

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗБЫТОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО КРИТЕРИЮ СРЕДНЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЯ

Abstract: Questions of superfluous system efficiency estimation by criterion of average duration of idle time are considered. Influence of a level of system redundancy on its efficiency of its functioning is shown.

Key words: criterion of efficiency, average duration of idle time, a level of redundancy.

Анотація: Розглянуті питання оцінки ефективності надлишкової системи за критерієм середньої тривалості простою. Показано вплив рівня надлишковості системи на ефективність її функціонування.

Ключові слова: критерій ефективності, середня тривалість простою, рівень надлишковості.

Аннотация: Рассмотрены вопросы оценки эффективности избыточной системы по критерию средней продолжительности простоя. Показано влияние уровня избыточности системы на эффективность её функционирования.

Ключевые слова: критерий эффективности, средняя продолжительность простоя, уровень избыточности.

1. Введение

Для некоторого класса систем продолжительность простоя может оказывать решающее влияние на их эффективность [1]. В случае систем военного применения важность такой характеристики, как продолжительность простоя, объясняется тем, что в период простоя системы по причине появления очередного отказа противник может планировать и осуществлять соответствующие агрессивные действия в ваш адрес.

Продолжительность простоя может также оказывать влияние на величину экономических потерь, которые понесет предприятие за каждый период простоя по причине отказа системы. Длительные интервалы восстановления системы могут привести к появлению значительных очередей и срыву графиков выполнения работ, поэтому в каждом конкретном случае разработчику необходимо решать оптимизационную задачу по выбору между системой с высокой надежностью и большой стоимостью и системой с низкой надежностью и малой стоимостью. Рассмотрим более подробно данную постановку задачи.

2. Оценка продолжительности простоя системы

На этапе проектирования системы необходимо уделять большое внимание определению ожидаемой продолжительности ее простоя за заданный период эксплуатации.

Рассмотрим неизбыточную восстанавливаемую систему. Средняя продолжительность простоя системы за период времени эксплуатации t можно вычислить по формуле

$$S(t) = R(t)t_g, \quad (1)$$

где $R(t)$ – среднее количество отказов системы за время t ;

t_g – среднее время восстановления неизбыточной системы после отказа.

Среднее количество отказов системы за время t при однородном и стационарном потоке отказов можно ориентировочно определить по формуле

$$R(t) = \frac{t}{T_c}, \quad (2)$$

где T_c – средняя наработка на отказ системы.

Для избыточной системы средняя наработка на отказ равна средней наработке на отказ одного комплекта оборудования, а именно

$$T_c = T_1, \quad (3)$$

где T_1 – средняя наработка на отказ одного комплекта оборудования.

Подставляя (2) и (3) в (1), получим формулу для вычисления ожидаемой продолжительности простоя избыточной системы за период эксплуатации t :

$$S(t) = \frac{t \cdot t_g}{T_1}. \quad (4)$$

Одним из способов сокращения продолжительности простоев по причине отказов является введение избыточности в проектируемую систему, однако это приводит к ее удорожанию.

Рассмотрим восстанавливаемую систему с постоянным резервированием (рис. 1), состоящую из n идентичных комплектов, включенных параллельно.

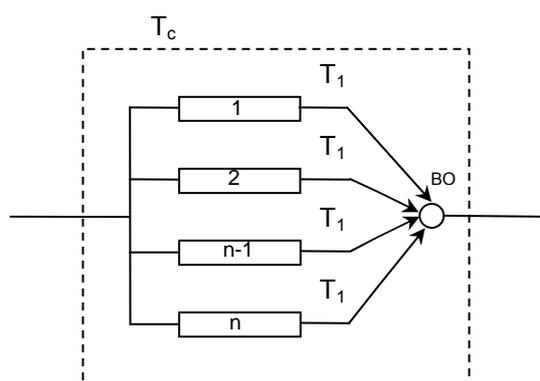


Рис. 1. Восстанавливаемая система с постоянным резервированием, состоящая из n идентичных комплектов, включенных параллельно

Принимаем, что в данной системе восстанавливающий орган (ВО) является абсолютно надежным, а средняя наработка на отказ системы определяется по формуле [2],

$$T_c = \frac{T_1^2 (n-1)^2}{t_g \cdot n}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (2), вычислим средние продолжительности простоя системы S в случае применения постоянного резерва с двумя, тремя и четырьмя параллельными цепями (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительности простоя для систем с различным уровнем резервирования

Наименование показателя	Количество комплектов системы			
	1	2	3	4
Средняя наработка на отказ, T_c	T_1	$\frac{T_1^2}{2t_g}$	$\frac{4T_1^2}{3t_g}$	$\frac{9T_1^2}{4t_g}$
Средняя продолжительность простоя, $S(t)$	$\frac{t \cdot t_g}{T_1}$	$\frac{2t \cdot t_g^2}{T_1^2}$	$\frac{3t \cdot t_g^2}{4T_1^2}$	$\frac{4t \cdot t_g^2}{9T_1^2}$

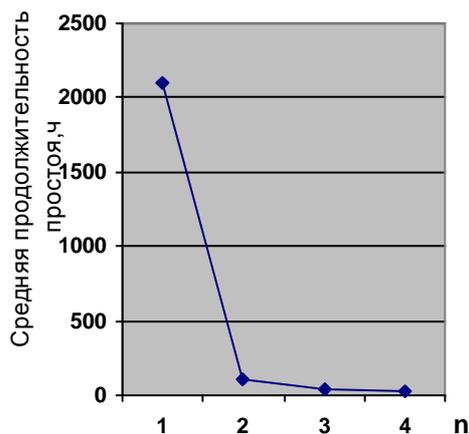


Рис. 2. Зависимость средней продолжительности простоя от уровня резервирования

График зависимости средней продолжительности простоя от уровня резервирования, построенный для данных примера, изображен на рис. 2. Не трудно видеть, что даже с введением самого низкого уровня избыточности (дублирования) средняя продолжительность простоя системы резко падает.

3. Оценка эффективности системы

В качестве критерия эффективности системы примем ее полную стоимость за период эксплуатации, которая складывается из собственно стоимости системы и стоимости потерь, связанных с суммарной продолжительностью простоя по причине отказов.

Пример. Необходимо оценить эффективность систем по критерию продолжительности простоя, имеющих разные уровни избыточности. В качестве исходных данных принимаем $T_1=1000$ ч, $t = 10$ лет = 87600 ч, $t_g = 24$ ч, стоимость одного комплекта системы – 100000 у.е., стоимость одного часа простоя системы $C_1= 1000$ у.е.

Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2. Эффективность систем по критерию продолжительности простоя, имеющих разные уровни избыточности

Слагаемые полной стоимости, у.е.	Количество комплектов системы			
	1	2	3	4
Стоимость системы, СС	100000	200000	300000	400000
Стоимость простоя за 10 лет эксплуатации, $СП=C_1 \cdot S(t)$	2102000	101000	38000	22000
Полная стоимость, $ПС=СС+СП$	2202000	301000	338000	422000

Из табл. 2 видно, что при стоимости одного комплекта системы 100000 у.е. наиболее эффективной оказывается система, состоящая из двух комплектов, включенных параллельно-дублированная система.

Оценим влияние стоимости одного комплекта системы на полную стоимость системы (рис. 3).

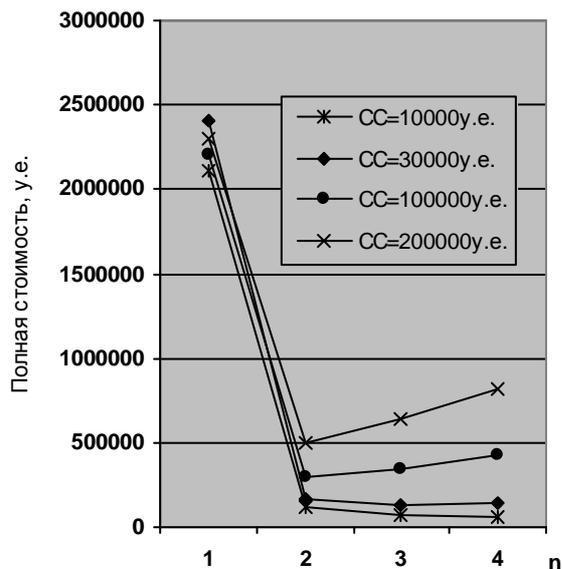


Рис. 3. Зависимости полной стоимости системы от стоимости системы и кратности резервирования

Анализ графиков, приведенных на рис. 3, показывает, что при стоимости одного комплекта 70000 у.е. и выше наиболее эффективной является дублированная система. С уменьшением стоимости одного комплекта оборудования системы менее 65000 у.е. эффективными становятся троированная система, а менее 20000 у.е. – система из четырех комплектов.

4. Выводы

1. Наилучшей стратегией действий разработчика является определение методов повышения надежности в рамках допустимых расходов за время эксплуатации системы. В общем случае, когда заданы жесткие ограничения по этому показателю, то больший эффект можно получить от введения избыточности в систему, чем от других методов повышения надежности.
2. Для данных, приведенных в примере, одноканальная неизбыточная система является неэффективной, так как за период эксплуатации имеет очень высокую стоимость простоя и, как следствие, высокую полную стоимость.
3. При высокой стоимости одного комплекта оборудования системы наиболее эффективной является дублированная система.
4. При снижении стоимости одного комплекта оборудования системы эффективность трехканальной и четырехканальной систем возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность радиоэлектронных систем / Пер. с англ. / Под ред. А.М. Половко, А.Г. Варжапетяна. – М.: Советское радио, 1968. – 326 с.
2. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – К.: Логос, 2002. – 486 с.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2008