

ОТЗЫВ

официального оппонента – кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры электроснабжения промышленных предприятий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова» Малафеева Алексея Вячеславовича на диссертационную работу Паздерина Андрея Андреевича на тему «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»

1. Актуальность темы

В настоящее время в условиях выделения передачи и распределения электроэнергии в самостоятельный вид деятельности с образованием соответствующих хозяйствующих субъектов – федеральной сетевой компании и территориальных сетевых организаций – сложной научно-технической задачей является ценообразование в области оказания услуг этими субъектами. К таким услугам относятся, в первую очередь, услуги по передаче электроэнергии и по технологическому присоединению к электрическим сетям, относящиеся к естественномонопольной сфере и, как следствие, подлежащие государственному регулированию. Существующая в Российской Федерации система формирования тарифов не учитывает целый ряд факторов, связанных с показателями надежности электроснабжения, качеством электрической энергии, характеристиками электроиспользования, что приводит к низкой заинтересованности как сетевых компаний, так и потребителей в улучшении технико-экономических показателей системы передачи и распределения электроэнергии. Кроме того, действующая система тарифов на технологическое присоединение не способствует оптимальному использованию электросетевого оборудования. Это приводит к необходимости совершенствования тарифообразования в области оказания услуг сетевыми компаниями с целью создания экономических стимулов к повышению технико-экономической эффективности электрических сетей.

При обосновании выбранной темы исследования соискателем показано, что возможности повышения технико-экономической эффективности электрических сетей в условиях либерализации электроэнергетики путем совершенствования системы тарифов на услуги сетевых организаций по

Вх. №05-19/1-25
от 28.01.20г.

регулируемым видам деятельности полностью не изучены, исходя из чего Паздериным А.А. осуществлена постановка целей и задач исследования.

2. Новизна исследований и полученных результатов

Новизна представленной на отзыв диссертационной работы определяется в первую очередь тем, что впервые разработана новая модель распределения финансовых потоков, обусловленных оказанием услуг по передаче электрической энергии (в терминологии автора – модель энерго-стоимостного распределения), в соответствии с топологией электрической сети, учитывающая природу и места возникновения затрат электросетевой компании и предназначенная для формирования индивидуальных тарифов на услуги по регулируемым видам деятельности.

Наиболее значимыми новыми результатами, полученными в диссертации, являются:

– модель энерго-стоимостного распределения, позволяющая распределять между потребителями стоимость содержания электрических сетей и стоимость потерь электроэнергии на основе графа сети и предварительно рассчитанного потокораспределения;

– методика улучшения режимных показателей электрических сетей за счет введения скидок и надбавок к тарифам на передачу электроэнергии, основанная на предложенной модели энерго-стоимостного распределения (ЭСР);

– методика формирования тарифов на технологическое присоединение к электрическим сетям на основе принципа равенства относительных приростов потерь мощности, обеспечивающая оптимальное распределение нагрузки за счет стимулирования потребителей к подключению новых объектов на подстанциях с недоиспользуемым оборудованием.

Представленные результаты являются новыми и в известных разработках и публикациях не встречаются.

3. Практическая значимость и реализация результатов

Представленная работа имеет конкретную практическую направленность, заключающуюся в том, что полномасштабное внедрение результатов работы создаст условия для повышения эффективности электросетевого комплекса за счет создания системы стимулирования потребителей и сетевых компаний за счет скидок и надбавок к тарифам.

Основные перспективы промышленного внедрения результатов:

– предложенная в работе модель энерго-стоимостного распределения и разработанный программный модуль в составе программно-вычислительного комплекса Balance 5 могут быть использованы в электросетевых компаниях для анализа себестоимости и рентабельности передачи электроэнергии до различных точек сети, а также распределения между потребителями финансовой ответственности за потери электроэнергии;

– модель энергостоймостного распределения в сочетании с принципом равенства относительных приростов потерь может быть использована для дифференциации тарифов на услуги по технологическому присоединению новых потребителей.

4. Обоснованность и достоверность научных выводов, положений и рекомендаций

Выполнение требований достоверности и обоснованности выводов и рекомендаций обеспечивается корректным применением математического аппарата, соответствием результатов теоретического анализа и вычислительных экспериментов, обсуждением положением и результатов работы с зарубежными и российскими специалистами на научных мероприятиях.

5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям

Диссертационная работа Паздерина А.А. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены «Положением о присуждении ученых степеней в УрФУ», принятым Ученым советом УрФУ 23.09.2019 г. В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

5.1. Указанная диссертантом *цель работы* – разработка модели, которая связывает технические параметры процесса передачи электроэнергии со стоимостью ее передачи в схеме сети, и использование модели для повышения технической и экономической эффективности данного процесса, – *реализована в рамках представленной диссертационной работы.*

5.2. *Автореферат* диссертации Паздерина А.А. соответствует *диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.

5.3. *Основные выводы и результаты* диссертационной работы *соответствуют поставленным задачам* исследований и сформулированы автором структурно-содержательно.

5.4. Научные публикации Паздерина А.А., изданные в период с 2008 г. по 2019 г., соответствуют диссертационной работе и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.

5.5. Тема и содержание диссертации Паздерина А.А. соответствует паспорту специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы» (далее курсивом по тексту паспорта):

– по направлению исследования, связанному с совершенствованием экономико-математического моделирования электрических сетей с целью повышения эффективности передачи электроэнергии за счет повышения заинтересованности потребителей и сетевых организаций как *«исследования по развитию и совершенствованию теоретической и технической базы электроэнергетики с целью обеспечения экономического и надежного ... транспортировки и снабжения потребителей электроэнергией в необходимом для потребителей количестве и требуемого качества».*

– по области исследования как «разработка методов математического ... моделирования в электроэнергетике», «теоретический анализ и расчетные исследования по транспорту электроэнергии»;

– по объектам исследования – электрическим сетям, принадлежащим сетевым организациям различного уровня, в отношении которых в диссертационной работе проведены *«исследования по связям и закономерностям при планировании развития ... и эксплуатации ... электрических сетей и систем электроснабжения».*

Диссертационная работа Паздерина А.А. написана доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания, четко, доступно и репрезентативно. Результаты, полученные диссертантом, являются вкладом в теорию, разработку и реализацию математических методов и технико-экономических моделей для повышения эффективности процесса передачи электроэнергии.

6. Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 128 наименований и 3 приложений; общий объем – 189 страниц, включая 11 рисунков и 12 таблиц.

В первой главе рассмотрены принципы оплаты услуг за передачу электроэнергии и сделан обзор международного опыта в этой области. Отмечено, что тарифы на передачу электроэнергии ФСК ЕЭС существенно

ниже региональных тарифов, формируемых по котловому принципу. Охарактеризована действующая в Российской Федерации на настоящий момент система взаиморасчетов между потребителями, энергосбытовыми организациями, электросетевыми компаниями, а также между смежными электросетевыми компаниями. Приведен подробный обзор зарубежного опыта. Осуществлен анализ принципов оплаты потерь электроэнергии электросетевыми компаниями и принципов оплаты услуг на передачу электроэнергии, сделан вывод о направлении их совершенствования. Сформулированы основные требования к технико-экономической модели процесса транспорта электроэнергии, обеспечивающей связь технических параметров с финансовыми результатами. Основным выводом автора является то, что существующая в России система оплаты услуг по передаче электроэнергии является излишне упрощенной и не способствует выравниванию графиков нагрузки, снижению потребления реактивной мощности, повышению надежности электрических сетей и реализации других мероприятий, направленных на повышение технико-экономической эффективности процесса передачи электроэнергии.

Вторая глава посвящена разработке принципов формирования технико-экономической модели процесса передачи электрической энергии в сетях энергосистем. Представлена основная идея технико-экономической модели, позволяющей распределять полную стоимость услуг по передаче электрической энергии между узлами электрической сети с учетом загрузки оборудования и адресности потоков электроэнергии (мощности) с определением индивидуальных тарифов для потребителей в зависимости от их особенностей. Предложено для определения режимных параметров использовать разработанную ранее модель энергораспределения, менее чувствительную к схемным и режимным изменениям в течение рассматриваемого периода времени. Рассмотрены существующие методы определения необходимой валовой выручки для сетевых организаций. Введено понятие «элементная стоимость». Разработаны подходы к распределению различных составляющих общей стоимости услуг по передаче электроэнергии между элементами сети. Сформулирована взаимосвязь между распределением потоков электроэнергии и потоков стоимости, а также общая структура модели энерго-стоимостного распределения. Сделан вывод о том, что разработанная модель позволяет определять узловые тарифы на передачу

электроэнергии, которые можно расценивать как показатели экономической эффективности электроснабжения определенных потребителей.

В третьей главе представлено математическое описание разработанной соискателем модели энерго-стоимостного распределения. Установлена связь между потоками электроэнергии и потоками стоимости. Даны основные соотношения для определения потоковых стоимостей. На тестовом примере проиллюстрирована организация расчета. Разработан подход к оценке рентабельности услуг на передачу по отношению к подстанциям, распределительным устройствам, системам и секциям сборных шин на основе соотношения узлового и котлового тарифов. Сформулированы требования к объему измерительной информации и к формированию схемы замещения. Приведена матричная запись системы линейных уравнений, отражающей стоимостные балансы узлов, ветвей, а также доли узловых стоимостей по отношению в ветвях вытекания. Сделан вывод о том, что формирование объединенной системы уравнений, описывающей распределение потоков электроэнергии и стоимости, нецелесообразно. Полученные математические выражения обобщены для задачи распределения активной и реактивной электроэнергии и соответствующего стоимостного распределения. Рассмотрены особенности применения модели применительно к смежным сетевым организациям. Сделаны выводы по области применения модели.

Четвертая глава диссертации посвящена вопросам практического применения разработанной модели энерго-стоимостного распределения. Рассмотрены возможности программного комплекса Balance 5 в части модулей, разработанных соискателем и реализующих ввод элементных стоимостей узлов и ветвей, расчет потоковых стоимостей и узловых тарифов. Приведены результаты апробация модели и программных модулей на примере Сысертского РЭС филиала МРСК Урала – Свердловэнерго, осуществлен анализ результатов и их сопоставление с величинами, полученными по традиционным методикам. Рассмотрены вопросы, связанные с влиянием коммерческих потерь электроэнергии на финансовый ущерб сетевых компаний. Осуществлена оценка использования модели энерго-стоимостного распределения для распределения ответственности за потери электроэнергии между узлами. Предложена методика расчета скидок и надбавок к тарифам на передачу электроэнергии в соответствии с показателями электропотребления. К наиболее важным показателям соискателем отнесены коэффициент формы графика нагрузки, коэффициент реактивной мощности, изменение

потребления электроэнергии. Обоснован подход к определению дифференцированных тарифов на технологическое присоединение на основе принципа равенства относительных приростов потерь и разработанной модели.

7. Вопросы и замечания по содержанию диссертации

7.1. В описании метода распределения стоимости услуг между узлами отпуска электроэнергии (стр. 71) отмечено, что шины электростанций следует относить к питающим узлам, поскольку электростанции не являются плательщиками услуг за передачу электроэнергии. Не понятно, каким образом при этом задавать в расчет местные ТЭЦ с реверсивным потоком мощности через трансформаторы связи.

7.2. В разделе «Общие принципы формирования модели процесса передачи электрической энергии в сетях энергосистем как модели энерго-стоимостного распределения» (стр. 80) говорится, что «...в каждой точке сети возможно использование двух узловых тарифов, но в различных направлениях» при изменении направления потоков электроэнергии на противоположные. Не вполне понятно, как практически реализовать использование двух значений тарифа.

7.3. При выводе системы уравнений модели энерго-стоимостного распределения (п. 3.1) в уравнении (3.3) присутствует **узловая** потоковая стоимость C_i , однако далее на стр. 93 говорится, что «...сумма втекающих в узел потоковых стоимостей **полностью переходит в потоковые стоимости смежных ветвей** пропорционально вытекающим потокам электроэнергии» и в уравнении (3.5) узловой потоковой стоимости C_i уже нет. Чем это объясняется?

7.4. Вызывает сомнение, что при действующей нормативно-правовой базе возможно использование величины, названной соискателем «условная прибыль», для оценки экономической эффективности электросетевой организации (например, расчеты на стр. 128).

7.5. Внедрение методики дифференциации тарифов на технологическое присоединение и на передачу электроэнергии может привести к чрезмерному расширению и усложнению электрических сетей, в особенности средних классов напряжения, обусловленному желанием потребителей подключиться к узлу с наиболее низкими тарифами.

7.6. В диссертации отсутствует какая-либо информация по фактическому внедрению или о перспективах внедрения полученных результатов.

8. Общее заключение

Представленная диссертационная работа Паздерина А.А. является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней решена важная научно-техническая задача, непосредственно затрагивающая электросетевые организации всех уровней иерархии в современных условиях хозяйствования, а именно, разработана модель энерго-стоимостного распределения и предложено ее использование с целью совершенствования системы формирования тарифов на услуги по передаче электрической энергии и на технологическое присоединение к электрическим сетям с учетом интересов как потребителей, так и сетевых компаний.

Задачи, решаемые в работе, объединены общей научной идеей применения для их решения единого математического алгоритма модели энерго-стоимостного распределения. Конечной целью является использование данной модели для ценообразования в области регулируемых видов деятельности – передачи электрической энергии и технологического присоединения к электрическим сетям и, как следствие, повышения заинтересованности в улучшении режимных параметров и показателей надежности.

Основные научные выводы сделаны на основе глубокого анализа функционирования электросетевого комплекса федерального и регионального уровня и его взаимодействия с потребителями электроэнергии, в связи с чем содержание представляемой работы полностью соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Диссертация написана логичным, понятным языком, выводы и рекомендации изложены аргументированно.

Основные научные результаты диссертации подробно изложены в публикациях; диссертантом опубликованы 5 статей в русскоязычных рецензируемых научных изданиях из списка ВАК, 4 статьи в зарубежных изданиях, входящих в систему цитирования Scopus и Web of Science; общее

количество публикаций по теме диссертации – 17. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 7 международных конференциях.

Диссертационная работа Паздерина Андрея Андреевича полностью отвечает требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ» (раздел V), а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Официальный оппонент

Доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий института энергетики и автоматизированных систем ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет», кандидат технических наук (специальность 05.09.03), доцент

Малафеев Алексей Вячеславович


Дата: «17» января 2018 г.

Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38, ауд. 342-а.

Тел.: +7 (3519) 29-85-81

Адрес электронной почты:

malafeev.av@magtu.ru



ЗАВЕРЯЮ
электронно
г. Г.И. Носова

Д.Г. Семенова