

при выборе узлов доступа в магистральный сегмент учитывается их взаимное расположение, позволяет получить структуру сети с меньшей стоимостью по сравнению с методами, в которых предлагается место установки оборудования доступа выбирать в центре группировки узлов.

Литература

1. Агеев Д.В. Методика синтеза гетерогенной сети передачи данных с кольцевой структурой на магистральном участке // Радиотехника. 2001. Вып. 123. С. 8-16.

2. Зайченко Ю.П. Структурная оптимизация сетей ЭВМ / Зайченко Ю.П., Гонга Ю.В. К.: Техника, 1986. 168 с.
3. Агеев Д.В. Синтез сети передачи данных с кольцевой структурой на магистральном участке с использованием методики эластичной нейронной сети // Радиотехника. 2001. Вып. 125. С. 165-169.
4. R. Durbin. An Analogue Approach to the salesman problem using an elastic net method / R. Durbin, G. Willshaw // Nature. 1987. N 326. P. 689-691.

Запропонована модель життєвого циклу електронної апаратури, заснована на термодинамічному підході при описі деградаційних процесів, які обмежують час роботи апаратури

Ключові слова: електронна апаратура, життєвий цикл, термодинамічна модель, витрачання ресурсу

Предложена модель жизненного цикла электронной аппаратуры, основанная на термодинамическом подходе при описании деградиационных процессов, которые ограничивают время работы аппаратуры

Ключевые слова: электронная аппаратура, жизненный цикл, термодинамическая модель, расходование ресурса

The model of life cycle of electronic apparatus, based on thermodynamics approach at description of degradation processes which limit burn-time apparatus, is offered

Key words: electronic apparatus, life cycle, thermodynamics model, expense of resource

В настоящее время для всеобъемлющей характеристики возможностей технического объекта, в том числе электронной аппаратуры (ЭА) находит применение понятие жизненного цикла. Начало и конец жизненного цикла ЭА сопровождается становлением ее качественных показателей на стадии создания, а за тем моральным и физическим старением на стадии эксплуатации. Процессы становления и старения ЭА

носят объективный характер, являются проявлением закономерностей научно-технического прогресса и физических процессов.

Модель жизненного цикла ЭА затрагивает существование ЭА во времени и предполагает отображение процессов формирования качества при создании ЭА и изменение его при эксплуатации. Моделирование этих процессов позволяет выявить необходимые показатели

УДК 621.7.073-52

ТЕРМО- ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАСХОДОВАНИЯ РЕСУРСА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

А.А. Андрусевич

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра "ТАПР"

Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166

ли, предложить методы их наблюдения и прогнозирования, что может составить содержательную сторону мониторинга жизненного цикла ЭА.

Существование ЭА по отношению к жизненному циклу можно рассматривать как становление ресурса в процессе ее создания и расходование его в процессе эксплуатации. Кинетику расходования ресурса можно охарактеризовать функционалом от показателей надежности, в частности [1, 2, 3]

$$Z(t, T) = -\ln P(t, T) = \int_0^t \lambda(t, T) dt, \quad (1)$$

где $Z(t, T)$ – мера расхода ресурса;

T – характеристика взаимодействия объектов со средой (нагрузки) или характеристика внутренних факторов (в т.ч. дефектов);

$P(t, T)$ – вероятность безотказной работы;

$\lambda(t, T)$ – интенсивность отказов, как скорость расходования ресурса в статистическом смысле.

В реальной среде для конкретных типов материалов, узлов и изделий электронную аппаратуру можно рассматривать как твердое тело, в котором имеется некоторое количество неравновесных состояний (дислокаций, дефектов, неравновесных фаз, градиентов концентрации примесей и т. п.). Наличие неравновесных состояний ведет к развитию процессов переноса вещества и к химическим реакциям, имеющим место в объеме тела и наиболее активно протекающим на его поверхности. Если прибор (элемент) находится под электрической нагрузкой, то на развитие процессов переноса и на скорости химических реакций оказывают влияние наведенные тепловые и электрические поля. Наведенное поле вызывает так называемые эффекты наложения, такие, как эффект Пельтье, эффект, вызывающий поток тепла из-за градиента концентраций, электродиффузия и др.

Эти явления и взаимодействие с окружающей средой ведут к необратимому изменению физико-химических свойств материалов. Следствием этих изменений является изменение электрических параметров ЭА. При достижении одним или несколькими параметрами критических значений наступает параметрический отказ.

Характерной особенностью физических процессов является их направленность во времени, в соответствии со вторым началом термодинамики. Второй закон устанавливает поведение функции состояния системы, называемой энтропией S . Классическая запись второго закона для изолированных систем $dS \geq 0$.

Процесс появления неоднородной структура ЭА можно трактовать как нарушение равновесного состояния термодинамической системы. Появление неравновесного состояния термодинамической системы приводит к изменению S . Следовательно, с физической точки зрения процесс расходования ресурса, и жизненный цикл ЭА можно рассматривать как интегральный процесс необратимого изменения (эволюции или деградации) термодинамического состояния объекта, т.е. процессом производства энтропии dS/dt , который характеризует многообразие необратимых физико-химических процессов при влиянии внешних и внутренних факторов T , и выступает, таким образом, в качестве интегральной скорости расходования ресурса, которая

может иметь такой же характер временной зависимости как $\lambda(t, T)$.

На рис. 1. представлены возможные реализации dS/dt . T_1 соответствует экспоненциальному распределению вероятности безотказной работы, T_2 соответствует закону распределения Вейбулла.

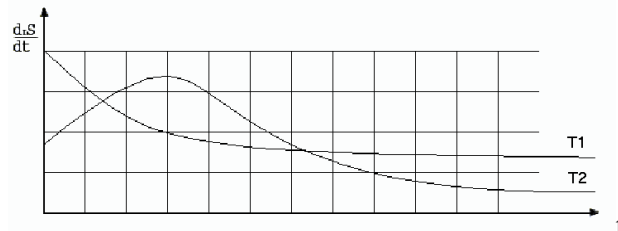


Рис. 1. График изменения ресурса ЭА

При описании процессов расходования ресурса представляется целесообразным использование термодинамического подхода, где постулируется, характерная для рассматриваемых реакций необратимость энтропии, как несимметричной относительно времени функции состояния системы, в форме второго начала термодинамики. Термодинамический подход, основанный на необратимости физических процессов, объединяет различные точки зрения: уравнения баланса, классическую термодинамическую теорию устойчивости, флуктуационную и эволюционную теории. Такое обобщение термодинамики имеет существенное методологическое значение с точки зрения единства макроскопического процессуального описания сложных объектов различной физической природы.

Уравнения Онзагера при определенных допущениях, в частности при условии стабилизации термодинамических сил могут быть представлены как линейные дифференциальные уравнения во временной области относительно экстенсивных параметров y_j с постоянными коэффициентами L_{jk} , решения которых записываются в виде

$$y_j(t) - y_j(0) = \sum_k [L_{jk} \exp(-t/\tau_k)], \quad (2)$$

где $y_j(0)$ – неравновесные или стационарные значения соответствующих параметров системы в зависимости от рассматриваемого масштаба эволюции;

L_{jk} – кинетические коэффициенты;

τ_k – времена релаксации соответствующих необратимых процессов в системе.

Применительно к ЭТ эволюционные процессы можно интерпретировать как энтропийные, интегральные процессы приближения к отказовым ситуациям, потери работоспособности или расходования ресурса. Этим обусловлена их значимость в задачах интегральной диагностики ЭТ.

Таким образом, при отображении процессов развития производственных дефектов должен учитываться эволюционный и флуктуационный характер процессов. Релаксационный характер крупномасштабных эволюционных и флуктуационных процессов обусловлен свойствами неравновесных состояний физических систем. Представляется существенным, что экспоненциальная форма решений (2) не зависит от конкретного вида исходных уравнений Онзагера. Та-

кая независимость означает инвариантность в определенных пределах типа и содержания ЭТ, условий ее взаимодействия со средой, вида и масштаба рассматриваемых процессов. По времени релаксации, наблюдаемые эволюционные процессы в производстве и техническом обслуживании ЭТ и соответствующие им модели имеют отношение к расходованию ресурса и изменению физической структуры ЭТ.

Термодинамический и образный подход не противоречат часто используемой на практике статистической теории эволюционных процессов. Здесь временная зависимость параметров среды, в которой происходят эти процессы имеет детерминированную и случайную составляющие, что дает возможность универсальным образом описать изменение параметров ЭА с использованием вероятностных оценок их поведения.

В рамках термодинамического подхода становится возможным использование известных моделей эволюционных процессов, происходящих в среде, в которой имеется некоторое количество неравновесных состояний – дислокаций, градиентов концентраций и т.д. В первую очередь здесь можно увидеть наличие двух неравновесных фаз, которые имеют границу, изменяющуюся со временем. Наличие неравновесных состояний ведет к развитию процессов переноса вещества (диффузия, электромиграция и др.), и к химическим реакциям, протекающим в объеме и на поверхности материальной среды ЭА. Очевидно, можно использовать представление о среде существования ЭА как об объекте, в котором находятся части не прореагировавшего вещества (НВ) и прореагировавшего вещества (ПВ), которые изменяются с течением времени, и эти изменения происходят в соответствии закономерностями протекания реальных реакций. Часть НВ может служить мерой ресурса ЭА.

При отображении предлагаемой модели представляется результативным использование концепции, которая предусматривает отображение информации в виде области признакового пространства. При этом наблюдается, имеющее прямой смысл для оценки технического состояния ЭА, изменение области контролируемых параметров, появляется возможность отображения информации о расходовании ресурса и прогнозировании отказов ЭА. Изображаемая предельная область является подобной реальной физической среде телом, в которой происходят подобные реальным физические процессы. Область, соответствующая реальным параметрам, имеет отличные от окружающей среды свойства. Тогда процесс изменения наблюдаемого изображения дает представление о расходовании ресурса ЭА. Очевидно, сопоставляя динамику ресурса и объема ПВ, который в условиях нормировки области

граничных значений параметров приближается к единичному значению, можно увидеть аналогию между ресурсом и объемом, т. е. в поле зрения попадает изображение ресурса.

Это соответствие можно продемонстрировать табл. 1.

Таблица 1

Соответствие между моделями процессов изменения состояния ЭА

Среда и процессы	Реальная среда	Отображаемая среда	Термодинамическая среда	Эволюционный процесс	Распознавание образов
Реакции и их описание	Гомогенные реакции	Изменение части НВ	Эволюция	Детерминированная составляющая	Изменение образа
	Гетерогенные реакции	Возникновение части ПВ	Флуктуации	Случайная составляющая	Базовая точка образа

Таким образом, основанием для использования предлагаемой концепции является соответствие реакций, происходящих в реальной и отображаемых средах, а так же методов их описания с помощью феноменологических теорий: термодинамической, эволюционных процессов и распознавания образов. Принятая концепция отображения реальной среды, изменение которой приводит к изменению параметров ЭА, дает возможность наблюдать изменение ресурса ЭА на всех стадиях жизненного цикла ЭА.

Литература

1. Цветков В.В., Имитационная модель динамики отказов и восстановления работоспособности сложных радиоэлектронных систем / Чаплыгин Д.Ю., Абрамов П.Б., Цветков В.В. // Математическое моделирование систем обработки информации и управления: Сборник научных трудов / Воронеж: ин-т МВД России, 2001. – С. 14–19.
2. Невлюдов И.Ш., Андрусевич А.А, Второв Е.П. Оценка физико-химической активности материалов для монтажа электронной техники. // Науч.-техн. журнал. «Технология приборостроения». 2004. - № 1. - С. 32 - 37.
3. Невлюдов И.Ш., Андрусевич А.А, Жупинский В.А.. Исследование показателей качества монтажных материалов электронной техники. // Науч.-техн. журнал. «Технология приборостроения». 2004. - № 2. - С. 24 – 29.