электрической энергии.

Баланс электрической энергии по электрическим сетям РЭС является системой физических показателей, характеризующей за анализируемый период времени равенство суммарного объема переданной электрической энергии в электрической сети конечным потребителям и/или нижестоящим организациям и потерь в электрических сетях к объему поступившей электрической энергии в сеть РЭС с учетом отпущенной электрической энергии из сети.

Основными исходными документами для формирования баланса электрической энергии являются:

- а) договор на оказание услуг по передаче электрической энергии с потребителями электрической энергии, непосредственно присоединенными к сетям РЭС;
- б) акт снятия показаний приборов расчетного учета (акты приема-передачи электрической энергии) по границе балансовой принадлежности с потребителями, блок-станциями, прочими владельцами объектов по производству электрической энергии и т. д.;

в) ведомость показаний приборов технического учета подстанций РЭС;

г) реестр снятия показаний с расчетных приборов учета электрической энергии, установленных у бытовых потребителей;

д) отчет автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ);

е) отчеты юридических лиц о расходе электрической энергии по собственным объектам.

### **3. ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ПЕРЕДАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО СЕТЯМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ. РАЗВЕРНУТЫЙ БАЛАНС**

#### **3.1. Поступление электроэнергии по внешним границам региональных сетевых компаний**

##### **3.1.1. Прием электрической энергии в сеть региональных сетевых компаний**

Прием электрической энергии в электрическую сеть региональных сетевых компаний (РСК) по границе балансовой принадлежности равен суммарному объему электрической энергии, поступившей в точке поставки электрической энергии из электрических сетей ФСК, смежных сетевых компаний, а также от сетей генерирующих компаний (ГК) с оптового рынка электроэнергии (ОРЭ) и потребителей электрической энергии, имеющих в собственности или ином законном основании объекты по производству электрической энергии (блок-станции). Численное значение приема электрической энергии в сеть формируется:

а) с разбивкой по ступеням напряжения:

$$W_{\text{пр},i} = \sum_{k=1}^M W_{\text{пр},k},$$

где  $W_{\text{пр},k}$  – прием электрической энергии в сеть в  $k$ -й точке поставки  $i$ -й ступени напряжения,  $M$  – количество точек поставки;

б) в целом по электрической сети РСК по каждой ступени напряжения:

$$W_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^N W_{\text{пр},i},$$

где  $W_{пр.i}$  – суммарный прием электрической энергии по  $i$ -й ступени напряжения,  $N$  – количество ступеней напряжения.

Указывается суммарный прием электрической энергии в электрическую сеть РСК по уровням напряжения, соответствующим номинальному уровню напряжения по границе балансовой принадлежности, в том числе прием в сеть РСК:

- из сетей федеральной сетевой компании (ФСК);
- из сетей смежных сетевых компаний (ССК);
- от генерирующих компаний (ГК) с объединенного рынка энергии (ОРЭ);
- от блок-станций с розничных рынков электрической энергии (РРЭЭ).

**Прием в сеть РСК из сетей ФСК.** Определяется как сумма приемов в электрическую сеть РСК электрической энергии в точках поставки по границе балансовой принадлежности ФСК – РСК. Первичным документом учета приема в электрическую сеть РСК из сети ФСК является *интегральный акт учета перетоков электрической энергии*.

**Прием в сеть РСК из сетей ССК.** Определяется как суммарный прием электрической энергии в электрическую сеть РСК из электрических сетей ССК<sub>1</sub> в точках поставки по границе балансовой принадлежности ССК<sub>1</sub> – РСК. Первичным документом учета приема электрической энергии в электрическую сеть РСК из сети смежной сетевой компании является *сводный акт первичного учета сальдо-перетоков электрической энергии*.

**Прием в сеть РСК от ГК с ОРЭ.** Определяется на основании сформированного приема в электрическую сеть РСК электрической энергии в точках поставки по границе балансовой принадлежности РСК – ГК. Первичным документом учета приема в сеть РСК из сети ГК является *интегральный акт учета перетоков электрической энергии*. Также указывается объем электрической энергии, отпущенной в сети потребителей от открытого распределительного устройства (ОРУ) генерирующих предприятий по договору аренды электрооборудования (аналог договора «последней мили» с ФСК) на соответствующем уровне напряжения.

**Прием в сеть РСК от блок-станций с РРЭЭ.** Определяется как сумма приемов в электрическую сеть РСК электрической энергии в точках поставки по границе балансовой принадлежности РСК – блок-станция. Формирование приема в сеть электрической энергии от блок-станций производится на основании *акта снятия показаний с расчетных приборов учета электрической энергии*.

При наличии *договора купли-продажи* электрической энергии между указанным производителем и Гарантирующим поставщиком (ГП) или ЭСК и *счета-фактуры* на покупку электрической энергии в объеме, за-

фиксированном расчетном прибором учета, указанный объем приема электрической энергии в сеть РСК участвует в расчетах при определении обязательства РСК по покупке потерь электрической энергии у соответствующего ГП (ЭСК). Если такой договор купли-продажи отсутствует, указанный объем отпуска электрической энергии в сеть РСК из объема обязательств по передаче электрической энергии перед ГП (ЭСК) исключается, то есть потребленная электрическая энергия данным субъектом в режиме дефицита электрической энергии (согласно показаниям приборов учета на «прием» электрической энергии из сетей РСК) должна в полном объеме относиться к объему переданной электрической энергии потребителю. Объем отданной электрической энергии от блок-станции в сеть РСК (согласно показаниям прибора учета на «отдачу» в сеть РСК) должен относиться к приему в сеть РСК как обязательство РСК по передаче данного объема до конечных потребителей электрической энергии или до смежных сетевых организаций по договорам оказания услуг по передаче электрической энергии по сетям РСК.

### **3.1.2. Отдача электрической энергии из сети региональных сетевых компаний**

**Отдача электрической энергии из сети РСК по границе балансовой принадлежности** равна суммарному объему электрической энергии, отпущенной в точке поставки электрической энергии в сети ФСК, смежных сетевых компаний, генерирующих компаний.

Численное значение отдачи электрической энергии из сети формируется:

а) с разбивкой по ступеням напряжения:

$$W_{\text{ОтД}i} = \sum_{k=1}^M W_{\text{ОтД}k},$$

где  $W_{\text{ОтД}k}$  – прием электрической энергии в сеть в  $k$ -й точке поставки  $i$ -й ступени напряжения,  $M$  – количество точек поставки;

б) в целом по электрической сети РСК по каждой ступени напряжения:

$$W_{\text{ОтД}} = \sum_{i=1}^N W_{\text{ОтД}i},$$

где  $W_{\text{ОтД}i}$  – суммарный прием электрической энергии по  $i$ -й ступени напряжения,  $N$  – количество ступеней напряжения.

**Отдача из сети РСК в сеть ФСК** определяется как сумма отдач из электрической сети РСК электрической энергии в точках поставки по границе балансовой принадлежности ФСК – РСК. Первичным документом учета отдачи из электрической сети РСК в сеть ФСК является *интегральный акт учета перетоков электрической энергии*.

**Отдача из сети РСК в сети ССК** определяется как суммарная отдача электрической энергии из электрической сети РСК в электрическую сеть ССК в точках поставки по границе балансовой принадлежности ССК – РСК. Первичным документом учета отдачи из сети РСК в сеть ССК является *сводный акт первичного учета сальдо-перетоков электрической энергии*.

**Отдача из сети РСК в сети ГК на ОРЭ** определяется как сумма отдач в электрическую сеть РСК электрической энергии в точках поставки по границе балансовой принадлежности РСК – ГК. Первичным документом учета отдачи в сеть ГК из электрической сети РСК является *интегральный акт учета перетоков электрической энергии*.

### **3.1.3. Отпуск электрической энергии в сеть РСК по внешним границам**

Отпуск электрической энергии в электрическую сеть РСК по границе балансовой принадлежности равен разнице между суммарным объемом поступившей электрической энергии в сеть РСК и суммарным объемом отпущенной электрической энергии из сети РСК в точках поставки электрической энергии из сетей ФСК, смежных сетевых компаний, генерирующих компаний и блок-станций.

Численное значение отпуска электрической энергии в сеть по границе балансовой принадлежности формируется:

а) в целом по электрической сети РСК:

$$W_{\text{ОС}} = W_{\text{ПР}} - W_{\text{ОТД}}$$

б) с разбивкой по ступеням напряжения:

$$W_{\text{ОС},i}^{\text{ГБП}} = W_{\text{ПР},i}^{\text{ГБП}} - W_{\text{ОТД},i}^{\text{ГБП}} = \sum_{k=1}^M W_{\text{ОС},k}^{\text{ГБП}},$$

где  $W_{\text{ОС},k}^{\text{ГБП}}$  – отпуск электрической энергии в сеть по границе балансовой принадлежности в  $k$ -й точке поставки  $i$ -й ступени напряжения,  $M$  – количество точек поставки.

## 3.2. Внутрисетевой переток электрической энергии (трансформация)

### 3.2.1. Прием электрической энергии из сети смежного уровня напряжения

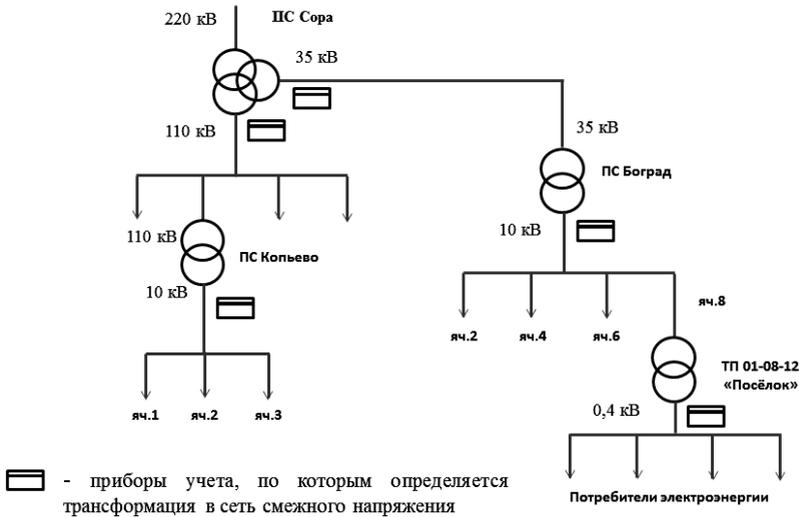


Рис. 3.1

**Трансформация электроэнергии** – количество электроэнергии, которая передана через трансформаторы с одного класса напряжения на другой.

**Прием электрической энергии из сети смежного уровня напряжения** – это объем электрической энергии, трансформированной в сеть рассматриваемого уровня напряжения из сети смежного уровня напряжения внутри распределительного электросетевого комплекса РСК. Прием электрической энергии в сеть рассматриваемой ступени напряжения из сети(ей) смежного напряжения при внутрисетевом перетоке электрической энергии по электрическим сетям РСК равен отдаче электрической энергии из сети(ей) смежного напряжения в электрическую сеть данного уровня напряжения, определяемого по приборам учета электрической энергии, установленным на границе раздела уровней напряжения.

$$W_{\text{ПР СНII}}^{\text{ВН}} = W_{\text{ОТ ДВН}}^{\text{СНII}}; \quad W_{\text{ПР СНII}}^{\text{ВН}} = W_{\text{ОТ ДВН}}^{\text{СНII}}; \quad W_{\text{ПР СНII}}^{\text{СНII}} = W_{\text{ОТ ДСНII}}^{\text{СНII}};$$

$$W_{\text{ПР НН}}^{\text{СНII}} = W_{\text{ОТ ДСНII}}^{\text{НН}}; \quad W_{\text{ПР НН}}^{\text{СНII}} = W_{\text{ОТ ДСНII}}^{\text{НН}};$$

где  $W_{\text{ПРСН}}^{\text{ВН}}$  – прием электрической энергии в электрическую сеть СН I из электрической сети ВН;  $W_{\text{ПРСН I}}^{\text{ВН}}$  и  $W_{\text{ПРСН II}}^{\text{ВН}}$  – прием электрической энергии в электрическую сеть СН I и СН II из электрической сети ВН соответственно,  $W_{\text{ПРН I}}^{\text{СН I}}$  и  $W_{\text{ПРН II}}^{\text{СН II}}$  – прием электрической энергии в электрическую сеть СН I и СН II из электрической сети СН I и СН II соответственно.

Прием электроэнергии в электрическую сеть СН I из электрической сети ВН определяется по приборам учета, установленным на вводах 35 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 35 кВ подстанций 110/35/10–6.

Приемы электроэнергии в электрическую сеть СН II из электрической сети ВН и СН I определяются по приборам учета, установленным на вводах 10(6) кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 10(6) кВ подстанций ВН/10–6 СН I/10(6) кВ.

Приемы электроэнергии в электрическую сеть СН I и СН II определяются по приборам учета, установленным на вводах 0,4 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 10(6) кВ подстанций ВН/10–6 СН I/10(6) кВ.

### 3.2.2. Отдача электрической энергии в сети смежного уровня напряжения

*Отдача электрической энергии в сети смежного уровня напряжения* – это объем электрической энергии, трансформируемой из сети рассматриваемого уровня напряжения в сети смежного уровня внутри распределительного электросетевого комплекса РСК. Отдача электрической энергии из сети рассматриваемой ступени напряжения в сеть смежного напряжения при внутрисетевом перетоке электрической энергии по электрическим сетям РСК равна суммарному объему электрической энергии, определенному по приборам учета, расположенным на *вторичной* стороне трансформаторов, из которых осуществляется отпуск электрической энергии из сети данного уровня напряжения в сеть смежного напряжения, либо по прибору учета, установленному на *первичной* стороне трансформатора, с учетом потерь в трансформаторе, определенных расчетным путем.

$$W_{\text{ОТДВН}}^{\text{СН I}} = \sum W_{\text{ОТДВН}}^{\text{СН I}}; \quad W_{\text{ОТДВН}}^{\text{СН II}} = \sum W_{\text{ОТДВН}}^{\text{СН II}}; \quad W_{\text{ОТДСН I}}^{\text{СН II}} = \sum W_{\text{ОТДСН I}}^{\text{СН II}};$$

$$W_{\text{ОТДСН I}}^{\text{НН}} = \sum W_{\text{ОТДСН I}}^{\text{НН}}; \quad W_{\text{ОТДСН II}}^{\text{НН}} = \sum W_{\text{ОТДСН II}}^{\text{НН}},$$

где  $W_{\text{ОТДВН}}^{\text{СНІ}}$  и  $W_{\text{ОТДВН}}^{\text{СНІІ}}$  – отдача электрической энергии из электрической сети ВН в электрическую сеть СНІ и СНІІ соответственно;  $W_{\text{ОТДСНІ}}^{\text{СНІІ}}$  и  $W_{\text{ОТДСНІ}}^{\text{НН}}$  – отдача электрической энергии из электрической сети СНІ в электрическую сеть СНІІ и НН соответственно;  $W_{\text{ОТДСНІІ}}^{\text{НН}}$  – отдача электрической энергии из электрической сети СНІІ в электрическую сеть НН.

Отдача электроэнергии из электрической сети ВН в электрическую сеть СНІ и СНІІ определяется по приборам учета, установленным на вводах 35 кВ и (или) 10 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 35 кВ и соответственно 10(6) кВ подстанций РСК 110/35/10–6 и (или) 110/10(6) кВ.

Отдача электроэнергии из электрической сети СНІ в электрическую сеть СНІІ и НН определяется по приборам учета, установленным на вводах 10 кВ и (или) 0,4 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 10 кВ и соответственно 0,4 кВ подстанций РСК 35/10–6 и (или) 35/0,4 кВ.

Отдача электроэнергии из электрической сети СНІІ в электрическую сеть НН определяется по приборам учета, установленным на вводах 0,4 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 0,4 кВ трансформаторных подстанций РСК 10/0,4 кВ.

### **3.2.3. Сальдо-переток электрической энергии по уровню напряжения**

**Сальдо-переток электрической энергии по рассматриваемому уровню напряжения электрической сети РСК** определяется как разница между приемом электрической энергии из сети смежного напряжения и отдачей электрической энергии в сети смежного напряжения.

Сальдо-переток электрической энергии по смежным уровням напряжения внутри распределительного электросетевого комплекса РСК в итоге всегда должен быть равен нулю.

Отпуск электроэнергии из электрической сети ВН в электрическую сеть СНІ и СНІІ определяется по приборам учета, установленным на вводах 35 кВ и (или) 10 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 35 кВ и соответственно 10(6) кВ подстанций РЭС 110/35/10–6 и (или) 110/10(6) кВ.

Отпуск электроэнергии из электрической сети СНІ в электрическую сеть СНІІ и НН определяется по приборам учета, установленным на вводах 10 кВ и/или 0,4 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 10 кВ и соответственно 0,4 кВ подстанций РЭС 35/10–6 и/или 35/0,4 кВ.

Отпуск электроэнергии из электрической сети СНП в электрическую сеть НН определяется по приборам учета, установленным на вводах 0,4 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 0,4 кВ трансформаторных подстанций РЭС 10/0,4 кВ.

### 3.3. Отпуск электрической энергии в сеть по внутренним границам РСК

**Отпуск электрической энергии в сеть рассматриваемого диапазона напряжения в границах распределительных сетей РСК** формируется как сумма отпуска электрической энергии по границе балансовой принадлежности и приема электрической энергии из сети смежного напряжения соответствующего уровня напряжения.

Отпуск электрической энергии в сеть по диапазонам напряжения равен сумме отпусков электрической энергии в сеть РСК по границе балансовой принадлежности для каждого отдельно рассматриваемого уровня напряжения и приемов электрической энергии в сеть рассматриваемого уровня напряжения, из электрических сетей смежных уровней напряжения при внутрисетевом перетоке электрической энергии по электрическим сетям РСК. Полученный отпуск соответствует физическому процессу передачи электрической энергии по электрическим сетям РСК.

$$W_{OCi} = W_{OCi}^{ГБП} + \sum_{ПРi} W$$

где  $W_{OCi}^{ГБП}$  – суммарный отпуск электрической энергии в электрическую сеть РСК по границе балансовой принадлежности в точках поставки электрической энергии в сеть РСК из сетей ФСК, межрегиональных сетевых компаний (МРСК), смежных компаний, генерирующих компаний по  $i$ -й ступени напряжения;  $\sum_{ПРi} W$  – суммарный прием электрической энергии в электрическую сеть  $i$ -й ступени напряжения из электрической сети смежных уровней напряжения в границах РСК (внутрисетевой переток).

Для каждой ступени напряжения отпуск электрической энергии в сеть равен:

$$\begin{aligned} W_{OCВН} &= W_{OCВН}^{ГБП} ; & W_{OCСНП} &= W_{OCСНП}^{ГБП} + \left( W_{ПРСНП}^{ВН} \right) ; \\ W_{OCСНП} &= W_{OCСНП}^{ГБП} + \left( W_{ПРСНП}^{ВН} + W_{ПРСНП}^{СНП} \right) ; \\ W_{OCНН} &= W_{OCНН}^{ГБП} + \left( W_{ПРНН}^{СНП} + W_{ПРНН}^{СНП} \right) ; \end{aligned}$$

### 3.4. Полезный отпуск электрической энергии из сетей РСК

**Полезный отпуск электрической энергии из электрических сетей РСК** равен суммарному отпуску электрической энергии в точках поставки потребителям, подключенным к электрической сети РСК, по границе балансовой принадлежности между РСК и потребителями. Полезный отпуск электрической энергии из сетей РСК по ступеням напряжения формируется в соответствии с номинальным уровнем напряжения электрической энергии в точке поставки, т. е. на границе балансовой принадлежности распределительной сети РСК с потребителем (нижестоящей сетевой организацией).

Определяется на основании показаний приборов учета, установленных на границе балансовой принадлежности (либо установленных не на границе балансовой принадлежности – с учетом алгоритмов приведения). При отсутствии приборов учета используются расчетные методы определения отпуска электрической энергии потребителю.

Первичным документом учета отпуска электрической энергии потребителю является *акт снятия показаний приборов расчетного учета по границе балансовой принадлежности с потребителями*.

**Отпуск электрической энергии потребителям (нижестоящим сетевым организациям) по уровням напряжения** формируется с учетом уровня напряжения в каждой точке поставки.

**Отпуск электрической энергии от шин понизительных подстанций в сеть потребителя (нижестоящей сетевой организации)**. Указывается величина переданной электрической энергии потребителю (нижестоящей сетевой организации), электросетевое оборудование которого подключено непосредственно к распределительному устройству (РУ) трансформаторной подстанции РСК. Объем переданной электрической энергии по физическому балансу учитывается в объеме полезного отпуска по уровню напряжения в точке балансового раздела электрооборудования потребителя и РСК, т. е. при поставке электрической энергии с шин 10 кВ (по фидеру 10 кВ) п/ст 110/10 кВ относить к уровню СНП.

### 3.5. Потери электрической энергии

Фактические потери электрической энергии по распределительным сетям РСК в целом и по ступеням напряжения в абсолютных единицах определяются как разница между отпуском электрической энергии в сеть и полезным отпуском электрической энергии из сети:

$$\Delta W_{\Phi} = W_{OC} - W_{ПО}.$$

Относительные фактические потери электрической энергии в целом и по уровням напряжения определяются в процентах от отпуска электрической энергии в сеть РСК:

$$\Delta W_{\Phi\%i} = \frac{\Delta W_{\Phi i}}{W_{OCi}} 100\%.$$

#### 4. ФОРМИРОВАНИЕ БАЛАНСА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ РЭС

##### 4.1. Схема установки приборов учета для формирования баланса электроэнергии по РЭС

Для наиболее точного и корректного определения значений при формировании баланса по РЭС необходима наиболее точная и правильная схема установки приборов учета (рис. 4.1).

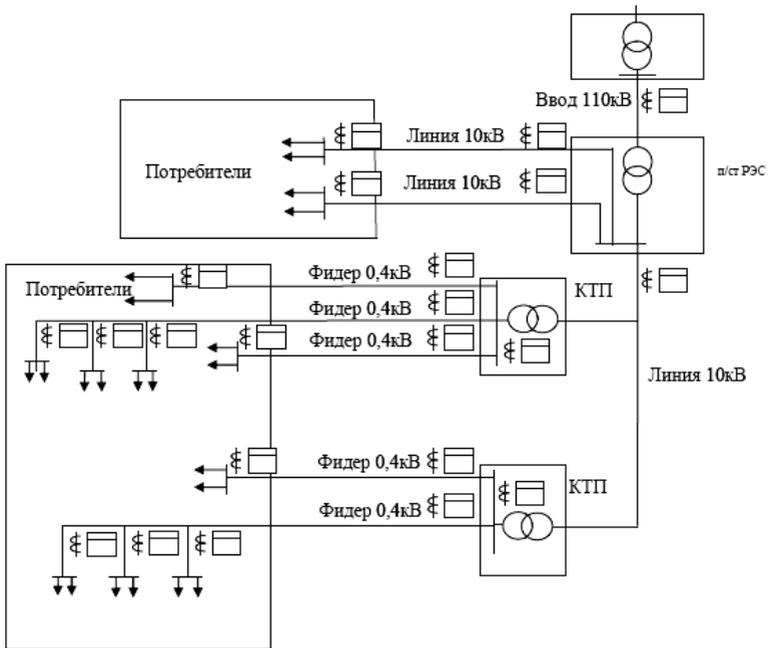


Рис. 4.1

Необходима схема, при которой обозначенные задачи будут решаться без возникновения проблем, связанных с возможным неверным толкованием и некорректностью расчетов.

## **4.2. Формирование объема переданной электроэнергии по сетям РЭС (фактический баланс)**

### **4.2.1. Отпуск электроэнергии в сеть РЭС**

Отпуск электрической энергии в электрическую сеть РЭС по границе балансовой принадлежности равен разнице между суммарным объемом поступившей электрической энергии в сеть РЭС и суммарным объемом отпущенной электрической энергии из сети РЭС.

#### **Точки приема/отдачи в сети РЭС.**

1. Точки технического учета (за исключением контрольного учета) на подстанциях РСК 110–35/6–10 кВ, фиксирующие отпуск электроэнергии в фидера 6–10 кВ РЭС.

2. Точки технического учета (за исключением контрольного учета) на понизительных подстанциях РСК 35/0,4 кВ, фиксирующие отпуск в фидера 0,4 кВ РЭС.

3. Точки коммерческого учета на фидерах, отходящих от абонентских понизительных подстанций 110/35/6–10 кВ, через которые происходит транзит электроэнергии из сетей 110–35 кВ в сети РЭС 10–0,4 кВ.

4. Точки коммерческого учета 10–0,4 кВ в местах присоединения сетей РЭС к объектам абонентских фидеров 6–10 кВ, отходящих от подстанций РСК.

5. Точки приема от собственной генерации сетевой компании по уровням 10–0,4кВ.

6. Точки коммерческого учета – приема электроэнергии в сети РСК с оптового, розничного рынков и от смежных сетевых организаций по уровням СНП, НН (по внешней границе РСК), кроме закрепленных за потребителями, подключенными к оборудованию ОРУ генерирующих предприятий (по договору аренды электрооборудования), а также за объектами «последней мили».

7. Точки приема (отдачи) в сети смежных РЭС.

Прием электрической энергии в электрическую сеть РЭС по границе балансовой принадлежности равен суммарному объему электрической энергии, поступившей в точки поставки электрической энергии из электрических сетей. Численное значение приема электрической энергии в сеть равно:

$$W_{\text{ПР}} = \sum_{i=1}^N W_{\text{ПР},i},$$

где  $W_{\text{пр},i}$  – суммарный прием электрической энергии по  $i$ -й ступени напряжения.

Отдача электрической энергии из сети РЭС по границе балансовой принадлежности равна суммарному объему электрической энергии, отпущенной в точки поставки электрической энергии. Численное значение отдачи электрической энергии из сети равно:

$$W_{\text{отд}} = \sum_{i=1}^N W_{\text{отд},i},$$

где  $W_{\text{отд},i}$  – отдача электрической энергии из сети РЭС по  $i$ -й ступени напряжения.

Численное значение отпуска электрической энергии в сеть по границе балансовой принадлежности равно:

$$W_{\text{ос}} = W_{\text{пр}} - W_{\text{отд}}.$$

**Формирование отпуска электроэнергии в сеть РЭС.** Ежемесячно на 00:00 часов 1 числа производится выгрузка показаний с приборов учета, установленных на подстанциях РСК или смежных сетевых компаний, посредством АИИС КУЭ, в случае отсутствия АИИС КУЭ показания снимаются дежурным персоналом визуально. На основании показаний приборов учета формируются объемы переданной электроэнергии за расчетный месяц и в соответствии с точками приема/отдачи – отпуск электроэнергии в сети РЭС. В качестве примера рассмотрим развернутый баланс РЭС «Ташан» за январь месяц (табл. 4.1).

#### **4.2.2. Отдача электроэнергии в сети смежного напряжения**

Отдача электроэнергии в сети смежного напряжения – это объем электрической энергии, трансформируемой из сети рассматриваемого уровня напряжения в сети смежного уровня внутри распределительного электросетевого комплекса РЭС, т.е. фиксируются перетоки между уровнями напряжения только внутри РЭС. Перетоки электрической энергии по внешней границе балансовой принадлежности не учитываются.

Отпуск электроэнергии из электрической сети СНИ в электрическую сеть НН определяется по приборам учета, установленным на вводах 0,4 кВ понизительного трансформатора или (при отсутствии вводного учета) на отходящих линиях (фидерах) 0,4 кВ трансформаторных подстанций РЭС 10/0,4 кВ.

Таблица 4.1

<b>Поступило в сеть</b>			
№	Наименование ПС	Присоединение	Расход
<i>От соседних энергосистем (ФСК):</i>			
1	Абан	ф. 6	208 682
		<b>Итого от соседних энергосистем:</b>	<b>208 682</b>
<i>Трансформировано из сети 35 кВ:</i>			
1	Ташан	яч. 1	877 045
		яч. 4	726 741
		яч. 5	898 312
		яч. 8	447 086
		яч. 11	392 089
		яч. 13	262 519
		яч. 14	177 431
		яч. 15	28 547
		яч. 16	283 225
		<b>Итого</b>	<b>4 092 995</b>
2	Тата	яч. 7	216 180
		яч. 8	110 730
		<b>Итого</b>	<b>326 910</b>
3	Уст	яч. 3	89 832
		яч. 5	200 461
		яч. 7	371 415
		<b>Итого</b>	<b>661 708</b>
4	Арбат	яч. 3	414 772
		яч. 4	223 611
		<b>Итого</b>	<b>638 383</b>
5	Кура	ТП 88-69-01	6 798
		<b>Итого из сети 35 кВ:</b>	<b>5 726 794</b>
<i>Поступило в сеть, всего:</i>			<b>5 935 476</b>

Таблица 4.2

Наименование ТП	К <sub>тр</sub>	Показание на начало месяца	Показание на конец месяца	Объем трансформированной электроэнергии
ТП 12-06-01	80	3 048,840	3 284,53	18 855
ТП 12-06-02	80	8 102,40	8 602,15	39 980
ТП 12-06-03	80	4 795,38	5 255,53	36 812
ТП 68-07-01	30	443,46	483,01	1 187
ТП 68-07-02	30	1 053,27	1 053,27	–
ТП 68-07-03	30	2 069,50	2 069,5	–
ТП 68-07-04	40	4 160,22	4 475,45	12 609
ТП 68-07-05	40	8 476,58	9 175,29	27 948
ТП 68-07-06	20	4 775,04	5 297,53	10 450
ТП 68-07-07	30	5 806,83	6 152,29	10 364
ТП 68-07-08	20	3 055,94	3 368,51	6 251
–/–	–/–	–/–	–/–	–/–
<b>Итого трансформировано в сеть 0,4 кВ</b>				<b>4 914 456</b>

Ежемесячно на 00:00 часов 1 числа производится выгрузка показаний с приборов учета, установленных на трансформаторных подстанциях РСК (ТП 10/0,4), посредством АИИС КУЭ, в случае отсутствия АИИС КУЭ показания снимаются дежурным персоналом визуально. На основании показаний приборов учета формируется объем трансформированной электроэнергии в смежный уровень напряжения за расчетный месяц (на примере РЭС «Ташан» за январь месяц – табл. 4.2).

#### **4.2.3. Полезный отпуск электроэнергии из сетей РЭС**

Полезный отпуск электрической энергии из электрических сетей РЭС равен суммарному отпуску электрической энергии в точках поставки потребителям, подключенным к электрической сети РЭС, по границе балансовой принадлежности между РЭС и потребителями, а также в сети нижестоящих сетевых организаций, в соответствии с заключенными договорами на передачу электрической энергии. Полезный отпуск электрической энергии из сетей РЭС по ступеням напряжения формируется в соответствии с номинальным уровнем напряжения электрической энергии в точке поставки, т. е. на границе балансовой принадлежности распределительной сети РЭС с потребителем (нижестоящей сетевой организацией).

Величина отпуска электрической энергии потребителям и/или нижестоящим сетевым организациям определяется на основании показаний приборов учета (установленных на границе балансовой принадлежности либо установленных не на границе балансовой принадлежности с учетом алгоритмов приведения) либо при отсутствии приборов учета с использованием нормативов на потребление электрической энергии.

Первичным документом учета отпуска электрической энергии потребителю является *акт снятия показаний приборов расчетного учета по границе балансовой принадлежности с потребителями*.

Объем полезного отпуска (по распределительным сетям РЭС для всех потребителей) формируется на соответствующем уровне напряжения по соответствующим приборам учета, в том числе:

- а) потребителям-гражданам – по приборам учета, установленным у потребителя по границе раздела балансовой принадлежности;
- б) потребителям – юридическим лицам – по приборам учета, установленным у потребителя по границе раздела балансовой принадлежности;
- в) КТП (комплектным трансформаторным подстанциям) – по приборам учета, установленным у потребителя по границе раздела балансовой принадлежности, и по приборам учета, установленным на границе линии, отходящей от подстанции к КТП, и самой КТП.

Для расчета полезного отпуска по юридическим лицам ежемесячно с 1 по 3 число сотрудниками РЭС проводится съем показаний с приборов

учета юридических лиц. На основании показаний приборов учета формируется объем полезного отпуска по юридическим лицам с разбивкой по уровням напряжения в зависимости от фактического присоединения к распределительной сети. За январь объем полезного отпуска по юридическим лицам составил 1 792 547 кВт·ч.

Для расчета полезного отпуска по физическим лицам ежемесячно сотрудниками РЭС проводится сьем показаний с приборов учета физических лиц. На основании показаний приборов учета формируются объем полезного отпуска по физическим лицам с разбивкой по уровням напряжения в зависимости от фактического присоединения к распределительной сети. За январь объем полезного отпуска по физическим лицам составил 2 503 619 кВт·ч.

Таким образом, потери электроэнергии по РЭС «Ташан» за январь составили 1 375 190 кВт·ч, или 23,17 %.

#### 4.2.4. Потери электроэнергии в сетях РЭС

**Фактические потери** электрической энергии по распределительным сетям РЭС в целом и по ступеням напряжения в абсолютных единицах определяются как разница между отпуском электрической энергии в сеть и полезным отпуском электрической энергии из сети.

$$\Delta W_{\Phi} = W_{OC} - W_{ПО}.$$

**Технические потери** в линиях, фидерах и оборудовании подстанции и КТП считаются с помощью специализированного программного комплекса РТП-3.

**Коммерческие потери** считаются как разность между общими потерями и техническими потерями.

**Относительные фактические потери** электрической энергии в целом и по уровням напряжения определяются в процентах от отпуска электрической энергии в сеть РЭС.

$$\Delta W_{\Phi\%i} = \frac{\Delta W_{\Phi i}}{W_{OCi}} \cdot 100\%.$$

### 4.3. ФОРМИРОВАНИЕ БАЛАНСА ПО ПОДСТАНЦИЯМ РЭС

#### 4.3.1. Расчет объема электроэнергии по присоединениям на подстанции

Основная цель формирования баланса по подстанциям РЭС – выявление неисправных комплексов учета и определение корректности снятия показаний с приборов учета персоналом на основании статистических дан-

ных, а также путем сравнения фактических показателей баланса с допустимыми и сравнения объема переданной электроэнергии по секциям шин.

Объём электроэнергии по каждому присоединению на подстанции (ПС) за отчетный период определяется по формуле:

$$W = N_{\text{конеч}} - N_{\text{нач}} k_T + W_{\text{выч.доб}},$$

где  $N_{\text{конеч}}$  – показание прибора учета на конец расчетного периода;  $N_{\text{нач}}$  – показание прибора учета на начало расчетного периода;  $k_T$  – расчетный коэффициент;  $W_{\text{выч.доб}}$  – вычислительная добавка.

Расчетный коэффициент по каждому присоединению на подстанции определяется по формуле:

$$k_T = k_{\text{ТТ}} \cdot k_{\text{ТН}},$$

где  $k_{\text{ТТ}}$  – коэффициент трансформации трансформатора тока, о. е.;  $k_{\text{ТН}}$  – коэффициент трансформации трансформатора напряжения, о. е. Фактический баланс заполняется в следующей форме (табл. 4.3).

#### 4.3.2. Расчет фактического небаланса по подстанции в целом

Величина фактического небаланса по подстанции в целом, а также по уровням напряжения в зависимости от наличия приборов учета на присоединениях, определяется по формуле:

$$H_{\text{б.ф.}} = W_{\text{пост.пс}} - W_{\text{отп.пс}} - W_{\text{сн}} - W_{\text{тех.пот}},$$

где  $W_{\text{пост.пс}}$  – величина отпущенной электроэнергии в отходящие линии;  $W_{\text{сн}}$  – расход электроэнергии на собственные нужды подстанции;  $W_{\text{тех.пот}}$  – технические потери электроэнергии в трансформаторах;  $W_{\text{пост.пс}}$  – величина поступившей электроэнергии на шины ПС.

Величина фактического небаланса по подстанции определяется по формуле:

$$H_{\text{б.ф.}} \% = \frac{(W_{\text{прием}} - W_{\text{отдача}})}{W_{\text{прием}}} \cdot 100\%,$$

где  $W_{\text{прием}}$  – суммарная электроэнергия по вводным приборам учета электроэнергии;  $W_{\text{отдача}}$  – суммарная электроэнергия по отходящим приборам учета электроэнергии.

Таблица 4.3

Наименование	Отпуск в сеть, тыс. кВт·ч			Полезный отпуск, тыс. кВт·ч			Трансформация, тыс. кВт·ч		Потери электроэнергии					
	план	факт	откл. факт/план	план	факт	откл. факт/план	план	факт	тыс. кВт·ч	%	тыс. кВт·ч	%	тыс. кВт·ч	%
									план		факт		откл. факт/план	
<b>РЭС «Ташан»</b>														
Итого по сети 6–10 кВ	6 320	5 935	–384	241	264	23	5 272	4 914	807	12,77	756	12,75	–50	–0,02
Итого по сети 0,4 кВ	5 272	4 914	–357	4 184	4 296	112	0	0	1 088	20,64	618	12,58	–469	–8,06
Итого по РЭС «Ташан»	6 320	5 935	–384	4 425	4 560	135			1 895	29,98	1 375	23,17	–519	–6,82

### 4.3.3. Расчет фактического небаланса по уровням напряжения подстанции

**Расчет фактического небаланса по первичному уровню напряжения ПС.** При наличии учета на всех ЛЭП питающего напряжения ПС величина фактического небаланса рассчитывается по формуле:

$$H\delta_{\text{сш}U_{\text{перв}}} = W_{\text{пост}U_{\text{перв}}} - W_{\text{отп}U_{\text{перв}}},$$

где  $W_{\text{пост}U_{\text{перв}}}$  – величина поступившей электроэнергии на шины по питающим линиям;  $W_{\text{отп}U_{\text{перв}}}$  – суммарная величина отпущенной электроэнергии с шин в линии напряжения первичного уровня ПС и расхода по вводам трансформаторов первичного уровня напряжения ПС.

В случае если на вводах трансформаторов первичного уровня напряжения отсутствует учет электрической энергии, вместо него при определении  $W_{\text{отп}U_{\text{перв}}}$  принимают сумму расходов по счетчикам, установленным на вводах вторичного уровня напряжения, и расходов на собственные нужды ПС (по ТСН, подключенным до вводного учета по СНП), а также технических потерь в трансформаторах (силовых и ТСН, подключенных до вводного учета):

$$W_{\text{отп}U_{\text{перв}}} = W_{\text{пост\_вв\_втор.}} + W_{\text{ТСН}} + \Delta W_{\text{пот\_тсн}}.$$

При отсутствии учета на вводах трансформаторов и первичного уровня напряжения, и вторичного расчет небаланса по секции шин первичного напряжения не производится.

**Расчет фактического небаланса по вторичным ступеням напряжения ПС.** При определении величин фактических небалансов по секциям вторичных ступеней напряжения трансформаторов в расчете участвуют расходы по счетчикам, установленным на вводах трансформаторов соответствующего напряжения  $W_{\text{пост}U_i}$  и отходящих линий, в т. ч. ТСН, установленных после вводного учета:

$$H\delta_{\text{сш}U_i} = W_{\text{пост}U_i} - W_{\text{отп}U_i}, \quad H\delta_{\text{сш}U_i} \% = \frac{H\delta_{\text{сш}U_i}}{W_{\text{пост}U_i}} 100,$$

где  $W_{\text{пост}U_i}$  – величина поступившей электроэнергии на шины, определяемая по счетчикам, установленным на вводах трансформаторов и питающих линиях соответствующего уровня напряжения  $U_i$ ;  $W_{\text{отп}U_i}$  –

личина отпущенной электроэнергии с шин, включая расход на собственные нужды подстанции (в случае подключения ТСН к шинам данного уровня напряжения после вводного учета), и потерь в ТСН (в случае установки прибора учета по стороне НН):

$$W_{\text{отп}Ui} = W_{\text{отп\_лэп}Ui} + W_{\text{тсн}Ui} + \Delta W_{\text{пот\_тсн}Ui}.$$

В случае отсутствия учета на вводах либо отходящих линиях расчет небаланса по секциям шин данной ступени напряжения не производится.

**Расчет допустимого небаланса.** Значение допустимого небаланса должно рассчитываться как в целом по подстанции, так и по уровням напряжений.

В качестве исходных данных для расчета допустимого небаланса используется информация по тем же измерительным каналам, данные которых применялись при расчете значения фактического небаланса по ПС и по уровням напряжения.

Ограничение: по уровню напряжения допустимый небаланс рассчитывается только в случае, если установлены приборы учета на всех присоединениях данного уровня напряжения (ввод, ЛЭП, ТСН). Использование замещающей информации неприемлемо, так как в расчете допустимого небаланса участвуют параметры тех измерительных комплексов, посредством которых определяется пропуск электроэнергии и фактический небаланс.

**Расчет погрешности измерительного комплекса учета.** Для каждого измерительного комплекса на подстанции, участвующего в расчетах фактических небалансов, производится расчет погрешности измерений.

Предел допускаемой относительной погрешности измерительного комплекса учета (ИК) определяется по формуле:

$$\delta_{\text{ИК}} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{СЧ}}^2 + \delta_{\text{ТТ}}^2 + \delta_{\text{ТН}}^2 + \delta_{\text{Л}}^2},$$

где  $\delta_{\text{СЧ}}$  – основная относительная погрешность счетчика (принимается по значению классов точности), %;  $\delta_{\text{ТТ}}$  – предел допускаемой относительной погрешности ТТ, принимается в соответствии с паспортными данными (класс точности ТТ);  $\delta_{\text{ТН}}$  – предел допускаемой относительной погрешности ТН, принимается в соответствии с паспортными данными (класс точности ТН, при отсутствии ТН = 0 %);  $\delta_{\text{Л}}$  – предел допускаемой погрешности, обусловленной падением напряжения в линиях соединения счетчика с ТН, принимается в соответствии с ПУЭ:

- 1) для счетчиков коммерческого учета:  
 а) 0,25 % – при питании цепей напряжения счетчиков от ТН класса точности  $\leq 0,5$ ;  
 б) 0,5 % – при питании от ТН класса точности  $> 0,5$ ;  
 2) для счетчиков технического учета = 1,5 %;  
 3) при отсутствии ТН = 0 %.

**Расчет допустимого небаланса по подстанции.** Величина допустимого небаланса по подстанции определяется по формуле:

$$H_{\delta \text{ доп.}\%} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{\text{ИКпост}} d_i^2 + \sum_{j=1}^m \delta_{\text{ИКотп}} d_j^2}}{100},$$

где  $d_i(d_j)$  – доля прошедшей через ИК<sub>*i*</sub> – активной электроэнергии от суммарного поступления электроэнергии на шины всех уровней напряжения подстанции:

$$d_i = W_{\text{ИК}i} / W_{\text{пост\_ПС}}, \quad d_j = W_{\text{ИК}j} / W_{\text{отп\_ПС}},$$

где  $n$  – количество точек учета, фиксирующих поступление электроэнергии на подстанцию;  $m$  – количество точек учета, фиксирующих отпущение электроэнергии с подстанции;  $\delta_{\text{ИКпост}}$  – погрешность для  $i$ -го измерительного канала, фиксирующего поступление электроэнергии на подстанцию;  $\delta_{\text{ИКотп}}$  – погрешность для  $j$ -го измерительного канала, фиксирующего отпущение электроэнергии с шин ПС.

#### 4.3.4. Этапы проведения анализа баланса по подстанции

1. Проверка корректности снятия показаний персоналом РЭС на конец расчетного периода. Осуществляется повторным снятием показаний по всем приборам учета на подстанции.

2. Сравнение расходов электроэнергии по секциям шин. В ходе данного анализа сравнивается объем электроэнергии, поступивший на секцию шин (по учету, установленному на вводе трансформатора), и суммарный объем электроэнергии, отпущенный с секции шин подстанции (по учетам, установленным на отходящих фидерах).

3. Сравнение расходов электроэнергии по каждому прибору учета с расходами за аналогичный период прошлого года, а также за предыдущий месяц.

4. Проверка правильности проведения замены приборов учета. Данная проверка проводится в том случае, если в расчетном периоде была проведена замена приборов учета на подстанции.

5. Уточнение информации о работе обходных выключателей, а также режимов работы секционных разъединителей.

#### **4.3.5. Пример формирования баланса по подстанции ПС Копьёво 110/35/10 кВ**

Однолинейная схема ПС Копьёво 110/35/10 кВ представлена на рис. 4.2.

Ежемесячно на 00:00 часов 1 числа производится выгрузка показаний с приборов учета, установленных на подстанциях РСК, посредством АИИС КУЭ, в случае отсутствия АИИС КУЭ показания снимаются дежурным персоналом визуально. На основании показаний приборов учета формируются объемы переданной электроэнергии за расчетный месяц по каждому присоединению подстанции.

В табличном виде приведен расчет объемов электроэнергии по присоединениям ПС Копьёво (табл. 4.4).

Фактический небаланс по уровню напряжения 110 кВ равен:

$$H_{6110} = \frac{W_{\text{пост}} - W_{\text{отп}}}{W_{\text{пост}} \cdot 100} = \frac{3\,934\,260 - 4\,014\,460}{3\,934\,260 \cdot 100} = -2,04 \%$$

Фактический небаланс по уровню напряжения 35 кВ равен:

$$H_{635} = \frac{1\,209\,180 - 1\,583\,505}{1\,209\,180 \cdot 100} = -30,96 \%$$

Фактический небаланс по уровню напряжения 10 кВ равен:

$$H_{610} = \frac{2\,805\,280 - 2\,842\,345}{2\,805\,280 \cdot 100} = -1,32 \%$$

Для каждого измерительного комплекса на подстанции, участвующего в расчетах фактических небалансов, производится расчет погрешности измерений.

Предел допускаемой относительной погрешности по присоединениям ПС «Копьёво» (табл. 4.5).

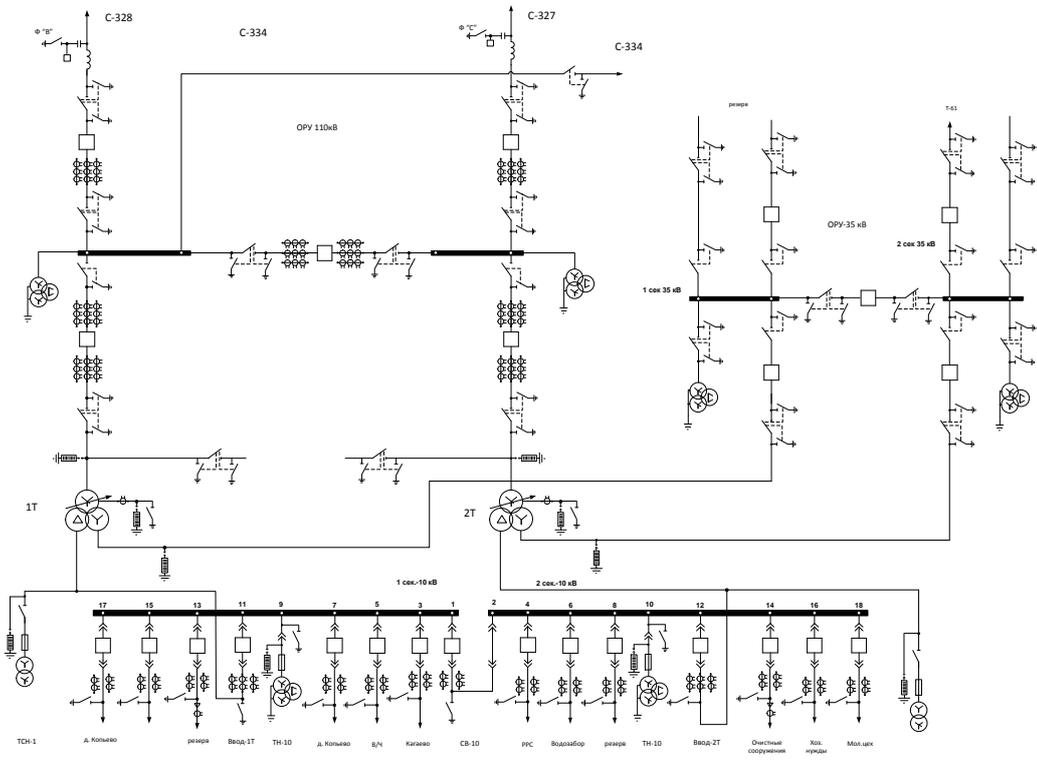


Рис. 4.2





Таблица 4.5

Наименование присоединения	Класс точности ТТ	Класс точности ТН	Класс точности счетчика	Класс точности цепей напряжения	Погрешность	Доля электроэнергии	Погрешность <sup>2</sup> × Доля <sup>2</sup>
ПС Копьево, 110 Кв							
			Прием:				
1Т-110 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,249	0,225
2Т-110 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,751	2,046
			Отдача:				
			1 секция шин				
1Т-10 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,247	0,221
1Т-35 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,000	0,000
			2 секция шин				
2Т-10 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,452	0,742
2Т-35 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,301	0,329
ПС Копьево, 35 Кв							
			Прием:				
1Т-35 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,000	0,000
2Т-35 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	1,000	3,629
			Отдача:				
Т-61	0,5	0,5	2	1,5	2,858	1,000	8,168
ПС Копьево, 10 кВ							
			Прием:				
1Т-10 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,353	0,452
2Т-10 кВ	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,647	1,520
			Отдача:				
			1 секция шин				
яч. 3	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,138	0,069
яч. 7	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,037	0,005
яч. 5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,992	0,020	0,000
яч. 15	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,002	0,000
яч. 17	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,161	0,094
			2 секция шин				
яч. 4	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,005	0,000
яч. 6	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,330	0,394
яч. 14	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,007	0,000
яч. 16	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,014	0,001
яч. 18	0,5	0,5	0,5	1,5	1,905	0,286	0,297

Расчет предела допускаемой относительной погрешности (далее погрешность) на примере присоединения 1Т-110 кВ:

$$\delta_{1Т} = \pm \sqrt{\delta_{Сч}^2 + \delta_{ТТ}^2 + \delta_{ТН}^2 + \delta_{Л}^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,5^2 + 0,5^2 + 1,5^2} = 1,905$$

Допустимый небаланс по уровню напряжения 110 кВ равен, %:

$$H_{\delta_{\text{доп.110}}} = \frac{\sqrt{0,225 + 2,046 + 0,221 + 0 + 0,742 + 0,329}}{100} = 1,83 \%$$

Допустимый небаланс по уровню напряжения 35 кВ равен, %:

$$H_{\delta_{\text{доп.35}}} = \frac{\sqrt{0 + 0,452 + 1,52}}{100} = 3,43 \%$$

Допустимый небаланс по уровню напряжения 35 кВ равен, %:

$$H_{\delta_{\text{доп.10}}} = \frac{\sqrt{0,069 + 0,005 + 0 + 0 + 0,094 + 0 + 0,394 + 0 + 0,001 + 0,297}}{100} = 1,68 \%$$

Баланс по ПС «Копьёво» – табл. 4.6.

Таблица 4.6

№ п/п	Наименование подстанции	Приходная часть, кВт·ч	Расходная часть, кВт·ч	Фактический небаланс, %	Допустимый небаланс, %	Превышение, кВт·ч
1	ПС «Копьёво», 110 кВ	3 934 260	4 014 460	-2,04	1,83	8 203
2	ПС «Копьёво», 35 кВ	1 209 180	1 583 505	-30,96	3,43	332 850
3	ПС «Копьёво», 10 кВ	2 805 280	2 842 345	-1,32	1,68	–
	Итого:	7 948 720	8 440 310	–	–	341 053

Превышение фактического небаланса над допустимым происходит по уровням напряжения 110 кВ и 35 кВ на величину 341 053 кВт·ч.

**Баланс по ТП 6–10/0,4 кВ** формируется в том случае, если на вводе и на отходящих линиях установлены приборы учета. Схематичное изображение ТП 10/0,4 кВ с отходящими линиями – рис. 4.3.

Фактический небаланс по ТП равен:

$$H_{\text{БТБ}} = \frac{W_{\text{пост}} - W_{\text{отп}}}{W_{\text{пост}} \cdot 100} = \frac{60 - 45}{60 \cdot 100} = 25 \%$$

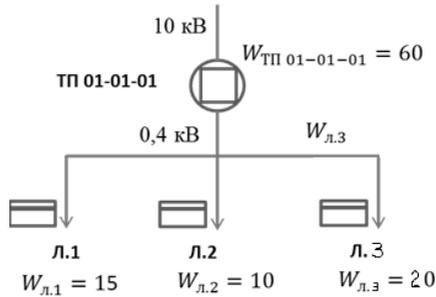


Рис. 4.3

Предел допускаемой относительной погрешности по присоединениям ТП 01-01-01 – табл. 4.7.

Таблица 4.7

Наименование присоединения	Класс точности ТТ	Класс точности счетчика	Класс точности цепей напряжения	Погрешность	Доля электроэнергии	Погрешность <sup>2</sup> × Доля <sup>2</sup>
ТП 01-01-01	0,5	Приём:	1,5	2,058	1,000	4,235
		Отдача:				
Л.1	0,5	0,5	1,5	1,824	0,333	0,369
Л.2	0,5	0,5	1,5	1,824	0,222	0,164
Л.3	0,5	0,5	1,5	1,824	0,444	0,656

Расчет предела допускаемой относительной погрешности по ТП 01-01-01:

$$\delta_{ТП01-01-01} = \pm \sqrt{0,5^2 + 1^2 + 1,5^2} = 2,058.$$

Допустимый небаланс равен:

$$H_{\text{доп}} = \frac{\sqrt{4,235 + 0,369 + 0,164 + 0,656}}{100} = 2,33 \%$$

Вид баланса по ТП 01-01-01 – табл. 4.8.

Таблица 4.8

Наименование присоединения	Приходная часть, кВт·ч	Расходная часть, кВт·ч	Фактический небаланс, %	Допустимый небаланс, %	Превышение, кВт·ч
ТП 01-01-01	60	45	25	2,33	14

**Баланс по линиям 6–10/0,4 кВ.** Цели формирования баланса электрической энергии по линиям 6–10/0,4 кВ:

- 1) выявление коммерческих потерь электроэнергии («очагов» потерь электроэнергии);
- 2) определение корректности снятия показаний с приборов учета персоналом РЭС;
- 3) оценка корректности работы приборов учета электроэнергии по диапазонам напряжения.

Виды баланса по линиям 6–10/0,4 кВ:

- при отсутствии технических учетов на ТП 6–10/0,4 кВ, баланс формируется в целом по фидеру 10–0,4 кВ;
- при наличии технических учетов на ТП 6–10/0,4 кВ, баланс можно формировать отдельно по фидерам 6–10 кВ и 0,4 кВ.

Схематичное изображение ПС «Насосная» 110/10 кВ представлено на рис. 4.4.

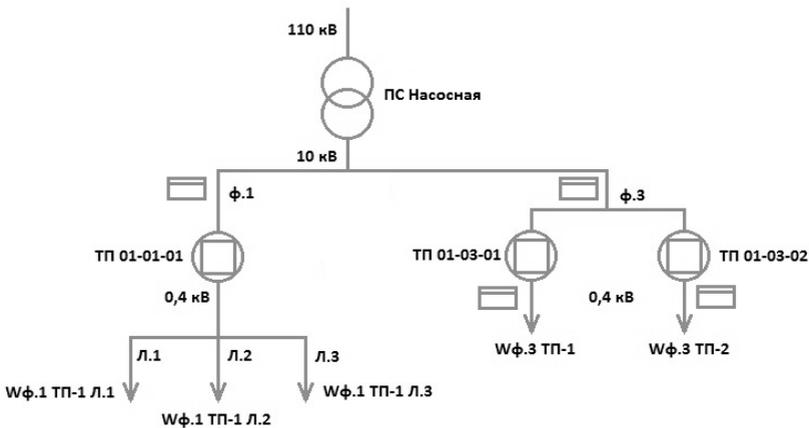


Рис. 4.4

На фидере 1 отсутствует технический учет на ТП 01-01-01, поэтому баланс формируется в целом по фидеру 10–0,4 кВ.

На фидере 3 установлены технические учеты на всех отходящих ТП 10/0,4 кВ, а именно на ТП 01-03-01 и ТП 01-03-02. Баланс формируется отдельно по фидеру 10 кВ и 0,4 кВ.

Исходные данные для формирования баланса представлены в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Наименование присоединения	Обозначение отпуска в сеть	Расход электро-энергии, тыс. кВт·ч	Обозначение полезного отпуска	Расход электро-энергии, тыс. кВт·ч
Фидер 1	ОС ф.1	70	ПО ф.1	54
Фидер 3	ОС ф.3	34	ПО ф.3	31
ТП 01-03-01	ОС <sub>ТП-01-03-01</sub>	22	ПО <sub>ТП-01-03-01</sub>	19
ТП 01-03-02	ОС <sub>ТП-01-03-02</sub>	9	ПО <sub>ТП-01-03-02</sub>	8

Баланс по линиям 10/0,4 кВ ПС «Насосная» 110/10 кВ (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Наименование присоединения	Отпуск в сеть, тыс. кВт·ч	Трансформировано в смежную ступень напряжения	Полезный отпуск, тыс. кВт·ч	Полезный отпуск по юридическим лицам, тыс. кВт·ч	Полезный отпуск по физическим лицам, тыс. кВт·ч	Потери электро-энергии, тыс. кВт·ч	Потери электро-энергии, %
Фидер 1 10–0,4 кВ	70	н/д	54	27	27	16	22,9
Фидер 3 10 кВ	34	31	0	0	0	3	8,8
ТП 01-03-01 0,4 кВ	22	0	19	3	16	3	13,6
ТП 01-03-02 0,4 кВ	9	0	8	0	8	1	11,1
Итого по ПС «Насосная»	0104	–	81	30	51	23	22,1

**Поузловой баланс по линиям 110–35 кВ.** Схематичное изображение узла 110 кВ дано на рис. 4.5.

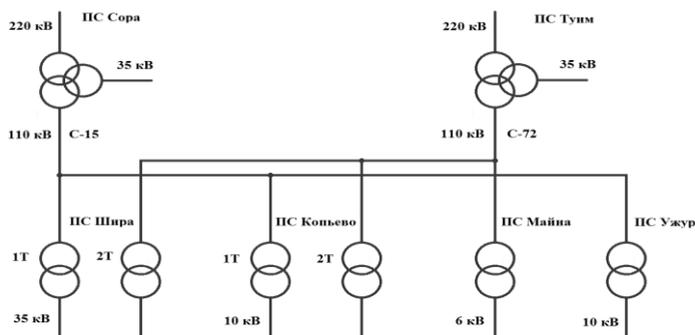


Рис. 4.5

В табличном виде приведен расчет объемов электроэнергии по присоединениям узла 110 кВ (табл. 4.11).

Таблица 4.11

Наименование присоединения	Конечное показание	Начальное показание	Разность показаний	Коэффициент ТТ	Коэффициент ТН	Коэффициент счетчика	Расход электроэнергии, кВт·ч
ПС Сора, 110 кВ							
С-15	104,96	93,08	11,88	60	1100	66 000	784 080
ПС Туим, 110 кВ							
С-72	303,76	252,14	51,62	20	1100	22 000	1 135 640
ПС Копьево, 10 кВ							
1Т-10 кВ	133,69	9,99	123,70	20	100	2 000	247 400
2Т-10 кВ	2 298,99	2242,65	56,34	10	100	1 000	56 340
ПС Шира, 35 кВ							
1Т-35 кВ	62,37	4,79	57,58	60	350	21 000	1 209 180
2Т-35 кВ	25,90	4,76	21,14	10	350	3 500	73 990
ПС Майна, 6 кВ							
1Т-6 кВ	144,74	56,62	88,12	40	60	2 400	211 488
ПС Ужур, 10 кВ							
1Т-10 кВ	4 375,12	4 224,31	150,81	60	100	6 000	904 860

Баланс по линиям С-15 ПС Сора и С-72 ПС Туим имеет вид табл. 4.12.

Таблица 4.12

Наименование присоединения	Обозначение присоединения	Расход электроэнергии, кВт·ч
	Прием:	
ПС Сора	С-15	784 080
ПС Туим	С-72	1 135 640
	Итого прием в узел:	1 919 720
	Отдача:	
ПС Копьево	1Т-10 кВ	247 400
	2Т-10 кВ	56 340
ПС Шира	1Т-35 кВ	1 209 180
	2Т-35 кВ	73 990
ПС Майна	1Т-6 кВ	211 488
ПС Ужур	1Т-10 кВ	904 860
	Итого отдача из узла:	1 614 988
	Потери по узлу:	304 732

Потери по узлу 110 кВ составляют 304 732 кВт. Если потери по узлу больше суммарных технических потерь по линиям С-15 ПС Сора и С-72 ПС Туим, необходимо провести комплексную проверку всех приборов учета узла 110 кВ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» [Электронный ресурс] : офиц. текст // Правовой сайт КонсультантПлюс. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/18919.html>

2. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 г. № 1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» [Электронный ресурс] : офиц. текст // Правовой сайт КонсультантПлюс. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/16834.html>

3. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 № 861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг» [Электронный ресурс] : офиц. текст // Правовой сайт КонсультантПлюс. – Режим доступа : <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=139660>

4. Российская Федерация. Законы. Об электроэнергетике : федер. закон [принят Гос. Думой 21 февраля 2003 г. ; одобрен Советом Федерации 12 марта 2003 г.]. – Режим доступа : <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=140389>.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	3
2. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЛАНСА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....	5
3. ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ПЕРЕДАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО СЕТЯМ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ. РАЗВЕРНУТЫЙ БАЛАНС .....	6
3.1. Поступление электроэнергии по внешним границам региональных сетевых компаний.....	6
3.1.1. Прием электрической энергии в сеть региональных сетевых компаний .	6
3.1.2. Отдача электрической энергии из сети региональных сетевых компаний.....	8
3.1.3. Отпуск электрической энергии в сеть РСК по внешним границам.....	9
3.2. Внутрисетевой переток электрической энергии (трансформация) .....	10
3.2.1. Прием электрической энергии из сети смежного уровня напряжения... ..	10
3.2.2. Отдача электрической энергии в сети смежного уровня напряжения....	11
3.2.3. Сальдо-переток электрической энергии по уровню напряжения .....	12
3.3. Отпуск электрической энергии в сеть по внутренним границам РСК .....	13
3.4. Полезный отпуск электрической энергии из сетей РСК .....	14
3.5. Потери электрической энергии .....	14
4. ФОРМИРОВАНИЕ БАЛАНСА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ РЭС .....	15
4.1. Схема установки приборов учета для формирования баланса электроэнергии по РЭС.....	15
4.2. Формирование объема переданной электроэнергии по сетям РЭС (фактический баланс) .....	16
4.2.1. Отпуск электроэнергии в сеть РЭС .....	16
4.2.2. Отдача электроэнергии в сети смежного напряжения .....	17

4.2.3. Полезный отпуск электроэнергии из сетей РЭС.....	19
4.2.4. Потери электроэнергии в сетях РЭС.....	20
4.3. ФОРМИРОВАНИЕ БАЛАНСА ПО ПОДСТАНЦИЯМ РЭС.....	20
4.3.1. Расчет объема электроэнергии по присоединениям на подстанции.....	20
4.3.2. Расчет фактического небаланса по подстанции в целом.....	21
4.3.3. Расчет фактического небаланса по уровням напряжения подстанции... 23	
4.3.4. Этапы проведения анализа баланса по подстанции.....	25
4.3.5. Пример формирования баланса по подстанции ПС Копьёво 110/35/10 кВ.....	26
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	37

Учебное издание

## **ЭКОНОМИКА ЭНЕРГЕТИКИ**

### **Формирование балансов электрической энергии**

Методические указания

Составитель **Дулесова** Наталья Валериевна

Редактор Н. Я. Бодягина

Подп. в печать.26.06.2013. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».  
Усл. печ. л. 2,32.. Уч.-изд. л. 1,51. Тираж 50 экз. Заказ 2331. С 22.

Редакционно-издательский сектор Хакасского технического института –  
филиала ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»  
655017, Абакан, ул. Щетинкина, 27

Отпечатано в полиграфической лаборатории ХТИ – филиала СФУ  
655017, Абакан, ул. Щетинкина, 27