

Гребенюк Виктор Михайлович

Grebenyuk Viktor Mikhaylovich

Московский государственный технический университет радиотехники,
электроники и автоматики, МГТУ МИРЭА
Moscow State Technical University of Radioengineering,
Electronics and Automation, MSTU MIREA
Аспирант / Post-graduate student
E-Mail: viktor.grebenyuk@gmail.com

Кузнецов Никита Викторович

Kuznetsov Nikita Viktorovich

Московский государственный технический университет радиотехники,
электроники и автоматики, МГТУ МИРЭА
Moscow State Technical University of Radioengineering,
Electronics and Automation, MSTU MIREA
Аспирант / Post-graduate student
E-Mail: nikita.v.kuznetsov@yandex.ru

Стандартизация и контроль качества продукции

**Об упрощённом методе расчёта вероятности безотказной работы
системы на основе статистики использования отдельных
структурных элементов системы**

Simplified approach to system reliability function calculation based on the usage
statistics of its components

Аннотация: Надёжность является одной из неотъемлемых качественных характеристик сложных информационных систем. Расчёт вероятности безотказной работы таких систем, как основного показателя надёжности, является трудоёмкой задачей. В некоторых случаях, возникает необходимость в упрощённом методе определения вероятности безотказной работы системы, позволяющих быстро получить приемлемый результат.

The Abstract: Reliability is one of the key characteristics of the complex information systems. Calculation of a reliability function for such systems is not a trivial task, so there are some cases when there is a need for a simplified approach allowing to calculate a rough value of a reliability function quickly.

Ключевые слова: Обеспечение качества, надёжность систем, сложные информационные системы.

Keywords: Quality assurance, system reliability, complex information systems.

1. Введение

В последние годы разрабатывается всё больше сложных информационных систем и одной из неотъемлемых качественных характеристик таких систем является их надёжность. Стандарты (в частности ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93), описывают «надёжность» (reliability), как одну из характеристик качества программного обеспечения, наряду с функциональными возможностями (functionality), практичностью (usability), эффективностью (efficiencies),

сопровождаемостью (maintainability) и мобильностью (portability)[1]

Обычно, для того, чтобы произвести расчёт вероятности безотказной работы системы, как основного показателя надёжности, необходимо провести предварительную декомпозицию структурной схемы системы, что является трудоёмкой задачей в сложных системах. В некоторых случаях, например при предварительном планировании тестирования системы, возникает необходимость в более примитивном и быстром методе определения вероятности безотказной работы системы.

В данной статье рассмотрен упрощённый метод расчёта вероятности безотказной работы системы на основе статистики использования отдельных структурных элементов системы.

2. Анализ существующей литературы

Согласно общепринятой теории [2], вероятность безотказной работы для системы из n элементов за время t без резервирования (при условии последовательного присоединения компонентов и считая отказы элементов независимыми) определяется по теореме умножения вероятностей: вероятность совместного появления независимых событий равна произведению вероятностей этих событий:

$$P(t) = p_1(t)p_2(t) \dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t), \quad (1)$$

где $p_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента.

При параллельном соединении элементов и при условии, что для работы системы достаточно работы одного из включенных параллельно элементов, отказ системы является совместным событием, имеющим место при отказе всех параллельно включенных элементов. Если параллельно включены m элементов и вероятность отказа каждого $q_j(t) = 1 - p_j(t)$, то вероятность безотказной работы системы рассчитывается как:

$$p_c(t) = 1 - \prod_{j=0}^m [1 - p_j(t)], \quad (2)$$

В случаях, если структурная схема надёжности системы состоит из последовательно и параллельно соединенных элементов, то расчет ее надёжности может быть произведен с использованием сочетания формул приведённых выше.

Недостатком приведённого выше метода является необходимость предварительной декомпозиции структурной схемы системы, что является трудоёмкой задачей в сложных системах, поэтому возникает задача разработки упрощённого метода расчёта вероятности безотказной работы системы.

3. Метод расчёта вероятности безотказной работы системы на основе статистики использования отдельных структурных элементов системы

В качестве решения поставленной задачи, предлагается производить расчёт вероятности безотказной работы системы на основе статистики использования отдельных структурных элементов системы. Данный метод основан на предположении, что критичность отдельного элемента для безотказной работы системы зависит от частоты его использования, а значит, что показатели отказоустойчивости наиболее используемых элементов оказывают наибольшее влияние на показатели отказоустойчивости всей системы. В таком случае, предлагается рассчитывать вероятность безотказной работы системы по формуле:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t)^{k_i/k_0}, \quad (3)$$

где k_i – количество раз, когда i -й элемент был использован; k_o – общее количество раз использования всех элементов системы.

В качестве примера, приведём систему «Y», состоящую из 5 элементов, в которой варианты и очередность использования элементов системы определяются некоторыми логическими условиями. Структурная схема такой системы приведена на рисунке 1.

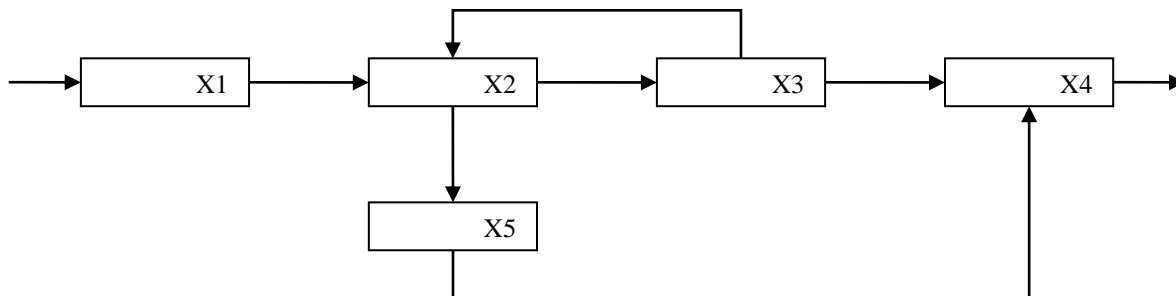


Рис. 1. Структурная схема системы “Y”

В силу специфики встроенной логики системы, существуют следующие 3 равновероятные варианта её использования:

- A. X1-X2-X3-X4;
- B. X1-X2-X3-X2-X3-X4;
- C. X1-X2-X5-X4.

Подсчитаем статистику использования каждого элемента на основе вариантов использования приведённых выше. Результаты подсчётов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Статистика использования каждого элемента системы на основе всех возможных вариантов использования системы

Название элемента системы	Количество раз использования
X1	3
X2	4
X3	4
X4	2
X5	1
Итого:	14

Подсчитаем вероятность безотказной работы для данной системы на основе формулы (1) для каждого из вариантов.

$$P_A = P_{X1} * P_{X2} * P_{X3} * P_{X4} \tag{4}$$

$$P_B = P_{X1} * P_{X2} * P_{X3} * P_{X2} * P_{X3} * P_{X4} \tag{5}$$

$$P_C = P_{X1} * P_{X2} * P_{X5} * P_{X4} \tag{6}$$

С учётом равновероятности использования каждого из трёх вариантов, используем формулу (2) и представим вероятность безотказной работы системы в следующем виде:

$$P_{Y1} = 1 - (1 - P_A) * (1 - P_B) * (1 - P_C) \tag{7}$$

Поставив значения каждой из формул (4), (5) и (6) в формулу (7), получим следующее выражение:

$$P_{Y1} = 1 - (1 - P_{X1} * P_{X2} * P_{X3} * P_{X4}) * (1 - P_{X1} * P_{X2} * P_{X3} * P_{X2} * P_{X3} * P_{X4}) * (1 - P_{X1} * P_{X2} * P_{X5} * P_{X4}) \quad (8)$$

Подсчитаем вероятность безотказной работы для данной системы на основе формулы (3):

$$P_{Y2} = P_{X1}^{3/14} * P_{X2}^{4/14} * P_{X3}^{4/14} * P_{X4}^{2/14} * P_{X5}^{1/14} \quad (9)$$

Заметим, что в случае, если показатели вероятности безотказной работы каждого элемента системы равны, то вероятность безотказной работы всей системы будет равна показателю вероятности безотказной одного из таких элементов, что также соответствует формуле (9).

Для определения корректности использования формулы (9), сравним значения показателей вероятности безотказной работы системы, полученных с использованием формул (8) и (9), представленных в таблице 2.

Таблица 2

Значения показателей вероятности безотказной работы системы, полученных с использованием формул (8) и (9)

Элементы системы	Варианты наборов значений показателей надёжности элементов системы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X1	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98
X2	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88
X3	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88	0,86	0,84	0,82	0,8
X4	0,88	0,86	0,84	0,82	0,8	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9
X5	0,88	0,86	0,84	0,94	0,92	0,9	0,9	0,82	0,8	0,98
PY1	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,92	0,93	0,92	0,92	0,95
PY2	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,88	0,88	0,87	0,87	0,89

Для большей наглядности, на рисунке 2 приведены графики, построенные на основе данных таблицы 2.

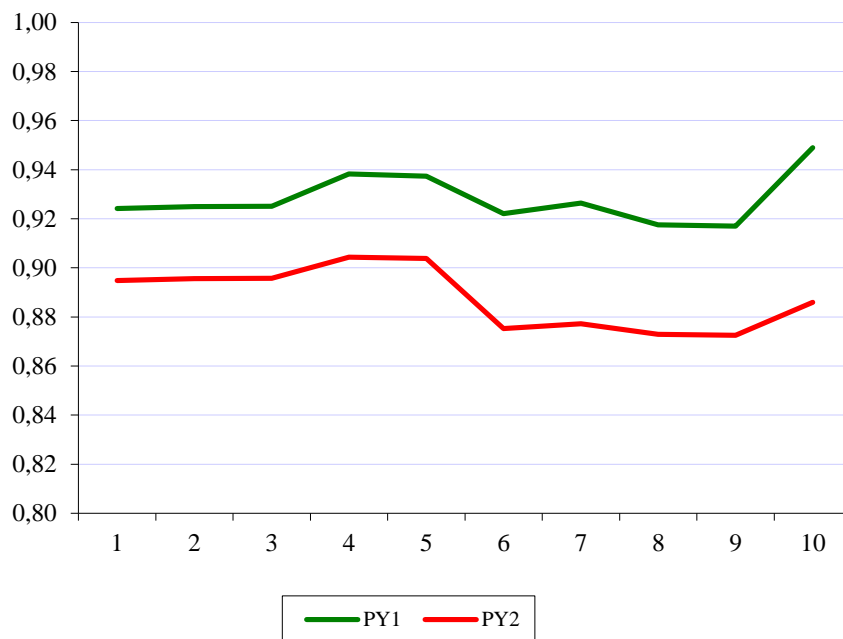


Рис. 2. Графики, построенные на основе данных Таблицы 2

4. Заключение

Как следует из Таблицы 2, максимальное расхождение значений вероятностей безотказной работы системы, рассчитанных по формулам (8) и (9) на данном интервале значений вероятности безотказной работы элементов не превышает 7%, что позволяет заявить о пригодности предложенного способа для упрощённого расчёта.

Стоит отметить, что при низких значениях вероятности безотказной работы отдельных элементов (например, 0,6 и ниже), наблюдается значительно большая разница в значениях, полученных с использованием формул (8) и (9). Однако, ввиду, малой вероятности использования элементов в такими низкими показателями надёжности, данной особенностью предложенного метода расчёта предлагается пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 “Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению”
2. Донцова Т.В., Данькина Г.Б., «Диагностика и надёжность автоматизированных систем», учебное пособие, Красноярск, 2012 // <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/umk/doncova/u-posob.pdf>

Рецензент: Сидорин Виктор Викторович, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоэлектронных средств факультета радиотехнических и телекоммуникационных систем МГТУ МИРЭА, доктор технических наук, профессор.