

*Направление 210200*

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

---

*Магистерская программа 210200.05*

## **Информационные технологии проектирования электронных средств**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Муромцев Ю. Л.**

*Нистратов М. И.*

### **ДЕГРАДАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЛАЖНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Чернышовой Т. И.*

*ГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

Изменение во времени метрологических характеристик (МХ) измерительных средств (ИС) является одной из важнейших проблем при прогнозировании технического состояния и является следствием старения комплектующих элементов. Воздействие окружающей среды оказывает влияние на скорость старения и на уход параметров комплектующих от номинальных. Широкий диапазон таких воздействий на ИС в процессе эксплуатации вызывает потребность глубокого изучения реакций на эти воздействия уже на этапе проектирования.

Математическая модель изменения метрологической характеристики (МХ) ИС во времени выражает зависимость метрологической характеристики ИС от значений входного сигнала, параметров комплектующих элементов и внешних влияющих факторов [1]:

$$S(t) = F(x, \bar{\xi}(t), \bar{\varphi}), \quad (1)$$

где  $S$  - метрологическая характеристика;  $x$  - входной параметр;  $\bar{\xi}$  - вектор параметров комплектующих;  $\bar{\varphi}$  - вектор параметров влияющих факторов;  $t$  - время.

Как показывает анализ выражения (1), изменение метрологических характеристик ИС во времени обусловлено прежде всего старением электронных компонентов, входящих в состав данного ИС. Дрейф параметров элементной базы обусловлен воздействием различных факторов окружающей среды и старением элементов. Основными влияющими факторами на временное изменение параметров элементов являются влажность  $F$  и температура  $T$ . В рамках данной статьи описывается влияние влажности на временной дрейф элементной базы ИС и соответственное изменение во времени метрологических характеристик данного ИС.

Изменения параметров элементов под действием факторов окружающей среды, в частности влажности, можно разделить на два класса: обратимые и необратимые.

Для описания обратимых изменений параметров элементов вводится понятие коэффициента влажности. Например, влажностный коэффициент емкости  $\beta_c$  определяется как относительное изменение емкости при изменении относительной влажности на 1%:

$$\beta_c = \frac{2 \cdot (C_2 - C_1)}{(C_2 + C_1) \cdot (F_2 - F_1)}, \quad (2)$$

где  $C_1$  - емкость при относительной влажности  $F_1$ ,  $C_2$  - емкость при относительной влажности  $F_2$ .

Компания *EPCOS*, являющаяся одним из крупнейших поставщиков конденсаторов на российском рынке, приводит параметры коэффициентов влажности для некоторых диэлектриков [2].

Коэффициенты влажности для различных диэлектриков

Диэлектрик		Полипропилен	Терефталат полиэтилена	Нафталат полиэтилена
Коэффициент влажности $\beta_c$	$10^{-6} / \%$ относительной влажности	40...100	500...700	700...900

Для описания необратимых процессов (старения), происходящих в элементной базе ИС, следует воспользоваться такими справочными данными, как срок сохраняемости при нормальных условиях  $\tau$  и максимальное значение относительного изменения номинала при нормальных условиях за это время  $\xi_\xi$  [3]. Скорость старения  $\nu$  при нормальных условиях определяется как отношение этих двух величин:

$$\nu = \frac{\xi_\xi}{\tau} \quad (3)$$

Таким образом, изменение во времени параметров элементов (старение) происходит соответственно следующему выражению:

$$\xi_i(t) = \xi_i^0 (1 + \nu t), \quad (4)$$

где  $\xi_i$  - значение элемента в данный момент времени  $t$ ;  $\xi_i^0$  - начальное значение элемента.

Влияние повышенной температуры и влажности на скорость протекающих процессов коррозии и других типов химической деградации описывается уравнением Аррениуса [2, 4]:

$$A = \left( \frac{F_1}{F_2} \right)^n \exp \left( \frac{E_a}{k} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \right), \quad (5)$$

где  $A$  - коэффициент ускорения;  $E_a$  - энергия активации;  $k$  - постоянная Больцмана ( $8.6171 \cdot 10^{-5}$  эВ);  $F_1, T_1$  - нормальные условия;  $F_2, T_2$  - условия эксплуатации;  $n$  - параметр, зависящий от типа протекающей реакции.

Данная модель используется для компонентов, которые подвергаются различным видам деградации материалов под действием повышенной температуры и влажности. Она широко используется в элек-

тронной промышленности. В технической информации производителей электронных изделий можно найти некоторые параметры данного уравнения.

Например, фирма *PHILIPS* в своей технической документации приводит значения энергии активации для некоторых видов реакций [5]. В таблице 2 приведены эти значения.

Т а б л и ц а 2

**Энергия активации некоторых видов реакций**

Вид деградации	Энергия активации (эВ)
Диффузия и дефект набухания	0.3-0.4
Электролитическая коррозия	0.8-1

С учетом коэффициента ускорения выражение старения элемента (4) выглядит следующим образом:

$$\xi_i(t) = \xi_i^0 (1 + \nu At). \quad (6)$$

Окончательно, с учетом коэффициента влажности уравнение (6) примет вид:

$$\xi_i(t) = \xi_i^0 (1 + \nu At)(1 + \beta(F_2 - F_1)). \quad (7)$$

Полученные таким образом значения параметров элементов в дальнейшем используются в процедуре статистического моделирования изменения во времени МХ проектируемого ИС.

#### Список литературы

1. Мищенко С.В., Цветков Э.И., Чернышова Т.И. Метрологическая надежность измерительных средств – М.: Машиностроение, 2001. - 218 с.
2. «General Technical Information», <delivery.cms-epcos.com/.../General\_technical\_information.pdf>
3. Резисторы: Справочник / Ю.Н. Андреев, А.И. Антонян, Д.М. Морозов и др.; под ред. И.И. Четверткова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 352с.
4. Henry Livingston «Guidelines for using plastic encapsulated microcircuits and semiconductors in military, aerospace and other rugged applications», <smalab.ri.uah.edu/dmsms2k/papers/livingston.pdf>
5. «Philips semiconductors reliability», <www.semiconductors.philips.com/acrobat/other/profile/qrh\_interactief.pdf>