

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА С УЧЁТОМ ЕГО ВРЕМЕННЫХ ОТКАЗОВ

Майоров Л.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Боровиков С.М. – канд. техн. наук

В работе предложена методика оценки эффективности функционирования микропроцессорного устройства с учётом воздействия внешних факторов, способных привести ко временным отказам.

В процессе своей эксплуатации любое электронное устройство неоднократно испытывает физические воздействия окружающей среды. Воздействия в виде электромагнитных помех могут поступать в микропроцессорное устройство (МПУ) как в виде наводок на линии связи и дорожки печатной платы, выступающие в побочной роли антенн, так и по линии питания. Электромагнитные помехи, способны приводить микропроцессорное устройство как к полным, так и ко временным отказам [1,2].

Временный отказ (сбой) это самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора (например, перезагрузка).

В качестве показателя эффективности функционирования микропроцессорного устройства рассматривается вероятность выполнения устройством своих задач. Например, для приёмно-контрольного устройства, показателем эффективности функционирования будет вероятность безошибочного приёма сигнала, его корректной обработки и выполнения установленных действий, при различных её результатах.

Существующие методики оценки эффективности функционирования позволяют учитывать вероятность полного отказа одного или нескольких элементов системы, однако одно и то же устройство может подвергаться разным воздействиям внешней среды в разных условиях применения. Вычисление эффективности функционирования устройства, в случаях особо ответственных применений в сложных условиях, может потребовать учёта не только полных, но и временных отказов, которые могут быть вызваны, например, атмосферными разрядами. Данная методика предлагает инженеру способ учёта временных отказов устройства, вызванных факторами окружающей среды.

Для упрощения анализа устройства, его следует подвергнуть декомпозиции, разложив на типовые каскады. Возьмём в качестве примера упрощённое разложение на каскады приёмно-контрольного устройства охранной сигнализации, представленное на рисунке 1.



Рисунок 1 – Простейшее МПУ

Формула расчёта вероятности корректной (безотказной) работы для представленного на рисунке 1 МПУ определяется как

$$p_{\text{МПУ}} = 1 - q_{\text{МПУ}} = (1 - q_{\text{СП}})(1 - q_{\text{ВхБ, МП, ВыхБ}}) = (1 - q_{\text{СП}})(1 - (q_{\text{ВхБ}} q_{\text{МП}} q_{\text{ВыхБ}})), \quad (1)$$

где символы  $p$  и  $q$  означают вероятности корректной и некорректной работы каскада, а нижние индексы МПУ, СП, ВхБ, МП и ВыхБ означают микропроцессорное устройство, стабилизатор питания, входной буфер, микропроцессор и выходной буфер – соответственно.

Микропроцессорное устройство состоит из четырёх каскадов, каждый из которых в произвольный момент времени может находиться в одном из двух состояний: работоспособном и неработоспособном. Поэтому общее число состояний МПУ определяется как  $2^n$ , где  $n$  – количество каскадов МПУ. Формула расчёта вероятности  $h_i$   $i$ -го состояния устройства примет вид

$$h_i = s(\text{СП}) \cdot s(\text{ВхБ}) \cdot s(\text{МП}) \cdot s(\text{ВыхБ}) \quad (2)$$

где  $s(j)$  – вероятность, характеризующая техническое состояние  $j$ -го каскада.

Вероятность нахождения  $j$ -го каскада в работоспособном состоянии обозначим через  $r(j)$ . В теории надёжности её называют стационарным коэффициентом готовности, или кратко: коэффициентом готовности. Слово «стационарный» подчёркивает его постоянство во времени. Таким образом, вероятность нахождения  $j$ -го каскада в неработоспособном состоянии обозначим через  $[1-r(j)]$ .

Коэффициент эффективности технического состояния, введённый в методике [3], на основании которой разработана данная методика, (коэффициент эффективности)  $\Phi_i$  является вероятностью того, что в каскад, находясь в состоянии  $h_i$ , выполнит свои функции. Например, в случае со входным буфером, коэффициент эффективности будет вероятностью того, что буфер пропустит полезный сигнал и не пропустит обычный всплеск напряжения на линии.

Данная методика предлагает учитывать временные отказы при помощи коэффициента эффективности, то есть внести в него вероятность возникновения фактора внешней среды, а также вероятность влияния данного фактора на каскад:

$$\Phi_i = \rho_{\text{МПУ}} \cdot \prod (1 - [P_{\text{возн.ф.}} \cdot P_{\text{вл.ф.}}]), \quad (3)$$

где  $P_{\text{возн.ф.}}$  – вероятность возникновения фактора;  $P_{\text{вл.ф.}}$  – вероятность влияния фактора на рассматриваемый каскад;  $\prod (1 - [P_{\text{возн.ф.}} \cdot P_{\text{вл.ф.}}])$  – произведение вероятностей отсутствия временных отказов по причинам рассматриваемых факторов окружающей среды.

Для учёта влияния временных отказов на эффективность функционирования микропроцессорного устройства, необходимо иметь справочные данные для оценки качества работы каскада при влиянии того или иного фактора среды, а также справочный материал по каждому из рассматриваемых факторов: вероятность его возникновения в рассматриваемых условиях и вероятность его воздействия.

Показатель эффективности функционирования микропроцессорного устройства  $E_{\text{МПУ}}$ , с учётом его временных отказов, будет определяться следующей формулой:

$$E_{\text{МПУ}} = \sum h_i \cdot \Phi_i \quad (4)$$

Таблица 1 – Возможные состояния микропроцессорного устройства

№ состояния	Обозначение состояния	Состояния каскадов				Формула определения вероятности состояния $h_i$	Определение коэффициента эффективности состояния $\Phi_i$
		СП	ВхБ	МП	ВыхБ		
1	0000	0	0	0	0	$[1-r(\text{СП})] \cdot [1-r(\text{ВхБ})] \cdot [1-r(\text{МП})] \cdot [1-r(\text{ВыхБ})]$	0
...	...	...	...	...	...	...	0
16	1111	1	1	1	1	$r(\text{СП}) \cdot r(\text{ВхБ}) \cdot r(\text{МП}) \cdot r(\text{ВыхБ})$	*

Из составленной таблицы возможных состояний становится видно, что коэффициент эффективности устройства равен нулю при любом каскаде, находящемся в нерабочем состоянии. Причиной этого послужила структура устройства: последовательно соединённые каскады обработки данных с общим питанием.

При составлении таблицы состояний используются бинарные обозначения состояний, в которых зашифрованы состояния каскадов в данном состоянии. Важно понимать, в каком из состояний коэффициент эффективности рассматриваемого устройства однозначно равен нулю: при нерабочем питании (СП) или микропроцессоре (МП) микропроцессорное устройство работать не будет. Состояния частичной исправности возможно в случае дублирования каскадов. Например, при двух входных буферах устройство имело бы три состояния с ненулевым коэффициентом эффективности: полностью исправное, с отказавшим первым каскадом и с отказавшим вторым каскадом.

Ценность данной методики заключается в том, что она позволяет инженеру оценить влияние не только постоянных, но и временных отказов, которые могут быть вызваны воздействиями среды.

#### Список использованных источников:

1. Майоров, Л. В. Физические причины временных отказов микропроцессорных устройств / Майоров Л. В. // Электронные системы и технологии : 55-я юбилейная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. : сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 169.
2. Майоров, Л. В. Временные отказы микропроцессорных устройств систем безопасности и оценка вероятности их возникновения / Л. В. Майоров, С. М. Боровиков // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XVII Белорусско-российской научно – технической конференции, Минск, 11 июня 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : Т. В. Борботько [и др.]. – Минск, 2019. – С. 45 – 46.
3. Боровиков, С. М. Оценка эффективности функционирования электронных систем обеспечения информационной безопасности. // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года) : материалы конф. В 2 ч. Ч. 1. - Минск, 2014. - С. 390-391