

РАЗДЕЛ 2. СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ РЭСБН

ЛЕКЦИЯ 5: Возможные состояния РЭСБН и вероятности их появления

Вопросы лекции:

1. Состояния РЭСБН
2. Отказы РЭСБН
3. Вероятность появления отказов
4. Строгое рассмотрение вероятностного характера отказов

1. Состояния РЭСБН

С точки зрения диагностики состояния элементов (или блоков) РЭСБН могут быть двух типов: исправное и неисправное.

Процесс перехода объекта из исправного состояния в неисправное называется отказом.

При проектировании и изготовлении любого радиоэлектронного устройства РЭСБН необходимо учитывать требования, обеспечивающие надежность его работы.

Надежность - это свойство изделия выполнять заданные функции в определенных условиях эксплуатации при сохранении значения основных параметров в заранее установленных пределах.

Надежность является физическим свойством изделия, которое зависит от количества и качества входящих в него элементов, от условий, в которых оно эксплуатируется, и от ряда других причин.

Безотказность — свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторого времени.

Ремонтопригодность — свойство изделия, заключающееся в том, что изделие приспособлено: а) к предупреждению возможных причин возникновения отказа; б) к обнаружению причин возникшего отказа или повреждения; в) к устранению последствий возникшего отказа или повреждения путем ремонта.

Аппаратуру, которая удовлетворяет указанным требованиям, называют **ремонтопригодной**.

Сохраняемость — свойство изделия непрерывно находится в исправном состоянии при хранении или транспортировании.

Рассмотренные определения дают качественную характеристику надежности. Чтобы сравнивать различные типы изделий или экземпляры изделий одного и того же типа, необходимо иметь количественные характеристики надежности.

2. Отказы РЭСБН

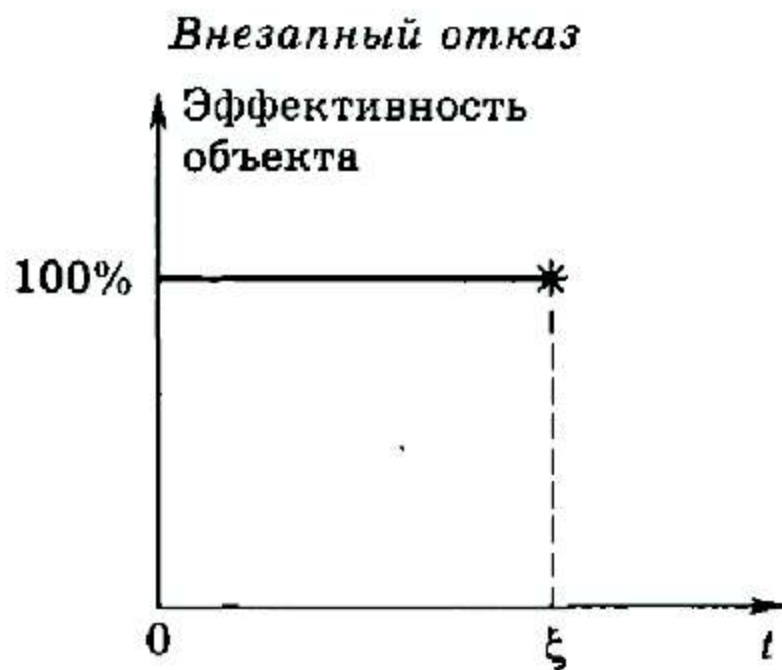
Если все параметры радиоэлектронного устройства соответствуют требованиям нормативно-технической документации (НТД) - ГОСТам, ОСТам, ТУ, такое его состояние называют работоспособным. Событие, состоящее в нарушении работоспособности называют отказом.

Для возникновения отказа достаточно ухода хотя бы одного параметра за пределы, установленные НТД. В зависимости от причин и характера проявления различают виды отказов.

По степени разукрупнения следует различать отказы отдельных элементов и отказы аппаратуры в целом.

Полными считаются отказы, до устранения которых невозможно использование аппаратуры по назначению. При частичных отказах можно использовать аппаратуру, но с пониженной эффективностью.

Отказы аппарата могут быть внезапными и постепенными



Внезапные отказы проявляются в виде скачкообразного изменения параметров аппарата. Причиной внезапного отказа может быть перегорание токопроводящего слоя резистора, пробой конденсатора и т. д.



Постепенные отказы вызываются постепенным изменением параметров элементов схемы и конструкции. Например, при длительной эксплуатации радиоаппарата конденсаторы постепенно меняют емкость, что вызывает ухудшение одного из параметров, при котором аппарат перестает выполнять свои функции.

В случае, когда отказ того или иного элемента радиоэлектронной аппаратуры вызван отказом другого ее элемента, то такие отказы называются зависимыми. При отсутствии такой связи отказы считаются независимыми.

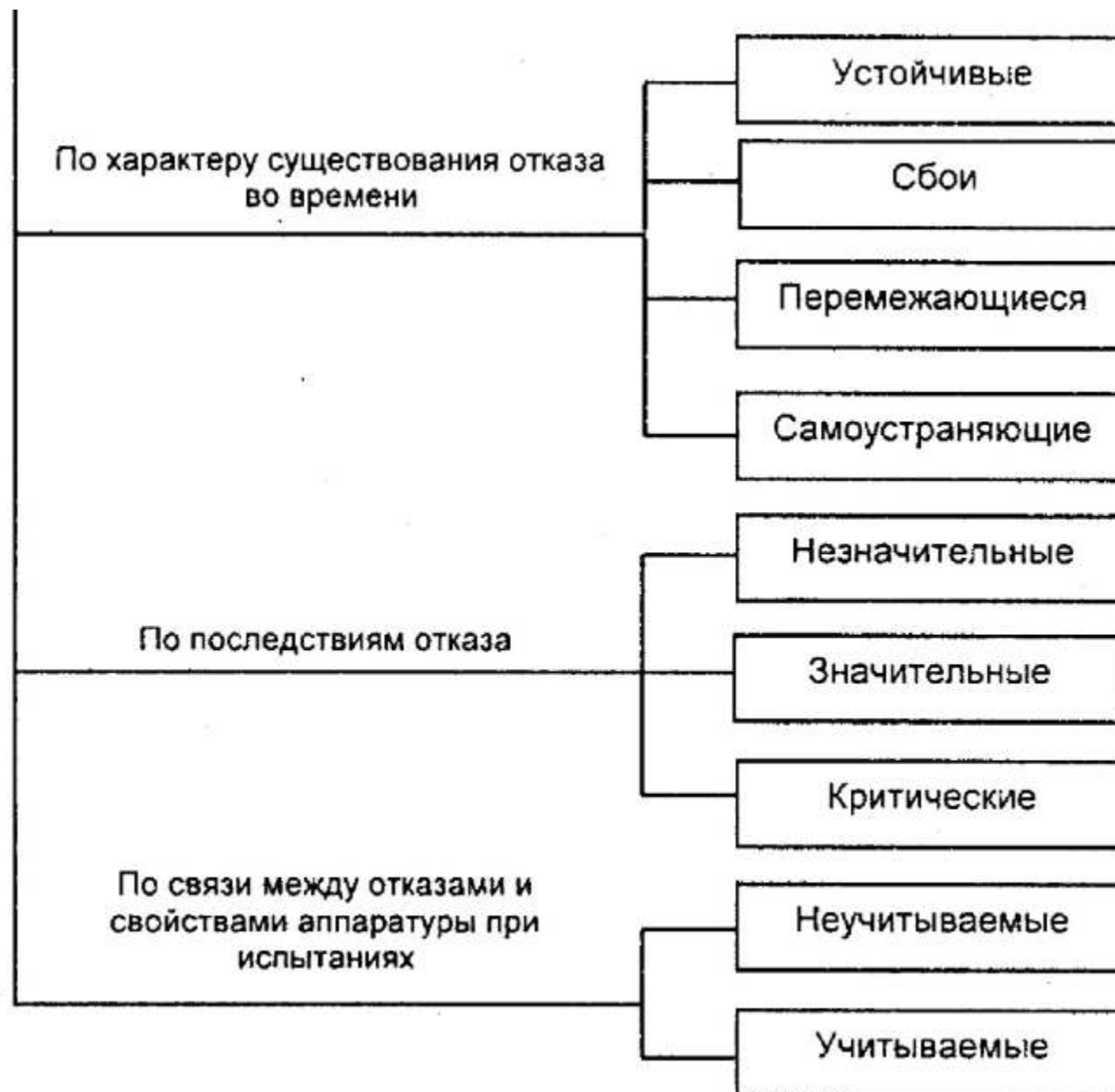
Если отказ непрерывно сохраняется во времени до момента его устранения, он считается устойчивым.

Если же устранение отказа происходит самостоятельно без проведения ремонтно-восстановительных работ, то говорят о самоустраняющемся отказе.

Сбои - это тоже самоустраняющиеся отказы, которые приводят к кратковременным нарушениям работоспособности аппаратуры.

Перебежающие отказы представляют собой многократно возникающие сбои одного и того же характера.





3. Вероятность появления отказов

Вероятность безотказной работы показывает, какая часть изделий будет работать исправно в течение заданного времени t_p .

$$1 > P(t_p) > 0$$

Поясним смысл этой характеристики на примере. Допустим, что работает количество **A** изделий одного типа. В течение времени t_p за ним ведется наблюдение и к концу его установлено, что **B** изделий работают исправно, а (**A-B**) вышли из строя. Тогда вероятность безотказной работы

$$P \sim (A-B)/A$$

Вероятность безотказной работы кроме физических свойств зависит от времени t_p , в течение которого изделие должно работать безотказно:

$$P(t_p) = e^{-\lambda t_p}$$

где e — основание натуральных логарифмов; λ - интенсивность отказов

Интенсивность отказов показывает, какая доля всех изделий или элементов данного типа в среднем выходит из строя за 1 ч работы. Например, если $\lambda=10^{-5}$, то это означает, что за 1ч работы из строя выйдет одна стотысячная доля элементов; соответственно за 1000 ч работы можно ожидать выхода из строя одной сотой доли всех элементов данного типа.

Другой характеристикой надежности изделий является средняя наработка до отказа T_{cp} .

Если N аппаратов одного и того же типа эксплуатируется заданное время в определенных условиях и при этом регистрируется суммарное количество часов t , которое проработали все аппараты, и количество возникших отказов n . В этом случае средняя наработка до отказа

$$T_{cp} \approx \frac{t}{n} \quad \text{Чем больше } T_{cp}, \text{ тем выше надежность изделия.}$$

Мерой **надежности** является средняя наработка до отказа, полученная при проверке большого количества изделий. Чем больше T_{cp} , тем выше надежность изделия.

Величину, обратную T_{cp} , называют интенсивностью отказов и обозначают λ :

$$\lambda = 1 / T_{cp}$$

Размерность интенсивности отказов — 1/ч.

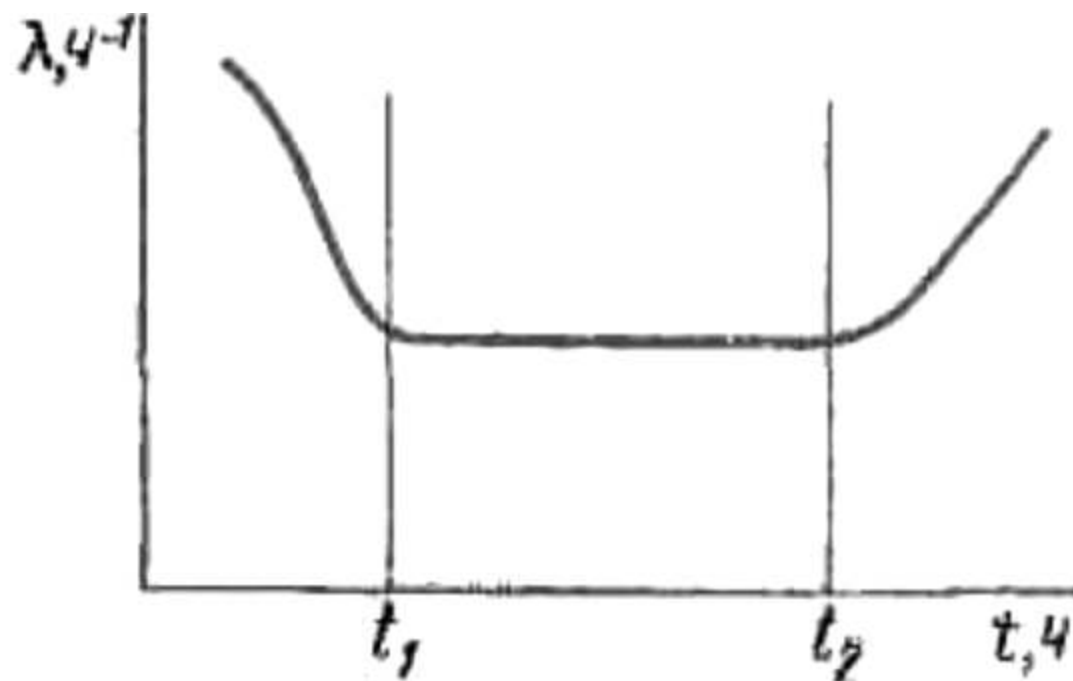
Большинство изделий РЭСБН конструируют так, чтобы при выходе из строя их можно было ремонтировать. Для них фактическая надежность зависит не только от того, как часто происходят отказы, но и от того, как много времени затрачивается на отыскание и устранение неисправностей.

Надежность таких изделий дополнительно характеризуют средним временем восстановления T_B . Если в рассмотренном примере регистрировать время, затрачиваемое на отыскание и устранение каждой неисправности, а затем найти суммарное время t_B , то среднее время восстановления

$$T_B = t_B / n$$

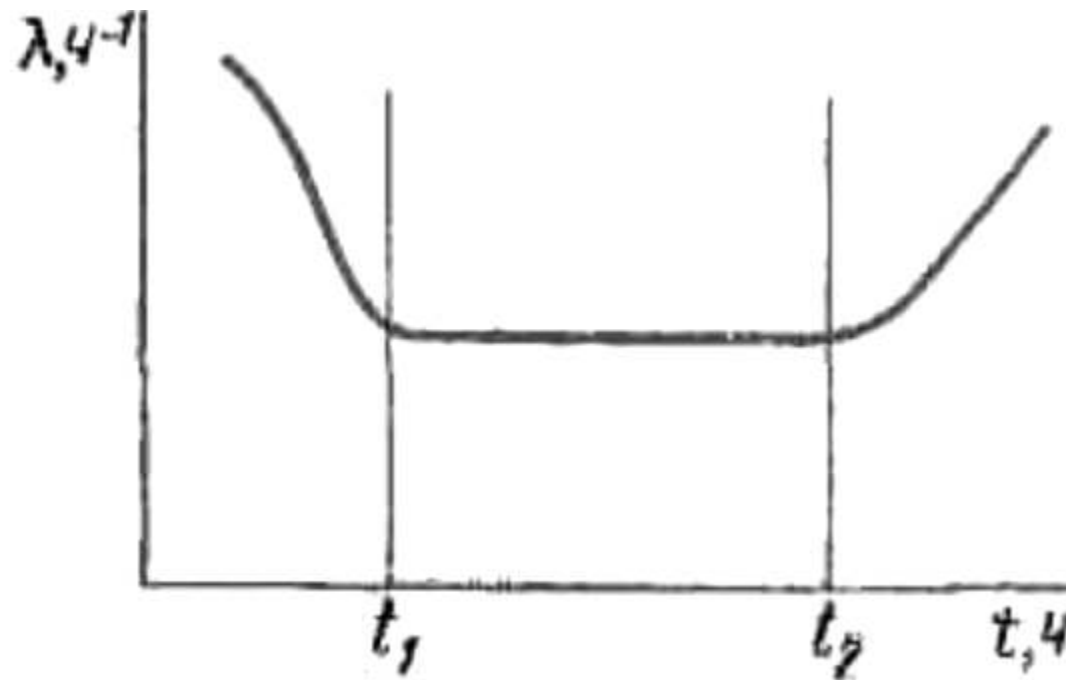
Следует иметь в виду, что время, затраченное на отыскание и устранение конкретной неисправности, может быть больше или меньше T_B .

Экспериментально установлено, что для большинства элементов, используемых в радиоэлектронной аппаратуре, зависимость λ от времени имеет вид, изображенный на рисунке.



Строго говоря, $\lambda = \lambda(t)$

Время от начала работы до t_1 называют периодом приработки. В течение этого времени из строя выходят элементы, имеющие грубые внутренние дефекты, оставшиеся незамеченными при контроле. По мере выхода из строя таких элементов интенсивность отказов уменьшается и на отрезке $(t_1 - t_2)$ остается практически неизменной. Это время называют периодом нормальной работы. В это время происходят отдельные случайные отказы.



СТРОГОЕ РАССМОТРЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО ХАРАКТЕРА ОТКАЗОВ.

Вероятность безотказной работы объекта $P(t)$ и вероятность отказа $Q(t)$.

Если предположить, что существует некоторый случайный момент времени τ , в который происходит отказ, то $P(t) = P\{\tau > t\}$ и $Q(t) = Q\{\tau \leq t\}$ взаимосвязаны между собой:

$$P(t) + Q(t) = 1. \quad (1)$$

Смысл этого равенства ясен: объект контроля находится в каком-то состоянии. Для крайних ситуаций:

В начальный момент $t = 0$ объект еще точно исправен. $P(0) = 1$, а $Q(0) = 0$.

Через очень большой интервал времени объект обязательно выйдет из строя. Если $t \rightarrow \infty$, то очевидно $P(\infty) \rightarrow 0$ и $Q(\infty) \rightarrow 1$.

Вероятность безотказной работы в значительной мере позволяет оценить ресурс объекта и является важной характеристикой вероятностного описания надежности. Поэтому вероятность отказа выражают через $P(t)$ из (1):

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (2)$$

Точечным (локальным) показателем надежности является интенсивность отказов $\lambda(t)$.

$\lambda(t)$ - вероятность невосстанавливаемого отказа изделия в единицу времени после некоторого момента времени при условии, что до этого времени отказ не возникал.

$$\lambda(t) = \frac{Q(t, t + \Delta t)}{\Delta t}. \quad (3)$$

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ - один из наиболее удобных количественных показателей надежности изделий электроники.

Математически доказывается, что связь вероятности безотказной работы $P(t)$ с интенсивностью отказов $\lambda(t)$ имеет вид:

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right]. \quad (4)$$

Другой важной характеристикой анализа надежности является частота отказов $f(t)$ - плотность вероятности времени работы изделия до первого отказа

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}. \quad (5)$$

Связь вероятности безотказной работы с частотой отказов можно найти из (5) и (2):

$$dQ(t) = f(t)dt,$$

$$Q(t) = \int_0^t f(t)dt.$$

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt. \quad (6)$$

Одной из наиболее используемых на практике интегральных характеристик надежности является наработка до отказа T_0 . С точки зрения математики T_0 представляет собой математическое ожидание момента времени τ , в который происходит отказ.

$$T_0 = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t \frac{dQ(t)}{dt} dt = \int_0^{\infty} t dQ(t). \quad (7)$$

В матанализе доказывается $\int u dv = uv - \int v du$. Используя это соотношение применительно к (7), получим

$$T_0 = \int_0^{\infty} t dQ(t) = \int_0^{\infty} t d(1 - P(t)) = - \int_0^{\infty} t \cdot dP(t),$$

$$T_0 = - \int_0^{\infty} t \cdot dP(t) = \left[-t \cdot P(t) \right]_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t) dt$$

$$T_0 = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (8)$$

Выражение (8) является основным для расчета T_0 конкретных изделий.

В качестве упрощения расчетов для практически значимых объектов предполагается, что $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$. Это предположение соответствует времени нормальной работы (см. рис 2.1).

В этом случае

$$P(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] = \exp[-\lambda t]$$

$$P(t) = \exp(-\lambda t) \quad (9)$$

Выражение (9) является основным в практических расчетах.

Если рассмотреть объект, состоящий из одного блока (Рисунок 1), то можно получить, используя (8):

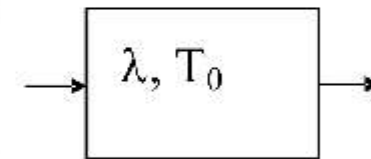


Рисунок 1

$$T_0 = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda t) dt = \left(-\frac{1}{\lambda}\right) \cdot \int_0^{\infty} \exp(-\lambda t) d(-\lambda t) = \left(-\frac{1}{\lambda}\right) \cdot \exp(-\lambda t) \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda},$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda}. \quad (10)$$