

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Карандеева Дениса Юрьевича на тему «Методика оценки состояния и выбора структуры высоконадежной распределительной сети», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 - Системный анализ, управление и обработка информации

1. Актуальность темы работы

Вопросы обеспечения высокой надежности технических систем не остаются без внимания со стороны ученых и практиков. В условиях, когда заметен рост влияния неблагоприятных факторов на режимы эксплуатации инженерных сетей, возникает потребность в обосновании степени поддержания надежности на требуемом уровне. При этом существует множество решений по обеспечению высокого уровня надежности системы. Одним из них следует признать системный анализ надежности и необходимость в обработке большого количества данных, характеризующих поведение объекта, функционирующего в условиях вероятностной природы взаимодействия с окружающей средой. В частности, анализ надежности требует получения достоверных результатов, когда следует рассматривать все возможные влияния на надежность системы со стороны: аппаратных средств, программного обеспечения, человеческого фактора и организационных действий. Каждое из упомянутых влияний требует использования значительных ресурсов, как со стороны выполнения научных изысканий, так и в процессе их реализации. Обращаясь к вопросу о необходимости учета влияния программных средств, востребованы современные методики, методы и алгоритмы. Их применение, ориентированное на проектирование и эксплуатацию инженерно-коммуникационных сетей должно стать основой для автоматизации анализа и обработки данных для обеспечения высокого уровня надежности. Среди многообразия видов сетей, относящихся к сложным системам, присутствуют распределительные сети (электрические, тепловые, водопроводные и др.). Режимы эксплуатации приводят к изменению внутреннего состояния сети, что может сказаться на росте издержек, связанных, например, с прекращением энергоснабжения потребителей. Здесь налицо задача, решение которой связано с получением достоверных оценок, поскольку природа появления непредвиденных событий случайна и неопределенна, что в свою очередь вызвано воздействием на неё извне возмущений, имеющих стохастический характер.

Стремление обеспечить надежное функционирование распределительных сетей непосредственно связано с разработкой математических инструментов, реализация которых обеспечит поиск оптимальных решений по обеспечению

заданного уровня структурной надежности. Если судить о возможностях применения меры неопределенности информации (энтропии) в анализе надежности распределительных сетей, то можно отметить следующее: применение энтропии имеет свое обоснование с позиции взаимной связи с мерой вероятности, которая широко используется в теории надежности.

Таким образом, выполненная автором работа лежит в русле актуальных проблем, связанных с необходимостью разработки математических инструментов задачи системного анализа надежности, где одним из факторов получения достоверных результатов следует признать применимость меры неопределенности информации.

2. Общая характеристика работы

Диссертационная работа изложена на 189 страницах и включает введение, 3 главы, заключение, список библиографических источников из 194 наименований и 2 приложения.

Первая глава диссертации включает в себя вопросы, касающиеся:

- рассмотрения современных научных подходов, технологий и инструментальной среды, непосредственно связанных с необходимостью выполнения анализа структурной надежности распределительных сетей;

- обозначения области и особенностей применения инструментов теории информации, среди которых автор выделяет меру неопределенности информации. Предложены два варианта её применения и обоснована возможность реализации меры в задачах условной минимизации затрат при построении оптимальных структур распределительных сетей;

- формальной постановки задачи исследования, решение которой направлено на выбор структуры распределительной сети.

Таким образом, соискатель обозначил потребность в разработке методики, применение которой позволит решать задачи выбора эффективных структур сети с применением меры неопределенности информации.

Во второй главе (стр. 46-99) основное место занимает разработка методики, включающей в себя способы и методы построения математических формул определения энтропии для выделенных связей в графах. В свою очередь с помощью графа моделируется структура распределительной сети. По существу, разработанная методика наделена свойствами модели, на основе которой можно строить математические модели оценки состояний связей между вершинами графа и экономико-математические модели выбора оптимальной структуры сети. В методике предусмотрен фактор разделения состояний элементов сети на работоспособное и неработоспособное, что является важным при выполнении анализа надежности выделенных связей в сети. Здесь

соискатель предусмотрел возможность применения методов эквивалентирования, которое имеет своей целью составление упрощенной схемы замещения взамен существующей для дальнейшего моделирования в получении математических выражений определения энтропии. Здесь нашли свое применение методы минимальных путей и сечений, востребованные необходимостью разграничения событий на несовместные и независимые. Разработано модифицированное математическое выражение формулы Шеннона, которое с учетом соблюдения ряда условий о времени перерыва в электроснабжении, применено для определения величины энтропии.

Автор предусмотрел разработку математической процедуры построения структуры распределительной сети, применив меру вероятности. Она также как и разработанная модель, учитывает противоположные и независимые состояния. Применив метод возведения параметров в степень, построены математические выражения определения вероятностей связей графа. Решение относится к целочисленному программированию методом ветвей и границ. Данная процедура применима для структур с малым числом элементов, поскольку математические выражения определения вероятностей связей графа «источник-потребитель» получаются громоздкими. Тем не менее, соискатель предлагает использовать её для подтверждения разработанной методики на примере тестовых структур.

Третья глава посвящена разработке ряда вычислительных процедур, подтверждающих работоспособность и достоверность предлагаемой методики. Первая вычислительная процедура направлена на решение задачи анализа структуры распределительной сети и выявления «слабых звеньев» в ней. В результате расчетов энтропии и последующего анализа слабых связей можно судить о состоянии распределительной сети с позиции структурной надежности. Кроме этого процедура будет полезной для оценки надежности сети в процессе её эксплуатации (оценка процесса «старения» системы за рассматриваемый период времени).

С целью выявления возможностей в повышении уровня надежности сети, автор обоснованно предлагает вычислительную процедуру поиска резервирующих друг друга однотипных элементов сети. Для этого им сформулирована задача условной оптимизации и на основе разработанной методики построены функции ограничения. Они служат для сопоставления значений энтропий: полученных из условия соблюдения уровня надежности электроснабжения каждого из потребителей и подлежащих расчету построенных связей «источник-потребитель». Такой подход к построению и расчету функций ограничений задачи оптимизации имеет положительные стороны: избавляет от громоздких формул, выраженных через вероятности;

возможно применение классических методов оптимизации; приемлема упрощенная алгоритмизация вычислений для разработки программного обеспечения.

Представлена еще одна разработанная вычислительная процедура, которая позволяет осуществлять выбор структуры замкнутой распределительной сети. Вполне очевидно, что она востребована для анализа сложно замкнутых структур и в процессе выполнения расчетов разработанной соискателем методики. Для поиска решения соискатель применил метод множителей Лагранжа, что можно считать обоснованным решением.

Также в главе кратко описывается разработанное программное обеспечение и приведены контрольные примеры расчетов с анализом полученных результатов.

В заключении формулируются основные результаты исследования.

В приложениях имеются свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и акт внедрения.

Личный вклад соискателя в разработку указанной проблемы можно оценить, как высокий. Практические рекомендации конкретны и полезны.

3. Новизна исследований и полученных результатов

Оценивая научную новизну полученных результатов можно отметить следующее:

1. Создана новая методика, содержательной частью которой являются последовательные действия, направленные на построение математических выражений определения информационной энтропии структур и структурных связей распределительных сетей. Её реализация предполагает наличие статистических данных о параметрах надёжности и выявления их закономерностей распределения, что позволяет избежать излишней погрешности в расчетах. Состояния элементов сети рассматриваются как противоположные (работоспособное и неработоспособное), тем самым появляется возможность разграничения состояний и их анализа с позиции вероятностного появления перерывов в электроснабжении потребителей. Методика является основополагающей при формировании задач условной оптимизации выбора эффективных структур. При этом поиск решения упрощается по сравнению с применением меры вероятности.

По существу, новая методика является помощником в решении задач структурной надежности, открывая перспективные возможности в построении эффективных структур инженерных сетей.

2. Разработана новая вычислительная процедура построения структуры распределительной сети с резервированием при условии соблюдения заданного

уровня надежности. На предварительном этапе расчета она полезна для поиска слабых звеньев сети (подлежащих замене или резервированию). Необходимость определения количества резервирующих друг друга элементов связана с задачей снятия неопределенности в системе. Полученные значения энтропии востребованы при выполнении анализа надежности и последующих научных изысканий в сфере принятия проектных решений обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей. Математические формулы определения энтропии представлены в компактном виде по сравнению с предложенными ранее громоздкими формулами пересечения и объединения вероятностей состояния сети.

3. Разработана новая вычислительная процедура построения оптимальной структуры распределительной сети замкнутого вида. Область допустимых решений задачи формируется на основе созданной методики в виде математических выражений имеющих не только компактную форму, но и предоставляющие возможность получить решение целочисленного характера, используя широкий класс параметров, выраженных через величину энтропии.

4. Обоснованность и достоверность результатов исследования

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов диссертации обусловлена корректным использованием классических методов теории вероятности, теории информации, системного анализа и обработки данных, структурной надежности и численных решений. Автор использовал классическую модель К. Шеннона, зарекомендовавшую себя как наиболее эффективную в определении количества информации. Достоверность полученных автором положений подтверждена апробацией разработанной методики и вычислительных процедур на конкретных примерах, в частности, на реальной сети одного из районов Республики Хакасия. Результаты исследования прошли апробацию в ряде конференций различного уровня.

5. Научная и практическая значимость работы

Научная значимость не вызывает каких-либо сомнений, поскольку представленные теоретические изыскания лежат в русле сопоставления теорий информации и надежности для обеспечения возможностей разработки методик, методов и алгоритмов решения задач условной оптимизации.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования теоретических и практических результатов работы при проектировании структур распределенных (в частности, электрических) сетей и их эксплуатации.

К наиболее значимым научным результатам следует отнести разработку методики, которая предоставляет возможность аналитику при наличии

статистических данных, с учетом различного множества пересекающихся состояний элементов сети, строить математические уравнения расчета энтропии. Их использование позволяет решать задачи оптимизации, формализация которых трудноосуществима с позиции решения классических задач надежности систем. Помимо данной методики предлагается ряд вычислительных процедур, направленных на решение задач выбора количества резервных элементов и оценки надежности структуры сети с учетом выявления в ней слабых звеньев.

6. Публикации и соответствие автореферата диссертационной работе

Автором по теме исследования было опубликовано 28 печатных работ, в том числе 6 в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных работ, 7 работ в зарубежных журналах, входящих в международные базы цитирования «Scopus» и «Web of Science». Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Среди публикаций соискатель имеет статьи, подготовленные лично, что характеризует его как самостоятельного исследователя, способного представить свои разработки научному сообществу.

Перечень публикаций и содержание автореферата соответствуют предъявляемым требованиям и достаточно полно отражают основные положения диссертации, вынесенные на защиту.

7. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации

1. Разработанная методика основана на анализе стохастических состояний и стохастических данных сети. При этом, помимо условной вероятности, из текста не ясно, почему в методике не учитывается тип распределения случайной величины при обработке статистических данных структурных элементов сети, который позволяет получить дополнительные параметры сети, аналогично вычислительному аппарату GERT-сетей.

2. Размерность пространства состояний элементов электрической сети характеризуется двумя состояниями (работоспособное / неработоспособное) и все расчеты выполнены с учетом данной размерности. Из текста не следует, возможно ли рассмотрение ещё одного состояния, например, «в ремонте».

3. Анализ программных обеспечений в таблице 3.6 носит довольно субъективный вид, при этом не отражены российские разработки, такие как SimInTech и SMATHStudio. Не в полной мере понятно, каким образом выполнялось их оценка.

4. Формула (2.3) в диссертации фигурирует несколько раз, в частности, она аналогична формуле (3.1). Не ясно, с какой целью она дублируется?

8. Заключение

Подводя итог представленной автором работы, можно отметить следующее. Диссертация Карандеева Д.Ю. является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые решения, применяемые в задачах оптимизации и оценки надежности технических систем, таких как распределенные сети энергетических и коммунальных хозяйств. Работа выполнена автором на высоком научно-техническом уровне, является законченным и целостным трудом, написана технически грамотно и оформлена в соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней». Отмеченные в работе недостатки не снижают научной и практической ценности представленного исследования, его актуальности и аргументированности.

Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Карандеев Денис Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 - Системный анализ, управление и обработка информации.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент,
заместитель первого проректора –
начальник управления программы
развития ФГБОУ ВО «Сибирский
государственный университет
науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнева»

Лосев Василий Владимирович

11.01.2022 г.

660037, г. Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31

Телефон: +7 (391) 291-90-56

E-mail: info@sibsau.ru

