

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Таганрогский государственный радиотехнический университет

РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР MENTOR GRAPHICS

БАЗОВАЯ УЧЕБНО-НАУЧНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ НКБ ВС И УНТЦ ФЭП
“ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СТРОЙСТВ”

Для студентов специальностей 2001, 2008, 2019, 2201, 2205
и направления 55.11.00



Таганрог 2001

Составители: Б.Г. Коноплев, А.В. Ковалев, Е.А. Рындин, П.Г. Грицаенко

Руководство к лабораторной работе "Анализ надежности электронных устройств с использованием САПР Mentor Graphics". Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. 29 с.

Цикл лабораторных работ по освоению студентами методов проектирования электронной аппаратуры с использованием рабочей станции Hewlett Packard подготовлен совместно сотрудниками ФЭП и НКБ ВС ТРТУ для базовой лаборатории "Проектирование электронных устройств".

В работе излагаются сведения, необходимые для моделирования надежности электронных систем с использованием программы расчета надежности Reliability Manager САПР Mentor Graphics. Описаны возможности и основные этапы расчета надежности проектируемых электронных систем.

Ил. 7. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент: В.В. Иванцов, канд. техн. наук, доцент кафедры МЭТ БИС ТРТУ.

ВВЕДЕНИЕ

Конструкция считается удовлетворяющей заданным требованиям тогда, когда ее выходные параметры в процессе эксплуатации не выходят за пределы установленных допусков. Именно это свойство конструкции принято называть надежностью.

Как известно, надежность любой технической системы определяется количеством и надежностью ее элементов. Чем сложнее система, тем она менее надежна. Особенно актуальна данная проблема при проектировании электронной аппаратуры. Узлы современных электронных устройств содержат сотни дискретных электрорадиоэлементов (транзисторов, диодов, резисторов, конденсаторов и др.), десятки интегральных схем сверхбольшой степени интеграции (СБИС), каждая из которых может объединять на одном полупроводниковом кристалле от десятков тысяч до миллионов элементов. При проектировании таких сложных систем проблема обеспечения надежности занимает одно из первых мест и требует использования эффективных средств моделирования параметров надежности в составе систем автоматизированного проектирования (САПР).

Предлагаемый курс лабораторных работ посвящен изучению подсистемы моделирования надежности электронной аппаратуры Reliability Manager, являющейся составной частью одной из самых современных САПР для рабочих станций - Mentor Graphics.

Подсистема Reliability Manager позволяет осуществить ввод параметров надежности отдельных элементов моделируемого устройства для заданных условий внешней среды (или загрузить соответствующие библиотечные файлы САПР), создать новые библиотечные элементы, произвести моделирование и получить в виде диаграмм и графиков зависимости параметров надежности проектируемого узла от времени и внешних дестабилизирующих факторов и т.д.

Мощная вычислительная база в виде рабочей станции, а также удобный интерфейс САПР Mentor Graphics позволяют разработчику с помощью подсистемы Reliability Manager быстро и эффективно решать задачи обеспечения надежности проектируемой электронной аппаратуры для заданных условий эксплуатации.

1. ОСНОВЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Надежностью называют свойство системы сохранять выходные параметры в пределах установленных допусков. Соответственно, отказом называют событие, состоящее в выходе значения хотя бы одного из параметров за пределы установленных допусков. Для практических расчетов используют различные количественные характеристики надежности:

- вероятность безотказной работы $P(t)$ – вероятность того, что в течение отрезка времени t все выходные параметры системы будут находиться в пределах допустимых значений;
- наработка на отказ T , [ч] – математическое ожидание длительности отрезка времени до первого отказа системы;
- интенсивность отказов λ , [1/ч] – относительное изменение скорости появления отказов

$$\lambda = \frac{dn(t)/dt}{N_0 - n(t)}, \quad (1)$$

где n – число отказов; t – время; N_0 – число однотипных элементов в выборке перед началом испытаний.

В общем случае данные величины являются функциями времени t и связаны друг с другом следующими выражениями:

$$P(t) = \exp \left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right); \quad (2)$$

$$T = \int_0^{\infty} P(t) dt; \quad (3)$$

$$T = \int_0^{\infty} \exp \left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right) dt. \quad (4)$$

В соответствии с выражениями (2) - (4), рассмотренная взаимосвязь носит достаточно сложный характер. Одной из причин является нелинейная временная зависимость интенсивности отказов, типичный вид которой отражает график, представленный на рис. 1.

Кривая интенсивности отказов имеет три характерных участка (см. рис. 1):

- I - время приработки $0 < t < t_1$;
- II - период стабильной работы $t_1 < t < t_2$;
- III - старение $t > t_2$.

Наиболее важным с практической точки зрения является период стабильной работы системы II (см. рис. 1), в течение которого средняя интенсивность отказов фактически не изменяется:

$$\lambda = \text{const.} \quad (5)$$

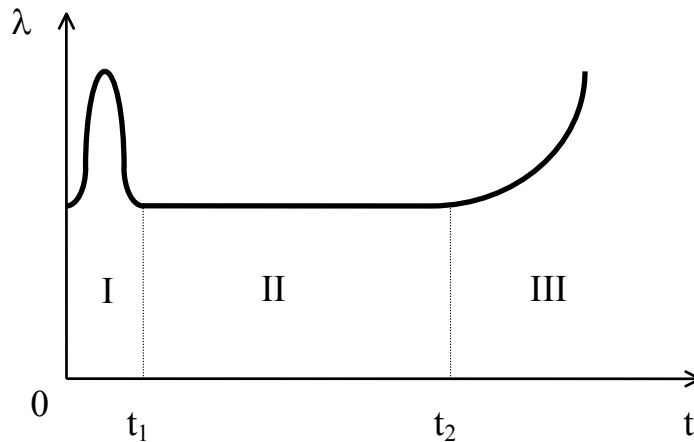


Рис. 1. Типичная зависимость интенсивности отказов систем от времени

С учетом (5), выражения (2) - (4) преобразуются к более простому виду:

$$P(t) = \exp(-\lambda t); \quad (6)$$

$$T = 1/\lambda; \quad (7)$$

$$P(t) = \exp(-t/T). \quad (8)$$

Расчетным путем найти величину интенсивности отказов для отдельного элемента системы нельзя. Поэтому пользуются экспериментальными данными, полученными в результате длительного испытания большого числа элементов N_0 (см. выраж. (1)).

Следует отметить, что экспоненциальный закон распределения, положенный в основу выражения (6), достаточно адекватно отражает действительную картину отказов сложных электронных систем и позволяет получать относительно простые аналитические выражения, удобные для расчета. Но он не является единственным. Исследования некоторых элементов и систем показывают, что распределение времени отказов у них подчиняется законам, отличным от экспоненциального. В некоторых случаях рассматриваются, например, нормальное распределение, распределения Релея, Вейбулла, Пуассона и др.

Пусть рассматриваемая система (узел, модуль) состоит из N элементов более низкого уровня иерархии. Тогда данные элементы с точки зрения надежности будут включены последовательно, то есть отказ любого элемента приведет к отказу всей системы. Предположим, что отказы различных элементов происходят независимо друг от друга, то есть функции интенсивностей отказов элементов некоррелированы. Тогда вероятность безотказной работы системы будет определяться произведением вероятностей безотказной работы ее элементов $P_i(t)$:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t). \quad (9)$$

Интенсивность отказов системы $\Lambda(t)$ в этом случае выражается суммой интенсивностей отказов ее элементов $\lambda_i(t)$:

$$\Lambda(t) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(t). \quad (10)$$

Одним из основных способов повышения надежности электронных систем является резервирование – введение определенной избыточности, которая не участвует в функционировании системы в текущий момент времени, но которая в определенный момент может стать действующей.

Существует несколько видов резервирования:

- информационное – предусматривающее избыточную информацию для выполнения заданной функции;
- нагрузочное – предусматривающее повышенную нагрузочную способность элементов сверх минимально необходимой;
- временное – предусматривающее избыточное время для выполнения определенной функции;
- функциональное – предусматривающее возможность выполнения элементами системы дополнительных функций (помимо основных);
- структурное – предусматривающее резервные структурные элементы, которые могут быть подключены вместо основных в случае отказа последних и др.

Структурное резервирование в настоящее время является наиболее эффективным и широко используемым в проектной практике. При использовании резервных элементов эквивалентная надежностная схема системы становится последовательно-параллельной. Характер и сложность связей между рабочими и резервными элементами определяется методом структурного резервирования.

Обычно выделяют три основных метода резервирования:

- 1) общее, когда резервируется система (или подсистема) в целом;
- 2) поэлементное, когда для каждого рабочего элемента предусмотрены отдельные резервные;
- 3) скользящее, когда резервные элементы являются общими для нескольких рабочих элементов.

Модели вероятности безотказной работы системы, состоящей из N рабочих элементов, можно представить в следующем виде:

1) для общего резервирования

$$P(t) = 1 - \prod_{j=1}^{M-1} \left[1 - \prod_{i=1}^N P_{ij}(t) \right], \quad (11)$$

где $(M-1)$ - число резервных элементов;

2) для поэлементного резервирования

$$P(t) = \prod_{i=1}^N \left\{ 1 - \prod_{j=1}^M [1 - P_{ij}(t)] \right\}, \quad (12)$$

где (M-1) - число резервных элементов;

3) для скользящего резервирования

$$P(t) = \sum_{i=0}^M \left\{ C_{M+N}^i [P_i(t)]^{M+N-i} [1 - P_i(t)]^i \right\}, \quad (13)$$

где M - число резервных элементов; $C_{M+N}^i = (M+N)!/[i!(M+N-i)!]$ - число сочетаний из (M+N) по i элементов.

Модели (11) – (13) приведены для так называемого нагруженного резерва, когда резервные элементы находятся в том же режиме, что и рабочие. При ненагруженном резерве резервные элементы полностью отключены от источника питания до момента отказа рабочих элементов.

Следует иметь в виду, что надежность реальных систем с резервированием определяется также вероятностью безотказной работы устройств управления, предназначенных для подключения резервных элементов вместо вышедших из строя рабочих. При этом использование нагруженного резерва позволяет упростить устройства управления и сократить время переключения, но резервные элементы быстрее растрачивают свой ресурс. Ненагруженное резервирование, напротив, экономит ресурс резервных элементов, но требует более сложных и менее быстродействующих устройств управления.

Для получения достаточно достоверных расчетных данных о надежности разрабатываемого электронного изделия необходимо располагать моделями, в наилучшей степени характеризующими взаимосвязь параметров элементов с выходными параметрами изделия, знать поведение параметров элементов в зависимости от действующих на них нагрузок, определяющихся режимами их эксплуатации и внешними воздействиями и т.д.

Именно этими качествами обладает подсистема Reliability Manager, изучаемая в данных лабораторных работах.

2. ПРОГРАММА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ RELIABILITY MANAGER

Система Mentor Graphics позволяет производить оценку надежности компонентов и проектируемых систем с помощью программы Reliability Manager. Данная программа поддерживает методы расчета надежности двух стандартов MIL-HDBK-217 и IEC56 [1].

Для моделирования системы необходимы: список ее компонентов различного уровня иерархии, библиотеки их свойств и моделей, описание внешних воздействий (температура, вибрация и пр.). На рис. 2 показаны взаимодействия между Reliability Manager и внешними файлами, а также окна программы, отражающие информацию о составе системы (List Windows) и результатах моделирования надежности (инди-

каторы надежности – Prediction Windows, графики - Charts, текстовые отчеты – Text Reports).

Входными данными для расчета надежности являются:

- список идентификаторов элементов проекта (Parts List), который может быть импортирован из проекта печатной платы (PCB) или схемного редактора (Design Architect);
- библиотека PCB (PCB Library), которая содержит информацию о различных свойствах компонентов;

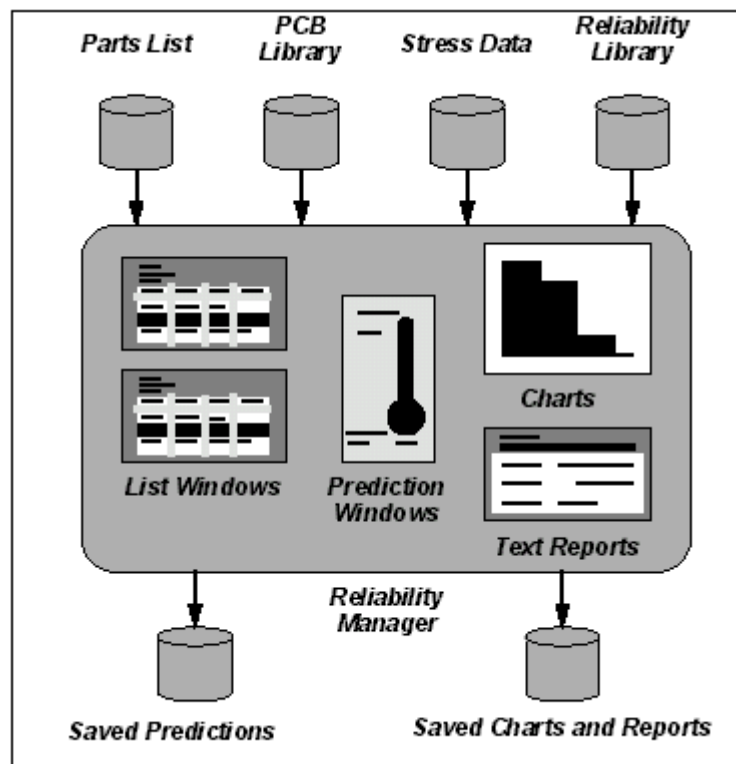


Рис. 2. Структура ввода и вывода данных для программы Reliability Manager

- данные о характере и интенсивности внешних воздействий на каждый компонент проекта (Stress Data). Предусмотрена возможность ввода этих данных с клавиатуры или из других программ, таких как AutoTherm;
- библиотека моделей надежности компонентов стандартов MIL-HDBK-217, IEC56 и/или созданные пользователем (Reliability Library).

Выходными данными являются:

- файлы сохраненных проектов (Saved Predictions);
- файлы сохраненных отчетов и диаграмм (Saved Charts).

Существуют следующие возможности ввода проектных данных в программу Reliability Manager:

- импорт списка компонентов Parts List из схемы, созданной в Design Architect;
- импорт данных из проекта PCB (Board Station);
- экспорт из программы AutoTherm данных о температурных воздействиях на элементы проекта;

– использование списка компонентов Parts List, созданного внешними программами или написанного вручную в необходимом формате.

Импортированные проектные данные автоматически конвертируются во внутренний формат Reliability Manager.

При импорте Parts List из Design Architect вся необходимая информация экстрагируется из схемы проекта. Для связи каждого изображения элемента (символа) в схеме с физическими моделями до импорта схемы используется приложение PCB PACKAGE. Если какой-либо символ не связан с физической моделью, то Reliability Manager использует упрощенный метод спецификации элемента при импорте.

При импорте Parts List из PCB Designs программа Reliability Manager считывает компонентные данные (comps) проекта и формирует Parts List. Приложение PACKAGE читает файлы из библиотечного каталога PCB и назначает компонентам их символы в схеме. Reliability Manager также использует информацию о проводниках, трассах и приборах, представленную в PCB проекте:

1) объект «трассы» используется для определения числа межслойных переходов в проекте;

2) объект «проводники» используется для определения числа соединений в проекте исключая переходы;

3) объект «приборы» применяется для определения числа символов элементов используемых в проекте.

Данные о температурах компонентов, получаемые из программы AutoTherm, используются для задания влияния воздействий окружающей среды при расчете надежности.

Reliability Manager оценивает надежность электрических систем, состоящих из неремонтируемых компонентов и с последовательной схемой надежности. Системы, имеющие какие-либо элементы резервирования, в программе Reliability Manager не рассматриваются.

Reliability Manager рассчитывает надежность систем только в период их работоспособности, т. е. когда интенсивность отказов компонента или системы почти постоянна (см. рис. 1).

Выражение для расчета отказов электронных компонентов в стандарте MIL-HDBK-217F выглядит следующим образом:

$$\lambda = \lambda_b \pi_Q \pi_E \pi_A \dots, \quad (14)$$

где λ_b - интенсивность отказов, зависящая от температуры; π_Q - коэффициент уровня качества компонента; π_E - коэффициент влияния рабочей среды; π_A - коэффициент нагрузки.

В выражение (14) при необходимости вводятся коэффициенты, учитывающие влияние дополнительных факторов окружающей среды. Каждый тип компонента имеет специфическую модель надежности.

При использовании стандарта IEC56-383 применяются следующая модель надежности:

$$\lambda = \lambda_{ref} \pi_U \pi_I \pi_T, \quad (15)$$

где λ_{ref} - базовая интенсивность отказов для нормальных условий; π_U - коэффициент, зависящий от напряжения; π_I - коэффициент, зависящий от тока; π_T - коэффициент, зависящий от окружающей температуры.

Выражение (15) проще, чем в стандарте MIL-HDBK-217F, но расчет каждого коэффициента π более сложен.

3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ MENTOR GRAPHICS

Процесс оценки надежности состоит из последовательно проводимых процедур:

- 1) запуск Reliability Manager;
- 2) открытие списка элементов или сохраненного проекта;
- 3) импорт внешних воздействий Stress Data или ввод их с клавиатуры;
- 4) определение элементов, содержащих разъемы;
- 5) просмотр отчетов и диаграмм;
- 6) выход из Reliability Manager.

4. ПОДГОТОВКА И ЗАПУСК ПРОГРАММЫ RELIABILITY MANAGER

Для подготовки к работе необходимы следующие шаги:

- 1) создание рабочей директории и копирование в нее учебных данных. Создаваемая директория - \$HOME/training (локальная системная переменная \$HOME представляет собой путь в рабочую директорию пользователя /sea/students);
- 2) запуск Design Manager (оболочка пакета Mentor Graphics);
- 3) в Design Manager найти директорию \$MGC_HOME/shared/training. В частном случае системная переменная \$MGC_HOME является путем /sea/mentor/;
- 4) щелкнуть мышью на папке rmgr85nw и выбрать в главном меню пункт Edit > Copy. Ввести путь \$HOME/training/rmgrnw и нажать на кнопку ОК для копирования данных в новую рабочую директорию. Скопированная директория содержит указатель пути, который необходимо поменять на новый. Новый указатель пути должен содержать действительный путь в рабочую директорию;
- 5) выбрать в выпадающем меню пункт MGC > Notepad > Open > Edit и выделить location_map в списке файлов. Нажать кнопку ОК;
- 6) заменить указатель пути your_path в файле location_map на путь к рабочей директории rmgrnw. Для примера:

```
$RMGRNW
your_path/training/rmgrnw
заменяется на
$RMGRNW
/sea/users/student/training/rmgrnw
```

Системные переменные, такие как \$HOME и т.п. - не использовать;
- 7) сохранить изменения в файле (пункт меню File > Save) и закрыть файл (Close);
- 8) выбрать пункт в выпадающем меню MGC > Location Map > Read Map... и ввести путь к файлу location_map в диалоговом окне;
- 9) в окне инструментов Design Manager найти иконку "RMgr" и щелкнуть на ней два раза для запуска программы расчета надежности.

5. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММЫ RELIABILITY MANAGER

5.1. Общие свойства интерфейса

Свойства рабочего интерфейса описываются на основе примера проекта системы. Для чтения схемы следует выбрать пункт выпадающего меню File > Open Prediction, затем найти директорию \$RMGRNW с помощью кнопки Navigator и выбрать объект \$RMGRNW/lab_predictions/lib_prediction. Нажать кнопки mil217f и Parts Count, затем ОК. Появятся три окна: Prediction (оценка надежности, рис. 3), Parts List (список компонентов, рис. 4) и Design Status (текущий статус). Окно Prediction показывает общую интенсивность отказов (FR) схемы и среднее время наработки на отказ (MTTF) (см. рис. 3). В окне Design Status показано, в каких единицах измеряются FR и MTTF (FR измеряется в FIT (отказов в отрезок времени), MTTF - в годах). Окно Parts List показывает все типы компонентов в данном проекте, а также FR для каждого типа.

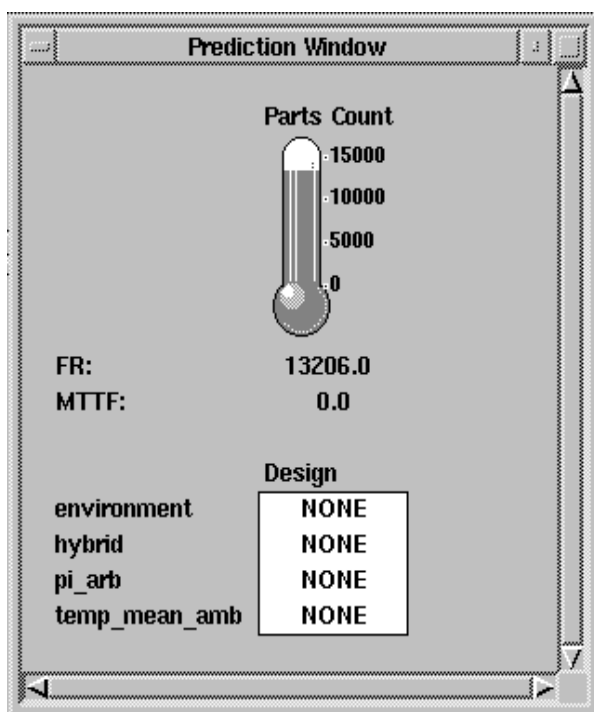


Рис. 3. Окно показателей надежности проекта

The Parts List Window displays the following data:

Num	part no	FR
1	pn-100k	11.2
40	pn-100nfstd	975.6
1	pn-10k	11.2
1	pn-12k	11.2
1	pn-1k	11.2
18	pn-1kstd	202.4
1	pn-1nf	20.1
1	pn-1r8	11.2
1	pn-22nf	20.1
2	pn-2k2	22.5
2	pn-2k5	22.5
1	pn-300r	437.4
1	pn-330k	11.2
2	pn-39k	22.5
1	pn-42nf	20.1
1	pn-470pf	20.1
1	pn-4k7	11.2
1	pn-62k	11.2
1	pn-680k	11.2
1	pn-68nf	20.1
1	pn-6k8	11.2

Рис. 4. Окно списка компонентов

Для изучения пользовательского интерфейса необходимо пройти следующие шаги:

- 1) выделение компонентов возможно только в окнах Parts List и Component List. Для выделения ряда установить курсор мыши на нем и нажать левую кнопку. Для выделения группы рядов поставить курсор на первый ряд и, удерживая левую кнопку, тянуть курсор к конечному ряду;
- 2) имеется возможность установки точности и единиц измерения FR и MTTF. Для этого следует выбрать пункт меню Setup > Units, в диалоговом окне установить желаемое число и нажать ОК;
- 3) для просмотра свойств необходимо выбрать пункт выпадающего меню Display > Component Data, выбрать model из списка (model - имя модели, которая используется для расчета интенсивности отказов). Нажать кнопку Turn Properties On. При этом выделенный ряд станет красным. Выбрать RTC из списка. RTC - аббревиатура Reliability Type Code (надежностный код, который является «свойством» (property), определяющим технические характеристики компонента). Нажать кнопки Turn Properties On и ОК;
- 4) для сортировки колонок щелкнуть на заголовке Model (в окне Parts List). При этом появится диалоговое окно, предлагающее выбрать направление сортировки: Ascending (восходящее) или Descending (нисходящее). Нажать ОК. Для других колонок также возможна сортировка;
- 5) просмотр компонентных данных осуществляется в окне Component List. Окно Parts List показывает только типы компонентов. Для просмотра конкретных компонентов проекта необходимо выполнить следующие действия: выделить все конденсаторы (Capacitors) в окне Parts List, нажать правую кнопку мыши в пределах окна и в появившемся всплывающем меню выбрать пункт [Parts List] Open Window > Component List (данная запись означает, что всплывающее меню появляется при щелчке правой кнопки мыши на окне [Parts List]). При этом появится окно Component List, которое содержит компоненты типа Capacitor. В данном окне, как и в окне Parts List, имеется возможность сортировки колонок и задания видимости данных.

5.2. Задание условий рабочей среды

Имеется возможность задания условий среды, которые предпочтительно устанавливать в начале анализа надежности. В окне Prediction параметры «environment», «pi_arb» и «temp_mean_amb» в начальный момент работы не установлены (NONE). Для установки значений этих параметров необходимо выполнить следующие действия:

- 1) нажать правую кнопку мыши в пределах окна Prediction и в появившемся меню выбрать пункт Edit Environment Data;
- 2) расположить появившуюся форму так, чтобы она не перекрывала окно Prediction. Далее для ввода значений параметров среды следует:
 - а) щелкнуть на белом прямоугольнике, напротив параметра;
 - б) ввести необходимое значение;
 - в) нажать Enter. Поле значения станет зеленым.

Вводимые значения:

environment: GB (рабочая среда),

pi_arb: 1 (поправочный коэффициент),

temp_mean_ambient: 40 (средняя окружающая температура);

- 3) нажать кнопку Apply для быстрого просмотра результатов;
- 4) нажать Done.

5.3. Редактирование свойств компонентов

Имеется возможность изменения информации о компонентах на уровне типов или на уровне конкретных компонентов проекта. Разница состоит в том, что вносимые изменения на уровне типов изменят все компоненты данного типа. Для изменения данных о компонентах необходимо сделать следующие шаги:

- 1) в окне Parts List отсортировать типы по колонке Model, выбрать первый конденсатор (capacitor) pn-470pf. Затем нажатием правой кнопки вызвать всплывающее меню, в котором выбрать пункт Edit > Component Data. Появится форма для редактирования данных, которые будут использованы для расчета FR конденсатора;
- 2) выйти из формы и выделить два конденсатора в окне Parts List. В форме для редактирования данных появятся символы "???" в определенных полях. Это означает, что выбранные типы имеют различные значения для данных параметров;
- 3) выбрать capacitor (конденсатор) и diode (диод). Форма не появится, но сообщение покажет «Selected components have different models» («Выбранные компоненты имеют различные модели»). Редактировать данные для нескольких компонентов возможно только в том случае, если они используют одну и ту же модель;
- 4) выделить все конденсаторы в окне Parts List. Правой кнопкой мыши вызвать всплывающее меню. Выбрать пункт [Parts List] Open Window > Component List;
- 5) выделить один или несколько конденсаторов в окне Component List. Во всплывающем меню выбрать пункт [Component List] Edit > Component Data;
- 6) ввести значение в появившуюся форму - fit_ref: 0.1, нажать Return, щелкнуть мышью на Apply для быстрого принятия в расчет новой базовой интенсивности отказов для выбранных конденсаторов;
- 7) удалить fit_ref, оставив поле пустым. Нажать Return и затем Done.

5.4. Создание функциональной группы

Имеется возможность создания функциональной группы - специфической части схемы, которая рассматривается отдельно. Для этого необходимо:

- 1) покинуть Reliability Manager и вернуться к Design Manager;
- 2) в окне инструментов Design Manager дважды щелкнуть на иконке design_arch;
- 3) в Design Architect открыть Set Viewpoint;
- 4) заполнить диалоговое окно Open Design Sheet следующими значениями:
 Component Name: \$RMGRNW/design
 Viewpoint Name: pcb_design_vpt
 Options?: [Yes]
 Sheet Name: sheet3
 Нажать ОК;
- 5) выбрать пункт из всплывающего меню [Schematic Editor]Select>By Property>Name-Value-Type. Ввести function_group в диалоговое окно Select by Property и нажать ОК;
- 6) выбрать пункт из выпадающего меню Report>Object>Selected>All. Некоторые компоненты в отчете могут быть маркированы свойством function_group. Значение этого свойства - "analog" ("Not Visible");

- 7) закрыть Design Architect без сохранения изменений;
- 8) вернуться в Reliability Manager для просмотра этой функциональной группы. Выбрать пункт из выпадающего меню Display>Function Group;
- 9) выделить analog из списка, если строка еще не выделена и нажать ОК. Окно Prediction отображает FR и MTTF для функциональной группы "analog". Окно Design Status показывает группу "analog";
- 10) закрыть окно Design Status.
Последующие шаги приводят к созданию новой функциональной группы. В начале необходимо установить фокус опять на весь проект:
- 11) выбрать пункт из выпадающего меню Display>Entire Design;
- 12) снять выделение с компонентов, выбрав пункт из всплывающего меню [Parts List] Unselect All;
- 13) выделить все элементы со значением свойства Model равным IC. Это можно сделать либо путем сортировки колонки Model и простым выделением элементов, либо выделением по свойствам. Выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List]Select>By Property;
- 14) в диалоговом окне выделить из списка model, ввести "IC" (обязательно включая кавычки) и нажать ОК. Допускается использование символа (^) для обозначения начала строки и символа доллара (\$) для обозначения конца строки. Например: "^Tr", "_pal\$";
- 15) в окне Parts List выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List] Open Window>Component List;
- 16) в всплывающем меню окна Component List, вначале выбрать [Component List]Select>All Components, а затем [Component List]Add>Function Group. В диалоговом окне ввести:
New Function group: IC (или любое другое значение).
Нажать кнопку Return для закрытия формы. Переместить фокус программы на новую функциональную группу;
- 17) выбрать пункт из выпадающего меню Display>Function Group, выделить IC из списка и нажать ОК.

5.5. Вставка комментариев

Имеется возможность вставки комментариев в списки элементов. Комментарии могут быть переданы в Reliability Manager через свойство rmgr_note. Для просмотра комментариев следует:

- 1) в окне Parts List выделить все элементы и затем открыть окно Component List. В левой колонке определенные компоненты имеют флаг "N" (компонент имеет комментарий);
- 2) для показа комментариев - выделить компонент с флагом "N" и выбрать View Note из всплывающего меню окна Component List;
- 3) закрыть комментарии;
- 4) отобразить компонентное данное "rmgr_note" выбрав Display>Component Data и выделить rmgr_note из списка свойств;
- 5) в окне Component List отсортировать (descending) по колонке rmgr_note.

5.6. Отображение информации о компонентах

При включении видимости различных компонентных данных все свойства, которые могут быть использованы в анализе, появятся в окне списка свойств. Для отображения дополнительной информации об элементе необходимо "включить" нужное свойство. Например, для манипулирования свойством Comp необходимо:

- 1) для добавления свойства - из выпадающего меню выбрать Setup > User Properties > Add User Properties. Ввести comp в поле Property Name в диалоговом окне и щелкнуть на кнопке ОК. Свойство Comp появится в окне;
- 2) для удаления свойства следует из выпадающего меню выбрать Setup>User Properties>Remove User Properties и выделить comp из списка. Форма попросит подтверждения удаления. Щелкнуть на "Are You Sure You Want to remove?: Yes" и нажать ОК;
- 3) закрыть окно Component List. Горизонтальный след от средней кнопки мыши на окне слева направо или справа налево, будет закрывать большинство окон в Reliability Manager. След в окне Prediction закроет его.

5.7. Сохранение проекта

Для сохранения проекта необходимо сделать:

- 1) выбрать пункт из выпадающего меню File>Save Prediction;
- 2) закрыть проект, выбрав File>Close Prediction. Когда появится подтверждение, нажать Yes. Проект будет сохранен в директории rmgr внутри рабочей директории под именем prediction.

Для сохранения проекта под новым именем необходимо:

- 1) использовать пункт из выпадающего меню File>Save As для сохранения проекта под другим именем. Найти \$RMGRNW/design/rmgr/ и прибавить имя файла. Например, \$RMGRNW/design/rmgr/pcb_prediction. Нажать ОК;
- 2) закрыть проект.

6. АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ

6.1. Открытие проекта

Проект PCB содержит точную информацию об упаковке (package) и, следовательно, можно произвести его анализ с учетом внешних воздействий. Для открытия проекта PCB необходимо:

- 1) выбрать пункт меню File>Open Prediction. Найти в нужном проекте объект PCB (\$RMGRNW/design/pcb) и нажать ОК;
- 2) в появившемся окне Open Prediction щелкнуть на кнопках mil217f и Parts Count, затем ОК;
- 3) закрыть окно Design Status и передвинуть окно Prediction;
- 4) выбрать пункт из всплывающего меню [Prediction>Edit Environment Data;
- 5) в появившуюся форму (рис. 5) ввести следующую информацию и нажать Return после ввода каждого параметра:
environment: GB
pi_arb: 1
temp_mean_amb: 40

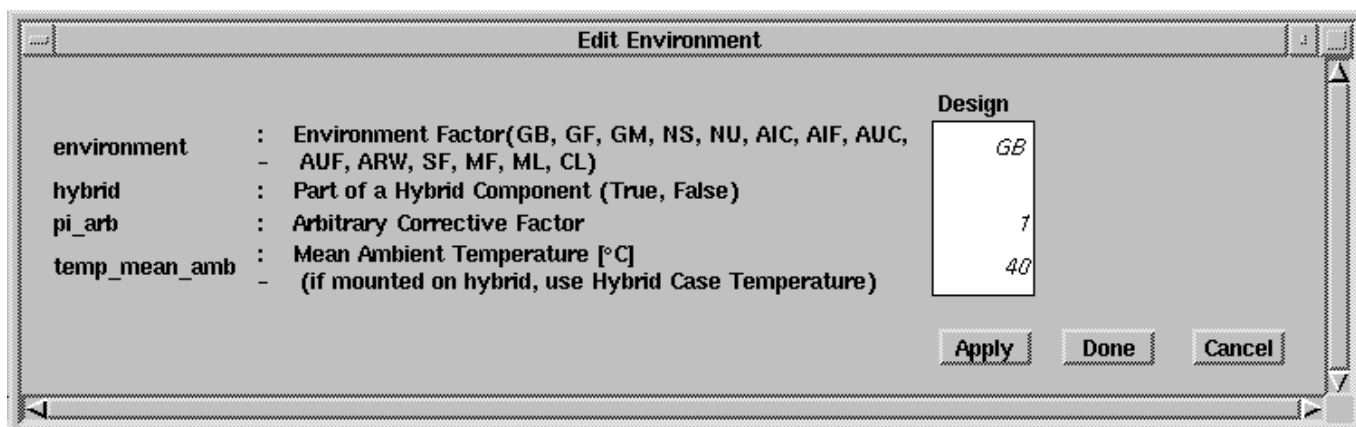


Рис. 5. Окно редактирования внешних воздействий

б) щелкнуть Done. Общая интенсивность отказов при этом изменится.

6.2. Объединение проектов

Имеется возможность объединения проектов. При объединении проектов обнаруживается некоторая особенность - функциональные группы, созданные ранее, не могут быть объединены. Необходимо заново создавать функциональные группы. Например, при объединении данные `tmgr_note` в некоторых ИС теряются. Функция объединения сравнивает записанный проект с текущим и объединяет любые различия в свойствах. Для объединения проектов необходимо произвести следующие действия:

- 1) выбрать пункт из выпадающего меню `File>Merge Prediction`. Если текущий проект был изменен, то необходимо его сохранить до объединения с другим проектом. После этого щелкнуть на `No`;
- 2) в появившемся диалоговом окне выбрать файл и нажать `OK`. После обновления окон можно видеть что данные `tmgr_note` объединились.

6.3. Введение в проект разъемов

Имеется возможность введения в проект разъемов, но при их использовании общая интенсивность отказов возрастает. Для введения разъемов в проект необходимо:

- 1) включить компонентные данные `tmgr_note`, если они не высвечиваются. Упорядочить колонку в порядке убывания (`descending`). Элементы (если есть) с разъемами содержат строку пояснения (`socketed`);
- 2) выбрать пункт из всплывающего меню `[Parts List] Open Window>Component List`;
- 3) выбрать пункт из всплывающего меню `[Component List] Select All Components` и затем `[Component List] Add>Sockets`;
- 4) оставить строку `Model Information` пустой. Щелкнуть на кнопке `Clear` для использования модели разъемов по умолчанию. Нажать `OK`. Общая интенсивность отказов возрастет. Каждый компонент, имеющий разъем, помечен флагом "S";
- 5) закрыть окно `Component List`;
- 6) для просмотра подробностей о разъеме - выбрать пункт из всплывающего меню `[Parts List] Open Window>Socket List`. Для разъемов коды `RTC` не ставятся. Значение "NONE" показывает, что параметр отсутствует;
- 7) закрыть окно `Socket List`.

6.4. Введение в проект соединений

Соединения учитываются стандартом MIL в расчетах надежности. При считывании схемы Reliability Manager подсчитывает количество соединений. Подсчитанное количество не включает в себя межслойные соединения, а только контакты указанные на схеме. При загрузке проекта PCB, Reliability Manager получает информацию о точном количестве соединений, которые включают в себя межслойные соединения и контакты для питания. Для редактирования данных о контактах необходимо:

- 1) выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List] Open Window>Connections. Данные "type" (следует включить видимость) представлены двумя рядами - контактов (pin) и межслойных соединений (via). Поле RTC не заполнено. Пример изменения типа соединений: для 800 контактов установить тип smt-solder-reflow, а для остальных - machine-solder-thru-hole;
- 2) выбрать соединения типа "контакт" (pin), щелкнув на этом ряде в окне Connections List (рис. 6). Затем выбрать пункт из всплывающего меню [Connections List]Edit>Sub-Group Data. Изменить поля в форме на значения:
Select Count: 800
type: smt-solder-reflow
Щелкнуть Done. Теперь в проекте 800 соединений типа smt-solder-reflow и 133 контакта (pin). Если эти значения не появились в окне Connection List, щелкнуть на пункте из выпадающего меню Display>Refresh Window;

Connections List Window				
Select Count : 0				
				Parts Count
Num	RTC	Model	type	FR
933	NONE	Connection	pin	0.5
208	NONE	Connection	via	0.0

Рис. 6. Окно списка соединений

- 3) изменить соединения типа "контакт" на тип machine-solder-thru-hole, выделив тип "контакт" и выбрав пункт из всплывающего меню [Connection List]Edit > Connection Data.
- 4) Изменить поля в форме:
type: machine-solder-thru-hole
Щелкнуть Done;
- 5) закрыть окно Connections List.

7. АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Для создания новой системы внешних воздействий необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) открыть ранее сохраненный проект - \$RMGRNW/design/pcb_prediction, используя режим Parts Count и метод mil217f. Затем создать систему внешних воздействий и обновить проект для отражения в нем этих воздействий;
- 2) выбрать пункт из выпадающего меню Setup>Stress Sets. Заполнить диалоговое окно Add Stress Set. Ввести имя системы внешних воздействий "my_stress". Нажать ОК. Система внешних воздействий при этом не будет показана, потому что включен режим Parts Count;
- 3) выбрать пункт из выпадающего меню Setup>Prediction и заполнить диалоговое окно следующим образом:
 Prediction Method: mil217f
 Prediction Type: Parts Stress
 Нажать ОК. Колонка FR (интенсивность отказов) в окне Parts List будет иметь заголовок "my_stress". Окно Prediction также будет обновлено, отражая систему внешних воздействий. Система внешних воздействий сохранила данные окружения из проекта;
- 4) для просмотра возникающих сообщений в окне Transcript выбрать пункт из выпадающего меню MGC>Transcript>Show Transcript. Сообщения предупреждают о пропуске данных и об установке значений по умолчанию. Предпочтительно держать окно Transcript открытым для просмотра сообщений, особенно когда данные для анализа устанавливаются впервые.

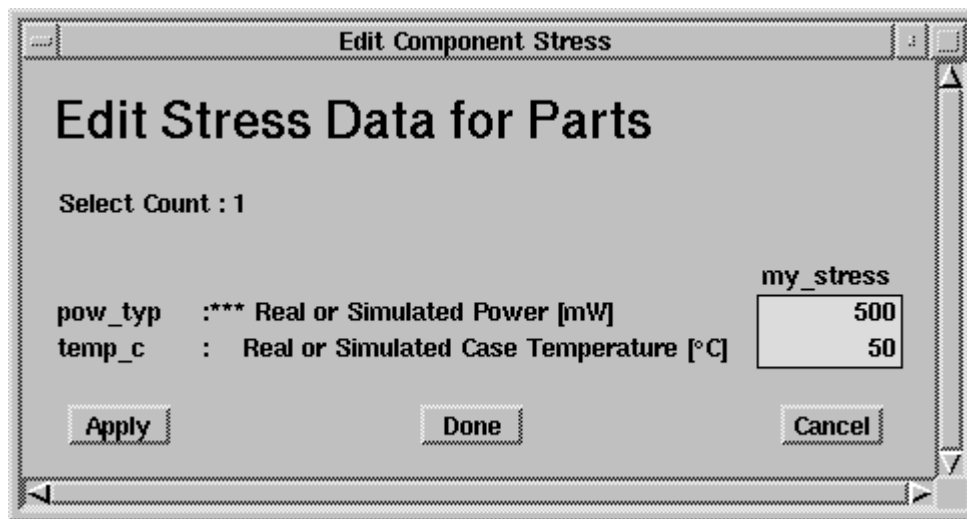


Рис. 7. Окно редактирования внешних воздействий на отдельный компонент

В режиме Parts Stress имеется возможность изменить и отобразить данные о внешних воздействиях в окне Component List, подобно компонентным данным. Для редактирования данных о внешних воздействиях необходимо:

- 1) в окне Parts List выделить резистор pn-12k, затем выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List]Edit>Component Stress Data. Заполнить форму Edit Component Stress (рис. 7) следующими данными:
 pow_typ: 500
 temp_c: 50
 Щелкнуть Apply;
- 2) выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List]Open Window>Component List;

- 3) выбрать пункт из выпадающего меню Display>Component Stress Data. Выделить row_typ и temp_c из появившегося списка и щелкнуть на кнопке Turn Properties On. Нажать ОК. Данные о внешних воздействиях показаны как часть системы внешних воздействий;
- 4) закрыть окно Component List;
- 5) выключить видимость данных о внешних воздействиях row_typ и temp_c, используя пункт из выпадающего меню Display>Component Stress Data;
- 6) выделить IC из окна Parts List и изменить данные о внешних воздействиях. В окне Edit Component Stress изменятся данные о внешних воздействиях. Описания свойств будут идентичны. В данном примере указывается приоритет операций использования свойств. Символы "***" показывают главное свойство. Если свойство temp_j установлено, оно будет использовано. В противном случае будет использовано temp_c для вычисления узловой температуры. Если temp_c не установлено, то будет использовано row_typ. И это будет обозначено отступом после строки, содержащей "***";
- 7) при выделении других элементов, таких как конденсатор, диод, транзистор и др., различные элементы требуют различных данных о внешних воздействиях;
- 8) закрыть форму Edit Component Stress.

Компонентные группы - это наборы элементов, имеющие одинаковые данные о внешних воздействиях. Они создаются автоматически. Для отображения данных о внешних воздействиях для компонентной группы необходимо:

- 1) выделить 40 pn-100nfstd конденсаторов в окне Parts List, затем выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List]Open Window>Component Group;
- 2) выбрать пункт из выпадающего меню Display>Component Stress Data. В диалоговом окне выделить voltage, щелкнуть на кнопке Turn Stress Properties On и на ОК. Появится один ряд для всех сорока компонентов, т.к. все они имеют одно и то же значение: "NONE" - оно еще не установлено;
- 3) изменить данные о внешних воздействиях, выделив ряд в окне Component Group и выбрав пункт из всплывающего меню [Component Group]Edit>Component Stress Data. В форму ввести значение "20" для voltage и щелкнуть Done. При этом все 40 конденсаторов будут иметь одинаковые данные о воздействиях;
- 4) выделить ряд и выбрать пункт из всплывающего меню [Component Group] Edit > Sub-Group Stress Data. Заполнить форму:
Select Count: 10
Voltage: 30
Circuit_resistance: оставить пустым.
Щелкнуть Done. Появится два ряда различных данных о воздействиях. Для просмотра отдельных компонентов открыть окно Component List из окна Component Group;
- 5) закрыть окно Component Group.

Для переименования и удаления системы внешних воздействий необходимо:

- 1) для переименования системы внешних воздействий, выбрать пункт из выпадающего меню Setup>Stress Sets. Заполнить данными появившееся диалоговое окно, и нажать ОК. Окна должны обновиться;
- 2) удалить систему внешних воздействий, выбрав пункт из выпадающего меню Setup>Stress Sets. Произвести в диалоговом окне следующие действия:

- а) щелкнуть на Delete;
- б) выделить stress из списка;
- в) щелкнуть Are You Sure You Want To Delete?: Yes;
- г) нажать ОК.

Система воздействий удалится. Reliability Manager перейдет в режим Parts Count, потому что больше нет никаких внешних воздействий.

Для импортирования данных о внешних воздействиях необходимо:

- 1) выбрать пункт из выпадающего меню File>Import Stress. Появится форма Import Stress Data. Найти \$RMGRNW/stress и нажать ОК. В данный момент включен режим Parts Count;
- 2) изменить режим на Parts Stress, используя пункт из выпадающего меню Setup>Prediction. Имя системы внешних воздействий "operating" (по умолчанию);
- 3) изменить компонентные данные и изменить воздействия на компоненты, затем выделить другие ряды.

Имеется возможность импорта данных о термических воздействиях из анализа распределения температур программы AutoTherm. Для этого необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) свернуть до иконки Reliability Manager и вернуться в Design Manager;
- 2) в Design Manager открыть AutoTherm двойным щелчком мыши на иконке AutoTherm (если он еще не открыт);
- 3) открыть термическую модель для этого проекта:
[Palette]OPEN MENU>OPEN MODEL
File Name: \$RMGRNW/design/thermal/thermal_new
Нажать ОК;
- 4) модель уже решена. Для просмотра результатов щелкнуть на:
[Palette]MAIN MENU
[Palette]RESULTS MENU
- 5) решение основано на принудительном охлаждении; для просмотра карты потоков выбрать [Palette]MAP FLOW;
- 6) для просмотра окружающей, узловой температуры и температуры у самой платы выбрать:
[Palette]MAP AMBIENT
[Palette]MAP JUNCT
[Palette]MAP BOARD

Следует экспортировать текущие данные о термических воздействиях в Reliability Manager во время отображения результатов Map Board или Map Junction. Иначе необходимо использовать пункт меню Solutions>Restore для выделения текущего решения задачи моделирования /22/;

- 7) для сохранения данных о воздействиях выбрать File>Export>Reliability;
- 8) сохранить данные в \$RMGRNW/design/rmgr/thermal_stress_flow;
- 9) закрыть AutoTherm без сохранения;
- 10) вернуться в Reliability Manager и импортировать данные о термических воздействиях.

AutoTherm всегда сохраняет данные о термических воздействиях в системе воздействий под именем "operating";

- 11) импортировать воздействия (File > Import Stress) из \$RMGRNW/design/rmgr/thermal_stress_flow.

Имеется возможность использовать более одной системы воздействий (для моделирования надежности в различных рабочих условиях). Для установки дополнительной системы воздействий, переименования существующей и импорта "stress" следует:

- 1) выбрать пункт из выпадающего меню Setup>Stress Sets. В появившемся диалоговом окне:
 - а) щелкнуть на кнопке Action: Rename;
 - б) выделить operating из списка;
 - в) ввести New Stress Set Name: fullload;
 - г) нажать ОК;
- 2) импортировать систему воздействий \$RMGRNW/stress (с помощью File>Import Stress);
- 3) выделить все элементы IC в окне Parts List. Для исключения элементов IC_VHSIC выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List]Select>By Property. В диалоговом окне выделить model из списка и ввести Property Value: "^IC\$" (кавычки обязательны). Нажать ОК;
- 4) выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List] Open Window>Component List;
- 5) выбрать пункт из выпадающего меню Display>Component Stress Data. В диалоговом окне выделить temp_j в списке, щелкнуть кнопку Turn Stress Property On, затем ОК.

Для отображения систем воздействий необходимо:

- 1) выбрать пункт из выпадающего меню Display>Stress Sets. В диалоговом окне выделить в списке fullload. Щелкнуть на кнопке Turn Stress Sets Off, затем ОК. В данный момент система внешних воздействий полной нагрузки (fullload) не отображается (она еще в оперативной памяти);
- 2) вновь отобразить эту систему;
- 3) выключить данные temp_j.

Для изменения данных воздействий fullload для IC необходимо:

- 1) выбрать пункт из всплывающего меню [Component List]Select>All Components и [Component List] Edit>Component Stress Data. В появившуюся форму ввести temp_j: 105. Нажать Return и щелкнуть на Done.

Имеется возможность сравнения результатов расчета надежности для различных систем воздействий, используя окно переменной нагрузки (Alternating Load);

- 2) выбрать пункт из выпадающего меню Display>Alternating Load Window и ввести следующие значения в форму:

fullload: 25
operating: 75

 Щелкнуть на кнопке Apply;
- 3) щелкнуть на кнопке Cancel в форме Alternating Load Prediction;
- 4) закрыть окно Component List;
- 5) выбрать пункт из выпадающего меню File>Save Prediction As, ввести путь \$RMGRNW/design/rmgr/ss_prediction в текстовое окошко редактирования и затем нажать ОК;
- 6) закрыть проект.

Существует возможность анализа надежности проекта в различных ситуациях. Ранее анализировалась плата с принудительным охлаждением. Для анализа надежности этой платы в случае поломки вентилятора необходимо вернуться к AutoTherm и проанализировать плату используя естественное охлаждение:

- 1) свернуть в значок Reliability Manager и вернуться в Design Manager;
- 2) в Design Manager открыть AutoTherm двойным щелчком, если он еще не открыт;
- 3) открыть температурную модель для данного проекта:
[Palette] OPEN MENU > OPEN MODEL
Выделить \$RMGRNW/design/thermal/thermal_new и затем нажать ОК;
- 4) изменить условие принудительного охлаждения на естественное:
[Palette] MAIN MENU
[Palette] SETUP MENU > SETUP ENVIRONMENT
- 5) заполнить диалоговое окно:
Тип решения: Natural Convection
Ориентация платы: Horizontal - front facing down
Спереди: 30
Сзади: 30
Нажать ОК;
- 6) вернуться в MAIN MENU. Щелкнуть на иконке SOLVE на палитре меню Main. При этом узловые температуры возрастут;
- 7) просмотреть узловые температуры и температуру платы, щелкнув на иконке Results;
- 8) сохранить информацию о температурных воздействиях выбрав File > Export > Reliability. Температурные данные можно экспортировать пока отображаются результаты Map Board или Map Junction;
- 9) ввести следующий путь в диалоговом окне:
\$RMGRNW/design/rmgr/thermal_stress_natural;
- 10) закрыть AutoTherm без сохранения модели;
- 11) возвратиться в Reliability Manager. Отметить текущий показатель FR для системы с принудительным охлаждением и затем импортировать информацию о температурных воздействиях;
- 12) импортировать воздействия:
\$RMGRNW/design/rmgr/thermal_stress_natural. Новый показатель FR несколько возрастет;
- 13) сохранить проект под именем \$RMGRNW/design/rmgr/fan_prediction.

8. ГЕНЕРАЦИЯ ОТЧЕТОВ

Предусмотрены три типа текстовых отчетов: на уровне элементов, компонентных групп и компонентов. Для генерации текстовых отчетов необходимо:

- 1) выбрать File>Open Prediction. Заполнить диалоговое окно следующим образом:
Pathname: \$RMGRNW/design/rmgr/ss_prediction
Prediction Method: mil27f
Prediction Type: Parts Stress

- Нажать ОК;
- 2) для полного отчета выбрать Report>Text Report. В диалоговом окне Output Text Report сделать следующий выбор:
Report Format: Parts List
Focus: Entire Design
Send Results to View or File? View
Нажать ОК;
 - 3) для отчета на выделенные элементы выделить несколько элементов в окне Parts List, затем выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List]Report>Selected Parts. Эта процедура может быть проведена в окнах Component Group и Component List;
 - 4) выбрать пункт из всплывающего меню [Parts List]Open Window>Component Group. Для отчета на выделенные компоненты группы выбрать [Component Group]Report>Selected Component Groups (предварительно выделив компоненты). Для отчета на все компоненты группы выбрать [Component Group]Report>All Component Groups Displayed;
 - 5) из окна Component Group открыть окно Component List for Group и выбрать для ознакомления опции меню [Component List for Group]Report > Selected Components, [Component List for Group]Report > All Components Displayed, [Component List for Group]Report > All Notes Displayed;
 - 6) закрыть окна Reports, Component List for Group и Component Group.

Существует рейтинговый отчет для просмотра того, какие типы компонентов вносят наибольший вклад в общую интенсивность отказов. Для создания отчета этого типа необходимо:

- 1) выбрать пункт из выпадающего меню Report > Hit List > Categorization и ввести в диалоговое окно следующие данные:
Number of categories: 4
Parts Stress
Выделить fullload из списка. Нажать ОК. Категории будут сгруппированы в соответствии с именами моделей;
- 2) закрыть окно Hit List.

Для сравнения вкладов в интенсивность отказов разных систем внешних воздействий (рейтинговое сравнение) необходимо:

- 1) выбрать Report> Hit List Comparison и ввести в диалоговое окно:
Number of Categories: 4
Выделить обе системы внешних воздействий fullload и operating.
Show Reference Conditions Also: Yes
Нажать ОК. Появится окно сравнения двух систем внешних воздействий и проекта под базовыми условиями;
- 2) закрыть окно Comparison.

Для изменения условий системы внешних воздействий следует выполнить следующие шаги (полная нагрузка будет действовать в режиме "ground mobile" - передвижная аппаратура):

- 1) выбрать пункт из всплывающего меню [Prediction]Edit Environment Data. Ввести в появившуюся форму (в колонке fullload):
Environment: GM

Нажать Return. Щелкнуть на кнопке Done. Имеется возможность вывода зависимости интенсивности отказов от температуры. Reliability Manager рассчитывает узловые температуры для различных значений окружающих температур, соответствуя методу расчета стандарта MIL-HDBK-217F. Используя узловую температуру, Reliability Manager рассчитывает интенсивность отказов для различных категорий компонентов;

- 2) выбрать пункт из выпадающего меню Report>Temperature Range>Categorization.

Заполнить диалоговое окно:

Number of Categories: 4

Step Size: 20

Start Temperature: 0

Stop Temperature: 100

Нажать ОК. Интенсивность отказов возрастает с ростом окружающей температуры;

- 3) сделать подобное изменение для системы внешних воздействий "operating"; повторить предыдущий шаг, исключая выделение operating из списка систем внешних воздействий.

Для сравнения оценок надежности для различных значений температуры необходимо:

- 1) сохранить проект под именем \$RMGRNW/design/rmgr/ss1_prediction. Только после сохранения провести сравнение, которое покажет, как две системы внешних воздействий отличаются друг от друга при различных значениях окружающей температуры;

- 2) выбрать пункт из выпадающего меню Report>Temperature Range>Comparison. В появившемся диалоговом окне выделить только что сохраненный проект \$RMGRNW/design/rmgr/ss1_prediction;

- 3) после нажатия кнопки ОК появится другое диалоговое окно со списком систем внешних воздействий. Выделить следующее:

fullload

operating (с кнопкой Shift)

Choose Another Prediction? No

Нажать ОК;

- 4) закрыть все окна Temperature Range.

Для сравнения МТТФ двух систем воздействий и системы переменной нагрузки, которую определили ранее, выполнить следующие шаги:

- 1) выбрать Report>МТТФ Comparison. Выделить ss1_prediction и нажать ОК. В диалоговом окне выделить:

fullload

operating

Choose Another Prediction: Yes

Нажать ОК;

- 2) далее для сравнения системы внешних воздействий выделить:

ss1_prediction

Prediction Method: mil217f

Prediction Type: alternating load

Choose Another Prediction: No

Нажать ОК. Появится окно с различными МТТФ для двух систем воздействий и системы переменной нагрузки;

3) закрыть окно MTTF Comparison.

Для сравнения вероятностей безотказной работы необходимо:

1) выбрать Report>Survival Probability Comparison, выделить ss1_prediction из списка и нажать ОК;

2) выделить те же системы воздействий, что и для сравнения МТТФ (использовать кнопку мыши):

alternating load

fullload

operating

Choose Another Prediction: No

Нажать ОК;

3) заполнить диалоговое окно Survival Probability Comparison Report:

Start Time: 0

Stop Time: 25

Step Size: 5

Units: Years

Нажать ОК. Появится зависимость вероятности безотказной работы от времени;

4) закрыть окно Survival Probability Comparison.

Для сравнения итоговой интенсивности отказов для различных проектов следует:

1) выбрать Report>Design Version Comparison и заполнить первое диалоговое окно:

ss1_prediction

mil217f Parts Stress fullload

Choose Another Prediction: Yes

Нажать ОК;

2) заполнить следующее диалоговое окно:

ss_prediction

mil217f Parts Stress fullload

Choose Another Prediction: No

Нажать ОК;

3) закрыть проект без сохранения.

9. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться со сведениями о программе Reliability Manager, изложенными в настоящем руководстве.
2. Получить у преподавателя вариант задания по лабораторной работе.
3. Выполнить последовательно все процедуры методики расчета надежности систем.
4. Показать результаты моделирования преподавателю.
5. Сохранить проект в индивидуальной директории.

10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое надежность электронной системы?
2. Что называют отказом электронной системы?
3. Какие используют количественные характеристики надежности?
4. Что называют вероятностью безотказной работы системы?
5. Что называют временем наработки на отказ?
6. Что называют интенсивностью отказов?
7. Как определяют интенсивность отказов элементов электронной системы?
8. Связь вероятности безотказной работы и интенсивности отказов.
9. Связь вероятности безотказной работы и наработки на отказ.
10. Связь наработки на отказ и интенсивности отказов.
11. Временная зависимость интенсивности отказов. Характерные участки этой зависимости.
12. Какие законы распределения времени отказов наиболее часто используют в практических расчетах?
13. Связь вероятности безотказной работы системы с вероятностью безотказной работы элементов без резервирования.
14. Связь интенсивности отказов системы с интенсивностью отказов элементов без резервирования.
15. Что называют резервированием?
16. Виды резервирования.
17. Методы структурного резервирования.
18. Какой информацией необходимо располагать для практических расчетов надежности электронных изделий.
19. Что является входными данными для моделирования надежности систем в программе Reliability Manager?
20. На основе какой формулы производится расчет интенсивности отказов компонентов системы?
21. Перечислите этапы расчета надежности в программе Reliability Manager.
22. В каких единицах измеряются FR и MTTF?
23. Опишите порядок задания условий рабочей среды.
24. Как осуществляется просмотр компонентных данных?
25. Что является функциональной группой и как она создается?
26. Опишите процесс введения в проект разъемов и соединений.
27. Как изменить значения внешних воздействий компонентной группы?
28. Объясните как производится импорт термических воздействий из приложения AutoTherm?
29. Каким образом формируется рейтинговый отчет?
30. Как сравнить вероятности безотказной работы компонентов анализируемой системы?

11. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1. Рассчитать надежность системы из файла lib_prediction при типе условий окружающей среды GM (ground mobile – оборудование, установленное на колесные или гусеничные подвижные средства и носимое оборудование), поправочном коэффициенте 1 и температуре окружающей среды 60⁰. Сделать полный и рейтинговый отчеты.
2. Ввести в проект из файла lib_prediction 700 контактов типа “machine-solder-thru-hole” (автоматическая пайка сквозных отверстий) и 100 контактов типа “smt-solder-reflow” (пайка оплавлением предварительно нанесенного дозированного припоя). Сравнить МТТФ (mean time to failure – средняя наработка на отказ, среднее время безотказной работы) двух систем воздействий и системы переменной нагрузки.
3. Сделать расчет на основе стандарта mil217f (проект из файла lib_prediction), установить параметры резистора pn-12k: pow_tyr (типовая мощность): 400, temp_c (температура компонента): 75. Сделать сравнение вероятностей безотказной работы и сравнение итоговой интенсивности отказов для различных проектов.
4. В проекте из файла lib_prediction создать компонентную группу из 25 конденсаторов pn-100nfstd, задать им рабочее напряжение 25 В. Сделать сравнение вкладов в интенсивность отказов и сравнение оценок надежности для различных температурных воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яншин А.А. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1983. - 312 с.
2. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К.Беляев, В.А.Богатырев, В.В.Болотин и др.; Под ред. И.А.Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
3. Reliability Manager Training. Software Version 8.4_3.
4. Reliability Manager User’s Manual. Software Version 8.4_3.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ	4
2. ПРОГРАММА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ RELIABILITY MANAGER	7
3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ MENTOR GRAPHICS	10
4. ПОДГОТОВКА И ЗАПУСК ПРОГРАММЫ RELIABILITY MANAGER	10
5. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММЫ RELIABILITY MANAGER.....	11
5.2. Задание условий рабочей среды	12
5.3. Редактирование свойств компонентов.....	13
5.4. Создание функциональной группы	13
5.5. Вставка комментариев	14
5.6. Отображение информации о компонентах	15
5.7. Сохранение проекта	15
6. АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ.....	15
6.1. Открытие проекта.....	15
6.2. Объединение проектов.....	16
6.3. Введение в проект разъемов.....	16
6.4. Введение в проект соединений	17
7. АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	17
8. ГЕНЕРАЦИЯ ОТЧЕТОВ	22
9. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	25
10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	26
11. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	27
ЛИТЕРАТУРА	27

**Коноплев Борис Георгиевич
Ковалев Андрей Владимирович
Рындин Евгений Адальбертович
Грицаенко Павел Григорьевич**

Руководство к лабораторной работе

**Анализ надежности электронных устройств с использованием
САПР Mentor Graphics**

Ответственный за выпуск Рындин Е.А.
Редактор Кочергина Т.Ф.
Корректор Проценко И.А.

ЛР 020565
Печать офсетная
Формат 60 * 84_{1/16}
Усл. п. л. – 1,8
Заказ N

Подписано к печати
Бумага офсетная
Уч.- изд. л. – 1,7
Тираж 150 экз.

“С”

Издательство Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44
Типография Таганрогского государственного
радиотехнического университета
ГСП 17А, Таганрог, 28, Энгельса, 1