

# СТРУКТУРНАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЭС

## STRUCTURAL FORMALIZATION OF DESIGN PROCESSES, MANUFACTURING AND OPERATION OF RES

**A. Andryukhin**

*Summary.* The article discusses current issues related to the structural formalization of the processes of design, production and operation of RES. A more detailed composition of the indicated processes is considered on the example of a second-order bandpass filter based on an operational amplifier with an inverting input. Also in the process of the study, the model of the RES life cycle system was formalized. Special attention is paid to the need to use CADs.

*Keywords:* design, RES, methodology, operation, stage, life cycle, system.

**Андрюхин Александр Гаврилович**  
К.т.н., доцент, МИРЭА — Российский  
технологический университет  
pr1110@list.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются актуальные вопросы, связанные со структурной формализацией процессов проектирования, производства и эксплуатации РЭС. Более детальный состав обозначенных процессов рассмотрен на примере полосового фильтра второго порядка, построенного на базе операционного усилителя с инвертирующим входом. Также в процессе исследования формализована модель системы жизненного цикла РЭС. Отдельное внимание уделено необходимости использования систем автоматизированного проектирования.

*Ключевые слова:* проектирование, РЭС, методика, эксплуатация, этап, жизненный цикл, система.

Современные радиотехнические комплексы и системы становятся все более сложными и многофункциональными, вследствие повышения количества и качества требований, которые предъявляются к ним, с целью наилучшего удовлетворения запросов общества [1]. Их сложность обусловлена тем, что они комплектуются из множества устройств, узлов и модулей, которые могут действовать по разным физическим принципам, использовать разную элементную базу и различные режимы работы, но при этом они должны быть четко взаимосвязаны между собой.

В данном контексте обеспечение высокого качества и надежности функционирования технических объектов является одной из важнейших научно-технических проблем. В современных условиях стратегической линией решения указанной проблемы является дальнейшее развитие научных основ комплексного повышения технико-экономической эффективности создания новой техники, внедрение перспективных технологий автоматизированного управления процессами проектирования и производства РЭС с максимальным использованием их потенциальных возможностей и рациональным применением всех видов ресурсов.

В связи с этим актуализируется потребность в разработке методологии и пригодных для практики методов оценки, моделирования и комплексной оптимизации технологических процессов проектирования, производства и эксплуатации РЭС с целью обеспечения их эф-

фективности, что в целом предопределяет выбор темы данной статьи.

Решению современных вопросов создания и производства РЭС посвящены труды зарубежных и отечественных ученых, таких как: J. Fjelstad, P. Macleod, A. Медведев и др. Значительный вклад в развитие теории обеспечения качественных показателей и надежности радиоэлектронной техники внесли К. Netting, В. Борщев, А. Грушевский.

Однако, несмотря на большое количество исследований, посвященных развитию методов конструирования РЭС, неразрешенным остается противоречие между необходимостью дальнейшего повышения качества существующих и перспективных вариантов их реализации при условии уменьшения размеров и повышении плотности монтажа, также требуют дальнейшей проработки вопросы эффективного использования современных систем автоматизированного проектирования РЭС.

Известно, что в целом процесс разработки (создания) оборудования включает два отдельных этапа: проектирование и производство [2]. Именно этап проектирования требует значительных усилий со стороны инженеров-проектировщиков и затрачивается много времени на поиск оптимальных решений для повышения качества будущего объекта.

Что касается РЭС, то обычно выделяют такие этапы проектирования: системотехнический; функциональ-

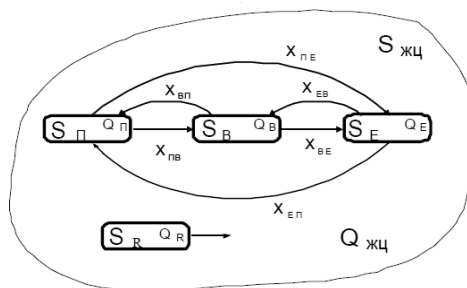


Рис. 1. Модель системы жизненного цикла РЭС  $S_{жц} = \{S_{П}, S_{В}, S_{Э}, S_{Р}\}, Q_{П}, Q_{В}, Q_{Э}, Q_{Р}$  — показатели качества функционирования подсистем

ный (схмотехнический); технический (конструкторский); технологический.

Вместе с тем, следует отметить, что процессы создания и эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры характеризуются значительной сложностью их реализации, моделирования и оптимизации. Это объясняется тем, что эти процессы объединяют большое количество различных стадий, каждая из которых, в свою очередь, состоит из множества проектных, технологических и контрольных процедур, выполняемых последовательно или параллельно и отличающихся структурой и целевой функцией [3]. Они характеризуются разной продолжительностью, могут выполняться на одном или на разных предприятиях, поэтому их рассматривают как сложные иерархические многоуровневые системы обеспечения качества РЭС —  $S_{жц}$ .

Такие системы традиционно состоят из подсистем проектирования —  $S_{П}$ , изготовления —  $S_{В}$ , эксплуатации —  $S_{Э}$  и обеспечения ресурсами —  $S_{Р}$ , которые связаны между собой прямыми и обратными связями и характеризуются соответствующими показателями качества. На рис. 1 представлена модель жизненного цикла РЭС, в рамках указанных подсистем.

С целью подробной структурной формализации процессов проектирования, производства и эксплуатации РЭС рассмотрим конкретный пример. Используем схему активного полосового фильтра второго порядка, построенного на базе операционного усилителя с инвертирующим входом. Конечным результатом проектирования должны стать результаты моделирования с соответствующими характеристиками фильтра и проект его печатной платы.

Как было отмечено ранее, многоуровневая система проектирования РЭС включает определенные этапы, однако, в связи с высокими требованиями к качественным параметрам изделия и вследствие этого потребностью в применении на определенном этапе автоматизированных систем управления, возникает объективная необходимость добавления к указанным этапам нескольких

процедур, особенно на схмотехническом и конструкторском уровне, которые рассмотрим более подробно.

Итак, методика проектирования, производства и эксплуатации активного полосового фильтра второго порядка, построенного на базе операционного усилителя с инвертирующим входом, должна включать в себя следующие этапы.

- ◆ обоснование технических требований;
- ◆ разработка математической модели устройства;
- ◆ определение средств и порядка исследования устройства;
- ◆ выбор конкретных средств автоматизации для реализации проекта;
- ◆ выбор схемы проектируемого объекта и методики расчета параметров компонентов схемы;
- ◆ расчет параметров компонентов схемы по выбранной методике;
- ◆ настройка и моделирование схемы устройства;
- ◆ сравнительный анализ результатов моделирования;
- ◆ формирование списка соединений;
- ◆ создание радиокомпонентов в конструкторских системах;
- ◆ загрузка списка соединений в конструкторскую систему;
- ◆ оптимальное размещение компонентов;
- ◆ трассировки печатной платы.

Итак, функционирование подсистем проектирования, производства и эксплуатации РЭС можно рассматривать как результат синтеза подсистем низшего уровня, каждая из которых описывается множествами параметров, то есть множествами многомерных векторов. Суть этих векторов — стохастическая. Часть из них характеризует параметры изделий, которые формируются на каждой стадии их жизненного цикла. Другие отражают потоки информации, которые используют для обеспечения обратной связи между отдельными стадиями процесса создания новой аппаратуры и ее использования по назначению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Невлюдова В. В. Анализ особенностей проектирования модулей радиотехнических систем на основе гибких коммутационных структур // Технология приборостроения. — 2015. — № 1. — С. 69–72.
2. Абрамов А. Автоматизированное проектирование радиоэлектронной аппаратуры URL: <https://www.aremex.ru/society/blog/>
3. Мыслик И. Ю. Данько Е. Ю. Основные этапы проектирования радиоэлектронных средств // 54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2018. — с. 86–87.

© Андрюхин Александр Гавриилович (pr1110@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА