

УДК 621.396

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Шельгорн Я.В.*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: app@vivt.ru*

Проведение процессов оптимизации процесса производства радиоэлектронной аппаратуры является сложной задачей вследствие того, что есть большое число различных технологических операций. Те многие разработанные алгоритмы контроля и управления качеством технологических процессов и оптимизации базируется на применение способов математической статистики. В качестве основных преимуществ таких методов можно отметить их универсальность и относительная простота реализации: при наличии некоторого количества статистических данных и программ, которые следят за состоянием процессов в режимах реального времени. Но в качестве одного из заметных недостатков использования статистических методов можно отметить необходимость существования достаточного количества экспериментальных данных. При этом также требуется учитывать, что статистическая модель является описанием только конкретного процесса, а экстраполяция, применяемая при построении статистических моделей практически всегда сопряжена с большой ошибкой.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, проектирование, моделирование, оптимизация

ABOUT THE POSSIBILITIES OF OPTIMIZING THE PRODUCTION OF ELECTRONIC EQUIPMENT

Schelgorn Y.V.*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, e-mail: app@vivt.ru*

Conducting processes optimization of the production process of electronic equipment is a complex task due to the fact that there are a large number of different technological operations. The many algorithms control the quality of processes and optimization based on the application of methods of mathematical statistics. The main advantages of such methods can be noted for their versatility and relative simplicity of implementation: in the presence of a certain amount of statistical data and programs that monitor the status of processes in real time. But as one of the notable disadvantages of using statistical methods it is possible to note the necessity of the existence of a sufficient number of experimental data. It also requires to take into account that a statistical model is a description of a specific process, and extrapolation used when constructing statistical models almost always involves a big mistake.

Keywords: electronic equipment, design, modeling, optimization

Проведение оптимизации процессов при производстве большого числа блоков радиоэлектронной аппаратуры представляет собой довольно сложную задачу вследствие того, что привлекается большое число разных технологических операций [1].

Долгое время радиоэлектронную аппаратуру разрабатывали на базе блочного метода конструирования, в котором предусмотрено, что аппаратура расчленяется с тем, чтобы была ее стандартизация и унификация до уровней блоков (поэтому так и назван метод).

Но такой метод конструирования не давал возможности для автоматизации производственных процессов по сборке и монтажу аппаратуры и постепенно, по мере того, как усложнялась аппаратура, его заменили на функционально-узловой метод, в нем идет составление сложных функциональных схем на базе простых функциональных узлов.

Активное внедрение подобного метода основывается на возможностях применения ограниченных наборов функциональных узлов при формировании определенных

классов аппаратуры, это дало возможности для решения задач их унификации.

Выпуск унифицированных функциональных узлов (микросхем, имеющих различное функциональное назначение и уровень интеграции – количество элементов относительно одного кристалла или для одного корпуса микросхем) происходит серийным образом в специализированных предприятиях.

Количество специфических схем и узлов в действующей радиоэлектронной аппаратуре имеет только 15–30 %.

Для многих случаев их можно реализовать на основе такой же конструктивно-технологической базы, что для унифицированных узлов. Использование функционально-узлового метода дало возможности для автоматизации производственных процессов сборки и монтажа аппаратуры, уменьшить значение ее себестоимости, уменьшить сроки разработок и увеличить надежность.

Кроме функционально-узлового метода в конструировании, в котором предусмотрено формирование конструкций радио-

аппаратуры на базе микросхем, которые выполняют простые функции по усилению, генерации и преобразованию сигналов, в существующих условиях все большее значение имеет способ, базирующийся на применении больших интегральных схем (БИС).

Для промышленной сферы есть два направления, связанных с развитием БИС: построение полупроводниковых (монокристаллических) и гибридных БИС. Полупроводниковые БИС являются конструкциями, которые состоят из нескольких тысяч полупроводниковых компонентов, которые изготовлены в ходе единого технологического процесса относительно одной общей полупроводниковой пластине.

Для гибридных БИС рассматривают их как сборные конструкции, в них вначале отдельным образом для миниатюрных подложек на базе пленочной технологии ведут изготовление пассивных элементов схем (резисторов, конденсаторов и индуктивных катушек), а потом на коммутационных подложках такие элементы соединяют исходя из заданной принципиальной схемы при твердотельных матрицах диодов, транзисторов и бескорпусных ИС.

В существующих условиях многие из разрабатываемых алгоритмов для контроля и управления качеством в технологических процессах (ТП) и при осуществлении оптимизации базируются на подходах, связанных с математической статистикой.

В качестве основных преимуществ подобных способов можно назвать их универсальность (то есть возможности использования по каждому ТП) и при этом обеспечивается относительная простота реализации: когда существуют некоторые совокупности статистических данных и программ, которые следят за тем, чтобы было требуемое состояние процессов в режимах реального времени, при этом можно достаточно просто осуществлять моделирование по каждой отдельной технологической операции, а в дальнейшем и получить модель всего ТП.

Но можно отметить и определенные недостатки использования статистических подходов [2] при этом необходимо, чтобы было достаточное количество экспериментальных данных [3].

Следует понимать, что статистические модели представляют собой описание по только конкретному ТП (при учете соответствующих параметров ТЗ ситуаций, подстроек компонентов технологического оборудования, способов производств и других),

а если применять экстраполяцию, которая появляется при формировании статистических моделей во многих практических случаях ведет к тому, что появляется большая ошибка.

Во многих прикладных вариантах, проведение статистического моделирования ведет к тому, что сравниваются значения по определенным параметрам (входным или выходным) в ходе ТП с реальными значениями.

Затем идет формирование некоторого интервала по значениям параметров процессов (говорят о доверительном интервале), значения внутри него рассматриваются как допустимые при конкретной физической величине, вне интервала – говорят о недопустимых значениях.

Проведение выбора подобного интервала часто происходит в зависимости от того, какое количество статистических данных: при большем разбросе значений тех параметров, которые контролируются имеем (большее значение по среднему отклонению), которые характеризуют конкретно изготавливаемую и формируемую партию радиоэлектронных компонентов.

При увеличении более широких границ по доверительному интервалу: чем большая выборка осуществляется, тем более узкие допустимые границы будут устанавливаться в системе.

Указанные границы по каждой из новых операций устанавливаются предварительно и в ходе ТП не могут быть измененными [4, 5].

Применение адаптивных методов оптимизации производства радиоэлектронной аппаратуры базируются на том, что изменяются текущие параметры в зависимости от того, какие входные данные.

Основным преимуществом подобных методов является проведение самооптимизации [6, 7] при изменениях требованиях к ТП и внешним условиям.

Например, можно принимать во внимание то, что происходит устаревание технологического оборудования в процессах его эксплуатации.

Для общих случаев применяется принцип максимального приближения к идеальным значениям по каждому из параметров оптимизации в разных технологических операциях.

Вследствие того, что связи среди параметров различны (некоторые из них будут противоречивыми (взаимоисключающими)), трудно одновременным образом получить радиоэлектронное устройство,

имеющее идеальные выходные характеристики – физические, практические и экономические.

Исходя из выше указанного, в предлагаемой для разработки подсистеме оптимизации ТП производства радиоэлектронной аппаратуры авторами настоящей работы предлагается использовать один из методов многокритериальной оптимизации.

Техническое исполнение современных микроэлектронных устройств, в том числе различных микросхем, является весьма сложным, в этой связи проведение эффективной их разработки невозможно без применения специального программного обеспечения – систем автоматизированного проектирования (САПР) [8].

Автором данной работы предлагается применение модуля оптимизации ТП, который осуществляет построение математической модели при производстве радиоэлектронной аппаратуры с учетом причинно-следственных связей между показателями качества элементов (узлов, блоков) радиоэлектронной аппаратуры параметров физической структуры, а также учитывает влияние неконтролируемых параметров, возникающих в ходе ТП производства радиоэлектронной аппаратуры.

Создана модульная структура процесса интеграции выходных файлов САПР в процесс производства радиоэлектронной аппаратуры.

Принцип взаимодействия модулей предлагается следующий: на этапе производства, выходные файлы загружаются в базу данных.

Затем в автоматическом режиме или вручную с помощью интерфейса оператора происходит выбор оборудования для производства, а также при помощи модуля задания стандартов определяются допуски, критические величины и выходные значения параметров радиоэлектронной аппаратуры: с учетом требуемых стандартов качества (согласно ТЗ или ГОСТу).

На основе модуля управления данные процессов передаются в АСУ. При помощи модуля оптимизации технические работники (контролеры на производстве / технологи) при реализации ТП получают данные о надежности приборов, которые изготавливаются и оценки влияния технологических факторов, на работоспособность разрабатываемого радиоэлектронного устройства на основе анализа данных, сохраненных при производстве ранее изготовленных радиоэлектронных устройств.

В результате, применение предлагаемого модуля даст возможности для того, чтобы сохранить и учитывать в дальнейшем настройки по оборудованию для конкретной серии радиоэлектронных устройств.

Основная задача состоит в том, чтобы повысить эффективности ТП состоит в создании и настройке (подстройке под конкретные параметры выходных характеристик радиоэлектронной аппаратуры в зависимости от типа изделия, производимого в данный момент): в АСУ ТП помимо функции управления текущим ТП [9], должна быть реализована возможность хранения данных (система баз данных), являющихся характеристиками ТП и (или) влияющими на конечные характеристики изготавливаемых радиоэлектронных устройств – настроек оборудования в зависимости от типа производимых радиоэлектронных устройств, показания КИП (датчиков) в момент производства радиоэлектронных устройств записи сообщений о сбоях и ошибках в ТП, которые впоследствии можно будет использовать для прогнозирования характеристик изделий при производстве новой серии аналогичных радиоэлектронных устройств для анализа параметров ТП – настроенности, эффективности с целью их улучшения, поиска ошибок в ТП, оценки экономической эффективности производства радиоэлектронных устройств.

АСУ ТП должна состоять из нескольких модулей (подсистем) – подсистемы управления технологическими операциями (каждой технологической операции), управления режимами ТП, модуля управления транспортными операциями, подсистемы межоперационного контроля и работать в режиме реального времени.

Таким образом, АСУ ТП производства радиоэлектронной аппаратуры должна обеспечивать трансляцию информации от конструктора до производства, имея при этом обратные связи, которые позволяют вести разработку новых модификаций, устранять ошибки, выявленные в ходе производства, производить текущий контроль производства.

Для оптимизации производства в составе АСУ ТП применяются различные системы управления качеством производимых радиоэлектронных изделий, в состав которых входят подсистемы оптимизации производства.

Под предлагаемой авторами данной работы подсистемой оптимизации понимается автоматизированная система, обеспечи-

вающая различные виды воздействий на ТП производства радиоэлектронной аппаратуры на любом этапе производства с целью улучшить качество выпускаемой продукции: уменьшить количество бракованных (или не соответствующих техническим требованиям, предъявляемым к изделиям согласно ТЗ (негодных)), улучшить качество производимых в данной момент серии радиоэлектронной аппаратуры, используя ранее полученные данные.

Список литературы

1. Самойлова У.А. Анализ сложных электродинамических объектов на основе параллельных вычислений / У.А. Самойлова // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5–2. – С. 55–56.
2. Ашихмин А.В. Итерационный алгоритм решения задач дифракции электромагнитных волн в частотной области / А.В. Ашихмин, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 8. – С. 38–40.
3. Преображенский А.П. Моделирование рассеяния электромагнитных волн на несимметричном объекте / А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров, К.В. Кайдакова // В мире научных открытий. – 2015. – № 8. – С. 526.
4. Щербатых С.С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн / С.С. Щербатых // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 10.
5. Преображенский А.П. О применении комбинированных подходов для оценки характеристик рассеяния объектов / А.П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2014. – № 12. – С. 69–70.
6. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / О.В. Милошенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 60–62.
7. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализация алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi / Е.Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.
8. Ерасов С.В. Проблемы электромагнитной совместимости при построении беспроводных систем связи / С.В. Ерасов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 137–143.
9. Lvovich Ya. Ye. The use of «ant» algorithm in constructing models of objects that have maximum average values of the scattering characteristics / Ya. Ye. Lvovich, I.Y. Lvovich, A.P. Preobrazhenskiy, O.N. Choporov // Life Science Journal. – 2014. – Т. 11. – № 12. – С. 463–466.