

Системный подход при проектировании, техническая
эксплуатация и обслуживание
электронных средств и автоматизированных систем

лекция 1

Билет 1

Эксплуатация

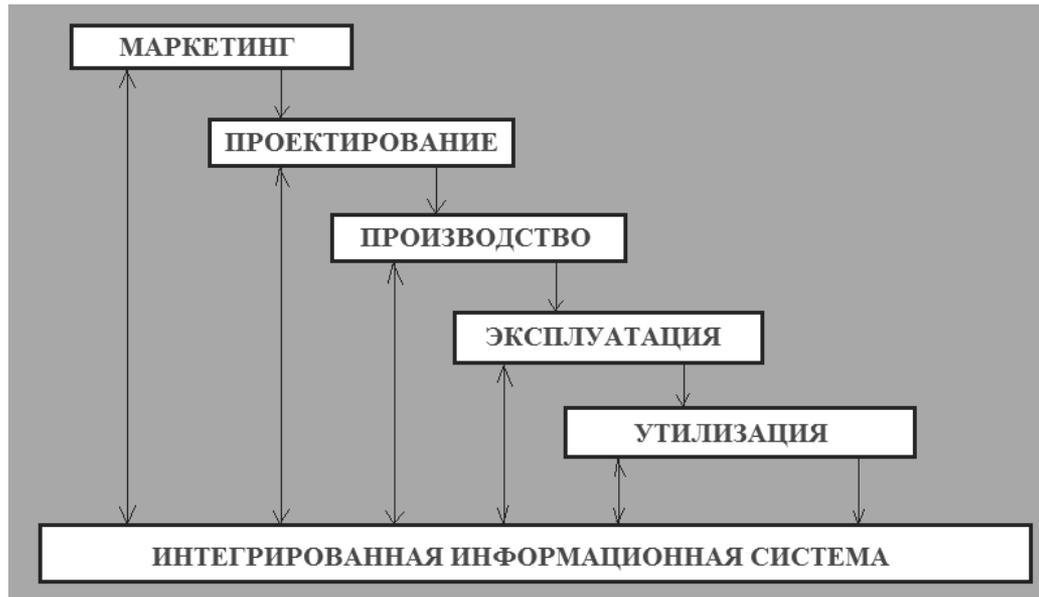


Радиоэлектронные системы (РЭС)

Конструкция РЭС отличается рядом особенностей, которые выделяют её в отдельный класс среди других конструкций:

- 1) иерархической структурой, под которой подразумевается последовательное объединение более простых электронных узлов в более сложные
- 2) доминирующей ролью электрических и электромагнитных связей
- 3) наличием неоднородностей в электрических соединениях, приводящих к искажению и затуханию сигналов, а также паразитных связей, порождающих помехи (т.н. наводки)
- 4) наличием тепловых связей, что требует принятия мер защиты термочувствительных элементов
- 5) слабой связью внутренней структуры конструкции с ее внешним оформлением.

Жизненный цикл РЭС



Любая РЭС под воздействием внешней среды и внутренних процессов старения со временем деградирует. Ухудшаются показатели её качества и функциональные возможности. Поэтому надо не только знать и владеть РЭС, но и уметь правильно эксплуатировать её на научных основах.

Закон Паретто

Изготовители получают 20% всех денег от всех стадий жизненного цикла изделия, а операторы – 80%, что показывает важность изучения основ технической эксплуатации и сервиса РЭС.

Этапы эксплуатации РЭС

Под **эксплуатацией** понимается совокупность работ и мероприятий для поддержки РЭС в постоянной технической исправности.

Процесс эксплуатации состоит из ряда основных этапов:

- хранение
- транспортирование
- подготовка к применению
- применение по назначению
- техобслуживание
- ремонт

Разработка эксплуатации РЭС

При разработке основ эксплуатации должны решаться следующие задачи:

- обоснование объема и содержания работ, проводимых на различных этапах эксплуатации РЭС
- разработка методов организации труда обслуживающего персонала
- определение состава эксплуатационно-технических характеристик, отражающих качество эксплуатации
- разработка критериев и методов количественной оценки этих эксплуатационно-технических характеристик
- изучение и анализ факторов, влияющих на качество эксплуатации, а также разработка рекомендаций по улучшению характеристик
- разработка основ автоматизации процесса эксплуатации
- исследование экономических проблем эксплуатации и внедрение результатов этих исследований в практику.

Обслуживание РЭС

Комплекс работ по обслуживанию РЭС:

- установление необходимой периодичности технического обслуживания;
- организация *тех. обслуживания и ремонта*;
- внедрение специализации *тех. обслуживания и ремонта*;
- обеспечение *тех. обслуживания и ремонта* всем необходимым:
оборудованием, контрольно-измерительными приборами,
используемыми материалами, комплектующими компонентами и т.д.;
- контроль параметров РЭС после *тех. обслуживания и ремонта*;
- контроль качества РЭС после *тех. обслуживания и ремонта*.

Тех. обслуживание

Техническое обслуживание предполагает периодический контроль исправности РЭС.

При этом производится оценка внешнего состояния изделия, осуществляется контроль выходных параметров и сигналов РЭС в соответствии с нормативно-технической документацией.

Если выходные параметры и сигналы РЭС отличаются от нормативных, то проводятся контроль и диагностика исправности составных узлов изделия.

Исправность узлов оценивается по соответствию сигналов и параметров в контрольных точках согласно *электрокалибровочным картам*.

Как правило, характерные неисправности РЭС и способы их устранения указаны в инструкции по эксплуатации изделия.

Ремонт

Ремонт - комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности аппаратуры.

Виды ремонта : плановый и внеплановый.

Плановый осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технических документов (НТД).

Внеплановый - без предварительного назначения.

Ремонтные работы делятся на текущие, средние и капитальные.

Текущий ремонт выполняется для обеспечения или восстановления работоспособности.

Средний – для восстановления неисправности в объеме НТД.

Капитальный – для восстановления ресурса РЭС с заменой её частей.

Условия эксплуатации

Условия эксплуатации - совокупность факторов, действующих на РЭС в процессе эксплуатации:

- механические нагрузки
- климатические условия
- тепловые воздействия
- электрические нагрузки
- электромагнитные излучения
- квалификация обслуживающего персонала (ОП)
- обеспеченность запчастями

ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

1. Теплообмен в РЭС
2. Защита РЭС от механических воздействий
3. Защита РЭС от атмосферных воздействий
4. Действие проникающей радиации на РЭС
5. Электромагнитная совместимость РЭС

Литература к использованию:

А.Т. Болгов "Основы проектирования радиоэлектронных средств"

Г.М. Алдонин "Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств"

С.М. Бородин "Общие вопросы проектирования радиоэлектронных средств"

В.В. Байлов, В.С. Плаксиенко "Диагностика и обслуживание радиоэлектронных систем бытового назначения"

З.М. Селиванова "Технология радиоэлектронных средств"

С.И. Трегубов "Основы проектирования электронных средств", конспект лекций

Билет 2

Отказы



Отказы

Переход РЭС из одного состояния в другое называют **событием**.

Отказ – это событие, сопровождающееся потерей работоспособности РЭС. Формально же для возникновения отказа достаточно ухода хотя бы одного параметра РЭС за пределы, установленные НТД.

Отказы могут иметь разные **причины возникновения**:
конструктивные, производственные и эксплуатационные.

При испытаниях аппаратуры на надежность учитываются не все отказы.

К **неучитываемым отказам** относят:

зависимые отказы,

сбои,

отказы в результате нарушения установленных правил или условий эксплуатации аппаратуры,

однократное перегорание сетевых предохранителей,

повторяющиеся отказы, возникновение которых можно устранить доработкой конструкции или изменением технологии.

Виды отказов радиоэлектронной аппаратуры



Качественные параметры надёжности

Надёжность - свойство РЭС сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность РЭС выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях.

В общем случае надёжность характеризуют *качественными* параметрами:

- **безотказность*** (работоспособность в течение некоторого времени)
- **ремонтпригодность**
- **долговечность*** (работоспособность до наступления предельного состояния при условии выполнения установленных требований по ТО и ремонту)
- **сохраняемость*** (при хранении или транспортировании)
- **отказоустойчивость** (работоспособность после возникновения отказа)
- **живучесть** (способность РЭС к выполнению своих основных функций в неблагоприятных условиях эксплуатации, выходящих за рамки проектных)

* Безотказность

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой *наработки*.

Наработка – продолжительность работы РЭС.

Статические данные показывают, что до 25 % отказов происходит по вине эксплуатирующего персонала, поэтому в инструкциях по эксплуатации необходимо давать подробные правила работы с аппаратурой, а также методику профилактического ТО.

В принципе, возникновение отказов в РЭС зависит от различных факторов, причём процесс их возникновения носит **случайный характер**, поэтому при решении задач надежности используются **вероятностные методы**.

* Долговечность

Долговечность - свойство РЭС сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе тех. обслуживания и ремонта.

Единичные показатели долговечности: **срок службы** и **ресурс** указываются в эксплуатационной документации и являются основанием для списывания объекта или отправки его в средний или капитальный ремонт.

Для ремонтируемых и неремонтируемых объектов различают:

средний срок службы – математическое ожидание срока службы от начала эксплуатации до наступления предельного состояния,

средний срок службы до списания – определяется временем от начала эксплуатации РЭС до её списания, обусловленного предельным состоянием

гамма-процентный срок службы – срок службы, в течение которого объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью гамма процентов.

$$P(T_{\text{сл}}) = \gamma \cdot 100$$

Ресурс

Ресурсом называют наработку объекта от начала эксплуатации или же её возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния.

Для ремонтируемых и неремонтируемых объектов различают:

- **средний ресурс** - математическое ожидание ресурса (в реальности среднее арифметическое ресурсов имеющихся РЭС)
- **назначенный ресурс** - суммарная наработка объекта, при достижении которой эксплуатация должна быть прекращена независимо от его состояния. ,
- **гамма-процентный ресурс** - наработка, в течение которой объект не достигает предельного состояния с заданной вероятностью гамма процентов. .

Различают также **средний ресурс до среднего (капитального) ремонта**, **средний ресурс между ремонтами** и **средний ресурс до списания**.

Средний ресурс до списания – это среднее время от начала эксплуатации до списания объекта при его предельном состоянии.

* Сохраняемость

В качестве единичных показателей, позволяющих количественно определить сохраняемость, используют

средний срок сохраняемости T_c

и гамма-процентный срок сохраняемости T_{cy}

(объект остается работоспособным с заданной вероятностью гамма процентов).

$$P(T_{cy}) = \gamma \cdot 100$$

К слову, одной из основных проблем, сдерживающих широкое применение наноприборов в современных РЭС, состоит в недостаточном уровне их надежности (гамма-процентная наработка $T_\gamma = 0,9999 = 3\text{--}4$ года).

Для авиационного приборостроения необходимы приёмные и передающие устройства с гамма-процентной наработкой в два раза большей, для космической отрасли — в три-четыре раза.

Билет 3
Резервирование



BACKUP?

Резервирование

Резервирование - эффективная мера повышения надежности РЭС, которая предполагает введение в РЭС некоторой избыточности. Используется в тех случаях, когда требуется обеспечить высокий уровень надёжности устройства при недостаточно надёжных его составляющих.

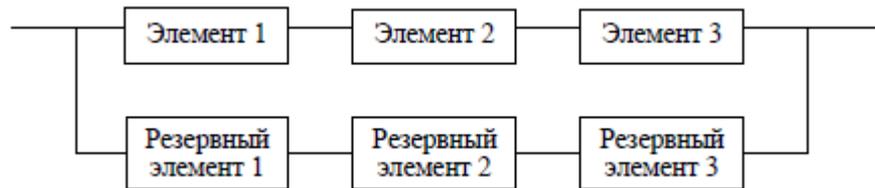
Виды резервирования по средствам:

- **структурное** – введение дополнительных элементов структуры устройства, которые принимают на себя функции основных элементов в случае их отказа.
- **функциональное** – при отказе одних элементов другие начинают выполнять и дополнительные для себя функции отказавших элементов. При этом деление устройства на основные и резервные элементы является условным.
- **временное** – использование резервов времени: возникающие отказы и сбои в течение ограниченного времени не нарушают работоспособности. При этом можно отвести время на восстановление (ремонт) устройства при обнаружении отказа или обеспечить многократное решение устройством поставленной задачи по одной и той же программе.
- **информационное** – использование резервов информации. Применяется в тех случаях, когда возникновение отказа или сбоя приводит к потере или искажению части информации. (Например, в цифровых устройствах, используются специальные корректирующие коды, обнаруживающие и исправляющие ошибки).

Уровни резервирования

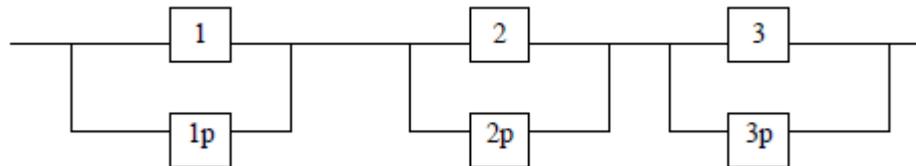
Общее резервирование

- резервируется весь РЭС в целом: вместо одного РЭС предусматривается одновременная эксплуатация двух или более устройств (однотипных или аналогичных).



Раздельное резервирование

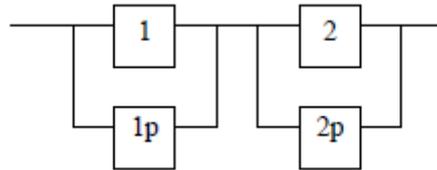
- резервируются отдельные элементы РЭС: наличие специального резерва на случай отказа наименее надежных элементов (**кратность резерва** - число резервных / число основных).



Уровни резервирования

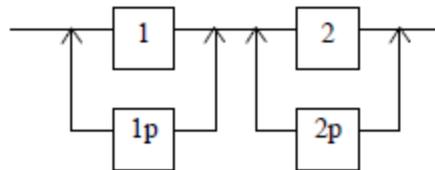
Постоянное резервирование

- резервные элементы участвуют в функционировании РЭС наряду с остальными, так что при возникновении отказа какого-либо элемента дело обходится без перестройки структуры РЭС (параллельное соединение основного и резервного элементов без переключающих устройств).



Динамическое резервирование

- резервные элементы включаются в работу только при отказе основных: выявляется место отказа и производится автоматическая замена отказавших элементов на резервные (аппаратно или программно).



Уровни резервирования

Нагруженное резервирование - резервные элементы работают в том же режиме, что и основные (замещающий резерв постоянно питается).

Облегчённое резервирование - резервные элементы находятся в менее нагруженном режиме. Например, ненагруженное резервирование замещением.

При резервировании элементов РЭС, отвечающих за обработку информации, используют **мажоритарные формы резервирования**.

Например, по принципу "два из трёх": результат работы РЭС считается верным, если совпадают результаты не менее двух из трёх устройств в РЭС.



ненагруженное резервирование замещением

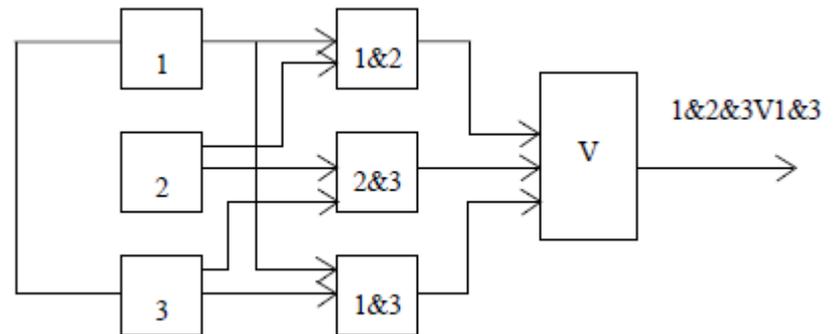


схема мажоритарного резервирования

По домам тарам-пам-пам!

h