

М.И. Васюхин,
А.П. Бень,
А.М.Касим

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ:
УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТОМ**

Монография

ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ ИМЕНИ В.М. ГЛУШКОВА НАН УКРАИНЫ
ХЕРСОНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ

М.И. Васюхин, А.П. Бень, А.М. Касим

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ:
УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТОМ**

Монография

Херсон
ХДМА
2019

УДК 004.415
В 20

Рецензенты:

В.А. Вышинский – доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник Института кибернетики имени
В.М. Глушкова НАН Украины;

В.Н. Опанасенко – доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник Института кибернетики имени
В.М. Глушкова НАН Украины;

С.А. Рожков – доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой эксплуатации судового электрооборудования и средств
автоматики Херсонской государственной морской академии

Васюхин М.И. (предисловие, раздел 2);

Бень А.П. (раздел 4);

Касим А.М. (разделы 1, 3)

*Рекомендовано Ученым советом
Херсонской государственной морской академии
(протокол № 4 от 4.12.2019 года)*

Васюхин М. И.

В 20 Компьютерные системы: устройства связи с объектом: монография /
М.И. Васюхин, А.П. Бень, А.М. Касим. – Х.: ХГМА, 2019. – 202 с.
ISBN 978-966-2245-65-3

Рассмотрены принципы построения элементов и узлов электронной аппаратуры, устройств связи с объектом компьютерных систем различного уровня и назначения, особенности их моделирования, проектирования и применения в системах автоматизации различного назначения. Описаны функции элементарных звеньев автоматики, методы синтеза и анализа средств сбора и обработки информации и ее оптимизации для принятия адекватных решений при управлении техническими объектами. Особое внимание уделено интеллектуальным датчикам как устройствам связи с объектами (процессами) окружающего нас мира.

Для научных работников и инженеров, разрабатывающих компьютерные системы и занимающихся конструированием изделий электронной техники, студентов и аспирантов кибернетических специальностей, а также специалистов смежных сфер и направлений применения.

УДК: 658.8:631.544.4
ББК 65.291.3

ISBN 978-966-2245-65-3

© Васюхин М.И., Бень А.П., Касим А.М., 2019
©ХДМА, 2019

Светлой памяти
Ученого, Разработчика и Настоящего Друга
СКУБИЛИНА МИХАИЛА ДЕМЬЯНОВИЧА
посвящается

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень обозначений и сокращений	6
Предисловие	7
1 УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТОМ – ОТ ПРОСТЫХ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ	12
1.1 Эволюция датчиков	12
1.2 Функциональная схема интеллектуальных датчиков	15
1.3 Классификация датчиков	16
1.4 Обзор способов селекции полезных сигналов	20
1.5 Микропроцессоры в составе интеллектуальных датчиков	24
1.6 Внутренняя память датчиков	28
1.7 Внешний интерфейс и взаимодействие с пользователем	30
1.8 Проектирование и программирование интеллектуальных датчиков	35
2 ЭЛЕМЕНТЫ СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ	46
2.1 Технологии и структура производственного процесса	46
2.2 Резистивные датчики	51
2.3 Емкостные и индуктивные датчики	56
2.4 Датчики электромашинного типа	63
2.5 Датчики вакуума и силовые датчики	69
2.6 Устройства сравнения значений параметров	77
2.7 Исполнительные устройства	86
2.8 Элементарные звенья систем автоматического управления	93
2.9 Логические и нелинейные звенья компьютерных систем автоматики	98
2.10 Автоматическое регулирование	105
2.11 Испытания электронной аппаратуры компьютерных систем	111
3 СБОР И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ	120
3.1 Статистическая обработка результатов мониторинга	120
3.2 Компьютерное моделирование возмущенного движения транспортного средства	124
3.3 Интегрированные автоматизированные системы управления	129
3.4 Оптимизация компьютерных средств контроля и управления	196

4	СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ	149
4.1	В навигации и принятии решений судовождения	149
4.2	При управлении судном с глубоководным оборудованием на буксире	153
4.3	Для управления судном-буксиром	160
4.4	В эргометрии	165
4.5	Для защиты прав потребителей	170
4.6	Для защиты в многофазных сетях электроэнергии	174
4.7	Для оценки экологического состояния среды	179
4.8	Для оценки состояния сердца человека	180
4.9	Для направленной кристаллизации бинарных соединений	185
4.10	В теплоэнергетике	188
4.11	При сейсмических исследованиях дна водоемов	190
4.12	Для акустического каротажа осадочного чехла	195
	ЛИТЕРАТУРА	198

ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

АС	автоматизованная система
БД	база данных
БПЛА	беспилотный летательный аппарат
ГИС	геоинформационная система
ДП	диспетчерский пункт
ДС	динамичекая сцена
ГСП	глобальная система позиционирования
ЭВМ	электронно-вычислительная машина
КФ	картографический фон
ОС	операционная система
ОЗУ	оперативно-запоминающее устройство
ПО	программное обеспечение
ПК	персональный компьютер
ППП	пакет прикладных программ
РВ	реальное время
СОИ	система отображения информации
СППР	система поддержки принятия решений
БДС	база данных символов
БЗ	база знаний
БКД	база картографических данных
ГЛОНАСС	Глобальная Навигационная Спутниковая Система
ДСц	динамический сценарий
НИ	навигационная информация
ПрО	предметная область
ПрП	проблемное пространство
РЛС	радиолокационная система
ДО	движущийся объект
СК	система координат
СУБД	система управления базами данных
ЦМР	цифровая модель рельефа
ДЗЗ ИСЗ	Дистанционное зондирование Земли с помощью искусственных спутников Земли
RGB	RED GREEN BLUE – палитра цветов: красный-зеленый-синий
GPS	Global Positional System
SQL	Structured Query Language (структурированный язык запросов)

ПРЕДИСЛОВИЕ

В монографии сделана попытка комплексного представления проблем проектирования, построения и применения устройств связи с объектом (интеллектуальных датчиков) как методологической основы создания современных и перспективных компьютерных систем на базе радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

РЭА находит применение почти во всех отраслях народного хозяйства, в правоохранительных и вооруженных силах, а также в быту людей всех стран мира.

Для выполнения предназначенных ей функций РЭА должна обладать заданной точностью, долговечностью, надежностью и экономичностью. Эти параметры (уровни) обеспечиваются современными технологиями, организацией и культурой производства элементной базы.

Но темпы развития технологии изготовления РЭА и автоматизации управления производством настолько интенсивны, что сложилась ситуация, когда при возрастании требований к качеству, возможности известных технологий отстают.

Основные технологические задачи производства РЭА могут быть сформулированы только на основе ее конструктивно-технологического анализа. РЭА представляет собой совокупность элементов, объединенных в сборочные единицы и устройства и предназначенных для преобразования и переработки электромагнитных сигналов в диапазоне частот колебаний – от низких частот (НЧ) до сверхвысоких частот (СВЧ).

Элементы, рассчитанные на совместную работу в РЭА, различают по функциональным, физическим, конструктивно-технологическим признакам и типам связи. По конструктивно-технологическому признаку элементы РЭА делят на *дискретные и интегральные*, которые объединяют в сборочные единицы, определяющие элементарные действия (усилители, генераторы, дешифраторы и т.д.).

В зависимости от диапазона частот меняются и пассивные элементы. Так, в НЧ РЭА используют индуктивности (L) и ёмкости (C) *с сосредоточенными параметрами*, изготавливаемые по любой технологии, а в СВЧ РЭА применяют элементы *с распределенными параметрами* (полосковые линии, коаксиальные резонаторы, и др.).

Устройства на базе РЭА (устройства управления, сопряжения, преобразования информации типа АЦП и ЦАП) имеют определенное функциональное назначение.

Радиопередающие устройства (РПУ) представляют собой автономную часть РЭА. Конструктивно-технологические требования, предъявляемые к РПУ, включают требования по массе, габаритам, форме и т. п.

Важной характеристикой любой РЭА является ее рабочий диапазон частот. В зависимости от диапазона частот устройства диктуются требования к его конструктивному оформлению и технологии изготовления.

С ростом частоты повышаются требования к точности изготовления, качеству обработки деталей, чистоте применяемых материалов и т.п. Так, подходы к конструированию и технологии изготовления устройств для НЧ, радиочастот (РЧ) и СВЧ существенно отличаются.

Длина волны электромагнитного сигнала, как правило, соизмерима или много меньше размеров излучающего объекта. Для СВЧ-диапазона это является принципиальным требованием к конструктивным и технологическим особенностям РЭА и ее СВЧ-элементов, т. к. отличается физика их работы от аналогичных радио- и НЧ-устройств.

Так, в СВЧ-диапазоне:

1) Теряют физический смысл обычные элементы со сосредоточенными параметрами индуктивностями (L), ёмкостями (C) и резисторами (R), а все СВЧ-устройства не являются устройствами с распределенными параметрами;

2) конструкции линий передач строго определяются физическими процессами передачи СВЧ-энергии и имеют свои особенности для каждого поддиапазона частот;

3) электрические токи протекают в очень тонком наружном слое металлических проводников. Явление поверхностного эффекта накладывает жесткие ограничения на чистоту обработки токонесущих поверхностей, на выбор защитных покрытий, появляется возможность применения технологии изготовления токонесущих проводников путем металлизации поверхности диэлектрических или керамических деталей;

4) из-за большой инерции электронов и длительной рекомбинации свободных носителей зарядов в СВЧ-диапазоне неприменимы обычные для РЧ и НЧ электровакуумные и полупроводниковые приборы;

5) параметры и свойства материалов: диэлектриков, магнитодиэлектриков и проводников в СВЧ диапазоне существенно отличаются от их номинальных значений.

Все это определяет специфику конструирования и изготовления СВЧ-устройств, которая заключается в жесткой зависимости их радиотехнических характеристик от параметров самой конструкции (формы, размеры) и радиофизических свойств материалов (вида обработки токонесущих поверхностей, используемых покрытий и т. д.).

В радиочастотной РЭА эти зависимости проявляются в значительно меньшей степени, а в НЧ-аппаратуре практически отсутствуют.

При конструктивно-технологическом анализе РЭА большое внимание следует уделять ее непосредственному *назначению и условиям эксплуатации*.

Это предусмотрено общей характеристикой радиотехнических систем (РТС) и радиотехнических комплексов (РТК), в которые входит анализируемая аппаратура.

Разнообразие и сложность выполняемых РТС и РТК функций и условий их работы, состав и особенности носителей аппаратуры в значительной степени определяют требования к ее конструкции и

существенно влияют на выбор технологии изготовления элементов и сборочных единиц.

Большие пространственные масштабы (включая континентальные, глобальные и космические) современных РТК приводят к пространственному разделению аппаратуры, составляющей единые РТС, входящие в РТК.

Это является источником огромных диапазонов и скоростей изменения разнообразных возмущающих воздействий, одновременно влияющих на различные составляющие части единой работающей в это время РТС. При этом зачастую аппаратура одной и той же РТС, выполняющей ответственные функции, расположена на различных типах объектов: в стационарных пунктах и на подвижных наземных, надводных и подводных объектах, на атмосферных, космических, инопланетных и даже межгалактических летательных аппаратах, на обслуживаемых и необслуживаемых объектах носимой аппаратуры и др.

Для различных типов объектов существуют различные требования на условия размещения аппаратуры, весьма различные комплексы возмущающих воздействий, их сочетания, диапазоны изменения и т. д.

Всевозможные комбинации электромагнитных, тепловых, радиационных, вибро-акустических и других воздействий на аппаратуру должны быть обязательно приняты во внимание при проектировании и оптимизации технологических процессов (ТП) ее изготовления.

При этом необходимо подчеркнуть, что, поскольку возможности и ограничения различных технологических систем (ТС) изготовления аппаратуры в сильной степени определяют особенности её функционирования в условиях различных комплексов возмущающих воздействий, то перед разработчиком (конструктором, технологом) ставится задача активно участвовать во всех этапах проектирования и создания РТК и РТС.

Объективной тенденцией совершенствования конструкции РЭА является постоянный рост ее сложности, что объяснимо расширением круга решаемых задач при одновременном повышении требований к эффективности ее работы.

Усложнение схемных и конструкторских решений, функциональных связей вместе со значительным увеличением числа элементов в РЭА создает большие трудности при их производстве, особенно при сборке, монтаже аппаратуры, ее наладке и регулировке.

Конструктивно-технологические особенности РЭА включают функционально-узловой принцип конструирования, технологичность, минимальные габаритно-массовые показатели, ремонтпригодность, защиту от внешних воздействий и защиту окружающей среды от воздействия со стороны РЭА, а также надежность работы.

В понятие «надежность конструирования» входят: вероятность безотказной работы, среднее время наработки на отказ, среднее время восстановления работоспособности, долговечность и т. д.

Специфические условия обеспечения высокой надежности РЭА и заданных характеристик в условиях эксплуатации обуславливают высокие требования к качеству используемых материалов, оборудования, а также к ТП изготовления РЭА.

Кроме того, производство РЭА должно быть экономически эффективно.

При проектировании ТП следует предусматривать сокращение длительности и трудоемкости этапа подготовки производства, капитальных затрат, числа сложных и трудоемких операций, использование минимального числа единиц оборудования, максимального числа стандартных, унифицированных и типовых сборочных единиц, функциональных узлов РЭА, а также предусматривать изготовление минимального числа сборочных единиц. Сущность функционально-узлового принципа конструирования РЭА заключается в объединении функционально законченных схем сборочной единицы и их модульной компоновке.

Базовые конструкции аппаратуры имеют несколько уровней модульности, предусматривающих объединение более простых модулей в более сложные.

К модулям первого уровня относятся интегральные микросхемы, модулями второго уровня являются типовые элементы сборки (ТЭС) или ячейки, печатные платы (ПП), которых конструктивно и электрически объединяют ИС и электрорадиоэлементы (ЭРЭ).

Модули третьего уровня представляют собой блоки (панели), которые с помощью плат и каркасов объединяют ячейки в конструктивный узел.

Модулем четвертого уровня является рама (конструктивный узел – каркас рамы), а модулем пятого уровня – стойка (конструктивный узел – каркас стойки).

В настоящее время основными направлениями развития РЭА, позволяющими решать задачи уменьшения габаритов, массы и энергоемкости аппаратуры, повышения ее надежности и технологичности, является *микроминиатюризация аппаратуры, повышение степени интеграции и комплексный подход* к разработке, конструированию и технологии производства РЭА.

Микроминиатюризация – это микромодульная компоновка компонентов с применением интегральной и функциональной микроэлектроники.

При микромодульной компоновке элементов осуществляют микроминиатюризацию дискретных ЭРЭ и сборку их в виде плоских или пространственных (этажерочных) модулей.

Такую компоновку применяют в специальной аппаратуре для объемного размещения интегральных схем (ИС) с планарными выводами, что повышает надёжность, как самих элементов, так и их межсоединений и обеспечивает условия механизированного и автоматизированного производства и сборки.

В основе интегральной микроэлектроники лежит использование ИС и больших интегральных схем (БИС), применение групповых методов изготовления, машинных методов проектирования ТП, изготовления и контроля.

Функциональная микроэлектроника основана на непосредственном использовании физических явлений, происходящих в твердом теле (магнитных, квантовых, плазменных и др.). Элементы создают, используя среды с распределенными параметрами. Для управления параметрами выходных многомерных сигналов применяют динамические неоднородности среды, возникающие в определенный момент под воздействием управляющих сигналов.

Основной технологической задачей при реализации функциональной микроэлектроники является *получение сред с заданными свойствами*.

Повышение степени интеграции, определяемой числом элементов, приходящихся на единицу площади подложки ИС, или размещенных в одном кристалле (на одном кристалле с размерами сторон 4 на 8 мм размещают 10^4 - 10^5 элементов), изменяет состав и структуру конструктивных уровней компоновки. При этом увеличивается сложность элементной базы (модулей первого уровня), уменьшается число уровней, снижается сложность конструкции и уменьшаются габаритные размеры устройств.

Трудоемкость производства сборочных единиц РЭА может быть представлена в таком соотношении: механическая сборка – 8-15 %, ручная сборка – 15-20 %, электрический монтаж – 40-60 %; наладка – 20-25 %

Следовательно, основными конструктивно-технологическими задачами производства РЭА являются:

- 1) разработка ИС на уровне ячеек и сборочных единиц РЭА с высокой степенью интеграции и совершенствование технологии их изготовления;
- 2) повышение плотности компоновки навесных элементов на ПП и плотности печатного монтажа;
- 3) совершенствование методов электрического соединения модулей первого, второго и третьего уровней;
- 4) механизация и автоматизация сборки и электрического монтажа модулей второго, третьего и четвертого уровней;
- 5) развитие автоматизированных и автоматических методов, а также средств наладки и регулировки аппаратуры сложных РТС;
- 6) автоматизация операции контроля функциональных параметров;
- 7) создание гибких комплексно-автоматизированных производств, функционирующих совместно с системами автоматизированного проектирования.

Наукове видання

**Васюхін М.І.
Бень А.П.
Касім А.М.**

**КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ:
ПРИСТРОЇ ЗВ'ЯЗКУ З ОБ'ЄКТОМ**

Монографія

(Рос. мовою)

Відповідальний за випуск *Р. С. Врублевський*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *В. Г. Удов*

Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 12,75
Підписано до друку 26.02.2019 року
Тираж 300 примірників. Зам. №57

Видавництво
Херсонська державна морська академія,
просп. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000
Тел.: 49-20-20
Ел. адреса: rvv@ksma.ks.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру
ДК № 4319 від 10.05.2012