

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Васьковской Татьяны Александровны

«Анализ оптимальных режимов на основе множителей Лагранжа», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 –
Электрические станции и электроэнергетические системы

В современных рыночных условиях функционирования электроэнергетических систем (ЭЭС) управление режимами осуществляется на основе ценовых заявок поставщиков электроэнергии, а в стоимость электроэнергии заложены множители Лагранжа к узловым уравнениям баланса активной мощности в задаче оптимизации установившихся режимов ЭЭС. Использование множителей Лагранжа в расчетах за электроэнергию привело к необходимости более детального их изучения. В связи с этим представленная работа, посвященная анализу оптимальных установившихся режимов на основе множителей Лагранжа, является актуальной и имеющей практическое значение. Научной новизной обладают разработанные методы взвешенной декомпозиции множителей Лагранжа и выделения в ЭЭС зон влияния различных факторов, модели чувствительности оптимальных режимов и принципы укрупнения ЭЭС с сохранением свойств эквивалентной ЭЭС и взаимосвязи множителей Лагранжа в ее узлах. Основные научные результаты опубликованы в достаточном количестве работ в рецензируемых изданиях. Достоверность представленных положений и выводов не вызывает сомнений в связи с теоретической проработкой и практическим использованием результатов.

Практическая ценность работы связана с решением, как задач рынка (результаты работы реализованы при разработке системы анализа и прогнозирования узловых равновесных цен, комплекса деловых игр по электроэнергетическим играм), так и задач управления режимами и перспективного развития ЕЭС России (при оценке экономических последствий при реализации инвестиционных проектов и установке компенсирующих устройств реактивной мощности).

При указанных достоинствах по работе имеются следующие замечания.

1. Современные условия функционирования ЭЭС можно было бы назвать рыночными с существенными ограничениями. Оптимизация электрических режимов сети неявно подразумевает конкуренцию энергетических компаний. Однако комплекс энергогенерирующих и сбытовых компаний выступает в основном как монополист по отношению к потребителям. Здесь возникает вопрос, учитывают ли предлагаемые модели прямые договоры между

отдельными потребителями с конкретными генерирующими источниками?

Представляется, что этот вопрос недостаточно освещен в работе.

2. В тексте автореферата имеется путаница с применением терминов «базисного», «балансирующего» и «регулирующего» узлов;
3. Представлялось бы желательным более четкая дифференциация понятий узловых цен, множителей Лагранжа и договорных (отпускных) цен.

Сделанные замечания не снижают общего уровня диссертационной работы.

В целом, содержание автореферата и публикаций позволяет сделать вывод, что представленная работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, а Т.А. Васьковская заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Киншт Николай Владимирович,

д.т.н., профессор,

главный научный сотрудник сектора электрофизики и электроэнергетики лаборатории технической диагностики Института автоматики и процессов управления ДВО РАН.

690041, Россия, г.Владивосток, ул. Радио 5

Тел: (423) 2310439 (приемная), (423) 2310664 (лаб)

Email: kin@dvo.ru

18.12.2018

«ЗАВЕРЯЮ»
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИАПУ ДВОРАН
КАНД. ТЕХН. НАУК, ДОЦЕНТ



О Т З Ы В

на автореферат диссертации Васьковской Татьяны Александровны
«Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на
основе множителей Лагранжа»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических
наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и
электроэнергетические системы

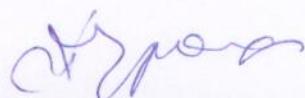
Актуальность темы

Последнее тридцатилетие ознаменовалось интенсивным внедрением в электроэнергетические системы (ЭЭС) мира рыночных технологий, что потребовало реструктуризации самих ЭЭС и систем управления ими. В настоящее время интенсивность процесса развития электроэнергетических рынков не снижается и даже возрастает. Расширяется спектр рыночных услуг, проводится градация рынков во временном разрезе (онлайн корректировки, рынок на сутки вперёд и долгосрочные рынки мощности в рамках оптового рынка), в стадии становления розничные рынки и их взаимосвязь с оптовыми рынками. Следует также отметить существенное изменение структуры генерации и потребления, внедрение цифровых технологий. Все эти изменения требуют постоянной настройки рыночных механизмов управления развитием и текущими режимами ЭЭС. Наибольшее внимание бизнеса, специалистов и учёных уделяется моделям и методам поиска оптимальных режимов. Актуальность темы исследований соискателя не вызывает сомнений и заключается в изучения рыночных аспектов функционирования электроэнергетических систем (ЭЭС). Важным в этой части стоит отметить исследование оптимальных режимов ЭЭС на основе множителей Лагранжа как источников узловых цен – ключевых рыночных показателей, рассчитанных при минимизации эксплуатационных затрат в ЭЭС с соблюдением системных ограничений.

Научная новизна

Научная новизна и теоретическая значимость убедительно подтверждаются следующими полученными автором результатами:

1. Предложена классификация узлов в оптимальном режиме и на ее основе разработаны схемы взаимосвязи переменных в задаче



- оптимизации установившихся режимов и математические модели чувствительности оптимальных установившихся режимов.
2. Разработаны методы пофакторного разложения множителей Лагранжа, определяющих узловые цены, на составляющие в виде произведения относительных приростов мощности в МЛ-формирующих (регулирующих) узлах и соответствующих параметров целевой функции, представляющих собой ценовые заявки участников рынка.
 3. Разработаны принципы выделения в ЭЭС узлов с неоднородными множителями Лагранжа и алгоритм идентификации устойчивых зон влияния на множители Лагранжа различных факторов.
 4. Предложены статистические принципы эквивалентирования ЭЭС исходя из сохранения взаимосвязи множителей Лагранжа в инцидентных узлах укрупненной ЭЭС.

Практическая значимость

Область практического применения диссертационной работы – оптовый рынок электроэнергии:

1. Методы декомпозиции множителей Лагранжа применяются на рынке на сутки вперед для анализа узловых равновесных цен.
2. Выделение отдельных факторов и зон из узлов ЭЭС, влияющих на узловые цены, позволяет оценивать ценовые сигналы рынка и влияние на узловые равновесные цены при внедрении устройств гибкой электропередачи, устройств компенсации реактивной мощности, на узловые цены.
3. Эквивалентные модели ЭЭС применяются для оценки перспективной стоимости электроэнергии на рынке на сутки вперед.

Достоинства и недостатки содержания диссертации

Автореферат диссертации в полной мере соответствует основным положениям диссертационной работы. Претензий по оформлению автореферата нет. Материал диссертации достаточно полно опубликован в 24 работах, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК РФ, в научных изданиях международных реферативных базах данных Scopus и Web of science, а также в тезисах докладов международных, отечественных и зарубежных симпозиумов и конференций.

По содержанию работы возникли следующие замечания:

1. Из автореферата не ясна взаимосвязь между МЛ-формирующими узлами с неизвестными активными и реактивными узловыми мощностями, а также с узлами, в которых контролируются модули и фазы напряжений (см. таблицу 2). Поскольку при расчетах установившихся электроэнергетических режимов в балансирующем узле по активной мощности фаза напряжения фиксируется (по реактивной – поддерживается модуль напряжения), указанную взаимосвязь необходимо пояснить.
2. Таблица 2 не совсем корректно названа, поскольку описанные типы узлов при оптимизации установившихся режимов не применяются. По тексту автореферата речь идет о типах узлов в результирующем оптимальном режиме. Таблица 5 имеет схожее название. При этом данные в таблицах различны.

Заключение

В работе содержатся новые научные результаты, которые имеют прикладной характер. Они обоснованы, оценены по сравнению с другими известными работами, опубликованы в рецензируемых изданиях. В научных работах, выполненных в соавторстве отмечен вклад автора. Содержание автореферата позволяет считать, что работа «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, отвечает критериям 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор работы Васьковская Татьяна Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Доктор технических наук, доцент, Советник директора АО «Системный Оператор Единой Энергетической Системы» (АО «СО ЕЭС»), г. Москва. Рабочее место - Филиал АО «СО ЕЭС» ОДУ Урала (620000, Екатеринбург, ул. Толмачёва, 6).

28.12.2018г.

Ерохин Пётр Михайлович

+7 985 410 30 82

erokhin-pm@so-ups.ru

erm@ural.so-ups.ru



Степень, звания, должность Ерохина П.М. заверяю, *шавоюй*
должностью *Службы управления персоналом*
Филиала АО "СО ЕЭС" ОДУ Урала
Шарф (Н.А. Чумарта)

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Васьковской Татьяны Александровны «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Диссертационная работа Васьковской Т.А. посвящена разработке методов анализа оптимальных режимов ЭЭС, позволяющих выявить ряд закономерностей между параметрами оптимальных режимов и показателями экономичности функционирования ЭЭС в виде множителей Лагранжа (МЛ). Результаты диссертационного исследования находят свое применение, но не ограничиваются им, в задачах поиска наиболее экономичных режимов по критерию минимизации издержек в условиях функционирования рынка с узловым ценообразованием. Узловое ценообразование основано на расчете МЛ к уравнениям баланса активной мощности в узлах ЭЭС и представлено расчетами на сутки вперед и в день поставки электроэнергии при управлении оперативными режимами ЕЭС России. Как отмечено в работе, по данным коммерческого оператора рынка АО «АТС» доля стоимости электроэнергии на рынке на сутки вперед и балансирующем рынке превышает 65% общей стоимости электроэнергии и мощности на оптовом рынке. В этой связи изучение МЛ, применяемых при расчете стоимости электроэнергии на этих рынках, и их связи с относительными приростами мощности и другими параметрами режима делают задачу, поставленную автором, весьма актуальной.

Для решения поставленной задачи автор теоретически обосновал и разработал математические модели чувствительности оптимального режима и МЛ, произвел новую классификацию узлов в оптимальном режиме ЭЭС с учетом прямых и двойственных переменных, на основе которой были предложены схемы взаимосвязи переменных задачи оптимизации в малой

окрестности оптимального режима ЭЭС. Автором разработан метод взвешенной декомпозиции МЛ, в результате которого получена взаимосвязь между МЛ и параметрами оптимального режима, а также возможность использовать разработанный метод в качестве инструмента анализа цен оптового рынка электроэнергии и мощности. Показано, что весовые коэффициенты МЛ представляют собой относительные приросты мощности в узлах, регулирующих активную мощность в ЭЭС при малых воздействиях на систему. Разработаны методы кластеризации узлов по таким приростам и предложен метод идентификации устойчивых зон влияния различных факторов на МЛ, характеризующих экономичность функционирования системы. Предложены подходы к моделированию МЛ в условиях неопределенности и структурный анализ показателей экономичности ЭЭС при различных сценариях развития ЭЭС.

Полученные результаты обладают внутренним единством научной новизны. Их достоверность и практическое использование подтверждено внедрением в работу АО «АТС», а также других организаций. Исследование соответствует научной специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

В качестве замечаний можно отметить следующие недостатки:

- На стр. 31 в первоначальную задачу оптимизации (1)–(6) введены интегральные ограничения (46). Далее в (48), (55) отмечается, что из условия оптимальности при активных интегральных ограничениях следует, что множители Лагранжа λ_{ih}^P неизменны. Однако для выполнения условия неизменности λ_{ih}^P необходима неизменность и параметра C_{gh} .
- В работе исследуются задачи оптимизации установившихся режимов ЭЭС в нелинейной постановке. В этой связи требует пояснения вопрос, почему в формуле (66) для выражения нагрузочных потерь используется аппроксимирующая функция при линеаризованных уравнениях установившегося режима.

- Положения пункта 8 заключения на стр. 39 требуют дополнительного обоснования, из-за отсутствия исходных данных в автореферате, на основании которых можно убедиться в целесообразности и достоверности выводов пункта 8 заключения.

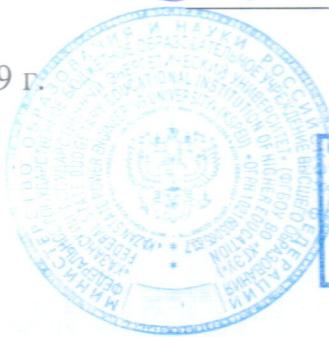
Считаю, что диссертационная работа Васьковской Т.А. выполнена на актуальную тему, имеет высокий научно-технический уровень, обладает научной и практической значимостью и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор Татьяна Александровна Васьковская заслуживает присуждения ей искомой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Доктор физико-математических наук,
Профессор по кафедре «Электрических станций»,
Профессор кафедры «Электрических станций им. В.К. Шибанова»
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51
тел+7 (843) 519-42-70, E-mail: aleksandr_usachev@rambler.ru

Усачев

Усачев Александр Евгеньевич

«10» января 2019 г.



Отзыв
на автореферат диссертации Т.А. Васьковской на тему «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Диссертационное исследование Т.А. Васьковской посвящено вопросам анализа оптимальных установившихся электроэнергетических режимов применительно к рынкам электроэнергии с узловым ценообразованием. Исследование множителей Лагранжа обусловлено их использованием в качестве узловых цен рынка на сутки вперед и индикаторов балансирующего рынка. Следует признать некоторое отставание теории от запросов практики, поскольку интерпретация множителей Лагранжа и взаимосвязь их с установившимися электроэнергетическими режимами в настоящее время недостаточно проработаны. В этой связи можно отметить, что тема исследования является актуальной.

Диссертация имеет прикладную направленность, в ней исследуется задача анализа результатов процедур оптимизации режимов работы электроэнергетической системы в постановке, принятой правилами и регламентами российского оптового рынка электроэнергии и мощности. В процессе исследования Т.А. Васьковской получены новые связи и закономерности при планировании электроэнергетических режимов при работе электроэнергетики в условиях рынка. К наиболее значимым новым результатам диссертационной работы следует отнести разработанные

- схемы взаимосвязи переменных в оптимальных режимах и математические модели чувствительности оптимизации режимов электроэнергетических систем;
- методы декомпозиции множителей Лагранжа на уникальные компоненты установившегося режима и компоненты системных ограничений с выделением веса каждого из факторов;
- методы моделирования множителей Лагранжа и эквивалентирования электрической сети, направленные на сохранение взаимосвязи узловых цен при укрупнении электроэнергетической системы.

Публикации автора в достаточной мере отражают содержание автореферата, а тема диссертации соответствует специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. В четвертой главе отмечена возможность влияния устройств компенсации реактивной мощности на узловые цены. В шестой главе реактивные мощности в регрессионных моделях не используются. Имеется ли и каков вес и влияние реактивной мощности на узловые цены?
2. В седьмой главе предложен метод моделирования узловых цен с использованием структурного анализа и выделением нескольких иерархических уровней ЭЭС. В

автореферате не приведено сравнение предлагаемого метода с другими решениями данной задачи. Следовало бы привести обзор известных решений.

Приведенные замечания не снижают положительной оценки рассматриваемой работы. Диссертационная работа посвящена актуальному направлению исследования. Полученные автором результаты являются новыми, достоверными и обоснованными, обладают теоретической и практической значимостью. Они могут быть использованы для решения ряда прикладных задач на оптовом рынке электроэнергии и мощности в России. Считаем, что диссертация Т.А. Васьковской является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача выявления системы закономерностей между показателями экономичности функционирования электроэнергетических систем и параметрами оптимальных режимов в современных рыночных условиях. Диссертация отвечает требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Татьяна Александровна Васьковская заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Директор по энергетическим рынкам
Акционерное общество «Системный
оператор Единой энергетической системы»
Почтовый адрес: 109074, Россия г.
Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3
Телефон: 8 (495) 627-99-21
e-mail: kataev@so-ups.ru

Катаев Андрей
Михайлович

Начальник службы внедрения
противоаварийной и режимной автоматики
доктор технических наук, доцент
Акционерное общество «Системный
оператор Единой энергетической системы»
Почтовый адрес: 109074, Россия г.
Москва, Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3
Телефон: 8 (499) 788-15-18
e-mail: satsuk-ei@so-ups.ru

Сацук Евгений
Иванович

«23» 01 2019 г.

Подпись Kataeva A.M. и Satsuk E.I. удостоверяю.

*Заместитель директора
по управлению
персоналом – начальник
Департамента
управления персоналом*



P.D. Sharapov

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации
Татьяны Александровны Васьковской
на тему «**Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа**», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Представленная работа посвящена решению новых задач, связанных с оптимизацией установившихся режимов электроэнергетических систем в современных рыночных условиях. Внедрение рыночных механизмов и маржинального узлового ценообразования, основанного на расчете множителей Лагранжа к балансовым уравнениям мощности, в процессы управления режимами электроэнергетических систем имеет широкое применение в мире. Узловое ценообразование на рынке электроэнергии применяется и в России. Традиционных подходов к анализу оптимальных режимов и отвечающих им множителей Лагранжа недостаточно. С этой точки зрения диссертационное исследование Т.А. Васьковской, в которой разрабатывается комплекс методов анализа оптимальных режимов ЭЭС с целью выявления системы закономерностей между режимными параметрами и множителями Лагранжа, используемыми при расчете цен электроэнергии, является весьма актуальной.

Научной новизной и практической ценностью обладают следующие результаты диссертационного исследования:

- сформулирована математическая модель чувствительности решения задачи оптимизации установившегося режима электроэнергетической системы к малым возмущениям. Разработан метод взвешенной декомпозиции множителей Лагранжа, множители Лагранжа представлены в виде линейной комбинации относительных приростов мощности в узлах, являющихся замыкающими и балансирующими малые изменения в системе. На основе метода взвешенной декомпозиции предложено проводить анализ узловых равновесных цен;
- исследованы различные причины формирования относительных приростов мощности и компонент множителей Лагранжа, предложены подходы к выделению и сравнению между собой неоднородных зон в электроэнергетической системе. Разработан алгоритм идентификации устойчивых зон, в наглядном виде представляющих ценовые сигналы рынка.
- разработаны упрощенные эквивалентные модели электроэнергетической системы, обеспечивающие возможность моделирования множителей Лагранжа и узловых цен в условиях неопределенности в задачах прогнозирования и оценки экономических следствий на оптовом рынке при реализации различных инвестиционных проектов.

Результаты диссертационного исследования представлены в 24 публикациях, 16 из которых опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, и изданиях, цитируемых в научометрических базах данных Scopus и Web of Science. Опубликованные работы подтверждают личный вклад Васьковской Т.А.

Полученные в диссертационном исследовании научные результаты обладают достоверностью, которая подтверждается результатами математического и компьютерного моделирования и исследований реальных данных о рынке, опубликованных на сайте Администратора торговой системы; апробацией положений и методов в автоматизированных системах и комплексах Администратора торговой

системы, ИПУ им. Трапезникова В.А., использующих разработанные в диссертационной работе методы анализа оптимальных режимов.

Между тем из автореферата не ясно, даются ли рекомендации к управлению рассматриваемыми автором воздействиями для повышения экономичности функционирования электроэнергетической системы.

В целом, диссертационная работа «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой. Полученные результаты являются новыми для электроэнергетики. По своему теоретическому уровню и практическому значению диссертация отвечает требованиям ВАК к докторским диссертациям и соответствует критериям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Васьковская Т.А. заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Брянцев Александр Михайлович,
доктор технических наук (специальность
05.09.01 «Электрические машины»),
профессор, действительный член АЭН РФ,
лауреат премии Правительства РФ в области
науки и техники, председатель наблюдательного
совета ООО «Электросетевые компенсаторы»



21.01.2019

Подпись Брянцева А.М. удостоверяю.
Генеральный директор
ООО «Электросетевые компенсаторы».
111401, г. Москва, 1-я Владимирская, д.33,
стр.1, тел. +7(495) 995-52-28,
e-mail: esko@mail.ru

Глушенко Н.П.



О Т З Ы В

на автореферат диссертации Васьковской Татьяны Александровны «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Диссертация Васьковской Т.А. направлена на разработку методов анализа оптимальных режимов ЭЭС на основе множителей Лагранжа, используемых на рынках электроэнергии в России и за рубежом в качестве узловых цен.

Основная задача, решаемая в диссертации, заключается в исследовании факторов, влияющих на множители Лагранжа, выявлении системы закономерностей между показателями экономичности функционирования ЭЭС и параметрами оптимального режима.

Актуальность. Тема диссертации актуальна, поскольку связана с развитием математических методов описания зависимости узловых оптовых цен от конфигурации и параметров электрической сети, их взаимосвязи с режимными параметрами, позволяющих обоснованно определять стоимость электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии.

Соответствие паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» определяется применением математических методов в электроэнергетике с целью оптимизации установившихся режимов ЭЭС.

Теоретический интерес представляют вопросы развития теории оптимизации установившихся режимов ЭЭС и соотношений параметров режима (напряжений, потоков мощности) с множителями Лагранжа. Автором получены новые научные результаты.

1. Предложены новая классификация узлов ЭЭС и схемы взаимосвязи переменных при расчете чувствительности оптимального режима ЭЭС, математические модели чувствительности оптимального режима ЭЭС.
2. Разработан метод взвешенной декомпозиции множителей Лагранжа, в котором множители Лагранжа представляются как линейная комбинация параметров в целевой функции с коэффициентами, равными относительным приростам мощности в регулирующих узлах.

3. Разработаны принципы выделения устойчивых зон влияния сетевых ограничений и ограничений по напряжению на множители Лагранжа, характеризующих ценовые сигналы функционирования ЭЭС.
4. Предложены эквивалентные модели ЭЭС для определения перспективных цен и стоимости электроэнергии на рынке на сутки вперед.

Практическая значимость работы.

Основные положения работы, результаты математического моделирования и численных экспериментов прошли широкую апробацию в публикациях и выступлениях автора на различных семинарах и международных научно-технических конференциях, большинство из которых индексируются в реферативных базах Scopus и Web of Science. Приведены данные о внедрении результатов в работу АО «АТС», ООО «Инженерные изыскания», АО «Евросибэнерго», Института проблем управления им. В.А. Трапезникова.

Результаты исследований изложены четко и последовательно, задачи сформулированы конкретно, рекомендации обоснованы.

По автореферату имеются замечания.

1. Не ясно, как формируются цены при наличии различных типов электрических станций, имеющих разные удельные расходы топлива на выработку электроэнергии.
2. С учетом задачи минимизации потерь электроэнергии в ЭЭС целесообразно было бы пояснить, каким образом в предложенных моделях оптимального режима ЭЭС учтены ценовые показатели и показатели оптимального распределения нагрузки между электрическими станциями с учетом потерь в электрических сетях.
3. На стр. 34 непонятно, к чему относится фраза «Исключение составляют часы, в которых мощность ограничена часовыми пределами генератора. В такие часы формирование МЛ является независимым».
4. На стр. 40 не приведена оценка результатов, полученных при формировании регрессионных моделей для ОЭС Юга. Что они показывают, какой вывод делает автор о точности и адекватности моделей и их применимости для решения поставленной задачи?

Отмеченные замечания не снижают научную и практическую значимости полученных в диссертации результатов исследований.

В целом, судя по автореферату, работу Васьковской Т.А. отличают актуальность, высокий научный уровень, детализация выполненных исследований, практическая и теоретическая значимость предложенных решений. Результаты исследований изложены четко и последовательно, задачи сформулированы конкретно, рекомендации обоснованы.

Диссертационная работа соответствует критериям пп. 9-14 Положения о присуждении научных степеней, а ее автор - Васьковская Татьяна Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Савельев Виталий Андреевич, доктор технических наук, профессор, кафедра «Электрические станции, подстанции и диагностика электрооборудования» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»
Адрес: 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34
Тел. 8(4932)269924

E-mail: savelev-iv@yandex.ru 

Бушуева Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент, профессор, кафедра «Электрические системы»
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Адрес: 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34
Тел. 8(4932)269921

E-mail: bushuevaoa@yandex.ru 

Подписи Савельева В.А. и Бушуевой О.А. заверяю:

Секретарь Ученого Совета ИГЭУ  О.А.Ширяева

28.01.2019



Отзыв на автореферат диссертации

ВАСЬКОВСКОЙ Татьяны Александровны

«Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем
на основе множителей Лагранжа».

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

Работа посвящена достаточно актуальной теме – исследованию оптимальных установившихся режимов электроэнергетических систем в современных условиях. Тема взаимосвязи показателей экономичности функционирования электроэнергетических систем с технологическими ограничениями при оптимизации их режимов впервые рассматривается комплексно, начиная от оперативных и суточных режимов и заканчивая исследованием устойчивых ценовых сигналов и анализом перспективного развития электроэнергетических систем.

В представленной работе обоснована необходимость разработки совокупности математических моделей, описывающих закономерности между параметрами оптимальных установившихся режимов электроэнергетических систем, и множителями Лагранжа, определяющими узловые цены оптового рынка. Научная новизна работы состоит в том, что автором сформулированы и обоснованы аналитические зависимости множителей Лагранжа от входных данных задачи оптимизации, выделены компоненты, определяемые индивидуальным влиянием режимных ограничений в электроэнергетических системах. Оптимальный режим предложено представить в виде совокупности установившегося режима с регулирующими узлами без ограничений и вкладом каждого из таких ограничений. Множители Лагранжа в свою очередь представлены в виде линейной комбинации ценовых параметров в заявках участников рынка с относительными приростами мощности в регулирующих узлах в качестве коэффициентов.

Автореферат диссертации Васьковской Т. А. на тему «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа» характеризует диссертацию как законченную научно-квалификационную работу, в которой разработанные подходы к анализу оптимальных режимов и отвечающих им множителей Лагранжа эффективно применены в задачах анализа узловых равновесных цен оптового рынка электроэнергии, выделения в электроэнергетических системах устойчивых зон ценовой неоднородности, моделирования перспективных узловых равновесных цен и стоимости электроэнергии в условиях неопределенности. В то же время по работе имеются следующие замечания:

1. Автором справедливо замечено, что решение задачи перспективного развития в современных условиях должно сопровождаться анализом экономических и социальных последствий, оценкой прогнозной стоимости электроэнергии. Однако представляется, что выбор тех или иных решений размещения или перевооружения генерирующих мощностей, развития сетевой инфраструктуры зависит от полученных оценок стоимости электроэнергии. В этом случае возникает вопрос, не следует ли прогнозную стоимость электроэнергии учитывать в процессе решения задач перспективного развития электроэнергетических систем?

2. В уравнении (14) не ясен смысл вектора воздействующих параметров Δd на систему и его разницу с воздействиями Δx на странице 23.

Работа Васьковской Татьяны Александровны соответствует специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы и требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук согласнопп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Васьковская Татьяна Александровна заслуживает присуждения ей степени доктора технических наук по указанной специальности.

Директор Политехнического института, заведующий кафедрой «Электротехнические комплексы и системы», ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», д-р техн. наук, профессор

Василий Иванович Пантелейев

Адрес: 660074, г. Красноярск,
ул. акад. Киренского, 26
телефон: 8(391) 2912908; e-mail: vpanteleev@sfu-kras.ru

Заведующий кафедрой «Электротехнологические установки и системы»
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», д-р техн. наук, профессор

Виктор Николаевич Тимофеев

Адрес: 660074, г. Красноярск,
ул. акад. Киренского, 26
телефон: 8(391) 2912964; e-mail: viktor@mail867@mail.ru



В ФГАОУ ВО СФУ
Подпись В.Н. Чиркалов заверяю
Начальник общего отдела Г. Чиркалов
«29» 01 2019 г.

О Т З Ы В
на автореферат диссертации
«Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе
множителей Лагранжа», представленной Васьковской Татьяной
Александровной на соискание учёной степени доктора технических наук по
специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические
системы»

Реформирование электроэнергетики потребовали существенного изменения структуры отрасли и тарифообразования в ней. Модели формирования корректных цен на электроэнергию изучаются как в России, так и за рубежом. Такие модели в первую очередь основываются на технологических особенностях функционирования электроэнергетических систем (ЭЭС), поэтому изучаются энергетиками. Первые труды Scheppe F., Caramanis M. описывали принципы узлового ценообразования, начиная с 1980-х годов. Интерес к узловым ценам или множителям Лагранжа к уравнениям баланса активной мощности в узлах ЭЭС определяется тем, что с помощью них обеспечивается оптимальная загрузка генерирующего оборудования, в них учтены ограничения системы на текущий момент, т.е. они являются индикатором режимов ЭЭС, и одновременно решается задача организации рыночных отношений между производителями и потребителями электроэнергии. В настоящее время узловое ценообразование введено на многих электроэнергетических рынках, включая оптовый рынок в нашей стране. Таким образом, работа Т.А. Васьковской актуальна.

Научная новизна работы вытекает из разработки математических моделей и методов анализа оптимальных режимов ЭЭС на основе множителей Лагранжа, а именно математических моделей чувствительности оптимальных режимов ЭЭС относительно реакций и относительно воздействий, метода взвешенной декомпозиции множителей Лагранжа на компоненты. Также следует отметить метод идентификации устойчивых зон влияния различных факторов на множители Лагранжа, метод эквивалентирования ЭЭС, обеспечивающий сохранение взаимосвязи между множителями Лагранжа и параметрами оптимальных режимов.

Достоверность результатов исследований Т.А. Васьковской подтверждается проведением тестовых расчётов, сравнительного анализа различных схем декомпозиции множителей Лагранжа, использованием реальных данных оптового рынка.

Полученные в диссертации результаты нашли своё применение на рынке электроэнергии в России. Метод взвешенной декомпозиции множителей Лагранжа с уточнением при суточной оптимизации режимов ЭЭС позволяет проводить анализ узловых цен на рынке на сутки вперёд. Метод выделения идентификации устойчивых зон ЭЭС используется для сбора статистики влияния технологических факторов на цены рынка на сутки вперёд и оценки перспективной стоимости электроэнергии при реализации инвестиционных проектов. В целом результаты работы позволяют сократить трудоёмкость

анализа эффективности ценообразования рынка электроэнергии и необходимы в работе технологической и коммерческой инфраструктуры рынка.

Материал исследований, представленный в автореферате, изложен с достаточными полнотой и объёмом, корректно и доступно. Область исследований соответствует специальности 05.14.02. Список публикаций автора соответствует требованиям к докторским диссертациям.

Тем не менее, необходимо отметить следующие недочёты. В автореферате недостаточно ясно сказано, как соотносятся между собой МЛ-формирующие и регулирующие узлы в суточных оптимальных режимах ЭЭС. Следует ли использовать для их обозначения два различных термина? Кроме того, отдельные рисунки, например, рис. 5, плохо читаемы.

Общее заключение. Диссертация Васьковской Т.А. «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа» соответствует паспорту специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы», требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Васьковская Татьяна Александровна заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Главный специалист АО
«Электросетьсервис ЕНЭС»,
доктор технических наук

Овсянников
Александр Георгиевич

Сведения об авторе отзыва

Фамилия, имя, отчество полностью
Учёная степень
Учёное звание
Должность с указанием структурного подразделения и организации – места работы

Почтовый адрес организации

Телефон
Адрес электронной почты

Овсянников Александр Георгиевич
Доктор технических наук
Профессор
Главный специалист отдела
диагностики маслонаполненного
электрооборудования
АО «Электросетьсервис ЕНЭС»
630126, Новосибирск, мкрн. Зелёный
Бор, дом 7
+7 (383) 2692300
oag@nspb.ru

29.01.2019 г.

Подпись Овсянникова А.Г. заверяю:
Специалист 2 категории

Семенюк Е.В.



ОТЗЫВ
на автореферат диссертации Васьковской Татьяны Александровны
на тему «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на
основе множителей Лагранжа», представленной на соискание
ученой степени доктора технических наук по специальности
05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

Переход к новым рыночным отношениям в электроэнергетике требует ответственного подхода к отбору генерирующих мощностей и ценообразованию, которое должно обеспечивать корректные системные сигналы для участников, инфраструктуры и регуляторов рынка. Электроэнергетические системы (ЭЭС) сами по себе являются сложными техническими объектами. Не менее сложным в таких системах является формирование актуальных и адекватных узловых цен, принимаемых равными множителям Лагранжа к уравнениям баланса активной мощности в узлах ЭЭС (МЛ). Для проведения соответствующих мероприятий по повышению экономичности функционирования ЭЭС требуется создание новых методов и алгоритмов анализа влияния системных условий на множители Лагранжа. Особенno необходимы изменения в области анализа установившихся электроэнергетических режимов, позволяющие сопоставить технологические ограничения электроэнергетических систем с ценовыми показателями. В этой связи тема работы является актуальной.

Отличительным свойством работы Васьковской Т.А., определяющим ее научную и практическую значимость, является разработка методов анализа оптимальных режимов ЭЭС и установление закономерностей между оптимальными режимами электроэнергетических систем и множителям Лагранжа. Большой интерес представляют выражения множителей Лагранжа в виде относительных приростов мощности в узлах, регулирующих мощность в энергосистеме в соответствии с приоритетом загрузки в целевой функции. Васьковской Т.А. выведены выражения, позволяющие выделить такие приrostы, вызванные каждым из системных ограничений в отдельности. В дальнейшем относительные приросты мощности использованы для получения интегральных оценок эффективности функционирования ЭЭС в виде зон из узлов с повышенными или пониженными относительными приростами и, как следствие, множителями Лагранжа и ценовыми показателями. Кроме того, предложены методы моделирования множителям Лагранжа при различных сценариях развития ЭЭС. В сущности, детально разработана целая серия методов анализа множителей Лагранжа с практическим использованием на оптовом рынке.

По тексту автореферата имеются следующие замечания:

1. На странице 17 автореферата некорректно приведены условия дополняющей нежесткости. Не совсем ясны размерности векторов множителей Лагранжа λ , π и др.

2. На странице 44 автореферата указано, что увеличение пропускной способности сети на 200 МВт «приведет к повышению цен в Кольской энергосистеме вследствие снижения потерь электроэнергии при выдаче мощности». Однако к снижению потерь приведет не изменение выдачи мощности из Кольской энергосистемы, а отмеченное ранее включение второй цепи транзита 330 кВ и распределение потока мощности на нее.

Приведенные замечания не снижают ценности основных положений диссертации. Диссертационная работа Васьковской Т.А. обладает внутренним единством, результаты диссертации опубликованы в требуемом количестве в рецензируемых научных изданиях. Приведенные публикации свидетельствуют о личном вкладе автора диссертации в науку. На основе выполненных исследований диссертационную работу Васьковской Т.А. можно квалифицировать как решение научной проблемы анализа множителей Лагранжа или узловых показателей экономичности ЭЭС в условиях применения современных инструментов планирования режимов и оптимизации установившихся режимов ЭЭС большой размерности, имеющей важное хозяйственное значение в современной электроэнергетике, функционирующей в рыночных условиях. Диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
«Электроэнергетика транспорта» федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский университет транспорта»
(МИИТ)

27.12.2018

(дата)

Михаил

(подпись)

Бадёр Михаил Петрович

Адрес: 127994, г. Москва, ул. Образцова д.9, стр. 9
email: MPBADER@miit.ru, badjor@mail.ru

Подпись Бадёра Михаила Петровича заверяю:



Институт социально-экономических и энергетических проблем СевероКоми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИСЭ и ЭПС Коми НЦ УрО РАН) обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, Республика Коми, ул. Коммунистическая, 26
Тел. (факс) (8212) 24-42-67
E-mail: iespn@ksc.komisc.ru

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации
«Анализ оптимальных режимов электроэнергетических
систем на основе множителей Лагранжа»,
представленной ВАСЬКОВСКОЙ Татьяной Александровной
на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.14.02 – Электрические станции
и электроэнергетические системы

Исследования вопросов оптимизации установленныхся режимов электроэнергетических систем при разработке моделей рынков электроэнергии имеют достаточно много направлений. В работе рассмотрены некоторые, наиболее вероятные. Приводится обоснование системы закономерностей между узловыми ценами, определяемыми через множители Лагранжа, и параметрами оптимальных установленныхся режимов. Актуальность темы исследования обусловлена применением узлового ценообразования и нелинейной оптимизации на действующем оптовом рынке электроэнергии установленныхся режимов электроэнергетических систем.

Разработанные автором теоретические положения декомпозиции множителей Лагранжа, выделения в электроэнергетической системе зон, включающих узлы с повышенными или пониженными множителями Лагранжа, упрощения больших электроэнергетических систем с сохранением эквивалентных взаимосвязей между множителями Лагранжа и параметрами оптимальных режимов на годовом временном промежутке обладают научной новизной и представляют значительный вклад в анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем.

Результаты исследования имеют практическую значимость для решения задач оптового рынка электроэнергии. Показано, что рассчитываемые на рынке узловые цены можно разложить на составляющие, соответствующие сетевым ограничениям и ограничениям по напряжению. Подход автора позволяет рассчитать экономические потери от каждого из таких ограничений и выделить устойчивые зоны влияния ограничений. Предложены модели определения стоимости электроэнергии на основе узловых цен на определенный перспективный период.

По автореферату имеются следующие замечания.

1. Не приведено должного обоснования использования предложенных автором в 7-й главе параметров $w_{min}=0,2$ и $\gamma=0,2$, для идентификации устойчивых зон влияния

- различных факторов на узловые цены. Не ясно, устойчивы ли значения этих параметров для других энергосистем?
2. В работе не отражены вопросы учета надежности функционирования электроэнергетической системы. Из автореферата не ясно, включают ли ограничения рассматриваемой задачи оптимизации (1)-(6) ограничения, обусловленные учетом вероятных отказов элементов системы, которые могут оказывать сильное влияние на значения множителей Лагранжа и узловых цен.

Автореферат показывает высокий научный уровень диссертации, актуальность поставленной цели и достоверность полученных результатов. Анализ текста автореферата позволяет утверждать, что диссертационная работа «Анализ оптимальных режимов электроэнергетических систем на основе множителей Лагранжа» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, развивающее теорию и практику оптимизации установившихся режимов электроэнергетических систем на оптовом рынке электроэнергии, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие электроэнергетической отрасли. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК к докторским диссертациям и соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. №482, а ее автор Васьковская Татьяна Александровна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности «05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы».

Врио директора

ИСЭ и ЭПС Коми НЦ УрО РАН

ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, д.т.н., ст.н.с.,

Тел. (8212) 203492, chukreev@iespn.komisc.ru

Чукреев Юрий Яковлевич,

Зав. лабораторией энергетических систем

ИСЭ и ЭПС Коми НЦ УрО РАН

ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, к.т.н., ст.н.с.,

Тел. (8212) 445037 hohlov@energy.komisc.ru

Хохлов Михаил Викторович

08.02.2019 г.



Подпись Чукреева Ю. Я.
Хохлова М. В.
Заверено: зав. лабораторией
Юрий Григорьевич
08.02.2019 г.