

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СТОЙКОСТИ ЦИФРОВЫХ БИПОЛЯРНЫХ ИС В ПОЛЯХ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ТЕРМОТОКОВОМ РЕЖИМЕ

к.т.н. В.К. Зольников  
(представил д.т.н., проф. В.С. Харченко)

Предложена модель определения работоспособности ИС для малых мощностей гамма – излучения. Описаны способы решения уравнений и программное обеспечение, реализующее эти решения.

При воздействии гамма - излучения низкой мощности в ИС происходят процессы, которые вызваны естественным старением и деградацией параметров от радиационного воздействия [1, 2]. Для определения стойкости ИС и параметрической надежности с помощью испытаний на малой мощности требуется значительное время, поэтому разработана модель, с помощью которой определяют стойкость и параметрическую надежность, не проводя испытаний на малой мощности гамма - излучения. На основе экспериментальных исследований составлено уравнение, описывающее изменение параметра - критерия годности (ПКГ) от времени и дозы при испытании на малой мощности.

$$Y = (Y_0 + k\sigma_1) + (Y_{об} + k\sigma_2) \cdot Km + (Y_{об} + k\sigma_2) \cdot (1 - \exp(-\frac{T}{t})) + (Y_{ст} + k\sigma_3) + Kv \cdot (Y_{об} + k\sigma_2) \cdot (Y_{ст} + k\sigma_3)$$

где  $Y_0$  - начальное значение параметра;

$Km$  - коэффициент, учитывающий изменения вследствие различной мощности воздействия;

$T$  - температура среды;

$t$  - время;

$Kv$  - коэффициент, учитывающий взаимное влияние процессов старения и "облучения";

$Y_{ст}$  – изменение электропараметра вследствие старения;

$Y_{об}$  – изменение электропараметра вследствие облучения;

$\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  - среднеквадратичные отклонения параметра ( $\sigma_1$  - для начального значения ПКГ,  $\sigma_2$  - ПКГ при испытании на гамма - излучение высокой мощности,  $\sigma_3$  - ПКГ вследствие старения),

$k$  - толерантный множитель. Если норма ТУ ограничивает ПКГ сверху,  $k\sigma_1$ ,  $k\sigma_2$ ,  $k\sigma_3$  имеют положительный знак, а если снизу - то отрицательный.

В результате проведенных исследований в качестве ПКГ для биполярных ИС были выбраны  $U_{OL}$  - выходное напряжение низкого уровня и  $I_{OL}$  - выходной ток низкого уровня.

Определены все аппроксимационные зависимости и все параметры аппроксимации. Для практической реализации определения минимальной наработки и предельной дозы отказа разработан программный комплекс «RAPNIS» (расчет показателей надежности и стойкости).

Комплекс программ расчета составлен на алгоритмическом языке PASCAL и реализован для операционных систем MSDOS и Windows 95 на ПЭВМ типа IBM PC. Работа осуществляется в диалоговом режиме с использованием библиотек как начальных, так и рассчитанных значений.

Комплекс программ рассчитывает изменение среднего значения и среднеквадратичного отклонения ПКГ ИМС в зависимости от времени или дозы воздействия лучения. Расчет производится в двух режимах: оперативном с большой степенью погрешности и длительном с относительно малой погрешностью. Погрешность расчета составляет не более 30% для оперативного расчета и 10% для длительного режима расчета. Но, учитывая что погрешность в определении дозы воздействия при испытании на радиационную стойкость, не более 30%, ограничимся погрешностью расчета 30%.

Рассчитанные величины помещаются файлами на диске и затем распечатываются программой OUT на дисплее или на принтере в 11 формате. Данный вариант вывода позволяет создать библиотеку рассчитанных значений, что исключает необходимость повторных расчетов.

Программный комплекс состоит из следующих программ: RAPNIS - головная программа расчета, меню, диспетчера и интерфейса; STAR - расчет ПКГ модели старения; OBL - расчет ПКГ модели учитывающей только облучение; OUT - вывод результатов; POISK - поиск результатов расчета; BD - управление базой данных, результатов испытаний.

Входными данными комплекса программ являются электропараметры ИС, параметры моделирования, массивы изменения ПКГ от времени от облучения, начальные значения электропараметров и их разброс, характеристики излучения.

Ввод начальных данных осуществляется параллельно из фиксированных данных, содержащихся в файлах - библиотеках, и переменных, вводимых оператором непосредственно с клавиатуры.

Библиотечные файлы делятся на три группы: в первой содержится информация о характеристиках излучения, во второй - об изменении ПКГ от облучения, в третьей - об изменении ПКГ от старения. Организация доступа к библиотечным файлам программы имеет 3 уровня доступа. На первом уровне содержится информация об имеющихся в базе данных результатах испытаний по типам изделий. На втором уровне содержится информация об имеющейся в базе данных информации для конкретной ИС определенного класса. На третьем уровне содержится информация коэффициентов аппроксимации, результатов испытаний и т.п.

Если необходимой информации в базе данных нет, то оператор может выбрать информацию для ИС сходных по своим схемотехническим и конструктивно-технологическим принципам разработки. Возможно и подстановка в качестве коэффициентов аппроксимации средних значений полученных для определенного класса ИС.

Выходные данные записываются файлами на диск и содержат массив значений изменения ПКГ параметра от времени и от дозы и норму ТУ, по которым программа ОУТ строит графическое изображение с указанием нормы ТУ и численного значения дозы отказа и среднего времени наработки на отказ.

Программный комплекс работает в двух режимах: оперативный, где производится более быстрый расчет без использования базы результатов испытаний ИС и по упрощенным формулам и точный - где расчет производится с использованием базы данных.

Программное обеспечение построено так, что оператору достаточно указать тип ИС и, если информация на него имеется в базе данных, коэффициенты аппроксимации определяются сразу. Если информация на данное изделие отсутствует в базе данных, то оператору нужно указать конструктивно-технологическое исполнение изделия и соответствующие коэффициенты аппроксимации также будут определены, но при этом точность расчета падает.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малышев М.М., Малинин В.Г. и др. Методология оценки радиационной надежности ИЭТ в условиях низкоинтенсивных ионизирующих излучений. – Радиационно - надежность характеристики ИЭТ в экстремальных условиях эксплуатации. С - Петербург, 1994. - С. 4 - 15.

2. Миллер Ю.М., Гуров К.П. Влияние температуры в условиях низкоинтенсивного гамма - излучения на электрические параметры микросхем. – Радиационно - надежность характеристики ИЭТ в экстремальных условиях эксплуатации, С - Петербург. 1994. - С. 36 – 40.