

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Тимашева Святослава Анатольевича на диссертационную работу Валиева Рустама Талгатовича на тему: «Развитие методов расчета показателей балансовой надежности электроэнергетических систем», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

1. Актуальность темы

Надежная работа электроэнергетических систем является основой бесперебойного и качественного электроснабжения потребителей. Существует множество причин, по которым возможно ограничение электроснабжения потребителей, но в целом по критерию надежности они могут быть классифицированы по трем основным категориям:

- связанные со структурной надежностью;
- связанные с режимной надежностью;
- связанные с балансовой надежностью.

Именно с последней категорией связана работа соискателя. Расчеты показателей балансовой надежности (ПБН) электроэнергетических систем (ЭЭС) выполняются как при планировании, так и при эксплуатации ЭЭС с целью определения и распределения резервов активной мощности, обоснования ввода генерирующих установок и межсистемных связей, планирования капитальных ремонтов основного оборудования и т.д. Основным математическим методом при расчете ПБН сложноразветвленных ЭЭС в настоящее время стабильно является метод статистического моделирования (метод Монте-Карло (ММК)), поскольку именно он, при достаточно большой статистической выборке, гарантирует получение приемлемой точности в достаточно широком спектре реально существующих технологических ограничений. Усложнение структуры управления как ЭЭС России, так и зарубежных ЭЭС, требует повышения детализации расчетной модели, используемой при расчете ПБН. Отмеченное, в свою очередь, приводит к усложнению её вычислительной сложности и, как следствие, увеличивает время, требуемое для получения ПБН с помощью ММК. При этом длительность расчетов становится значительной даже по меркам задач

долгосрочного планирования, в рамках которых главным образом и используются ПБН. В результате этого довольно остро встает проблема разработки приемлемых алгоритмов ускоренных расчетов.

Диссертационная работа Валиева Р.Т. посвящена решению проблемы повышения вычислительной эффективности методов расчета показателей балансовой надежности ЭЭС, а также учету дополнительных ограничений, более полно отражающих специфику работы ЭЭС в рамках задачи расчета ПБН сложнзамкнутых ЭЭС. Основное внимание в работе уделяется разработке аналитических процедур для расчета ПБН ОЭС, а также учету дополнительного ПБН – вероятности перегрузки межсистемной связи. В рамках работы также предлагаются оптимальные варианты составов «управляющие переменные – целевая функция» для реализации пропорциональной стратегии распределения дефицитов мощности в ЭЭС. Рассматриваемые в работе вопросы достаточно актуальны.

2. Структура и объём диссертации

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, и одного приложения. Работа изложена на 109 страницах, содержит 23 рисунка и 9 таблиц, список литературы включает 94 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, цели и задачи диссертационной работы.

В первой главе представлен обзор научных публикаций, рассмотрены существующие методы расчета ПБН, используемые как в России, так и за рубежом. Основным методом расчета ПБН в настоящее время является ММК. Однако, постоянно расширяющийся в современных условиях набор значимых факторов, для более полного учета электрических свойств и режимов ОЭС, требует модификации методов расчета ПБН ОЭС в целом и процедуры оптимального распределения дефицита мощности (ОРДМ) в частности (переход от транспортной модели к оптимизационной модели нелинейного программирования).

Во второй главе описаны наиболее значимые критерии решения задачи ОРДМ. Показано, что выбор критерия существенно влияет на результирующие ПБН. Отмечено, что применение нелинейных моделей оптимизации ОЭС с различными удельными затратами на компенсацию

ущерба, вызванного недоотпуском электроэнергии потребителям и учетом платы за передачу электроэнергии по межсистемным связям (МСС), обеспечивает единственность решения задачи РДМ. Единственность решения также обеспечивается применением нелинейных моделей оптимизации.

В третьей главе предложен вероятностно-аналитический метод расчета ПБН. Метод ориентирован на использование дополнительного ПБН – вероятности перегрузки МСС и учет ограничения по вероятности перегрузки МСС при определении ПБН сложнзамкнутых структур ОЭС. Показана вычислительная эффективность предложенного метода. Кроме того, показана необходимость и разработаны алгоритмы более точного учета потерь мощности в МСС. В рамках расчета ПБН предложено дополнительно учитывать регламентированную вероятность перегрузки МСС. Показано, что подобный подход более полно удовлетворяет требованиям электроэнергетики в части оценки устойчивости работы ЭЭС.

В четвертой главе для реализации пропорциональной стратегии РДМ предложены различные варианты структур управляющих переменных. С помощью ММК показано, что вычислительная эффективность алгоритмов решения задачи РДМ, при одинаковых целевых функциях и разном составе управляющих переменных различна. В работе показано, что наиболее эффективным с вычислительной точки зрения составом переменных при решении задачи пропорционального РДМ является двойной блок переменных: генерация и ограничение нагрузки в узле. Использование перетоков мощности в качестве независимых переменных приводит к значительным погрешностям расчетов ПБН как отдельных узлов, так и ОЭС в целом.

К работе прилагается официально разосланный в установленные сроки автореферат диссертации на 23 страницах.

3. Степень обоснованности и достоверности научных выводов, положений и рекомендаций

Достоверность и обоснованность сделанных в диссертационной работе научных выводов и рекомендаций достаточно убедительно подтверждена использованием теоретических основ электротехники, теории вероятностей и математической статистики. Корректность и эффективность разработанных моделей и методов оценивалась проведением численных экспериментов на тестовых схемах и подтверждена непротиворечивостью полученных

результатов и теоретических выводов. Полученные с использованием разработанного автором вероятностно-аналитического метода ПБН практически полностью совпадают со значениями, полученными при использовании традиционно применяемого на практике ММК. Кроме того, продемонстрировано влияние учета вероятности перегрузки межсистемных связей в рамках задачи расчета ПБН на результирующие вероятностные характеристики перетоков мощности. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, отвечает требованиям, предъявляемым к научным квалификационным работам.

4. Новизна научных результатов

В работе представлен новый аналитический метод для расчета ПБН ОЭС. Предлагаемый в работе метод, главным образом, позволяет определить вероятностные характеристики (математическое ожидание и дисперсию) «требуемых», для обеспечения пропорциональной стратегии РДМ, перетоков мощности, и может быть использован в качестве дополнения к традиционно используемому на практике методу ММК. На базе предлагаемого в работе вероятностно аналитического метода предложен новый способ учета вероятности перегрузки МСС связей в рамках задачи расчета ПБН ОЭС. Дополнительно в работе предложены и обоснованы оптимальные с точки зрения точности и скорости расчетов варианты «целевая функция – управляющие переменные» для реализации стратегии пропорционального РДМ при использовании ММК и учета вероятности перегрузки в рамках аналитического метода.

5. Практическая значимость работы

Предлагаемые соискателем методы могут быть использованы при решении практической задачи перспективного развития ЭЭС. Распределение перетоков мощности, полученное при использовании предлагаемого в работе ВАМ, позволяет сократить число и скорректировать сценарии развития ОЭС, которые в дальнейшем могут быть проанализированы с использованием, например, ММК.

6. Апробация работы и подтверждение опубликования основных положений работы

Результаты исследований апробированы участием автора на 7 международных и всероссийских научно-практических конференциях. По результатам исследования опубликовано 11 научных работ, из них 8 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, определённых ВАК и Аттестационным советом УрФУ, включая 4 статьи в зарубежных изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

7. Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ

Диссертационная работа Валиева Рустама Талгатовича на тему: «Развитие методов расчета показателей балансовой надежности электроэнергетических систем» в полном объеме отвечает критериям, которые указаны в п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой автором **предложено новое научно обоснованное техническое решение** в виде математического подхода, позволяющего учесть потенциальный принцип распределения потоков мощности в МСС при решении задачи ОРДМ и комбинаций «целевая функция – управляющие переменные» в задаче ОРДМ в ЭЭС.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации имеются сведения о практической полезности результатов и рекомендации по использованию научных выводов. Полученные решения и выводы аргументированы.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы по следующим пунктам:

1. Оптимизация структуры, параметров и схем электрических соединений электростанций.

4. Разработка методов оценки надежности электрооборудования, структурных схем и схем распределительных устройств электростанций.
6. Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике.
11. Разработка методов анализа структурной и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения.

Диссертация отвечает требованию указания ссылок на заимствованные материалы или отдельные результаты.

8. Основные замечания по работе

1. Известно, что электроэнергетическая система (ЭЭС) является большой технической системой кибернетического типа, инфраструктурно связанной практически со всеми динамически развивающимися отраслями народного хозяйства. Видимое ускорение научно-технического прогресса связано с ростом числа экономических вызовов, обострением конкуренций, возникновением ранее не существовавших техногенных, биологических и социальных угроз. При анализе любой большой системы, в том числе и электроэнергетической необходим учет функционирования и воздействия всех инфраструктурно связанных подсистем. В диссертационной работе объектом анализа балансовой надежности является объединенная ЭЭС, входящая в состав иерархически более широкой системы «Энергетика». Спрашивается каким образом в диссертации учитываются случайные события в смежных подсистемах (например, авария на железной дороге и отказ своевременной доставки топлива на электрическую станцию)?
2. В диссертационной работе не показано, как учитываются маловероятные события типа «черный лебедь» (например, авария на Чернобыльской АЭС). Нужно ли учитывать такие события в рамках балансовой надежности, а если нет, то почему? Следует ли учитывать события, связанные с каскадным развитием аварий?
3. Следует пояснить, как в работе отражено кибернетическое свойство ОЭС – управляемость системы при возникновении аварийных ситуаций. Какие мероприятия или воздействия необходимы для предотвращения наиболее вероятных отказов.

4. Неясно, что вкладывается в термин «межсистемные связи». Это конкретные линии электропередачи или некоторое множество элементов, образующее сечение? Вероятно, и то и другое, но тогда как определяется поток мощности по сечению?
 5. В работе представлен достаточно широкий спектр математических моделей определения ПБН ОЭС. Однако осталось непонятным проводились ли автором работы по исследованию влияния различного состава управляющих переменных при иных целевых функциях, в частности тех, что описаны в главе 2 диссертации?
 6. В работе встречаются опечатки и неточности, например, значения генерации, на рисунке 2.4 не соответствуют исходным данным;
- Следует отметить, что представленные замечания, не сказываются на выводе о достаточно высокой значимости научно-практических результатов диссертации, – в большей степени они являются рекомендацией для последующих исследований автора.

9. Общее заключение

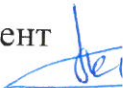
Представленная диссертационная работа Валиева Рустама Талгатовича является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, **в которой содержится новое научно обоснованное техническое решение задачи повышения вычислительной эффективности методов расчета ПБН ЭЭС, имеющее существенное значение для развития страны.** Обладает внутренним единством, научной новизной и практической значимостью.

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам, по каждой главе в работе сделаны чёткие и аргументированные выводы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и разработанным теоретическим положениям, научной новизне полученных результатов и их практической значимости с учётом сведений об апробации и публикациях.

Это даёт основание утверждать, что диссертационная работа на тему: «Развитие методов расчета показателей балансовой надежности электроэнергетических систем» **полностью соответствует требованиям,**

предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а её автор Валиев Рустам Талгатович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент 

доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-инженерный центр "Надежность и ресурс больших систем и машин" Уральского отделения Российской академии наук.

Адрес: 620049, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, д.54А.


Тел. +73433741682

Email: timashevs@gmail.com

Тимашев
Святослав Анатольевич

Дата 13. 11. 2020

Подпись Тимашева Святослава Анатольевича ЗАВЕРЯЮ.
Старший инспектор отдела
НИЦ "НИР БСМ" УрО РАН

 Ф.В. Кононова

