УДК 621.382.8

О МЕТОДИКЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ОДНОРОДНЫХ ЦЕПЕЙ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е.И.Беляев, В.Л.Дятлов, Ю.М.Шамаев

В последнее время приобретают большую важность вопросы анализа импульсной помехоустойчивости цифровых схем, так как с ростом интеграции электронной аппаратуры появляется ряд факторов, способствующих повышению уровня взаимных и внешних помех [I,2].

Принятые в настоящее время методы анализа цифровых схем не учитывают, что вероятность совпадения неблагоприятных параметров элементов и максимальных импульсов помехи в нескольких каскадах цепи подряд невелика. При этом помехоустойчивость схем при проектировании завышается, что приводит к снижению быстродействия и других качественных показателей.

В настоящей работе предлагается методика статистического анализа помехоустойчивости цепей логических схем, позволяющая при ряде допущений учесть изложенные обстоятельства приемлемыми вычислительными средствами.

Методика основана на совместном применении динамических передаточных характеристик логического элемента с расчетами вероятностей независимых событий и методами теории цепей Маркова.

Допустим, что множество рабочих состояний логического элемента можно разбить на два непересекающихся подмножества Q и N со следующими свойствами:

I) отказ системы возможен только из состояний подмножества N;

2) вероятность p_N достижения подмножества N из множества Q весьма мала;

3) вероятность p_N, а также распределение рабочих состояний в подмножестве Q — $p_Q(x)$ и распределение состояний при

первом достижении множества N — $p^0(x)$ весьма слабо зависят от предшествующих состояний системы и допускают непосредственное определение из её физических свойств.

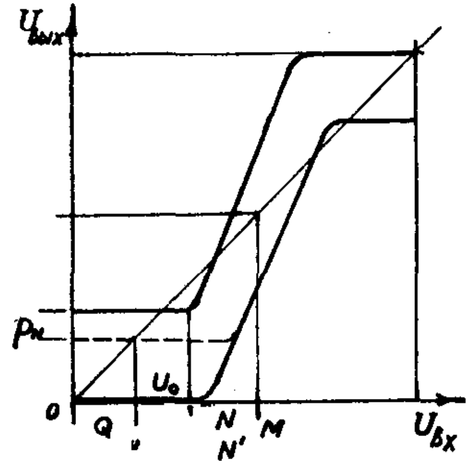

Рис. I

В применении к статическим характеристикам передачи логических элементов эти условия означали бы, что всюду в подмножестве N наклон характеристик весьма мал; доля элементов, через которые происходит переход сигнала из подмножества N в подмножество Q, также незначительна (Рис.I). Примем также несколько частных допущений:

I) характеристики передачи элемента кусочно-линейны и при входном сигнале менее некоторого порога U_0 усиление пренебрежимо мало;

2) длительность максимальных помех соизмерима с длительностью переходных процессов элемента;

3) к действию однократной помехи система устойчива.

Подмножеством N' назовем интервал между минимальным значением точки излома статической характеристики и некоторой условной границей M, превышение которой считается отказом.

Анализ характеристик передачи реальных логических элементов [2] показывает, что принятые допущения достаточно широки; система, которая им не подчиняется, очевидно, слишком маланадежна для практического применения.

В динамическом описании цепи под состоянием подразумевается конкретная реализация случайного процесса на некотором конечном интервале времени (при этом счетное множество состояний образуется обычным квантованием по времени и уровню).

Целью анализа является статистический расчет интенсивности отказов цепи логических схем. Статистические характеристики параметров элементов считаются известными. Область значений параметров A разбивается на ряд подмножеств $A_1, A_2 \dots A_m$ и рассчитываются их вероятности соответственно $p_{A1}, p_{A2}, \dots, p_{Am}$; далее в качестве характеристики подмножества A_l используется наихудшее в его пределах сочетание параметров.

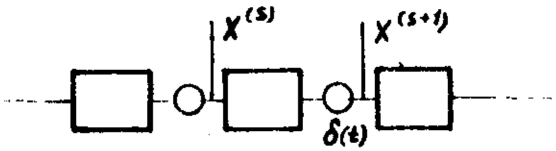

Рис. 2

Для действующей помехи типичные формы импульсов и их интенсивности могут быть получены из анализа линий связи системы [2,3].

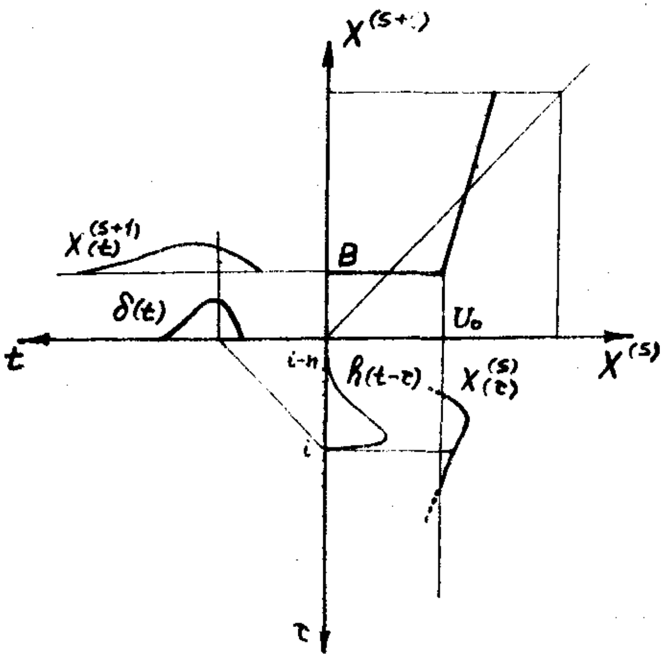

Рис. 3

При этом в принятых допущениях искомая интенсивность выражается соотношением:

$$\lambda_n = n\lambda^{(2)} p^{(2)} \sum_{1}^{\infty} f_s \qquad (1)$$

где $\lambda^{(2)} = \lambda_1 \lambda_2 (\tau_1 + \tau_2)$ – интенсивность совпадений импульсов помехи с частными интенсивностями λ_1 и λ_2 и длительностями τ_1 и τ_2 в двух смежных элементах цепи; $p^{(2)}$ – вероятность сочетания двух неблагоприятных элементов подряд; f_s – вероятность того, что первый отказ после вышеизложенного условия произойдет в S-ом элементе. Далее распространение помехи по цепи рассчитывается следующим образом:

1) для каждой входной реализации $X^{(s)}$ и для каждого A_l рассчитывается выходная реализация $X^{(s+1)}$ (рис. 2,3):

$$x_i^{(s+1)} = \sum_{i-n}^{i} h_{i-k}(x_k^{(s)} - U_{0l}) + B_l + \delta_i$$

(здесь h_j – значение импульсной переходной функции линейного участка характеристики, δ_i – значение действующей помехи, приведенной ко входу; нижний индекс соответствует номеру интервала времени), а также её вероятность $p_x^{(s+1)} = p_{Al} p_x^{(s)}$ и вероятность отказа f_s;

2) полученное множество реализаций $X^{(s+1)}$ с максимумами, лежащими в интервале N', разбивается на группы по значениям максимума и длительности;

3) каждой группе реализаций ставится в соответствие их верхняя граничная огибающая и вероятность, равная сумме вероятностей;

4) полученное множество огибающих считается исходным распределением для следующего такого же преобразования.

По исходному определению подмножество N не содержит замкнутых подмножеств: при этом из теории цепей Маркова следует, что число циклов описанного процесса практически ограничено; далее произойдет либо отказ, либо возврат в множество Q [4,5].

В описанном процессе не производится перебор всех возможных состояний подмножества N (необходимый при обычном моделировании на ЭВМ марковского процесса), автоматически используются лишь те конкретные импульсы, которые реализуются с большой вероятностью. Это обстоятельство дает основания ожидать практически достаточно высокой точности результатов анализа помехоустойчивости при относительно небольшом объеме вычислений.

Литература

1. ЛЮКЕ. "Запас помехоустойчивости цифровых интегральных схем". Труды ИИЭиР, т.51, № 12, 1964.

2. "Анализ и расчет интегральных схем", МИР, 1969.

3. БЕЛЯЕВ Е.И., ДЯТЛОВ В.Л., ШАМАЕВ Ю.М. "О методике анализа помех в однородных сетях логических элементов".(В печати)

4. БРИН И.А., ШАМАЕВ Ю.М. "О передаче двоичной информации по цепочке из одинаковых случайных звеньев". - Автоматика и телемеханика, 1965, т.26, № 5.

5. РОМАНОВСКИЙ В.И. "Дискретные цепи Маркова". ГТТИ, 1949.