

корреляции этих сигналов на соседних слотах, степень когерентности принимаемых сигналов, что непосредственно определяет величину шага дискретизации для передачи эталонного сигнала и число отводов от линии задержки.

3. Удачной математической моделью многолучевого канала распространения радиосигнала может служить интегро-степенной полином Вольтерра 1-го рода с помощью которого можно адекватно отображать как линейные, так и нелинейные ситуации.

4. Оптимальной процедурой для реализации алгоритма амплитудно-фазового выравнителя является фильтр Калмана-Бьюси.

Список литературы: 1. *Yu, Y.* High-throughput random access using successive interference cancellation in a tree algorithm [Текст]/ Yu. Y., Giannakis G.B. // IEEE Transactions Inform. Theory. 2007. V.53, № 12, p. 4628-4639. 2. *Андреев, С.Д.* Древоподобный алгоритм разрешения конфликта, устойчивый к неполному погашению интерференции [Текст]/ Андреев С.Д., Пустовалов Е.В., Тюрликов А.М. // Автоматика и телемеханика. 2009, №3, стр. 78-96. 3. *Апарцин, А.С.* К исследованию устойчивости решений полиномиального уравнения Вольтерра 1 рода. [Текст]/ Апарцин А.С. // Автоматика и телемеханика 2011, №6, стр. 95-114. 4. *Поповский, В.В.* Математические основы управления и адаптации в телекоммуникационных системах. [Текст]/ Поповский В.В., Олейник В.Ф. // Х. СМІТ, 2011- 362с.

Поступила в редколлегию 23.11.2011

УДК 621.746.3:65.015.1

И.Ш. НЕВЛЮДОВ, докт. техн. наук, проф., зав. каф., ХНУРЭ, Харьков
А.А. АНДРУСЕВИЧ, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков
Е.П. ВТОРОВ, канд. техн. наук, проф., ХНУРЭ, Харьков

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЭС

Рассмотрены вопросы мониторинга ЖЦ РЭС на этапе производства. На основе решения задач теории флуктуаций приводится обоснование связи между процессами формирования соединения, качеством соединения и наблюдаемой поверхностью монтажных соединений.

Ключевые слова: жизненный цикл, мониторинг, монтажные соединения, контроль процесса монтажа, радиоэлектронные средства

Розглянуті питання моніторингу ЖЦ РЕЗ на етапі виробництва. На основі вирішення завдань теорії флуктуацій приводиться обґрунтування зв'язку між процесами формування з'єднання, якістю з'єднання і спостережуваної поверхні монтажних з'єднань.

Ключові слова: життєвий цикл, моніторинг, монтажні з'єднання, контроль процесу монтажу, радіоелектронні засоби

The questions of LC REF monitoring are considered on the stage of production. On the basis of tasks decision the fluctuations theory a ground over of connection is brought between the processes of connection forming, quality of connection and looked after surface of assembling connections.

Keywords: life cycle, monitoring, assembling connections, control of editing process, radioelectronical facilities

Введение

Современный уровень развития техники характеризуется повышением сложности, наукоемкости, качества техники и появлением в связи с этим новых проблем. Отмеченное выше затрагивает в высшей степени многофункциональные РЭС, обеспечивающие функционирование связи, навигации, радиолокации, телеметрии и других задач обработки сигналов электромагнитной и акустической природы

Действенным средством решения подобных проблем в последнее десятилетие выступают новые технологии сквозной информационной поддержки сложной наукоемкой продукции на всех этапах ее жизненного цикла (ЖЦ) от маркетинга до утилизации, базирующиеся на электронном представлении данных и использовании этих данных для обеспечения ЖЦ. Очевидно мониторинг, выполняя по своему определению функции по надзору за состоянием объектов, предполагает сбор и обработку информации о ЖЦ и, следовательно, является частью этих технологий. К числу наиболее важных функций мониторинга, реализуемых в настоящее время, относится оценка и прогнозирование состояния РЭС и процессов обеспечения ее ЖЦ. Для сложных систем, в том числе и ЖЦ РЭС возникает необходимость принятия решений в ситуации отсутствия формальных приемов, наиболее эффективными здесь становятся человеко-машинные процедуры, основанные на «диалоге» человека с ЭВМ, и мониторинг, способный отображать суть происходящих процессов, становится действенным инструментом обеспечения ЖЦ РЭС. Таким образом, разработка теоретических основ мониторинга, для обеспечения возможности принятия эффективных решений при поддержке ЖЦ РЭС является актуальной научной проблемой.

Известны методы контроля процесса монтажа РЭС по внешнему виду, являющиеся частью мониторинга ЖЦ РЭС. При таком контроле обращают прежде всего внимание на форму и шероховатость поверхности, предлагаются соответствующие критерии. Так, например, считается плохой, наблюдаемая визуально, крупно зернистая структура – холодная пайка, гладкая зеркальная поверхность (незначительная шероховатость) – хорошая пайка. Однако теоретическое обоснование, указанных критериев, основанное на моделях отражающих связь между изображением поверхности и физико-химическими процессами, протекающими при формировании соединений

В статье рассматриваются вопросы, решение которых является определенным дополнением к работам ученых Борщева В.Н. Замирца Н.В. Морщакова Е.А., участвующих в разработке математических моделей процессов образования и разрушения соединений.

Целью работы является создание теоретических основ мониторинга на основе исследований, раскрывающих суть процессов формирования соединений и отображения этой сути.

Мониторинг монтажных соединений РЭС.

В процессе формирования наблюдаемой поверхности происходят сложные процессы, проявляющиеся в растворении и диффузии металлов, эрозия металла, образование интерметаллидов и др. Скорость и глубина этих процессов зависят

от природы взаимодействующих материалов, температуры, скорости и времени нагрева, напряжений в основном металле.

После удаления источника тепловой энергии наступает стадия кристаллизации, которая оказывает большое влияние на качество соединений. На структуру соединения влияют зазор, протяженность области недогрева. При прочих равных условиях уменьшение зазора, а следовательно, толщины кристаллизующейся жидкости приводит к таким изменениям указанных факторов, что дендритная форма кристаллов (при 0,5 ... 2 мм) постепенно уступает место ячеистой (0,3 ... 0,4 мм), а ячеистая – преобладающему росту кристаллов с гладкой поверхностью (0,1 ... 0,2 мм). Характерным для кристаллизации является ярко выраженная ликвация шва, связанная с образованием зональных неоднородностей, дендритных образований.

Формирование наблюдаемой поверхности соединения под действием сил поверхностного натяжения и отклонение от формы под действием случайных сил обусловлено поведением ансамбля микрочастиц, участвующих в физико-химических процессах, протекающих во время формирования соединения, протекающих по законам неравновесной термодинамики и статистической физики. Рассматриваемые при этом макропараметры, наблюдаемые по определению, характеризуют качество соединения и технологические режимы, их наблюдения соответствуют функциональным задачам мониторинга ЖЦ РЭС на этапе производства. В системах, состоящих из сравнительно небольшого числа частиц, возможны значительные отклонения некоторых физических величин, характеризующих системы, от их средних значений. Такие отклонения называются флуктуациями физических величин. Представляется, что геометрия поверхности образованного соединения, отражает протекающие при образовании соединений физико-химические процессы, в том числе наличие флуктуаций, проявляемых в виде шероховатости наблюдаемой поверхности.

Таким образом, при рассмотрении процессов образования монтажного соединения, может быть принята модель многокомпонентной гидротермодинамической системы, неравновесная термодинамика и теория флуктуаций [1, 2] при этом позволяет выявить признаки, характеризующие состояние соединения.

Малые флуктуации термодинамических величин можно вычислить, используя статистическое истолкование энтропии. Вероятность неравновесного состояния системы с энтропией S пропорциональна $e^{S/k}$, связь энтропии с числом микроскопических состояний Z определяется статистическим весом макроскопического состояния, т. е.

$$S = -k \ln w(Z). \quad (1)$$

При образовании соединения, сопровождаемого изменением фазового состояния участвующих в процессе материалов, можно наблюдать изменение характера флуктуаций геометрии поверхности. Связь между флуктуациями различных величин x_i , x_k , в том числе характеристики рассеяния отраженного света в различных точках поверхности при визуальном контроле характеризуется величиной $\Delta x_i \cdot \Delta x_k$. Эта величина имеет смысл значения пространственной корреляционной функции. С увеличением расстояния между точками

корреляционная функция стремится к нулю (обычно экспоненциально), т.к. флуктуации в далёких точках происходят независимо. Важную роль в теории флуктуаций играет флуктуационно-диссипативная теорема, связывающая флуктуации в системе с изменением её свойств под влиянием определённых внешних воздействий.

Существуют соотношения, связывающие квадратичные корреляционные моменты с некоторыми неравновесными средними величинами. Неравновесный ансамбль, образуется из канонического равновесного путем включения в начальный момент времени $t=0$ дополнительной постоянной силы g [2], действующей в направлении обобщенной координаты x . Если H_0 – функция Гамильтона исходной равновесной системы, то после включения дополнительной силы функция Гамильтона системы становится равной $H_0 + g(x|_t - x|_0)$. В момент времени t плотность вероятности в соответствии с макроканоническим распределением Гиббса будет равна

$$w(Z) = e^{\frac{\psi(Z) - H_0(Z) + g(x|_t - x|_0)}{kT}}. \quad (2)$$

Среднее значение обобщенной координаты по неравновесному ансамблю (2) в момент t запишем в виде

$$\overline{x|_t} = \int_{(Z|_t)} x(Z) e^{\frac{\psi(Z) - H_0(Z) + g(x|_t - x|_0)}{kT}} dZ. \quad (3)$$

Средний квадрат смещения $(x|_t - x|_0)^2 = \Delta x^2$, соответствующий флуктуации, запишется в виде

$$\overline{\Delta x^2} = 2kT \left[\frac{\partial g}{\partial \alpha} \right]_{\alpha=0}. \quad (4)$$

Таким образом, если известно уравнения процесса, которые описывают изменение “координат” под действием “сил”, т.е. движение в системе, то можно определить флуктуацию макропарметра, наблюдаемого в процессе контроля соединения. Для нахождения уравнения движения систем, соответствующих среде, в которой идет процесс, приводящий к образованию монтажных соединений РЭС, можно предложить два метода первый из которых основан на феноменологической теории неравновесных процессов, второй использует кинетическую теорию статистической физики.

В первом методе закон возрастания энтропии как макроскопической величины за счет ее производства позволяет найти уравнения движения и дать оценку “силам” с помощью уравнения баланса энтропии, играющей в теории неравновесных процессов центральную роль,

$$\frac{\partial \rho s}{\partial t} + \nabla \cdot J_s = \sigma_s, \quad (5)$$

где s – удельная энтропия, относящаяся к единице массы;

ρ – плотность среды;

J_s – вектор плотности потока энтропии;

σ_s – плотность источника энтропии.

Можно определить конкретную форму уравнения баланса энтропии для достаточно общей модели многокомпонентной гидротермодинамической системы, каковой является среда во время формирования соединения

$$\sigma = \sum_{j=1}^R J_j A_j + J_q \cdot A_q + \sum_{k=1}^K J_k \cdot A_k + p^v A_v + P^{vs} : A^s v + P^{va} \cdot A^a v \geq 0. \quad (6)$$

Здесь J_i и A_k обозначают независимые скалярные термодинамические потоки и силы, а в случае векторных и тензорных процессов – все декартовы компоненты соответствующих тензорных и векторных величин, входящих в билинейные выражения для производства энтропии (6).

Согласно (6), производство энтропии включает в себя четыре члена, соответствующих источникам, относящимся к неравновесным процессам, имеющим существенно различную физическую природу. Эти источники определяются билинейными формами от плотностей и сил, имеющих различные тензорные ранги. Так, источник энтропии, обусловленный химическими реакциями, определяется как сумма билинейных форм скаляров J_j и A_j

$$\sigma_c \equiv \sum_{j=1}^R J_j A_j. \quad (7)$$

Производство энтропии, относящееся к теплопроводности, определяется произведением полярных векторов J_q и A_q

$$\sigma_q \equiv J_q \cdot A_q. \quad (8)$$

Точно так же производство энтропии, обусловленное диффузией, есть сумма скалярных произведений полярных векторов J_k и A_k , т.е.

$$\sigma_d \equiv \sum_{k=1}^K J_k \cdot A_k. \quad (9)$$

Наконец, производство энтропии, обусловленное вязкими явлениями

$$\sigma_v \equiv p^v A_v + P^{vs} : A^s v + P^{va} \cdot A^a v, \quad (10)$$

определяется билинейной формой от плотностей потока импульса и соответствующих термодинамических сил, относящихся к явлениям объемной вязкости, сдвиговой вязкости и вязкости внутреннего вращения. Выражение для полного производства энтропии (6) справедливо в случае, когда одновременно происходят четыре вышеупомянутых процесса. Его можно получить как сумму значений производства энтропии в каждом из этих процессов. Следовательно, в общем случае σ можно рассматривать как билинейную форму от независимых скалярных потоков J_i и скалярных сил A_i , т.е.

$$\sigma = \sum_{i=1}^f J_i A_i. \quad (11)$$

При термодинамическом равновесии производство энтропии σ равно нулю, и, таким образом, независимые компоненты скалярных сил и сопряженные с ними компоненты скалярных потоков одновременно также обращаются в нуль. Это условие, а также наиболее общая связь между независимыми потоками и силами выражаются в линейном приближении с помощью линейных кинематических конститутивных уравнений (законов) Онзагера

$$J_i = \sum_{k=1}^f L_{ik} A_k. \quad (i = 1, 2, \dots, f). \quad (12)$$

Коэффициенты Онзагера L_{ik} являются функциями локальных параметров состояния: температуры, давления, химических потенциалов, зависящих от концентраций, и т.п. Однако в линейной теории коэффициенты считаются не зависящими от потоков и сил, входящих в конститутивные линейные уравнения, от градиентов параметров локального состояния.

Второй метод описания движения в системе использует кинетическую теорию статистической физики. Здесь задачи оценки характеристик неравновесных процессов могут быть решены, с помощью уравнений движения обычно называемых кинетическими уравнениями.

Кинетическое уравнение для функции распределения можно получить, отыскивая уравнение для плотности вероятности, частицы из статистического ансамбля W_1 , т.е.

$$W_1(r_1, p_1, t) = \int w(r_1, \dots, p_N; t) dr_2 dp_2 dr_3 dp_3 \dots dr_N dp_N.$$

Кинетическое уравнение приобретает более простой вид, если от функции W_1 , имеющей смысл плотности вероятности данной частицы иметь заданные координату и импульс, перейти к функции распределения $f(r, v, t)$

$$f(r, v, t) = m^2 N W_1(r, p, t). \quad (13)$$

Знание функции f позволяет определить основные макроскопические характеристики неравновесной системы, такие, как плотности массы

$$\sigma(r, t) = m \int f(r, v, t) dv, \quad (14)$$

плотность потока массы

$$j_x(r, t) = m \int \xi f(r, v, t) dv, \quad (15)$$

поток тепла

$$Q_x(r, t) = \int \frac{mv^2}{2} \xi f(r, v, t) dv. \quad (16)$$

Выводы

Таким образом, знание функции распределения, полученной на основе метода Гиббса с учетом термодинамических сил в выражении для Гамильтониана, использование уравнений неравновесной термодинамики, определяющих взаимодействие термодинамических сил и движение потоков, а также кинетических уравнений статистического ансамбля дает возможность, давать оценку макроскопических, наблюдаемых при мониторинге величин, включая флуктуации макропараметров, характеризующих монтажное соединение РЭС. Рассматриваемые задачи теории флуктуаций дают возможность обосновать связи между процессами формирования соединения, качеством соединения и наблюдаемой при поверхности и в результате определить критерии принятия решений при мониторинге процессов сборки и монтажа РЭС.

Список литературы: 1. Киреев, В.А. Краткий курс физической химии [Текст] / В.А. Киреев. – М.: Изд-во «Химия», 1970. – 640 с. 2. Семиохин, И.А., Страхов, Б.В., Осипов, А.И. Кинетика

УДК 621.746.3:65.015.13

С.В. СОТНИК, канд. техн. наук, ас., ХНУРЭ, Харьков
Е.В. ИЕВЛЕВ, маг, ХНУРЭ, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

У даній роботі розглядається процес формування якості при виготовленні пластмасових виробів, розроблений граф перетворення показників якості в технологічних процесах, представлені розрахункові співвідношення сумарної погрішності показника якості і коефіцієнта перетворення.

Ключові слова: технологічне оснащення, виливні форми, показник якості, пластмасові вироби, виливання

В данной работе рассматривается процесс формирования качества при изготовлении пластмассовых изделий, разработан граф преобразования показателей качества в технологических процессах, представлены расчетные соотношения суммарной погрешности показателя качества и коэффициента преобразования.

Ключевые слова: технологическая оснастка, литьевые формы, показатель качества, пластмассовые изделия, литье

In this work the forming process of quality is examined at making of plastic wares, the count of quality indexes transformation is developed in technological processes, calculation correlations total error of quality index and coefficient of transformation are presented.

Keywords: technological rigging, castable forms, quality index, plastic wares, casting

Введение

Литье пластмасс под давлением – это процесс переработки пластмассы из первоначального твердого состояния (гранул) в жидкое состояние, для дальнейшего впрыска пластмассы в пресс-форму (рис. 1). Литье под давлением позволяет производить разнообразные пластмассовые изделия. Литье пластмасс – это возможность изготовить качественные изделия промышленного назначения, товары народного потребления [1 – 3].

Масса изготавливаемых литьем изделий может быть любой: от нескольких граммов до нескольких килограммов. Литье пластмасс может происходить при разном давлении – это зависит от вязкости расплава материала и конструкции литьевой формы.

Формование изделия методом литья под давлением осуществляется в несколько стадий: 1 – Нагревание полимера в цилиндре; 2 – Смыкание ЛФ с



Рис. 1. Стадии формования изделий методом литья под давлением