

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора
Голуб Ирины Ивановны на диссертацию
Паздерина Андрея Андреевича «РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ
ЭНЕРГО–СТОИМОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции
и электроэнергетические системы

На отзыв представлены: диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка из 128 наименований и трех приложений.

1. Актуальность темы диссертации

В результате реализации программы реформирования электроэнергетики ее вертикально интегрированная структура была преобразована в рыночно ориентированную организационную форму, включающую генерирующие компании, магистральные и сетевые организации, сбытовые компании, системного и коммерческого оператора и принципиально новую систему конкурентных рынков. При этом были созданы потенциальные технологические и экономические предпосылки для осуществления поставок электроэнергии потребителям альтернативными путями и способами, вне рамок традиционных контрактов потребителей с вертикально интегрированными компаниями, имевшими четкие монопольные зоны обслуживания.

Был сформулирован концептуальный вывод о практической возможности и экономической целесообразности выделения и четкого определения *услуги по передаче электроэнергии*, с тем, чтобы эта услуга могла предоставляться отдельно от электроэнергии, как конечного продукта.

В естественно монопольной (ЕМ) сфере электроснабжения возникла необходимость в формировании системы тарифов на услуги по передаче электроэнергии, и услуги по оперативно-диспетчерскому управлению, в методах назначения тарифов, которые должны отвечать ряду требований и критериев, таких как:

прозрачное, экономически обоснованное разнесение издержек субъекта ЕМ сферы между потребителями его услуг, в соответствии с реальными затратами на предоставление услуг; недопущение кросс-субсидирования; обеспечение достаточных доходов – необходимой валовой выручки (НВВ) для компенсации обоснованных затрат и получения разрешенной нормы прибыли; простота процедур тарифного регулирования и итоговой структуры тарифов.

Используемый в РФ «котловой принцип тарифообразования» для расчета тарифов на услуги по передаче энергии по электрической сети, называемый также методом почтовой марки, отвечает только требованию простоты, но не обеспечивает прозрачности и неизбежно порождает кросс-субсидирование.

Основной целью диссертационной работы, свидетельствующей об ее *актуальности*, является совершенствование действующей методики расчета тарифов на услуги по передаче энергии на основании «котлового принципа», являющегося одной из последних незатронутых усовершенствованием сфер госрегулирования в сфере ЕМ и разработке новой методики, позволяющей обеспечить прозрачность процедуры формирования тарифов, исключая кросс-субсидирование.

В.Д.С.Е. - 19/1 - 26
28.01.2017 г.

2. Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 128 наименований и 3 приложений. Содержит 189 страниц, включает 11 рисунков и 12 таблиц.

Во введении показана актуальность и степень разработанности темы диссертации, определены цель работы и связанные с ней задачи исследования, приведены выносимые на защиту положения и новизна полученных в диссертации результатов.

В первой главе на базе иностранной и отечественной литературы, а также, что особенно важно, с использованием широкого спектра нормативных документов РФ, проводится глубокий анализ проблемы формирования тарифов, в том числе на услуги по передаче энергии по электрическим сетям.

Во второй главе. Автором разработан алгоритм, являющийся, по сути дела, методикой распределения НВВ между потребителями ЭСО, он включает четыре предварительных этапа, в результате которых узловая цена транспорта электроэнергии в нагрузочные узлы определяется как отношение стоимости годового обслуживания сети, переданной в нагрузочный узел, к энергии, полученной этим узлом в течение года. К начальным этапам алгоритма относятся: 1) формирование расчетной схемы сети; 2) расчет энергораспределения и потерь энергии по измерениям интеллектуальных счетчиков; 3) разнесение постоянной составляющей суммарных затрат между узлами и связями расчетной схемы пропорционально их вкладам в итоговые затраты – определение удельной стоимости, отнесенной к каждому элементу сети; 4) разнесение переменной составляющей суммарных затрат между узлами и связями расчетной схемы пропорционально потерям энергии в них.

Стоимости, отнесенные к узлам и связям расчетной схемы, позволяют перейти от потокораспределения энергии к потокораспределению стоимостей, поэтому полученная финансово-технологическая модель названа в работе моделью энерго-стоимостного распределения ЭСО. Для определения потокораспределения стоимостей используется предложенный автором алгоритм решения стоимостной транспортной задачи, в которой при движении в направлении ориентации потоков энергии в связях стоимость транспорта в конце связи увеличивается по сравнению со стоимостью в начале связи на величину отнесенных к связи (транспортных) расходов. Разнесение стоимостей входящих в узел связей, между стоимостями связей, выходящих из узла, осуществляется пропорционально входящим в узел и выходящим из него потокам энергии. Стоимости в нагрузочных узлах, отнесенные к полученной этими узлами энергии, позволяют определить узловую цену, по которой потребитель должен оплачивать услугу по передаче электроэнергии. Полученные узловые цены должны явиться основой для формирования или корректировки тарифа ЭСО, использоваться для обоснования скидок и надбавок к тарифам. Кроме того, предлагаемая модель позволяет оценить независимо влияние, оказываемое на узловую цену только затратами на обслуживание, или затратами, поставленными в соответствие каким-то связям или узлам ЭСО, или затратами на потери, что может быть использовано при выборе мест присоединения новых нагрузок.

В третьей главе автор еще раз возвращается к расчету узловых цен за услугу по передаче электроэнергии для демонстрации второго этапа алгоритма определения узловых цен, связанного с расчетом энергораспределения и потерь энергии, иллюстрируемого на тестовом примере, являющемся фрагментом реальной сети. Расчет энергораспределения производился по измерениям энергии в узле питания, нагрузочных узлах и даже в связях. Полученные в результате расчета сбалансированные значения потоков энергии в связях и энергии в узлах отличаются от измеренных значений, а потери энергии, оце-

ненные по измерениям как разность энергии, поступившей в сеть и принятой нагрузками, отличаются от их расчетных значений. Затем выполняются третий, четвертый и последний пункт алгоритма, связанный с вычислением узловых цен, которые автор называет тарифами. Узловые цены в нагрузочных узлах сравниваются со средним тарифом, и делается заключение об их рентабельности. Далее анализируются требования к формированию схемы замещения сети, соответствующие первому этапу алгоритма. Вместо демонстрируемого в тестовых примерах разнесения стоимостей при движении по графу сети, предлагается простой метод последовательного решения балансовых уравнений для узлов и связей, безусловно, важный для решения задач распределения стоимостей и определения узловых цен для схем большой размерности. Аналогичное представление уравнений стоимостного распределения предлагается для комплексной модели, включающей активную и реактивную модели, что является новым, важным, требующим дальнейшего глубокого изучения элементом в методике распределения затрат по передаче энергии. Сформулированы особенности использования модели энергостоимостного распределения для технико-экономического анализа процесса передачи электрической энергии при наличии нескольких смежных сетевых организаций, решение этой задачи особенно важно для расчета стоимости транзитных потоков энергии между сетевыми организациями.

В четвертой главе дается характеристика программного комплекса расчета энергораспределения «Balance», в который автором были включены расчеты узловых цен передачи энергии по электрической сети в соответствии с разработанным им алгоритмом. Приводится расчет узловых цен для Сысертского РЭС филиала МРСК Урала - Свердловэнерго для узлов 110, 35 и 6-10 кВ, доказавшие эффективность использования предложенного автором алгоритма. Сравнение цен в узлах, к которым отнесены сопоставимые по величине стоимости, подтверждает, что узловые цены в них тем меньше, чем больше потребляемая в этих узлах энергия.

На основе энергораспределения второй тестовой схемы показывается возможность суммированием потерь энергии в связях на пути, объединяющем источник с нагрузочным узлом, определить потери, возникающие при передаче энергии источником питания в нагрузочный узел, которые равны разности между энергией, переданной в нагрузочный узел и энергии полученной нагрузочным узлом. Для анализируемой тестовой схемы полученные таким образом потери сравниваются со средними потерями, равными частному от деления суммарных потерь на полученную нагрузками суммарную энергию.

Автором предлагается новый подход для оценки изменения стоимости услуг на компенсацию потерь энергии и определения надбавок и скидок к тарифам при изменении коэффициента формы графика нагрузки потребителя, в котором предлагается вместо нормативных потерь энергии использовать потери энергии, отнесенные к нагрузочному узлу.

Еще один предлагаемый в работе подход снижения потерь энергии, результатом которого может быть снижение узловых цен, заключается в перераспределении нагрузок по принципу равенства относительных приростов потерь в нагрузочных узлах. Этот подход предлагается использовать при выборе мест присоединения новой нагрузки и при перераспределении существующих нагрузок.

3. Соответствие диссертации паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам области исследования паспорта научной специальности 05.14.02:

П.6. Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.

П.7. Разработка методов расчета установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем.

П.13. Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

4. Методы исследования

В диссертационной работе использованы методы теории графов и линейной алгебры, оценивания состояния, методы расчета потоков и энергораспределения, методические указания по расчету регулируемых тарифов и цен на электроэнергию на розничном рынке, а также методические указания по определению размера платы за технологическое присоединение к электрическим сетям. Вычислительные эксперименты выполнялись с помощью программного обеспечения, включающего MathCAD 15, Balance 5, RastrWin 3.

5. Степень обоснованности положений и достоверности полученных результатов

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов определяется аргументированным выбором направления работы и применением фундаментальных теоретических методов исследования в рассматриваемой области, подтверждается успешной апробацией полученных автором результатов на трех Международных конференциях в РФ и 4 Международных конференциях за рубежом.

6. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

В диссертационной работе:

1. Предложена оригинальная методика решения проблемы расчета узловых цен, а на их основе и тарифов, по передаче электроэнергии, включающая формирование расчетной схемы, расчет энергораспределения, разнесение необходимого валового дохода между элементами сети и формирование технико-экономической модели передачи электроэнергии.

2. Предложен новый оригинальный метод, основанный на последовательном решении системы линейных уравнений, для перехода от потокораспределения энергии к потокораспределению стоимостей.

3. Предложен новый подход для оценки надбавок и скидок к тарифам на компенсацию потерь энергии с использованием модели энерго-стоимостного распределения.

4. Предложена методика стимулирования потребителей к присоединению новой нагрузки на подстанции с недогруженным оборудованием и наименьшими потерями за счет дифференциации тарифов на ТП, учитывающих относительные приросты потерь.

7. Практическая значимость и использование результатов диссертационной работы

Предложенная в диссертационной работе методика определения узловых цен может использоваться для определения состава участников кросс-субсидирования; для формирования дифференцированных по различным признакам тарифов: таких как средний тариф по классам напряжений; средних тарифов для группы узлов, цены в которых ниже среднего тарифа, или узлов с ценами, превышающими средний тариф; среднего тарифа для групп узлов, цены в которых лежат в заданном диапазоне цен, и которые географически либо связаны, либо не связаны друг с другом; узловых цен для любой совокупности естественно или искусственно выделенной подсистемы узлов.

Поскольку актуальность разработанного в диссертации подхода высока, целесообразны следующие направления его развития: наполнение базы по технико-экономической информации об объектах и режимах работы сетей; изучение влияния режимов работы на ставку тарифа на услуги по передаче электрической энергии; определения узловых цен в соответствии с активным и реактивным потокораспределением, а также с учетом затрат по обслуживанию с учетом степени загрузки линий и трансформаторов.

8. Отличие выполненных исследований от других работ

В отечественной практике отсутствуют работы, аналогичные представленному в диссертации комплексному анализу проблем, связанных с совершенствованием действующей методики расчета тарифов на услуги по передаче энергии и разработке новой методики, позволяющей обеспечить прозрачность и исключить кросс-субсидирование процедуры формирования тарифов. Уникальной является и разработанная автором работы программа расчета потокораспределения стоимостей, соответствующего энергораспределению в сети, и определения узловых цен на передачу электрической энергии. Новыми являются и подходы, позволяющие уменьшить узловые цены транспорта электроэнергии при реализации предложенных автором методов снижения потерь энергии.

9. Личный вклад автора

Основные результаты, представленные в диссертационной работе, получены лично автором работы или при его участии. Вклад автора в работы, опубликованные в соавторстве, является преобладающим.

10. Публикация основных результатов диссертационной работы

По теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе 5 в журналах, включенных в текущий перечень ВАК, 4 статьи в зарубежных изданиях, входящих в Scopus и Web of Science.

11. Замечания

1. В работе не иллюстрируется способ определения поэлементных стоимостей обслуживания отдельных узлов и связей электрической сети, являющихся основой обеспечения прозрачности узловых цен, хотя и утверждается, что эти стоимости определить **можно**. В описании новых блоков программы Balance5 отмечается наличие возможности задания в ней суммарной стоимости содержания и стоимости потерь для каждого элемента сети, но не о возможности расчета этой стоимости. В примере же для реальной сети говорится, что стоимости содержания электрической сети были рассчитаны пропорционально условным единицам оборудования по заданной средней цене его обслуживания. Возникает вопрос, о каком оборудовании идет речь? Сравнивал ли автор рабо-

ты полученное им значение суммарной стоимости обслуживания элементов сети и затрат на компенсацию потерь с заданным значением НВВ, каков результат такого сравнения?

2. Замечание автора диссертации о том, что для определения потоков стоимости, передаваемых по сети, в том числе и в нагрузочные узлы, в используемом им методе не требуется вычисления коэффициентов адресности справедливо и для любого другого способа вычисления узловых цен. Коэффициенты адресности, определяющие долю мощности (энергии) генераторного узла переданной (поступившей) в нагрузочный узел или потерянной на пути передачи энергии в нагрузочный узел являются **не необходимым элементом**, а **результатом** решения задачи адресности, особенно ценным при наличии в сети большого числа источников. Для энергораспределения, представленного на рис.1а автореферата, также можно вычислить долю энергии генераторного узла 1 поступившей в нагрузочный узел 7, она равна $1409.27/14726.78$.

3. В работе, к сожалению, не проиллюстрирован используемый для расчета потоко-распределения стоимостей метод последовательного решения балансовых уравнений, который, действительно, представляется очень простым. Автором, как следует, из раздела 4.1 диссертации, разработана и компьютерная программа такого решения. Возникают вопросы, действительно ли в программе формируется матрица столь большого равного $(2*N+M, 2*M+N)$ размера, где N -число узлов, а M связей, как определяется последовательность решаемых уравнений, какие способы используются для ускорения процесса решения.

4. В разделе 3.5 диссертации предлагается производить запись уравнений баланса реактивных потоков в ветвях аналогично уравнениям баланса активных потоков, направления которых в начале и в конце ветви совпадают, а потери энергии равны разности потоков начала и конца ветви. Зарядные мощности линий могут привести к тому, что потоки реактивной мощности (энергии) в ветви будут направлены из ее начального и конечного узлов в середину ветви или из середины ветви в ее начальный и конечный узлы. Кроме того, при совпадении направлений потоков начала и конца ветви, мощность (энергия) в начале ветви может быть меньше мощности (энергии) в конце ветви. Указанные ситуации должны быть учтены при записи уравнений баланса реактивных потоков, и в алгоритмах определения узловых цен обслуживания и потерь, связанных с реактивным энергораспределением.

5. В разделе, связанном с формированием тарифов на технологическое присоединение, для тестового примера показана возможность такого перераспределением нагрузок, при котором выполняется требование равенства относительных приростов потерь во всех нагрузочных узлах, приводящее к снижению суммарных потерь энергии, а, следовательно, и к снижению стоимости потерь. К сожалению, на рис.5 автореферата, который демонстрирует этот эффект, не показаны новые значения потоков стоимости, вызванные перераспределением нагрузок.

12. Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа. Паздерина А.А. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены Положением о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

13. Общее заключение

В диссертационной работе представлены научно-обоснованные технологические решения, внедрение которых имеет важное хозяйственное значение для развития электроэнергетических систем. Обобщая вышесказанное, считаю, что диссертационная работа «РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭНЕРГО-СТОИМОСТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ» является законченной научно-квалификационной работой, обладает актуальностью, содержит значимые для отрасли практические и научные результаты.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а соискатель, Паздерин Андрей Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент,
Ведущий научный сотрудник
отдела электроэнергетических систем №40
Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук,
доктор технических наук, профессор

Голуб Ирина Ивановна

«17» января 2020 г.

Сведения:

Полное наименование организации:

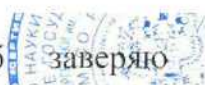
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН)

Юридический адрес: Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130.

Телефон: +7(3952) 42-47-00, 8(3952)500 646 доб.228

Эл. адрес: golub@isem.irk.ru

Подпись И.И.Голуб



«17» января 2020 г.

