

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЭС

1. Проектирование - основной этап разработки современных РЭС

Радиоэлектронная система (РЭС) – это один из видов Технической системы.

Техническая система (ТС) – набор (совокупность) технических элементов, созданный для выполнения определенных функций (достижения заданной цели).

РЭС – такая техническая система, в которой наряду с прочими техническими элементами используются радиоэлементы, а также излучение радиоволн и/или прием радиосигналов.

Место РЭС в функциональной иерархии:

Р/э комплекс - РЭС - р/э устройство (модуль, блок) - р/э цепь (узел, плата) - р/э элемент.

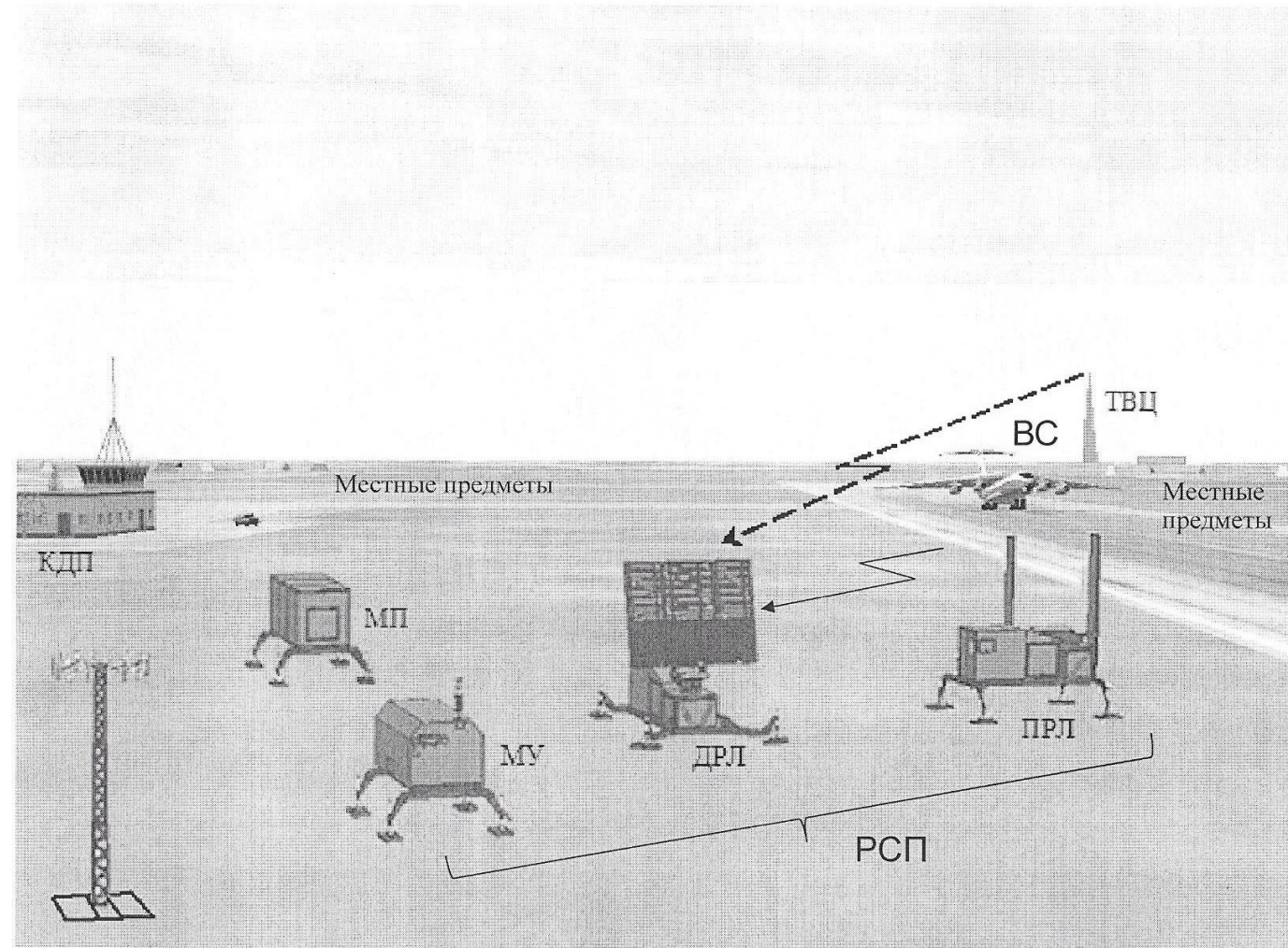
Проектирование РЭС – последовательность действий, заключающихся в решении задач по модернизации существующей или созданию новой РЭС, которая отличается от существующих РЭС аналогичного назначения более высокими показателями качества (точностными, вероятностными, эксплуатационными и пр.)

Особенности проектирования современных РЭС:

- учет требований электромагнитной совместимости (ЭМС),
- согласование диапазона рабочих частот с ГКРЧ* РФ;
- взаимодействие с технологом, конструктором, метрологом и эксплуатационниками на всех этапах проектирования, производства, испытаний и внедрения;
- использование ЭВМ для моделирования и проектирования р/э плат, узлов, блоков и р/т устройств. Конечная цель использования ЭВМ - автоматизированное проектирование РЭС;
- аппаратно-программная (А-П) реализация РЭС;
- цикличность проектирования в ходе спиралеобразного процесса создания РЭС.

* ГКРЧ – государственный комитет распределения радиочастот,
р/э – радиоэлектронный

1.1. Пример состава современного аэродромного р/э комплекса управления взлетом/посадкой и полетами ВС в аэродромной зоне



ВС – воздушное судно;

ТВЦ - ТВ центр (источник активной помехи);

ДРЛ - диспетчерский радиолокатор;

ПРЛ - посадочный радиолокатор;

КДП - командно-диспетчерский пункт;

МУ - модуль управления;

МП - модуль (электро) питания;

РСП – радиолокационная система посадки.

1.2. Вид аэродромного радиолокационного комплекса на примере АРЛК «Урал»



Состав:

- вторичный радиолокатор (ВРЛ),
- первичный обзорный радиолокатор (ПОРЛ) 10-см диапазона.

Особенности:

- Твердотельные Прд,
- режим Diversity для ПОРЛ,
- Ближняя и дальняя зоны действия (БЗ и ДЗ) ПОРЛ,
- Сложный ЧМ сигнал для ДЗ
- Две диаграммы направленности для БЗ и ДЗ ПОРЛ,
- Наличие метеоканала,
- Обработка MTD (8 каналов) для ПОРЛ,
- Резервирование,
- линейная и круговая поляризация ПОРЛ,
- Автоматизированное управление.

1.3. Ближняя и дальняя зоны формирования диаграммы направленности антенны

Ближняя зона антенны (зона Френеля) - область пространства, в которой плотность потока энергии излучения и направленные свойства антенны определяются законами геометрической оптики.

Дальняя зона антенны (зона Фраунгофера) - область пространства, в которой плотность потока мощности излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния от антенны.

В дальней зоне направленные свойства антенны диаграммы направленности зависят только от углового направления, в отличие от ближней зоны, где направленные свойства определяются законами геометрической оптики.

Когда говорят о диаграмме направленности антенны, то обычно подразумевают диаграмму направленности антенны в дальней зоне.

Граница дальней зоны определяется соотношением размеров антенны и длины волны λ

$$r \geq 2D^2/\lambda,$$

где r - расстояние от фазового центра антенны;

D - максимальный габаритный размер антенны (размер апертуры).

Коэффициент направленного действия (для примера количественной оценки):

- Линейной антенны $G=2L/(\lambda/2)\cos\alpha=(4L/\lambda)\cos\alpha$, где α - угол отклонения направления от нормали, L – длина антенны;

- Линейной антенной решетки $G=2Nd/(\lambda/2)=(4Nd/\lambda)\cos\alpha$, где N – количество излучателей, d - шаг АР между излучателями (обычно $\lambda/2 < d < \lambda$);

- Апертурной антенны $G=[4\pi S/\lambda^2]\cos\alpha$.

1.4. Основные преимущества А-П реализации РЭС

В настоящее время А-П реализация РЭС является преобладающей побудительной причиной появления новых продуктов. Эта тенденция обусловлена тремя ключевыми факторами:

Возможность построения сколь угодно сложных систем.

Наиболее сложные РЭС имеют тенденцию содержать в себе программное обеспечение, зачастую очень глубоко интегрированное в компоненты системы. Сложность таких продуктов ограничена только воображением.

Быстрое распространение.

Сегодня компания может задумать новый продукт, разработать его в виде программного обеспечения и очень быстро распространить его по всему миру. Например, производитель легковых автомобилей может улучшить программное обеспечение для своих управляющих РЭС и распространить его по всему миру десяткам тысяч автомобильных дилеров в течение одного дня.

Готовые ("Off-the-shelf") модули.

В настоящее время РЭС могут собираться из готовых модулей, приобретаемых вместе с технологиями, что значительно сокращает цикл разработки продукта.

А-П – аппаратно-программная

1.5. Спиралеобразный процесс создания РЭС



Рисунок 1.1 – Спиралеобразный процесс создания, проектирования и развития РЭС (ВП – военное представительство, ОО/СО - опытный/серийный образец, ПО/ПД - программное обеспечение/документация, ТТЗ/ТТТ–тактико-технические задание/требования, РКД – рабочая конструкторская документация, ТД/ЭД – технологическая/эксплуатационная документация, НИР/ОКР – научно-исследовательская/опытно-конструкторская работа)

1.6. Разработка полных и актуальных ТТТ – требование успешного создания современных РЭС

Когда человек не знает к какой пристани он держит путь, для него никакой ветер не будет попутным. (Сенека)

Таблица 1.1 Причины провалов проектов

• Неполнота требований	13.1%
• Недостаточное привлечение пользователей	12.4%
Недостаток в ресурсах	10.6%
• Нереалистические ожидания	9.9%
Недостаток поддержки от руководства	9.3%
Изменение требований/спецификаций	8.7%
Недостаточное планирование	8.1%
Потеря необходимости	7.5%

Таблица 1.2 Факторы успехов проектов

• Вовлечение пользователей	15.9%
Поддержка руководства	13.9%
• Четкая и ясная постановка требований	13.0%
Хорошее планирование	9.6%
• Реалистичные ожидания	8.2%
Частые контрольные точки	7.7%
Компетентная команда	7.2%
Владение (требованиями)	5.3%

2. Цель и основные задачи проектирования РЭС

Основная цель – создание современных и перспективных РЭС.

Основные задачи и особенности создания новых РЭС:

- анализ уровня развития образцов РЭС по материалам технических монографий, отечественных и зарубежных периодических изданий,
- проведение патентных исследований,
- проведение теоретических и экспериментальных исследований,
- разработка научно-обоснованных технических предложений и решений по созданию РЭС,
- проведение технико-экономического обоснования,
- проведение оптимизации РЭС с применением современных методов анализа и синтеза,
- обеспечение устойчивости РЭС к воздействию эксплуатационных факторов,
- обеспечение ЭМС,
- обеспечение функционального взаимодействия аппаратуры РЭС,
- модернизация и совершенствование РЭС,
- разработка комплекта РКД, ЭД, ТД, программной документации, ПО.

Перечисленные задачи изложены в квалификационных требованиях и должностных инструкциях радиоинженеров различных категорий.

3. Классификация РЭС

РЭС - совокупность радиотехнических устройств, цепей и элементов, предназначенная для решения конкретной самостоятельной функциональной технической задачи с использованием радиоизлучений и/или приема радиосигналов.

3.1. По функциональному назначению:

- РЭС передачи информации (радиосвязь, радиовещание и ТВ, телеметрия, передача команд, телеметрия);
- РЭС извлечения информации (радиолокация, радионавигация, радиоразведка, радиоастрономия);
- РЭС радиоуправления (ракетами, космическими аппаратами);
- РЭС разрушения информации (радиопротиводействия).

3.2. По количеству выполняемых функций:

- *простые РЭС* (элементарные) – наземный приводной радиомаяк, бортовой радиомаячный радиоприемник, дальний и ближний маркерные радиомаяки, ретранслятор дальности ПРМГ, наземный радиопеленгатор;
- *совмещенные РЭС* – РЛС, посадочная радиомаячная группа (ПРМГ).

3.3. По диапазонам используемых частот:

Таблица 3.1 – Диапазоны частот, используемые РЭС

Диапазон частот (длин волн)	Название диапазона	Особенности
3-30 кГц (10-100 км)	Очень низкие частоты. Сверхдлинные волны.	- проникают вглубь почвы и воды, - мало поглощаются Землей и ее огибают, - отражаются от ионосферы (ИС), - огибают обычные предметы.
30-300 кГц (1-10 км)	Низкие частоты. Длинные волны.	- мало поглощаются Землей и частично ее огибают, - отражаются от ИС ночью, - огибают обычные предметы.
0,3-3 МГц (100-1000 м)	Средние частоты. Средние волны.	- поглощаются Землей, - отражаются от ИС ночью, - огибают обычные предметы.
3-30 МГц (10-100 м)	Высокие частоты. Короткие волны.	- сильно поглощаются Землей. - избирательно отражаются от ИС, - слабо отражаются от предметов.

ИС – ионосфера

Продолжение следует

таблица 3.1 – продолжение

Диапазон частот (длин волн)	Название диапазона	Особенности
30-300 МГц (1-10 м)	Очень высокие частоты (ОВЧ). Ультракороткие волны (УКВ).	- очень сильно поглощаются Землей, - не отражаются от ионосферы, - распространяются в пределах прямой видимости (ПВ), - отражаются от обычных предметов, - компактные направленные антенны.
0,3-3 ГГц (0,1-1 м)	Ультравысокие частоты (УВЧ). УКВ.	- отражаются от земной поверхности, - не отражаются от ионосферы, - распространяются в пределах ПВ, - отражаются от обычных предметов, - хорошая направленность излучения/приема.
3-30 ГГц (1-10 см)	Сверхвысокие частоты (СВЧ). УКВ.	- распространяются только в пределах ПВ, - избирательно поглощаются в атмосфере, - хорошо отражаются от объектов, - высокая направленность излучения/приема
30-300 ГГц (0,1-1 см)	Крайне высокие частоты (КВЧ). УКВ.	- сильно поглощаются в атмосфере, - очень высокая направленность излучения и приема.

ПВ – прямая видимость

3.4. По виду используемых сигналов и способам их обработки:

- с простыми и сложными сигналами,
- с импульсными и непрерывными сигналами,
- с аналоговой, цифровой или комбинированной обработкой сигнала.

3.5. По зоне действия и месту расположения:

- ближнего и дальнего действия, комбинированные,
- бортовые и наземные.

3.6. По возможности перемещения:

- стационарные,
- работающие на ходу,
- мобильные, высокомобильные, переносные.

3.7. По устойчивости и защите от внешних помех естественного и искусственного происхождения:

- не защищенные от помех,
- помехозащищенные,
- помехоустойчивые.

4. РЭС – системы широких диапазонов (параметров)

Диапазон величины S – отношение $S_{\text{MAX}}/S_{\text{MIN}}$.

Таблица 4.1 - Диапазоны информационных параметров и величин РЭС

Параметр	Значение диапазона
Дальность действия	10^{12}
Рабочая частота	10^8
Мощность излучения	10^7
Пороговая мощность приема	10^{15}
Полоса частот	10^7
Величина эл. сопротивления	10^8
Величина эл. емкости	10^8

В условиях больших диапазонов велика роль методов измерения параметров РЭС и создания сопутствующей контрольно-проверочной аппаратуры (КПА).

Для ускорения проектирования следует использовать информацию о результатах эксплуатации предшествующих РЭС.

Каждый последующий этап проектирования – через 10-15 лет (могут измениться принципы действия, ПКИ, ЭРИ, технология производства и эксплуатации).

Указанные факторы повышает требования к теоретическим исследованиям, автоматизации и совершенствованию методов и способов проектирования РЭС.

5. Анализ и синтез – инструменты проектирования и разработки новых РЭС. Системный подход.

Анализ (от греч. разложение) – исследовательская аналитическая процедура, основанная на мысленном или реальном расчленении предмета проектирования (РЭС) на составные части. В процессе анализа реализуется высшая форма познания – абстрактно-логическая форма. В ходе анализа приобретаются новые знания. Один из видов анализа – классификация.

Синтез (от греч. соединение) – обратная (анализу) процедура, соединение элементов в единое целое как на практике, так и в ходе познания. Синтез - это созидательная процедура - создание предмета исследований.

Анализ и синтез – единое целое. Порядок выполнения процедур анализа и синтеза при проектировании РЭС могут быть различными.

Принципы системного подхода при проектировании и разработке РЭС:

- каждая РЭС – составная часть (подсистема) более общей системы;
- параметры и ТТХ РЭС определяются как требованиями к РЭС, так и требованиями и параметрами более общей системы;
- при проектировании РЭС – д.б. учтены требования взаимодействия с другими подсистемами того же уровня иерархии;
- задачи проектирования РЭС м.б. решены путем перераспределения показателей составных частей и подсистем (оптимизация проектирования РЭС) .

6. Подходы (варианты) проектирования РЭС

1. Функционально-структурный или внешний подход проектирования РЭС - предпочтение реализации предполагаемых функций перед структурой (построением) РЭС – системный подход.

На первом плане – изучение обстановки, условий работы РЭС, исследование задач РЭС, обеспечение взаимодействия РЭС с системами и средствами.

На основе результатов изучения формулируются функции и ТТТ для их обеспечения, в общих чертах намечается предварительная структура РЭС.

2. Структурно-функциональный или внутренний подход проектирования РЭС - предпочтение реализации структуры (построения) РЭС перед функциями РЭС. Рассматриваются возможности построения РЭС на основе характеристик составных устройств и блоков (новых или существующих).

3. Комплексный подход – сочетание внешнего и внутреннего подходов

Обычно используется сочетание внешнего и внутреннего подходов с учетом возможных итераций, позволяющих уточнить технические решения и разработки по результатам расчетов, проектирования, конструирования, изготовления и испытаний образцов изделия.

Итерации могут включать один или несколько этапов проектирования.