

Т. С. Свиридова. // Специалист. – 1997. – № 12. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://do.gendocs.ru/docs/index-237652.html>. – Дата доступа: 24.03.2013.

3 Гудкова, Ю. А. Методическое обеспечение контроля знаний по спецкурсу «Оптические материалы и методы их исследования» / Ю. А. Гудкова / «Актуальные вопросы физики и техники», I Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов (2012, Гомель). I Республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов «Актуальные вопросы физики и техники», 17 апреля 2012 г. : [материалы] : в 2 ч. Ч. 2 / редкол. : А. В. Рогачев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – С. 153–155.

4 Материалы оптические. Параметры. ГОСТ 23136-93. Межгосударственный стандарт. ОКСТУ 4492. Дата введения 01.01.1995. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2004. – 24 с.

5 Стекло кварцевое оптическое. Общие технические условия. ГОСТ 15130 – 86. Государственный стандарт союза ССР. Межгосударственный стандарт. ОКП 59 3211. Дата введения 01.01.88. – Москва: ИПК издательство стандартов, 1999. – Переиздание с изменениями. – 31 с.

6 Стекло органическое листовое. Технические условия. ГОСТ 10667-90. Региональные стандарты стран СНГ. Дата введения 01.07.1991. – М.: изд-во стандартов, 1990. – 35 с.

7 Клеи оптические. Типы. ГОСТ 14887-80. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.08.80 № 4288. Срок действия с 01.01.82 до 01.01.92; продлен до 01.01.92 Постановлением Госстандарта СССР от 30.06.87 № 2887.

УДК 681.3

Ю. В. Жердецкий, Г. А. Мальцева

МЕТОДИКА РАСЧЁТА НАДЁЖНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ СИСТЕМ СО МНОГИМИ СОСТОЯНИЯМИ

В рамках вероятностно-алгебраического подхода демонстрируется применение методики расчёта надёжности многокомпонентных сложно-структурных систем со многими состояниями, основанная на сведении моделей с произвольным числом состояний к расчётным бинарным моделям. Приводится пример исследования графовой структуры, интерпретируемой как электротехническая система.

Метод вероятностно-алгебраического моделирования (ВАЛМ) [2] ориентирован на определение интегральных вероятностных характеристик (надёжность, производительность, эффективность) структурно-простых систем, увеличение числа компонентов которых и их состояний не приводит к экспоненциальному усложнению расчётов. Кроме этого, к его положительным особенностям можно отнести следующие: он оперирует вероятностными состояниями компонентов, для описания отношений между которыми используются произвольные функции; имеет алгебраическую основу, позволяющую единым образом описать детерминированные и вероятностные связи между компонентами; позволяет учесть в динамике эволюционную зависимость компонентов. Новизна метода ВАЛМ проявляется как в новых возможностях (решении обратных задач [3], получении решения в символьном виде [4], переходе к непрерывному времени моделирования), так и в новых областях применения метода (механические системы [7], потоковые системы [5], демографические процессы [6]).

Поскольку объектом исследований является сложно-структурная система (ССС), то задача определения результирующего вектора вероятностей, характеризующего надёжность всей системы по вероятностным характеристикам её компонентов не может быть решена с использованием вероятностно-алгебраического метода.

Пример оценки надёжности структурно-сложной системы

В качестве сложно-структурной системы, состоящей всего из двадцати трёх компонентов $K = \{K_i, i = \overline{1,23}$ (ребра графа), но представляющей определённые трудности при исследовании ее надёжности, рассмотрим систему, изображённую на рисунке 1. Система интерпретируется как электротехническая, безотказность которой зависит от безотказности компонентов и носит вероятностный характер. Под безотказностью будем понимать свойство системы сохранять работоспособность в течение определенного времени при нормальных условиях эксплуатации. Ставится задача определения вероятностных характеристик безотказности системы по вероятностным значениям безотказности её компонентов.

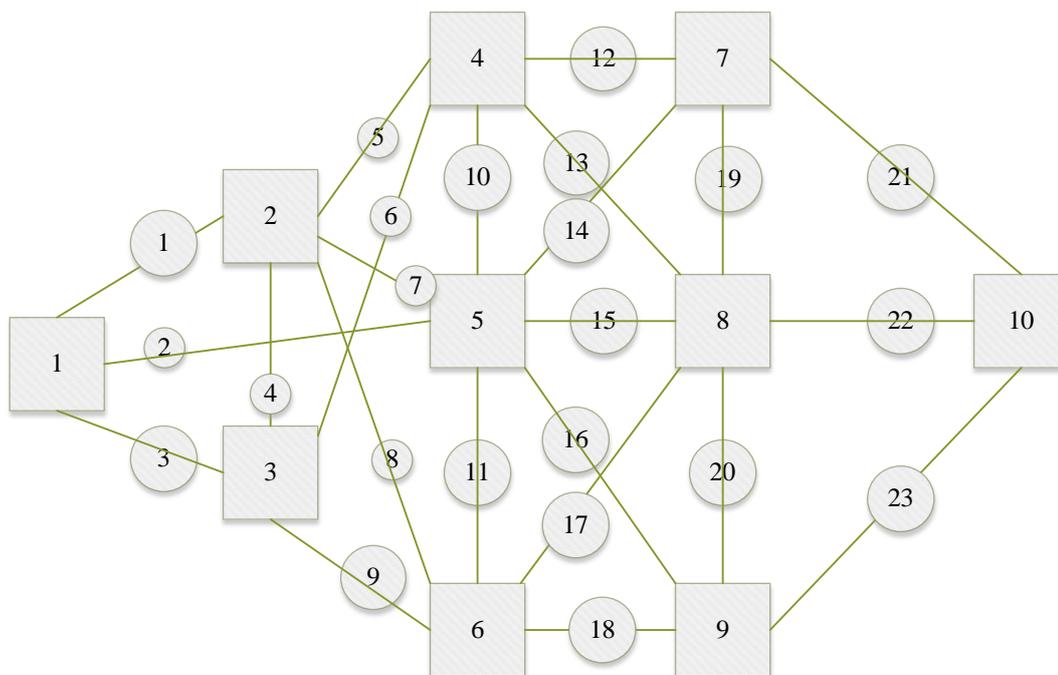


Рисунок 1– Графическая схема структурно-сложной системы

Для электротехнической системы актуально рассмотрение пяти состояний (отказ типа «обрыв», отказ типа «короткое замыкание», отказ типа «значительное увеличение сопротивления», отказ типа «значительное уменьшение сопротивления», исправная работа), поскольку для таких систем резервирование может не только увеличивать, но и снижать ее надёжность. Это зависит от преобладающего вида отказов компонентов, конфигурации системы и числа резервных компонентов.

С использованием предложенной методики исследовалась ССС, представленная на рисунке 1, и имеющая пять состояний $S = \{S_j, j = \overline{0,4}$. При этом учитывался вид отказа компонентов: отказ компонента по причине «обрыва», при котором его сопротивление $R=0$ (состояние S_0); отказ по причине «короткого замыкания», при котором его сопротивления $R = \infty$ (состояние S_4); отказ компонента в следствии «значительного увеличения сопротивления», при котором его сопротивление (состояние S_3); отказ в следствии «значительного уменьшения сопротивления», при котором его сопротивление (состояние S_1). Работа компонентов интерпретировалась как состояние S_2 , при котором сопротивление компонента принимает некоторое детерминированное значение. В результате расчётов был сформирован вектор вероятностей, характеризующий аналогичные состояния надёжности ССС. В таблице 1 представлены исходные данные вероятностей пяти состояний для множества компонентов структуры и значения результирующего вектора вероятностей, характеризующего надёжность системы.

Таблица 1 –Исходные данные и результаты вероятностных значений состояний

надёжности ССС

Номер компонента	Вероятность «обрыва» (S_0)	Вероятность «значительного уменьшения сопротивления» (S_1)	Вероятность работы (S_2)	Вероятность «значительного увеличения сопротивления» (S_3)	Вероятность «короткого замыкания» (S_4)
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4
3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5
4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
5	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5
7	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
8	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4
9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
10	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3
11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
12	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2
13	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5
14	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
16	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3
17	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2
18	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1
19	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6
20	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5
21	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4
22	0,4	0,1	0,1	0,1	0,3
23	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2
Результат вычислений	0,19570955 4912385	0,23757991 0416821	0,2267957 5474034	0,16344758 2702555	0,17646719 7227899

Справедливость полученных результатов подтверждается расчётами надёжности для систем с пятью состояниями с использованием логико-вероятностного подхода [1]. Преимуществом методики является отсутствие ограничений на число возможных состояний системы, что позволяет оценивать надёжность ССС со многими состояниями, размерность которых допускает применение ЛВМ в случае рассмотрения двух состояний.

Предложенная методика позволяет получить точные оценки надёжности ССС со многими состояниями. Она значительно сокращает сложность расчётов надёжности системы в результате сведения модели ССС со многими состояниями к совокупности бинарных моделей. Для оценки надёжности ССС в случае полного перебора требуется рассмотрение n^m вариантов, где n -число состояний, m -число компонентов системы. Методика позволяет анализировать результаты моделей ССС, требующих оценки всего 2^m вариантов полного перебора. Кроме этого, оценка надёжности выделенного класса систем с использованием одного из ЛВМ на очередных итерациях расчёта бинарных моделей значительно упрощает получение точного решения и в целом сокращает сложность расчётов ССС со многими состояниями. В силу нового подхода к оценке надёжности ССС значительно расширяется класс систем, для которых могут быть произведены расчёты. Наличие средств автоматизации, реализующих этот

подход, позволяет провести сравнительный анализ надёжности систем различной конфигурации, оценить влияние параметров надёжности отдельных компонентов на надёжность системы, выработать и обосновать необходимые управленческие проектные и эксплуатационные решения.

Литература

- 1 Рябинин И. А. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем/ И. А. Рябинин – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2007. – 276 с.
- 2 Сукач, Е. И. Метод вероятностно-алгебраического моделирования надёжности функционально-сложных систем/ Е. И. Сукач// Информатика – 2010. – № 3. – С. 18–30.
- 3 Сукач, Е. И. Вероятностно-алгебраическое моделирование характеристик надёжности механических систем/ Д. В. Ратобыльская, В. Л. Мережа, Е. И. Сукач // Проблемы физики, математики и техники. – 2010. – № 2[3]. – С.75–79.
- 4 Сукач, Е. И. Анализ сложных систем с использованием методов компьютерной алгебры/ Е. И. Сукач //Третья международная научно-техническая конференция «Компьютерная математика в инженерии, науке и образовании», 1–31 октября 2009 г., Полтава-Киев: Изд-во НАН Украины, 2009. – 58 с.
- 5 Сукач, Е. И. Вероятностно-алгебраическое моделирование потоковых систем/ Д. В. Ратобыльская, Н. Н. Запольский, Г. И. Большакова, Е. И. Сукач // Современные информационные компьютерные технологии mcIT-2010: материалы II Международной научно-практической конференции [Электронный ресурс] / УО «Гр. ун-т им. Я. Купалы». – Гродно, 2010. – 1 электр. компакт диск (CD-R). – 995 с. – Рус. – Деп. в ГУ «БелИСА» 24.05.2010 г., No. Д201019.
- 6 Сукач, Е. И. Динамика демографических процессов на постсоветском пространстве /Д. Г. Лин, Е. И. Сукач – Минск: Право и экономика, 2010. – 246 с.
- 7 Диллон, Б Инженерные методы обеспечения надежности систем/ Б. Диллон, Ч. Сингх – М.: Мир, 1984.

УДК 621.1

И. В. Иванов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОЧЕК ИНВЕРСИИ ЭФФЕКТА ДЖОУЛЯ-ТОМСОНА ДЛЯ КСЕНОНА

Выполнена численная обработка экспериментальных значений коэффициента Джоуля-Томсона для ксенона. Полученные точки экспериментальной кривой инверсии сопоставлены с теоретической кривой инверсии, полученной на основании уравнения Ван-дер-Ваальса.

При прохождении реальных газов через пористую перегородку наблюдается эффект Джоуля-Томсона, приводящий к изменению температуры газа при постоянной разности давлений. Этот процесс является изоэнтальпийным и характеризуется коэффициентом [1,2]

$$\lambda = V \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T + T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V. \quad (1)$$

При $\lambda < 0$ имеем отрицательный эффект Джоуля-Томсона, просачивание газа через перегородку сопровождается нагреванием, при $\lambda > 0$ – положительный эффект, газ охлаждается (и это используется в технических установках), а при $\lambda = 0$ – так называемую точку инверсии, при прохождении которой меняется знак эффекта.

Теоретически для уравнения Ван-дер-Ваальса значения температуры инверсии