

ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСВЯЗНОЙ СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

М. А. Бужан, Ю. В. Жердецкий

*Учреждение образования «Гомельский государственный
университет имени Ф. Скорины», Республика Беларусь*

Научный руководитель Е. И. Сукач

Многосвязные сетевые структуры рассматриваются как единое целое, включающее совокупность изменяющихся элементов, которые характеризуются следующими свойствами:

1. Каждый элемент структуры содержит произвольное число направленных связей с другими элементами (или ссылок на другие элементы).
2. С каждым элементом может связываться произвольное число других элементов (т. е. каждый элемент может быть объектом ссылки произвольного числа других элементов).
3. Каждая связь в структуре имеет не только направление, но и вес.

Многосвязная сетевая структура эквивалентна взвешенному ориентированному графу общего вида. Так, например, электроэнергетические сети в электроэнергетике, сети автомобильных дорог, компьютерные сети в информатике и многие другие объекты представляются в виде больших сетевых структур и поэтому совершенно оправданно применение методов теории графов к моделированию и исследованию характеристик этих разнообразных сетевых структур.

Одной из действующих методик оценки вероятностных характеристик надежности многосвязных структур с множеством входов и выходов, представленных в виде графов, является расчет надежности систем, разработанный в рамках вероятностно-алгебраического подхода и позволяющий оценить вероятностные характеристики показателей надежности системы по вероятностным характеристикам показателей надежности ее элементов [1].

Графом задается структура системы. Связи между элементами многосвязной сетевой структуры задаются ребрами графа, количество которых изменяется при случайном характере взаимодействия элементов, что позволяет по установившимся состояниям исходных элементов определить вектор возможных состояний системы и их вероятности. Они позволяют судить об изменении надежности системы в процессе ее эксплуатации, определять режим ее безотказного функционирования и стратегию динамического управления параметрами надежности элементов. То есть в результате расчетов можно сделать заключение о том, будет ли система работать и оценить вероятность надежной работы.

При оценке надежности многосвязной сетевой структуры, представленной графом, следует помнить, что выбрано в качестве структурных элементов: ребра или вершины. При этом возможны две схемы формализации: «элементы-вершины» и «элементы-ребра».

На основании применения методологии вероятностно-алгебраического моделирования был написан программный комплекс для оценки надежности многосвязной сетевой структуры. Работу программного обеспечения можно продемонстрировать на примере.

В качестве объекта исследования была выбрана электроэнергетическая сеть одного из районов Гомельской области. Путем замены структурных элементов электроэнергетической сети на графические примитивы и используя теорию вероятностного модели-

рования, имеем граф, представленный на рис. 1, который имеет 36 вершин, 4 из которых являются терминальными и описывают следующую систему, т. е. $N = \{N_v\}, v = \overline{1,36}$, $K = \{K_i\}, i = \overline{1,44}$. Система формализуется как четырехполюсник. Она имеет два входа $N_1, N_2 \in N$ и два выхода $N_3, N_4 \in N$.

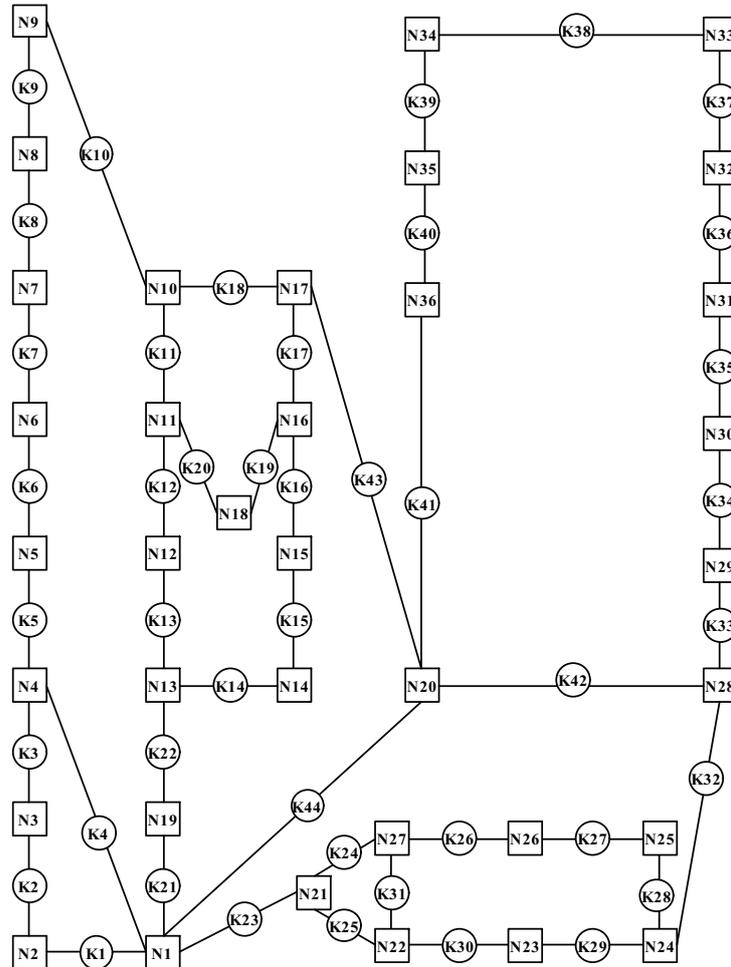


Рис. 1. Граф электроэнергетической сети района Гомельской области

Ввиду того, что представленная модель электроэнергетической системы является примером, позволяющим продемонстрировать возможности разработанного математического аппарата, исходные данные (значения векторов) были выбраны в рабочей точке области параметров элементов, выделенных в процессе формализации объекта исследования (табл. 1).

Решалась задача оценки надежности электроэнергетической системы, функционирующей в условиях риска и неопределенности, по структурным элементам (трансформаторам и т. п.).

В качестве характеристик надежности элементов при оценке надежности организации участков электроэнергетической системы учитывались вероятности отказов, возникающих в ходе передачи электроэнергии. В результате проведения серии экспериментов с использованием разработанного программного обеспечения были получены результирующие значения векторов вероятностей состояний надежности

электроэнергетической системы, формализованной в виде структуры четырехполюсника. В качестве элементов структуры были рассмотрены объекты, представленные в табл. 1, которым при формализации были поставлены в соответствие ребра графа модели.

Таблица 1

Показатели надежности элементов электроэнергетической системы

Элемент электроэнергетической системы	Вероятностный показатель характеристики работоспособности	Вероятностный показатель характеристики отказа
Трансформатор обмоточный	0,9000	0,1000
Разъединитель заземляющий	0,8985	0,1015
Разъединитель	0,8970	0,1030
Автотрансформатор	0,8745	0,1255
Потребитель электроэнергии 1-10	0,8730	0,1270
Линия электропередачи подземная	0,8625	0,1375
Линия электропередачи воздушная	0,8910	0,1090

Таблица 2

Вероятностные оценки результирующих состояний графа модели электроэнергетической системы, формализованной в виде четырехполюсника

Состояния системы	Вероятностные оценки	Состояния системы	Вероятностные оценки	Состояния системы	Вероятностные оценки
S1	6,75796890258 788E-6	S6	0,00246567871 856689	S11	4,239089584 35058E-5
S2	4,23908958435 058E-5	S7	0,00026590652 84729	S12	0,000265906 5284729
S3	4,23908958435 058E-5	S8	4,23908958435 058E-5	S13	0,122465678 71856689
S4	4,23908958435 058E-5	S9	0,00026590652 84729	S14	0,122465678 71856689
S5	4,23908958435 058E-5	S10	0,00246567871 856689	S15	0,749078462 19635

При высоких значениях вероятностей показателей надежности элементов электроэнергетической сети наибольшую вероятность имеет последнее состояние системы S15, описывающее вариант, при котором четыре терминальные вершины соединены. Среди остальных состояний наибольшую вероятность имеют состояния S6, S10, S13 и S14. Остальные состояния надежности электроэнергетической системы маловероятны.

Предложенная методика расширяет свойство прогностичности моделей структурно-сложных систем, формализуемых в виде ненаправленных графов с несколькими

входами и выходами. Оценка надежности ориентированных графов, формализованных как «элементы-ребра» позволяет решать задачи оценки вероятностных характеристик надежности электроэнергетических систем на основе вероятностных состояний их элементов; получения, обоснования и оптимизации различных проектных, эксплуатационных и управленческих решений на основе результатов расчета.

Л и т е р а т у р а

1. Сукач, Е. И. Вероятностно-алгебраическое моделирование сложных систем графовой структуры / Е. И. Сукач ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 224 с.
2. Бужан, М. А. Анализ надежности варианта организации электроэнергетической системы на основе вероятностного моделирования / М. А. Бужан // Дни студенческой науки : XLIV студен. науч. конф., Гомель, май 2015 г. / ГГУ им. Ф. Скорины. – Гомель, 2015. – Ч. 1. – С. 56.