

---

УДК 519.7

*В.Н. БАВЫКИН*

**АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К ОТКАЗАМ МНОГОЗНАЧНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (МЛЭ)**

---

В практике реализации и использования МЛЭ пространственного типа наиболее острой является проблема обеспечения надежности, ибо выигрыш в реализуемой значности сопровождается увеличением аппаратных затрат, снижающих вероятности безотказной работы (ВБР) в отношении внезапных отказов. При этом основной качественной характеристикой надежности МЛЭ является его ВБР в пределах заданного промежутка времени  $t$ .

В общем виде ВБР в отношении внезапных отказов МЛЭ пространственного типа определяются как [1]

$$P = \exp(-\lambda \Sigma t), \quad (1)$$

где  $\lambda \Sigma$  – интенсивность отказов МЛЭ;  $P$  – вероятность безотказной работы в отношении внезапных отказов.

Поскольку в период нормальной работы МЛЭ интенсивность отказов элемента во времени постоянна, применение для анализа схемной надежности МЛЭ экспоненциальной модели представляется обоснованным и необходимым.

Кроме того, как известно [2], при возрастании числа компонент, входящих в состав произвольной структуры, интенсивности отказов которых распределены по различным законам, композиция их распределений в структуре приводит к экспоненциальному распределению отказов. Так как в структуре МЛЭ содержится значительное число компонент, применение экспоненциальной модели для анализа ВБР является правомерным при сравнении структур на этапе их проектирования.

Для определения ВБР МЛЭ пространственного типа используем априорные статистические данные интенсивностей отказов [2] компонент схемы МЛЭ. Интенсивность отказов МЛЭ определяется как сумма интенсивностей отказов всех компонент, входящих в состав одного каскада:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (2)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность отказов  $i$  компоненты;  $i$  – номер компонента;  $n$  – общее число компонентов.

Влияние интенсивности отказов внешних связей учитывается при определении интенсивностей отказов активных компонент.

Поскольку общее число компонент, входящих в состав МЛЭ пространственного типа, зависит от значности (количество каскадов), формула (2) примет вид

$$\lambda_{\Sigma} = k \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (3)$$

здесь  $k$  – значность, реализуемая МЛЭ.

Подставив значение выражения (3) в (1), получим

$$p(t, k) = \exp(-kt \sum_{i=1}^n \lambda_i). \quad (4)$$

Как видно из выражения, ВБР экспоненциально зависит от значности и уменьшается с ее ростом.

Еще одной качественной характеристикой МЛЭ, связанной с надежностью и имеющей практическое значение в процессе эксплуатации, является наработка до отказа  $m_t$ , определяемая как [3]:

$$m_t = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}}. \quad (5)$$

В целях сравнительного анализа схемы МЛЭ по надежности критерию проведем анализ зависимости ВБР от значности реализуемой МЛЭ, а также режимов работы компонент, входящих в их состав. Исходные данные по количествам компонент МЛЭ, входящих на один каскад, приведены в табл. 1.

Результаты расчетов схемной надежности и наработки до отказа МЛЭ приведены в табл. 1, причем ВБР и наработка до отказа рассчитаны для гарантируемого срока службы интегральных микросхем  $t = 10^3$  часов при  $k = 10$  для трех уровней интенсивностей отказов – максимального, среднего и минимального [2].

На рисунке приведены графические зависимости схемной надежности МЛЭ от значности, рассчитанные по формуле (1) для разных интенсивностей отказов компонент, причем надежность МЛЭ при максимальной интенсивности отказов компонент соот-

Таблица 1

$N_t$	10
$N_p$	14
$N_c$	3
$N_g$	—
$N_{ct}$	3

Примечание:

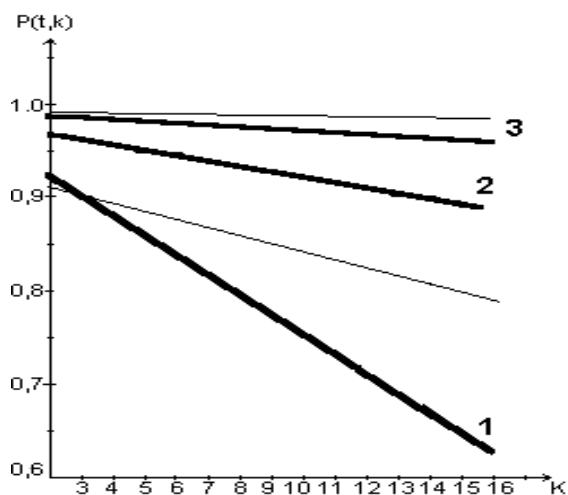
$N_t, N_p, N_c, N_g, N_{ct}$

— соответственно, число транзисторов, резисторов, конденсаторов, диодов, стабилитронов в одном каскаде.

ветствует номинальной электрической нагрузке компонент схемы МЛЭ. Для случаев работы в микрорежиме или близком к нему режиме приведены характеристики для минимальной и средней интенсивностей отказов. Поскольку значность, реализуемая МЛЭ пространственного типа, меняется дискретно, все приведенные оценки выполнены для дискретных значений  $k$ .

Так как электрическая нагрузка связана с потребляемой мощностью, определяющей быстродействие МЛЭ, по данным приведенного выше анализа можно выбрать необходимый режим работы элемента, обеспечивающий высокое быстродействие при заданном уровне ВБР и значности.

Необходимо отметить, что анализ полученных характеристик надежности (рисунок) показывает её слабую зависимость от изменения значности при средней и минимальной электрической нагрузке. При номинальном режиме работы имеет место существенное влияние значности на снижение схемной надежности МЛЭ пространственного типа.



Сравнение результатов расчетов ВБР МЛЭ пространственного типа, реализуемых с применением принципа базиса, с надежнос-

тью комбинационного варианта пространственного МЛЭ на двоичной элементной базе [3] (см. рисунок, штрих-пунктирная линия) показывает, что уровни ВБР данных устройств соизмеримы. Необходимо отметить, что скорость снижения надежности для комбинационного варианта пространственного МЛЭ с увеличением реализуемой значности уменьшается. Такое отличие схемных надежностей объясняется тем, что оценка схемной надежности МЛЭ типа  $S \rightarrow P - P \rightarrow S$  проводилась по данным интенсивностей отказов для дискретных компонент, с ориентацией на реализацию элементов методами гибридной интегральной технологии. В случае реализации МЛЭ типа  $S \rightarrow P - P \rightarrow S$  методами твердоинтегральной технологии схемная надежность их существенно возрастает и, как показывает анализ И<sup>2</sup>Л – схмотехнических решений МЛЭ [3], становится даже выше, чем у комбинационного варианта, реализованного на двоичной интегральной элементной базе. Зависимость схемной надежности МЛЭ от значности при максимальной, средней и минимальной интенсивности отказов (кривые 1, 2, 3 соответственно) показана на рисунке.

Результаты расчетов схемной надежности и наработки до отказа МЛЭ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Надежность $P(t, k); t=10^3 \div ac, K=10$			Наработка до отказа $m_t, ч$		
средняя	максимальная	минимальная	средняя	максимальная	минимальная
0,9147	0,9724	0,7576	112233	362318	36062

**Список литературы:** 1. Надежность многозначных структур / Григорьев В.В., Коноплянко З.Д. и др. К. : Наук. думка, 1981. 176 с. 2. Четвериков Г.Г. Многозначные структуры (анализ, сравнение, синтез, обобщение). Ч. 1: Учеб. пособие. К. : ИСМО, 1997. 192 с. 3. Четвериков Г.Г., Стороженко А.В., Ревенчук И.А., Бавыкин В.Н. Принципы построения отдельных компонентов k-значных структур искусственного интеллекта // Радиоэлектроника и информатика, 1998. №2. С. 88-90.

Поступила в редколлегию 15.12.98

**Бавыкин Виктор Николаевич**, соискатель кафедры ПО ЭВМ. Научные интересы: теория многозначных структур, математическая логика. Адрес: Украина, 310002, Харьков, ул. Сумская, 82, кв. 20, тел. 40-94-46.