

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Техническая диагностика РЭС»
для студентов направления подготовки 11.03.03
«Конструирование и технология электронных средств»,
профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных
средств» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК
ББК

Составители:

асс. А.С. Костюков
д-р техн. наук А.В. Башкиров

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Техническая диагностика РЭС» для студентов направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А. С. Костюков, А. В. Башкиров. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 21 с.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2007 и содержатся в файле TDRES5.pdf

Табл. 11 Ил. 42 Библиограф.: 12

УДК
ББК

Рецензент - О. Ю. Макаров, д-р техн. наук, проф.
кафедры конструирования и производства
радиоаппаратуры ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ИСПЫТАНИЕ РЭА НА НАДЕЖНОСТЬ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Для повышения качества выпускаемой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) на конечных стадиях технологических процессов их изготовления проводят предварительные испытания, позволяющие выявить изделия со скрытыми дефектами. Среди различных видов испытаний одним из наиболее распространенных и простых позволяющих провести сравнительно быстро оценку работоспособности устройств является испытание на стендах электропрогона.

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен выполнить следующие виды деятельности:

1) Изучить влияние внешних и внутренних воздействий и факторов на РЭА сказывающихся на надежности, и их классификацию.

2) Изучить классификацию видов испытаний на надежность.

3) Изучить тракт движения магнитной ленты и работу лентопротяжного механизма

4) Провести испытания на стенде в ручном и автоматическом режиме и выявить неисправности.

2. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

2.1. Задание первое

Изучить влияние внешних и внутренних факторов воздействующих на РЭА, и сказывающихся на ее надежности, уяснить классификацию видов испытаний на надежность.

Для выполнения задания следует проработать теоретический материал в [с.11-35, с.238-258], а также содержание настоящего материала.

Все воздействия на РЭА можно разделить на внешние и внутренние. Внешние воздействия не связаны с режимом эксплуатации РЭА и определяют условиями хранения, транспортировки, эксплуатации изделия. Внешние воздействия подразделяются на естественные воздействия и воздействия объекта, в состоянии которого находится данная РЭА. Под естественным воздействием понимается совокупность климатических, биологических, космических и механических воздействий.

Воздействия объекта, на котором установлены РЭА, связаны с функционированием.

Внутренние воздействия определяются режимом работы РЭА и характеризуются нагрузками, например электрическими и механическими, связанными функционированием РЭА. Электрические нагрузки вызывают теплоэлектрические и электрохимические процессы, приводящие к старению. Механические нагрузки связаны с наличием в РЭА соединений материалов с различными коэффициентами температурного расширения. В процессе эксплуатации указанные компоненты подвергаются износу.

Все воздействующие факторы по их происхождению делят на две группы: объективные и субъективные. Объективные факторы характеризуют воздействия внешних условий, в которых осуществляется хранение, транспортировка и эксплуатация РЭА. Различают прямые и косвенные объективные факторы. Первые характеризуют естественные воздействия, вторые - воздействия на объект. Субъективные факторы характеризуют человеческую деятельность на этапах проектирования, производства и эксплуатации РЭА. Надежность, одно из важнейших свойств РЭА, оценивается с помощью качественных показателей. Количественный

показатель надежности РЭА – числовое значение показателя, характеризующее одно или несколько свойств, составляющих надежность изделий. Количественные показатели надежности в зависимости от условий ее обеспечения могут изменяться на различных стадиях создания и существования РЭА.

Надежность – сложное свойство объекта, сохраняющее способность выполнять заданные функции, включающее в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации такие свойства как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или сочетание этих свойств объекта.

Для конкретных объектов и условий их эксплуатации эти свойства могут иметь различную относительную значимость [5 с.7].

При анализе надежности, особенно при выборе показателей надежности объекта существенное значение имеет решение, которое должно быть в случае отказа объекта. Если в рассматриваемой ситуации восстановление работоспособности данного объекта при его отказе по каким-либо причинам признается нецелесообразным или неосуществимым (например, из-за невозможности прерывания выполняемой функции), то такой объект в данной ситуации является невозстановимым. Таким образом, один и тот же объект в зависимости от особенностей или этапов эксплуатации может считаться восстанавливаемым и невозстанавливаемым. Например, ЭВМ, используемая не для оперативных вычислений, является объектом восстанавливаемым, так как в случае отказа любая операция может быть повторена, а та же ЭВМ, управляющая сложным технологическим процессом, является невозстанавливаемым объектом, так как отказ или сбой приводит к непоправимым последствиям.

Показатель надежности – техническая характеристика, количественным образом определяющая одно или несколько свойств, составляющих надежность объекта.

Показатель надежности количественно характеризует, в какой степени данному объекту присущи определенные свойства, обуславливающие надежность. Показатель надежности может иметь размерность (например, среднее время восстановления) или не иметь ее (например, вероятность безотказной работы).

Количественные характеристики применяют в зависимости от назначения систем или ее фактического использования. В связи с этим различают три класса систем.

К 1 классу относятся системы, которые по условию не могут ремонтироваться во время работы. Системы 2 класса должны в произвольный момент времени быть готовыми к работе и не иметь неисправностей в течение заданного времени. К 3 классу относится аппаратура, использующаяся непрерывно, то есть наибольшую часть времени работает безотказно. [6, с. 25-26].

Для показателей надежности проводятся две формы представления: вероятностная и статическая. Вероятностная форма обычно бывает удобнее при априорных аналитических расчетах надежности, статическая – при экспериментальном исследовании надежности механических объектов. Кроме того, оказывается, что одни показатели лучше интерпретируются в вероятностных терминах, а другие – в статических.

В последнее время, с появлением сложных систем, для многих практических расчетов надежности стали использоваться специальные показатели, основными из которых являются:

- 1) вероятность заданной наработки за фиксированное календарное время t ;
- 2) вероятность наличия не менее чем заданного интервала безотказной работы за фиксированное календарное время t ;

3) вероятность наличия не менее чем заданного интервала безотказной работы за фиксированное суммарное время t ;

4) вероятность отсутствия интервала простоя, большего допустимой величины, за фиксированное суммарное время простоя t ;

5) вероятность отсутствия интервала простоя, большего допустимой величины, за фиксированное календарное время простоя t .

Первый показатель оказывается важным для тех систем, которые допускают перерывы в работе и могут продолжать выполнение своих функций начиная с любого момента. Эти системы имеют своеобразный временный резерв: для них важно, чтобы за требуемое время суммарная наработка системы составила бы не менее заданной величины (или, иными словами, чтобы суммарное время простоя не превышало определенной величины).

Второй показатель используется для оценки надежности систем, которые имеют возможность повторных попыток выполнения задачи. Эти системы также характеризуются определенной временной избыточностью, необходимо, чтобы система за требуемое время t проработала непрерывно хотя бы один раз в течение интервала времени, достаточного для выполнения задачи.

Третий показатель является частным случаем второго. Он получается в предположении пренебрежительной малости суммарного времени простоя по сравнению с периодом t . Для математических моделей в этом случае делается предположение о мгновенном восстановлении объекта после отказа.

Первые два показателя можно использовать для оценки ЭВМ, в которых после сбоя или отказа возможно повторное выполнение прежней программы. Третий показатель полезен для описания систем, которым свойственна своеобразная

«инерционность» в процессе функционирования: эти системы не чувствительны к недостаточно кратковременным перерывам. Примерами могут служить средства обработки территорий управляемых объектов, у которых допускается экстраполяция координат при попадании ограниченного количества данных.

Выбор показателей надежности является конкретной задачей, решение которой существенным образом зависит от характера технического объекта, его назначения и общих требований к процессу и результатам его функционирования.

Показатели надежности в зависимости от уровня рассматриваемого объекта удобно подразделять на оперативные и технические. Оперативными показателями надежности удобно характеризовать системы – это показатели, характеризующие качество функционирования системы с точки зрения потребителя.

Технические показатели имеют своеобразный и технологический характер: они нужны для использования в дальнейших расчетах или статических оценках. Эти показатели назначаются для подсистем (элементов).

Выбор вида показателей зависит в основном от общего назначения системы, но на него может влиять также и степень важности или ответственности функций, выполняемых системой.

Выбирая показатели надежности для технического объекта, следует иметь в виду некоторые простые и очевидные рекомендации:

- 1) общее число показателей надежности для технического объекта должно быть по возможности минимальным;

- 2) следует избегать сложных комплексных показателей, получаемых при вводе каких-либо сверток критериев (например, взвешиванием с различными «весами»);

3) выбранные показатели должны иметь простой физический смысл;

4) выбранные показатели надежности должны допускать возможность проведения подтверждающих (проверочных) оценок на этапе проектирования (аналитических расчетов или имитационного моделирования);

5) выбранные показатели надежности должны допускать возможность статической (опытной) оценки при проведении специальных испытаний или по результатам эксплуатации;

б) выбранные показатели должны допускать задание норм надежности в количественной форме.

Оценки надежности РЭА всегда имеют прочностной характер, поэтому для них используются вероятностные показатели.

Важнейшей характеристикой надежности является вероятность безотказной работы $p(t)$ – вероятность того, что случайная величина – время t_{ϕ} функционирования РЭА до отказа – будет не меньше заданного интервала времени t (или, что то же самое, вероятность того, что в пределах заданной наработки отказы в РЭА не возникнут)

$$p(t) = p(t_{\phi} \geq t). \quad (5.1.1)$$

Полагая, что в момент включения РЭА работоспособна: $p(0)=1$, можно заметить, что $p(t)$ есть монотонно убывающая функция, причем $p(\infty)=0$; в любой аппаратуре когда-нибудь произойдет отказ).

С вероятностью безотказной работы $p(t)$ однозначно связана функция $Q(t)$ – вероятность отказа РЭА на интервале времени

$$Q(t) = 1 - p(t), \quad (5.1.2)$$

где $p(t)$ и $Q(t)$ есть интегральные функции распределения случайной величины t_{ϕ} . Часто надежность удобнее характеризовать плотностью вероятности отказов $f(t)$

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}. \quad (5.1.3)$$

Используя функцию $f(t)$, запишем:

$$Q(t) = \int_0^t f(t)dt, \quad (5.1.4)$$

$$P(t) = \int_t^\infty f(t)dt. \quad (5.1.5)$$

Выражение (5.1.5) легко получить, если помнить, что $f(t)$ удовлетворяет условиям нормировки:

$$\int_0^\infty f(t)dt = 1, \quad (5.1.6)$$

(т.е. при неограниченном увеличении времени t отказ обязательно произойдет). Подставляя (5.1.4) и (5.1.6) в (5.1.2), получим (5.1.5).

Часто используется величина \bar{T} , которая называется средним временем безотказной работы

$$\bar{T} = \int_0^\infty tf(t)dt. \quad (5.1.7)$$

Как следует из ее определения, это есть математическое ожидание наработки до первого отказа. Интегрируя (5.1.7) по частям, получим (с учетом (5.1.3))

$$\bar{T} = t \cdot p(t) \Big|_0^\infty + \int_0^\infty p(t)dt \quad (5.1.8)$$

или

$$\bar{T} = \int_0^\infty p(t)dt. \quad (5.1.9)$$

Важной характеристикой надежности является дисперсия среднего времени безотказной работы:

$$\sigma_{\overline{T}}^2 = \int_0^{\infty} t^2 \cdot f(t) dt - \left[\int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \right]^2. \quad (5.1.10)$$

Второе слагаемое в правой части (5.1.10) есть $\left[\int_0^{\infty} p(t) dt \right]^2$. Первое слагаемое двукратным интегрированием по частям проводится к виду:

$$\int_0^{\infty} t^2 f(t) dt = 2 \int_0^{\infty} t p(t) dt. \quad (5.1.11)$$

Тогда для значения σ^2 можно записать:

$$\sigma_{\overline{T}}^2 = 2 \int_0^{\infty} t \cdot p(t) dt - \left[\int_0^{\infty} p(t) dt \right]^2. \quad (5.1.12)$$

До сих пор, мы, рассматривая функцию $f(t)$, не делали никаких предположений о работоспособности РЭА до интересующего нас интервала времени. Очевидно, что в зависимости от того, в каком состоянии находилась РЭА до этого интервала будет меняться и значение вероятности безотказной работы. Для того, чтобы учесть это обстоятельство введена ещё одна характеристика надёжности, которая получила название интенсивности отказов и широко используется на практике.

Интенсивность отказов определяется выражением [8, с.9]:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)}. \quad (5.1.13)$$

Величина $\lambda(t)$ есть вероятность того, что РЭА откажет в момент времени, при условии, что до этого момента отказов не было. Ясно, что $\lambda(t)$ положительна на всем интервале времени $t \geq 0$, а при $t=0$ $\lambda(t) = f(t)$ (т.к. $p(0)=1$).

Найдем вероятность безотказной работы, используя функцию $\lambda(t)$. С учетом (5.1.3) выражение (5.1.13) можно переписать в виде

$$\lambda(t) = \frac{d[\ln p(t)]}{dt}, \quad (5.1.14)$$

что после интегрирования обеих частей по t , дает:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]. \quad (5.1.15)$$

Если $\lambda(t) = \text{const}$, то (5.1.15) представляет собой экспоненциальный закон надежности. По этому закону вероятность исправной работы элементов, обладающих интенсивностью отказов λ , убывает со временем по экспоненциальной кривой (рисунок 1).

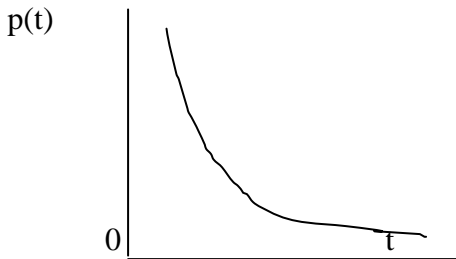


Рисунок 5.1 – Экспоненциальный закон надежности.

Такую кривую называют функцией надежности. Она имеет большое значение для практического использования.

На практике часто представляет интерес вероятность безотказной работы РЭА на интервале времени $[t_1; t_2]$. В этом случае говорят об условной вероятности безотказной

работы в момент времени t_2 , при условии, что в момент времени t_1 РЭА была работоспособна $p \frac{t_2}{t_1}$.

По аналогии с (5.1.15) можем записать:

$$p(t_2, t_1) = \exp\left[-\int_{t_1}^{t_2} \lambda(t) dt\right]. \quad (5.1.16)$$

С другой стороны

$$p(t_2, t_1) = \frac{p(t_2)}{p(t_1)}, \quad (5.1.17)$$

где $p(t_1)$, $p(t_2)$ – вероятности безотказной работы в начале и в конце интервала, соответственно.

Если РЭА состоит из нескольких блоков, причем вероятность безотказной работы каждого блока на интервале времени t равна p_i , а отказы статистически независимы, то для вероятности безотказной работы РЭА можно записать:

$$p(t) = \prod_{i=1}^n p_i, \quad (5.1.18)$$

Если отказы нельзя считать статистически независимыми событиями, то для определения $p(t)$ можно применить формулу полной вероятности:

$$P(A) = \sum_{i=1}^n p(H_i) \cdot p\left(\frac{A}{H_i}\right). \quad (5.1.19)$$

Вероятность события A равна сумме произведений вероятностей каждого из событий H_i - $P(H_i)$ при выполнении одного из которых может произойти событие A , на условную плотность вероятности события A при осуществлении события H_i - $P(A/H_i)$.

Для оценки надежности реальных объектов могут быть использованы большинство известных законов распределения случайных величин, если только они удовлетворительно аппроксимируют наблюдаемые процессы. С этой точки зрения

наибольшее применение при оценке надежности РЭА нашли следующие законы: Пуассона, биномиальный, Вейбулла, усеченный нормальный, логарифмически нормальный. [7], С11

Закон Пуассона описывает случайные события, появляющиеся на интервале времени t с большой частотой, но в каждом случае с малой вероятностью $P_1(t)$

$$P(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} \exp(-\lambda t), \quad (5.1.20)$$

где n — число появлений события, λ — параметр закона Пуассона.

Характерным признаком закона Пуассона является равенство дисперсии и математического ожидания. Закон Пуассона применяется, например, при оценке ремонтируемых изделий.

Закон Пуассона является частным случаем более общего — биномиального закона распределения, который позволяет оценить вероятность появления некоторого события A равно n раз в серии из m опытов:

$$P(A) = C_m^n P^n (1-p)^{m-n} = \frac{m!}{n!(m-n)!} P^n (1-p)^{m-n}, \quad (5.1.21)$$

где p — вероятность появления события A в одном опыте;

C_m^n - число сочетаний из m по n .

Биномиальный закон распределения применяется, в основном, при статическом контроле.

Закон Пуассона и биномиальный закон описывают распределение дискретных случайных величин. Рассмотрим теперь законы, описывающие распределение непрерывных случайных величин.

Экспоненциальный закон распределения является частным случаем более общего закона распределения Вейбулла, однако, вследствие его практической ценности, его

обычно рассматривают отдельно. Плотность распределения $f(t)$ равна

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t). \quad (5.1.22)$$

Характерной особенностью экспоненциального распределения является: $\lambda = \text{const}$, $t \geq 0$

$$P(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt = \exp(-\lambda t). \quad (5.1.23)$$

Экспоненциальный закон распределения широко используется для оценки показателей надежности на этапе нормальной эксплуатации в том случае, когда интенсивность отказов можно считать постоянной величиной.

Закон распределения Вейбулла является обобщением экспоненциального распределения. Плотность распределения $f(t)$

$$f(t) = \frac{1}{\theta} \alpha \cdot t^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right)^{\alpha}. \quad (5.1.24)$$

Функция распределения Вейбулла имеет вид

$$F(t) = \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right)^{\alpha}. \quad (5.1.25)$$

В (5.1.24), (5.1.25) θ , α – параметры распределения Вейбулла. При $\alpha=1$ распределение Вейбулла переходит в экспоненциальное. Распределение Вейбулла можно использовать для оценки надежности РЭА на этапах приработки и старения, а при $\alpha=1$ и на этапе нормальной эксплуатации.

Усеченный нормальный закон распределения получается из закона Гаусса при ограничении времени наработки интервалом $[0, t]$. Для того, чтобы получить из закона Гаусса усеченный нормальный закон вводится нормирующий множитель C .

$$f_{y.\text{норм}}(t) = C f(t) \quad (5.1.26)$$

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(t-M)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (5.1.27)$$

где M , σ^2 – математическое ожидание и дисперсия случайной величины, соответственно.

Для функции распределения должно выполняться условие нормировки:

$$F(t) = C \int_0^{\infty} f(t) dt = 1 \quad (5.1.28)$$

или для интервала времени $[t_1; t_2]$

$$F(t) = C \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = 1 \cdot \quad (5.1.29)$$

Из (2.29) получаем

$$C = \left[\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt \right]^{-1}. \quad (5.1.30)$$

Подставляя в (2.30) выражение для $f(t)$, и, вводя подстановку $\beta_i = (t_i - M)/\sigma$, запишем

$$C = \frac{1}{\Phi(\beta_1) - \Phi(\beta_2)}, \quad (5.1.31)$$

где $\Phi(\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\beta} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) dU$ - интеграл вероятности.

В том случае, когда время t заключено в интервале $[0, \infty]$ можно записать

$$C_0 = \frac{1}{0.5 + \Phi\left(\frac{M}{\sigma}\right)}, \quad (5.1.32)$$

$$M_{\text{унорм}} = M + \frac{\sigma \cdot C_0}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{M}{\sigma}\right)^2\right], \quad (5.1.33)$$

$$\sigma_{\text{унорм}}^2 = \sigma^2 \left\{ 1 - \frac{C_0^2}{2\pi} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{M}{\sigma}\right)^2\right] - \frac{C_0}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{M}{\sigma}\right)^2\right] \right\} \quad (5.1.34)$$

Усеченный нормальный закон распределения используется для оценки показателей надежности на этапе

износа и старения и, в некоторых случаях, для определения времени наработки.

Логарифмический нормальный закон распределения применяется в том случае, когда логарифм случайной величины t $\psi = \lg t$ ($t \geq 0$) имеет нормальное распределение. Плотность вероятности логарифмически нормального распределения имеет вид:

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\psi t} \exp\left[-\frac{(\lg t - \mu_\psi)^2}{2\sigma_\psi^2}\right]. \quad (5.1.35)$$

где μ_ψ и σ_ψ - математическое ожидание и дисперсия случайной величины Ψ соответственно. Логарифмически нормальное распределение может использоваться для оценки показателей параметрической надежности, отказов, связанных с усталостными повреждениями, для оценки затрат времени на устранение отказов. [7, с. 15].

При выборе закона распределения случайной величины следует, в первую очередь, учитывать насколько точно он аппроксимирует исследуемые зависимости. В таблице 1 приведены основные показатели надежности РЭА при различных законах распределения времени наработки.

Графическое представление законов распределения, используемых для оценки надежности РЭА

1. Закон распределения Пуассона

$$p(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^n}{n!} \exp(-\lambda t)$$

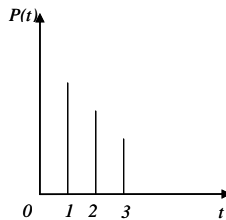


Рисунок 5.2

2. Биномиальный закон распределения

$$p = C_m^n p^n (1-p)^{m-n}$$

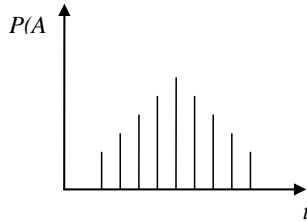


Рисунок 5.3

3. Экспоненциальный закон распределения

$$p(t) = \exp(-\lambda t)$$

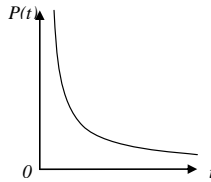


Рисунок 5.4

4. Закон распределения Вейбулла

$$f(t) = \frac{1}{Q} \alpha (t)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{t}{Q}\right)^\alpha \alpha(\alpha\beta) \frac{1}{\alpha} (\alpha-1) \frac{\alpha-1}{\alpha} \exp\left(\frac{\alpha-1}{\alpha}\right)$$

где $\beta=1/Q$.

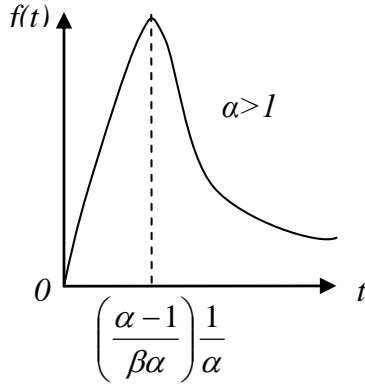


Рисунок 5.5

5. Усеченный нормальный закон распределения

$$f(t) = \frac{C}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left[-\frac{(t-M)^2}{2\sigma^2}\right]$$

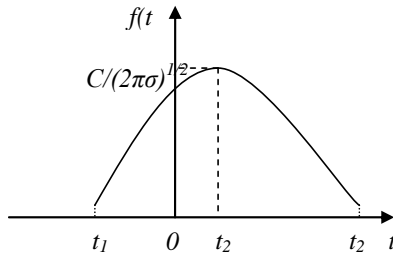


Рисунок 5.6

6. Логарифмический нормальный закон распределения

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t - M)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Количественные показатели надежности могут быть единичными и комплексными.

Единичный показатель характеризует одно из свойств (безотказность, долговечность, ремонтпригодность,

сохраняемость), составляющих надежность изделия, а комплексный – несколько свойств.

В зависимости от цели испытаний различают исследовательские и контрольные испытания.

Исследовательские испытания на надежность проводят для определения фактических значений показателей надежности и, при необходимости, законов распределения случайных величин. Контрольные испытания проводят для проверки соответствия показателей надежности требованиям стандарта, ТЗ и ТУ.

В зависимости от того, требуется или не требуется получение в результате испытаний значение показателей надежности, различают определительные и оценочные испытания. Если при испытаниях определяются численные значения показателей надежности, то они являются определительными. При оценочных испытаниях показатели надежности не определяются, а по определенным критериям лишь устанавливается факт соответствия или несоответствия изделия заданным требованиям по надежности.

Определенные испытания в зависимости от цели являются исследовательскими или контрольными. Контрольные испытания могут быть как оценочными, так и определительными.

Исследовательские испытания всегда определительные, а оценочные всегда контрольные.

3 ОТЧЕТ ПО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЕ

Отчет по индивидуальной работе должен содержать:

- а) Наименование работы и ее цель;
- б) Краткие сведения из теории;
- в) Результаты выполнения заданий;
- г) Выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малинский В.Д. Контроль и испытание радиоаппаратуры. - М.: Энергия. 1970. - 336с.
2. Глудкин О.П., Черняев В.Н. Технология испытания микроэлементов радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем: Учеб. Пособие. - М.: Энергия, 1980.- 360с.
3. Испытание радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование /Под ред. А.И.Коробова: Учеб. Пособие. - М.: Радио и связь, 1987. - 272с.
4. Грудкин О.П. Методы и устройства испытаний РЭС и ЭВС: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. –336 с.
5. Резиновский А.Л. Испытание на надежность радиоэлектронных комплексов. – М.: Радиосвязь, 1985. – 165 с.
6. Ефремов Г.С. БД Забегалов. Испытание РЭА на надежность. Планирование и оценка показателей. - Горький, 1974,- 44с.
7. Бродский М.А. Аудио-и видеоманитофоны.-Мн., 1995,-476с.
8. Игнатович В.Г., Митюхин А.И. Регулировка и ремонт бы товой радиоэлектронной аппаратуры. -Мн., 1993,-367с.
9. Надежность технических систем: Справочник/ Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
10. Надежность автоматизированных систем управления: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Я.А. Хетагурова. – М.: Высшая школа, 1979. – 287 с.
11. Кейзман В. Б. Оценка и обеспечение надежности радиоэлектронной аппаратуры: Учеб.пособие. – Воронеж: ВПИ, 1987 – 82 с.
12. Основы расчетов по статической радиотехнике. А.М. Заездный. – М.: Связь, 1969. – 447 с.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА РЭС

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Техническая диагностика РЭС»
для студентов направления подготовки 11.03.03
«Конструирование и технология электронных средств»,
(профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных
средств») всех форм обучения

Составители:

Костюков Александр Сергеевич
Башкиров Алексей Викторович

Компьютерный набор А.С. Костюков

Подписано к изданию
Уч.-изд. л.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14