

2 ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

2.1 ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Современные РЭС-сложные системы по своему функциональному назначению, областям применения, структуре, количеству элементов и связей, волновому и энергетическому диапазонам, процессам, протекающим в самой системе. Тем не менее для большинства типов РЭС, несмотря на перечисленное многообразие, присуща единая обобщенная структура и определенная совокупность параметров - ПФИ, ТП, ПТЭ.

В состав обобщенной структурной схемы РЭС (рис. 1.3) входят следующие устройства: источник информации, преобразователь информации (кодер), модулятор тракта передачи, генератор СВЧ, антенно-фидерное устройство (АФУ), работающее на прием и передачу, приемник со входными цепями, преобразователем частоты (ПрЧ), усилителем промежуточной частоты (УПЧ), демодулятором, декодером, с устройствами обнаружения сигнала и измерения его параметров, отображения информации - индикатором и получателем информации. Неотъемлемой частью типовой РЭС являются устройства настройки и регулировки - АПЧ, АРУ, УСЛТ (устройство стабилизации ложных тревог), а также источники питания и различного вида энергетические преобразователи.

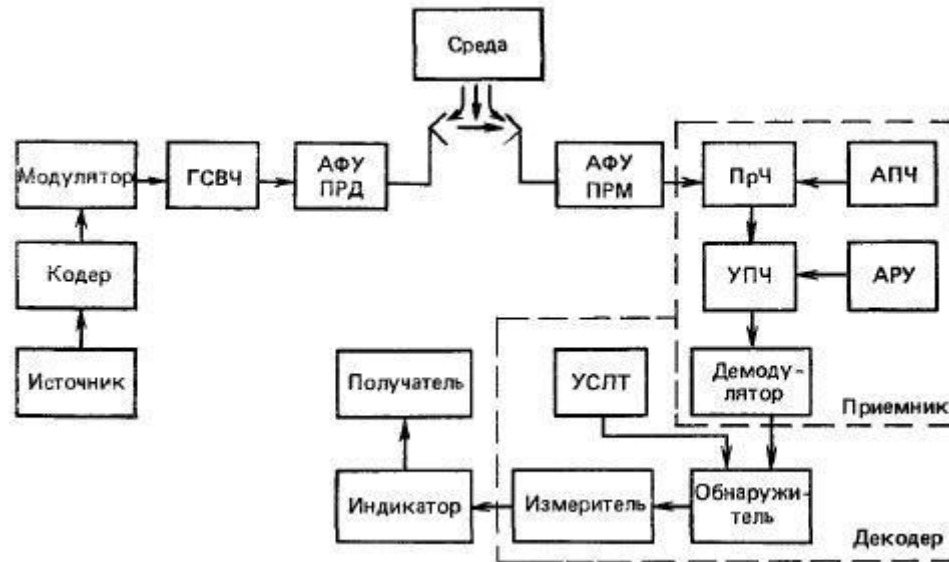


Рисунок 1.3 - Обобщенная структурная схема РЭС

РЭС могут работать по симплексной или по дуплексной схеме, в системах с одним передатчиком и множеством приемников или наоборот: существо дела от этого почти не меняется. Структура РЭС, как правило, неизменна и совокупность параметров, определяющих качество, имеет стабильный состав.

Основными ПФИ РЭС являются:

- рабочая область действия РЭС, ограниченная минимальной и максимальной дальностью действия ($D_{\min}$ и $D_{\max}$); минимальным и максимальным значением азимута ($\alpha_{\min}$ и $\alpha_{\max}$); минимальным и максимальным значением угла места ($\beta_{\min}$ и $\beta_{\max}$) или высоты;
- количество измеряемых координат и точность измерения параметров, определяемая величиной ошибки (количественной мерой обычно выбирается среднеквадратическая ошибка измерения параметра $A - \sigma_A$);
- оперативность, определяемая временем, затрачиваемым на обработку информации;
- пропускная способность (для РЭС, работающей по принципу "запрос - ответ") определяется числом одновременно обслуживаемых систем в течение определенного временного интервала с заданной точностью;
- разрешающая способность РЭС как радиотехнической системы;
- тип оконечного устройства РЭС;
- безотказность и эффективность;
- масса, габариты и потребляемая мощность (энергия).

Технические параметры РЭС представляют инженерные решения, обеспечивающие реализацию заданных ПФИ. Технические параметры описывают РЭС как изделия радиоэлектроники. Технические решения и значения этих параметров должны быть оптимальными или близкими к оптимальным по заранее синтезированным и согласованным критериям оптимальности. Состав и количество параметров зависят от функционального назначения и комплекса ПФИ. В совокупности они характеризуют РЭС, а каждый из параметров в отдельности является основным показателем одного или нескольких устройств, входящих в систему (рис. 1.3).

К основным техническим параметрам РЭС могут быть отнесены:

- диапазон радиоволн ($\lambda_{\max}$ и $\lambda_{\min}$);
- метод модуляции сигнала и его параметры (глубина модуляции K_m , вид модулирующей функции, частота модуляции F_m);
- метод излучения - направленность излучения - $G(\alpha, \beta, \lambda)$;
- импульсная и средняя мощность передатчика (P_i, P_{cp});
- длительность сигнала ($T_i, T_{Пач}, T_c$);

- формы диаграмм направленности антенн (cosec^2 , $\text{cosec}^{3/2}$) и др.;
- коэффициент шума приемника N_m , чувствительность приемника;
- полоса пропускания приемника $\Delta F_{\text{прм}}$;
- статистические характеристики приемного тракта ($P_{\text{по}}$, $P_{\text{лт}}$); степень оптимизации приемного тракта; конструкция и элементная база;
- выходные характеристики устройства обнаружения, измерения и отображения.

Технические характеристики РЭС формируются на стадиях проектирования системы и должны соответствовать современному уровню науки и техники. Только гармоничный синтез, взаимоувязка всех принимаемых решений обеспечивают этот уровень. Элементная база, схематические решения, оптимизация структуры, обеспечение высокой "надежности" - основное содержание качества разработки. Высказанное требование обусловлено рядом причин, учитывающих, что между техническими и параметрами функционального назначения существует тесная связь; важнейшие ПФИ определяются техническими решениями; технические параметры во многом определяют состав и распределение сил и средств технической эксплуатации РЭС и возможности совершенствования.

Связи между ПФИ и техническими параметрами РЭС обладают рядом особенностей, главные из которых: многоплановость, неоднозначность, зависимость одних технических характеристик от других, наличие оптимальных вариантов. На рис. 1.4 представлена структура взаимосвязей, отражающих перечисленные особенности; сильные связи обозначены двойной линией - прямообязывающие связи, слабые связи - штриховой линией. Структура дает наглядное представление об их сложности и многоплановости.

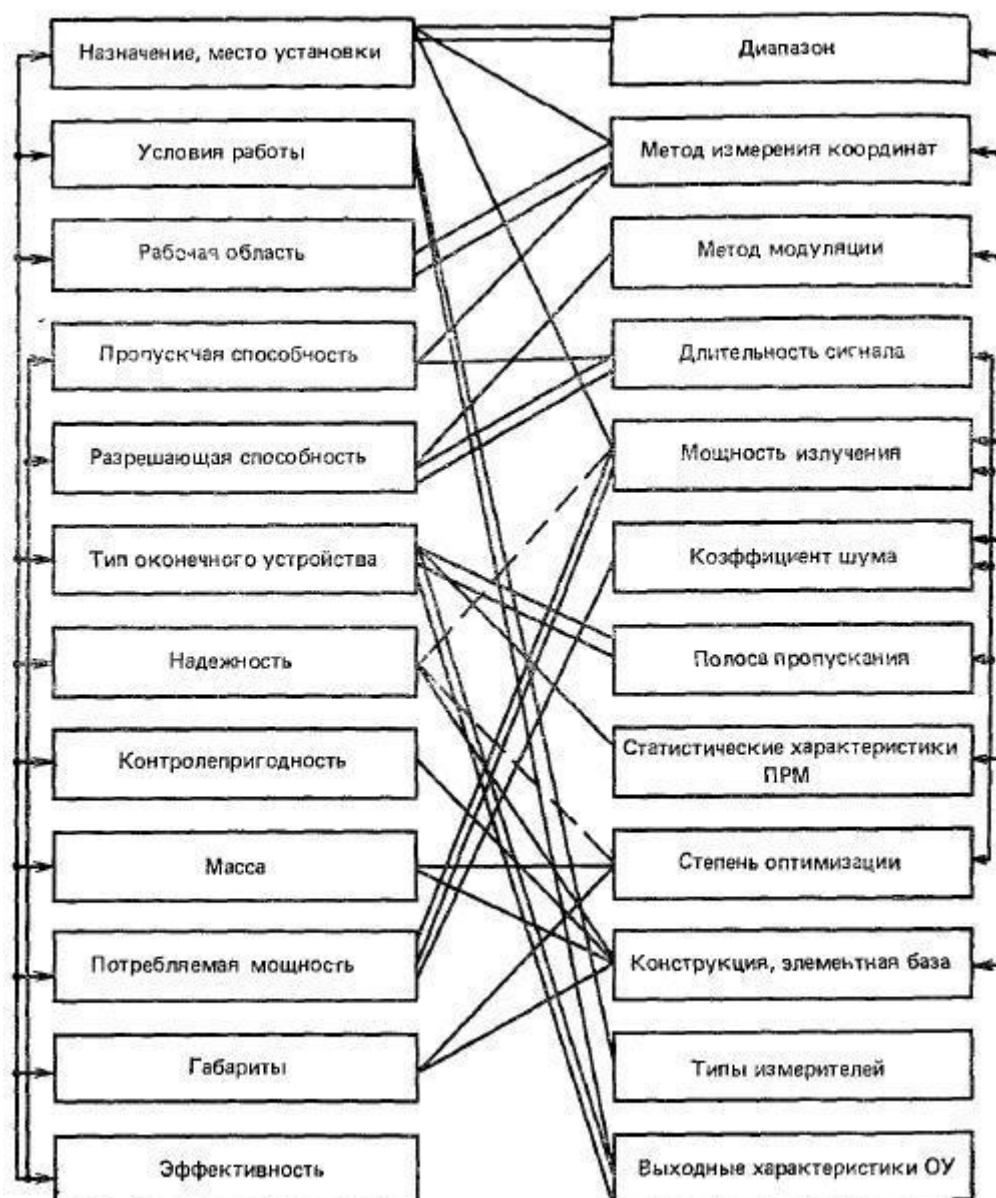


Рисунок 1.4 - Взаимосвязь параметров РЭС: - - - сильные связи, ---- слабые связи

Третья группа параметров - параметры технической эксплуатации (ПТЭ) - характеризуют те основные связи, которые устанавливаются внутри и вне системы на этапе функционального применения и должны отражать те изменения и возможности их определения и парирования, которые имеют место на этой стадии ЖЦ системы. Составляя (выбирая) совокупность этих параметров, следует учитывать такое большое количество факторов, что задача сразу приобретает системный характер. К группе ПТЭ, прежде всего, необходимо отнести параметры свойств надежности - безотказности, долговечности, сохраняемости, ремонтпригодности их взаимосвязи, выделив те показатели качества, которые определяют внутрисистемные и внешние связи.

Техническая эксплуатация системы во многом зависит от характера этих связей, учета структурных свойств системы, отражения композиционных свойств системы.

Таким образом, в группу ПТЭ должны входить такие параметры как безотказность, долговечность и ремонтпригодность, множества состояний, допустимых входных и выходных сигналов; готовность системы к функциональному использованию, множество элементов и связей; структура и композиция системы.

Параметры технической эксплуатации связаны между собой и с параметрами ПФИ и ТП. Они, по существу, представляют перекрывающиеся нечеткие множества. Однако ряд взаимосвязей между группами параметров может быть представлен аналитическими зависимостями. Например, в ряде случаев взаимосвязи определяются уравнениями энергетического баланса РЭС и уравнениями энергетического потенциала. Эти характеристики описывают взаимосвязь параметра дальности с энергетикой РЭС.

Например, для радиолокационных систем единство и взаимосвязь ПФН и ТП проявляются в уравнении дальности действия РЭС:

$$D_{\max}^4 = \frac{P_{\text{и}} \tau_{\text{и}} n_{\text{и}} G_{\text{А}} \sigma_{\text{ц}} \eta_{\text{прм-прд}} S_{\text{А}}}{(4\pi)^2 Q N_{\text{ш}} k T \xi_{\text{прм}}} \exp(-0.115 \alpha_{\text{кмз}} D_{\max})$$

где $D_{\max}$ - максимальная дальность действия РЛС; $P_{\text{и}}$ - мощность излучения в импульсе; $\tau_{\text{и}}$ - длительность импульсного сигнала; $n_{\text{и}}$ - число импульсов, отраженных от цели; $G_{\text{А}}$ - коэффициент направленного действия антенны; $\sigma_{\text{ц}}$ - среднее значение эффективной отражающей поверхности цели; $S_{\text{А}}$ - эффективная площадь антенны РЛС; $\eta_{\text{прм-прд}}$ - коэффициент полезного действия трактов приема и передачи; Q - отношение сигнал-шум на выходе достаточного приемника (оптимального фильтра), определяемое заданными вероятностями правильного обнаружения $P_{\text{по}}$ и ложной тревоги $P_{\text{лт}}$; k - постоянная Больцмана; T - температура входа приемного тракта в градусах Кельвина; $\xi_{\text{прм}}$ - коэффициент потерь в приемном тракте, зависящий от неоптимальности обработки, памяти системы, числа накапливаемых импульсов; $\alpha_{\text{кмз}}$ - коэффициент километрового затухания радиоволн в атмосфере, дБ/км.

В режиме двусторонней связи:

$$D_{\max o} = [(P_{\text{з}} \tau_{\text{з}} G_{\text{Аз}} S_{\text{Апрмо}}) / 4\pi Q_{\text{о}} N_{\text{ш.о}} k T \xi_{\text{прмо}}]^{1/2}$$

$$D_{\max o.а} = [(P_{\text{о}} \tau_{\text{о}} G_{\text{Ао}} S_{\text{Апрмз}}) / 4\pi Q_{\text{з}} N_{\text{ш.з}} k T \xi_{\text{прм.а}}]^{1/2}$$

Соответственно индекс "о" обозначает те же параметры и характеристики ответчика.

В режиме односторонней связи дальность действия РЭС (ограниченная энергетикой) определяется выражением:

$$D_{\max} = [(P_1 \tau_1 G_{A1} S_{A2}) / 4 \pi Q_2 N_{ш2} k T_2 \xi_{прм2}]^{1/2}$$

индекс "1" характеризует принадлежность к передающему устройству, а индекс "2" - к приемному тракту.

Энергетическое потребление системы может быть получено из приведенных уравнений. Если РЭС состоит из передатчика и приемника, то потребляемая мощность, как следует из приведенных зависимостей:

$$P_{потр} = K_3 P_{излор} = (4 \pi D_{\max}^2 P_{пр\min} K_3) / G_{изл} S_{Aпрм}$$

где K_3 - коэффициент, учитывающий потери при преобразовании энергии в передающем тракте.

Если РЭС является приемником, установленным, например, на летательном аппарате, то $P_{ип} = K_3 * P_{вых}$ (величина мощности на борту данного РЭО) зависит от величины выходной мощности. В свою очередь:

$P_{вых} = K_p * P_{пр\min}$ - чувствительность приемного тракта, где K_p - коэффициент усиления по мощности;

$$P_{пр\min} = Q N_{ш} k T_{прм} \Delta F_{прм} \xi_{прм} = Q n_k T_{прм} k \Delta F_{прм} \xi_{прм} N_{1k}$$

N_{1k} - среднее значение коэффициента шума одного каскада;

$$N_k = \frac{k_p}{k_{p1}} = \frac{P_{свх}}{P_{пр\min} K_{p1}} \quad - \text{число каскадов;}$$

K_{p1} - коэффициент усиления по мощности одного каскада усиления;

k - постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт град/Гц).

Коэффициент $\xi_{прм}$ показывает, в какой степени структура приемника отличается от оптимальной. Коэффициент $\xi_{прм} = \xi_1 \xi_2 \dots$. Каждый из сомножителей определяет потери из-за неоптимальной обработки в различных частях приемного тракта.

Коэффициент $\xi_{прм}$ и его составляющие всегда удовлетворяют соотношению:

$$1 < \xi_{прм} < \infty; \quad 1 < \xi_i < \infty$$

$\xi_{\text{прм}} = 1$ при оптимальной обработке сигнала и полном отсутствии потерь, связанных с неоптимальностью обработки.

Коэффициент Q определяет отношение сигнал-шум на выход оптимального приемника, которое связывает с характеристиками обнаружения функциональная зависимость:

$$Q = f(P_{\text{п.о}}, P_{\text{л.т}})$$

где $P_{\text{п.о}}$ - вероятность правильного обнаружения сигнала;

$P_{\text{л.т}}$ - вероятность ложной тревоги.

Величина зависит от многих факторов.

При непрерывном сигнале $\tau_c = \tau_{\text{обл}}$. Время облучения приемной системы РЭС:

$$\tau_{\text{обл}} = \frac{T_{\text{обз}} \Theta_A}{\Theta_{\text{обз}}}$$

где Θ_A - ширина диаграммы направленности антенны; $\Theta_{\text{обз}}$ - зона обзора РЭС;

$T_{\text{обз}}$ - время обзора рабочей зоны.

При импульсных сигналах:

$$\tau_c = \frac{T_{\text{обл}}}{q_{\text{ск}}}$$

$q_{\text{ск}} = \frac{T_{\text{п}}}{\tau_{\text{и}}}$ - скважность импульсного сигнала; $T_{\text{п}}$ - период повторения; $\tau_{\text{и}}$ - длительность импульсного сигнала.

Коэффициент направленного действия антенны G_A и ее эффективная площадь S_A связаны соотношением:

$$G_A = \frac{4\pi S_A}{\lambda^2}$$

где λ - длина волны, на которой работает РЭС.

Количественной мерой точности РЭС является среднеквадратическая погрешность измерения параметра.

Потенциальная ошибка радионавигационных измерений:

$$\sigma_{\text{пот}} = \frac{f(\tau_c)}{\sqrt{Q}}$$

где Q - отношение сигнал-шум на выходе оптимального прием-ника; $f(\tau_c)$ - функция, связанная с длительностью сигнала.

Формула справедлива для устройств, измеряющих дальность и угловые координаты. Сигналы малой длительности имеют потенциально высокую точность $f(\tau_u) = k\tau_u$, но при этом расширяется эффективная полоса

$\Delta F_c = \frac{k_1}{\tau_u}$ (при отсутствии внутрисигнальной. частотной модуляции). С другой стороны, расширение полосы пропускания приемника $\Delta F_{\text{прм}}$ приводит к увеличению мощности шума: $P_{\text{ш}} = N_{\text{ш}} k T \Delta F_{\text{прм}}$ т. е. к снижению отношения $P_{\text{с.свх}} = P_{\text{ш.свх}}$.

Длительностью сигнала определяется также и разрешающая способность по

дальности $\delta D = \frac{c \tau_u}{2}$. При заданной разрешающей способности $\tau_u \leq \frac{2(\delta D - \delta D_{\text{о.у.}})}{c}$, где $\delta D_{\text{о.у.}}$ - разрешающая способность оконечного устройства.

Взаимосвязь ПФИ и ТП, как следует из предыдущего, характеризуется аналитическими зависимостями, в которых просматривается процесс прямого и однозначного влияния друг на друга.

Взаимосвязь системных параметров технической эксплуатации также может быть представлена аналитическими выражениями. Однако, последние носят более абстрактный характер.

Например, если известны множество входных сигналов $U_{\text{вх}}$, множество допустимых входных сигналов $U_{\text{д.вх}}$, множества выходных сигналов $U_{\text{вых}}$ и их допустимых значений $U_{\text{д.вых}}$ множество состояний системы S и системообразующий параметр K , функциональное описание системы $F(K)$ определяется выражением:

$$F(K) = F\{T, U_{\text{вх}}(t), U_{\text{д.вх}}, U_{\text{вых}}(t), U_{\text{д.вых}}, K\}.$$

Между отдельными показателями устанавливаются однозначные связи вида:

$$U_{\text{д.вых}} \subset U_{\text{вых}}(t), U_{\text{д.вх}} \subset U_{\text{вх}}(t), \\ U_{\text{д.вых}}(t) / K \subset U_{\text{д.вх}} \otimes U_{\text{д.вых}} \subset KS, K / T \otimes S \subset U_{\text{вых}}(t) \text{ и др.},$$

где знак $\otimes$ - знак операции образования декартова произведения двух множеств.

Одним из конкретных выражений системного описания является, например, формула условной работы, выполняемой данной конструкцией - А:

$$A = \frac{k k_{раз} k_j \eta P_{свх} T_{ср}^2 I_{свх}}{(1 - \eta)^2},$$

где $K_{раз} = f(P_{по}, P_{лт})$ - коэффициент различимости;

k_j - число информационных различимых состояний сигнала;

$P_{с\text{ вых}}$ - выходная мощность полезного сигнала:

$I_{с\text{ вых}}$ - информационный объем на выходе;

$$\eta = \frac{P_{с\text{ свх}}}{P_{с\text{ вх}}}$$

$T_{ср}$ -средняя наработка системы;

$\frac{P_{с\text{ свх}}}{P_{с\text{ вх}}}$ - КПД системы;

а и к - постоянные коэффициенты.

Величина I_c - объем информации на выходе системы. Целесообразность информационных описаний РЭС определяется тем, что подавляющее большинство РЭС являются информационными системами, т. е. с той или иной степенью связаны с добыванием информации, получением информации, переработкой, передачей информации, выделением полезной информации и управлением состояниями систем на основе полученной информации. Если некоторое событие А имеет априорную вероятность появления P_1 , а в результате приема сообщения оказалось, что то же событие имеет новую вероятность появления P_2 , то информация принятого сообщения определяется выражением $I = \log_2(P_2/P_1)$. Если в результате сообщения выявлено, что событие А действительно произошло, то $I = \log_2 P_1$ - управляющая информация.

Известно, что n элементов сообщения, каждый из которых характеризуется m состояниями (градациями сигнала), содержат информацию:

$$I = n \cdot \log_2 m$$

Количество информации, приходящееся на одно сообщение, называется удельной информативностью или энтропией сообщений - H.

При неравновероятности состояний:

$$I = n \sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i, \quad H = \sum_{i=1}^m P_i \log_2 \frac{1}{P_i}.$$

Логарифм $(-\log_2 P_i)$ можно рассматривать как частную энтропию i -го состояния, а H - является средним значением частных энтропии.

При непрерывном распределении случайной величины $U(t)$ (например, амплитуды сигнала) с известной плотностью распределения вероятности $w(U)$ энтропия $H(U)$ определяется выражением:

$$H(U) = \int_{-\infty}^{\infty} w(U) \log_2 w(U) dU - \log_2 \Delta U,$$

где ΔU величина - характеризует точность квантования сигнала.

На практике часто пользуются формулой:

$$H(U) = \int_{-\infty}^{\infty} w(U) \log_2 w(U) dU, \quad \text{но}$$

мы в дальнейшем будем избегать подобных упрощений, изменяющих физическую сущность процесса.

Наконец, в самом общем случае количество информации об одном случайном объекте η относительно другого случайного объекта определяется как:

$$I(\xi, \eta) = \iint_{XU} P_{\xi, \eta}(X, U) \log_2 \frac{w_{\xi, \eta}(X, U)}{w_{\xi}(X) w_{\eta}(U)} dX dU,$$

где $w_{\xi}(X)$, $w_{\eta}(U)$ - априорные плотности распределения случайных объектов;

$w_{\xi, \eta}(X, U)$ - плотность их совместного распределения.

При этом случайные объекты η и ξ могут иметь самую различную природу (скалярную, векторную, быть обобщенными функциями и т.д.).

Преимущество информационных описаний состоит в том, что они дают возможность представлять информацию через величины. Например, количество информации X в сообщении U можно определить через разность энтропии:

$$I(U, X) = H(U) - H(U|X),$$

где $H(U|X)$ - условная энтропия. Если сигнал X и помеха N статистически независимы, то

$$I(U, X) = H(U) - H(N).$$

При условии, что помеха подчиняется гауссовскому распределению:

$$H(N) = 2FT[\log_2 \sqrt{2\pi} \sigma_n - \log_2 \Delta X],$$

где $2FT$ - число независимых элементов сообщения в полосе пропускания F за время T , тогда

$$I(U, X) = 2FT \log_2 (\sigma_u / \sigma_n),$$

(где σ_u - среднее квадратическое отклонение сигнала; σ_n - среднее квадратическое отклонение шума) или

$$I(U, X) = 2FT \log_2 [(\sigma_x^2 + \sigma_n^2) / \sigma_n^2] = FT \log_2 (1 + P_c / N),$$

где P_c - среднее значение мощности полезного сигнала;

N - среднее значение мощности помех.

Величина $FT \log(P/N)$ называется информационным объемом сигнала и показывает, что одно и то же количество информации можно передать, сохраняя постоянный объем, но используя различные F , T , $Q = P_c/N$:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{I(U, X)}{T} = W(\log_2 1 + P_c / N) = C_i,$$

C_i называется скоростью передачи информации и характеризует пропускную способность канала.

Соотношения (1.14), (1.17), (1.19), позволяют устанавливать новые взаимосвязи в РЭС, расширяя, таким образом, их многообразие и позволяя описать или представить их модели в наиболее полном или наиболее целесообразном виде.

Посредством информационного описания можно связать ПФИ и ТП с такими характеристиками, как ценность информации, ее значимость - дифференциальная характеристика ценности, в зависимости от изменения условий, а также семантическими и прагматическими характеристиками информации.

2.2 УСЛОВИЯ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ И ДЕГРАДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Современные РЭС работают в сложных постоянно меняющихся условиях, в процессе изготовления (реже) и эксплуатации (чаще) подвергаются воздействию различных внешних факторов, результатом которых являются деградационные процессы, ухудшающие параметры и приводящие в конце

концов к отказу аппаратуры, т. е. к выходу одного или нескольких параметров за пределы допуска или к полному прекращению функционирования.

Под воздействием внешних условий и внутренних процессов деградации меняется техническое состояние РЭС - $S(t)$.

По совокупности отрицательные воздействия можно разделить на две группы: климатические и механические. Для примера рассмотрим рейс современного лайнера по маршруту Ташкент - Магадан в середине марта. Протяженность трассы 5000 км, время полета 8 ч. За это время перепад температур составляет 40°C, вибрации действуют 8 ч. Ударные нагрузки возникают при посадке. Еще в более тяжелых условиях работает РЭС, устанавливаемая на космическом объекте.

Под воздействием процессов износа и влияния внешних условий в элементе изделий РЭС может возникнуть отклонение от нормы. Продолжение воздействия приводит к увеличению отклонения от номинального состояния. Параметр элемента, имеющего дефект, отныне не соответствует по своему значению нормативам, установленным на него технической документацией, или близок этому несоответствию. Аппаратура, имеющая дефект, переходит из исправного состояния в неисправное.

Исправное состояние - это такое состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической документации: неисправное состояние - при котором он не соответствует хотя бы одному из этих требований. Каждое отдельное несоответствие изделия или его элемента установленным требованиям - это и есть дефект. Термин "дефект", как следует из изложенного, связан с термином "неисправность", но не является его синонимом, так как в состоянии неисправности изделие может иметь множество дефектов.

Дефекты подразделяют на:

- явные (для выявления которых в нормативной документации предусмотрены соответствующие правила, методы, средства);
- скрытые (для выявления которых соответствующие правила, методы, средства не предусмотрены);
- значительные (влияющие на эффективность использования РЭС);
- критические (при наличии которых использование изделия по назначению невозможно или нецелесообразно, при достижении дефектом критического уровня наступает отказ);
- устранимые (устранение которых технически возможно и экономически целесообразно).

Сложность РЭС и ее отдельных элементов, разнообразие условий и режимов применения РЭС приводят к появлению еще большего разнообразия дефектов и их проявлений.

Перечисленные ниже ситуации, связывающие воздействия и дефекты, являются не более как иллюстративными обобщениями.

Климатические воздействия подразделяют на воздействия температуры, влажности, солнечной радиации.

Изменение температуры окружающей среды влияет на параметры элементов РЭС:

- снижается коэффициент усиления транзисторов;
- увеличиваются обратные токи полупроводниковых переходов;
- возрастает величина проводимости утечки;
- изменяется емкость конденсаторов из-за изменения величины проводимости утечки и снижается их электрическая прочность;
- высыхают и коробятся изоляционные материалы и прокладки, снижается термо,механическая прочность термореактивных пластмасс;
- растут величины сопротивления металлических резисторов ч потерь на переманичивание и т. д.;
- увеличиваются при $\Gamma_0 < \Gamma_D = -40 \dots 50^\circ \text{C}$ внутренние напряжения в кристаллических материалах особенно на границах с различными температурными коэффициентами;
- увеличивается внутреннее сопротивление полупроводников, снижается электрическое сопротивление металлов.

Воздействие температур может приводить как к внезапно возникающим, так и постепенным изменениям, которые часто оказываются необратимыми. Для иллюстрации температурных воздействий на рис. 1.5 показаны зависимости интенсивности отказов от температуры и нагрузки элементов электронных схем и приборов.

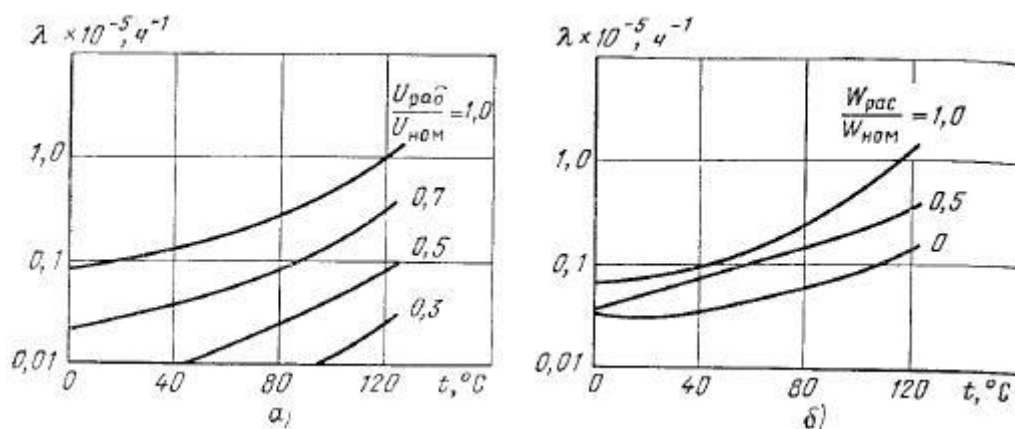


Рисунок 1.5 - Зависимости интенсивностей отказов а) конденсаторов от температуры окружающей среды t° , отношения рабочего напряжения к

номинальному; б) углеродистых резисторов от температуры и отношения рассеиваемой мощности к номинальной

Влажность и атмосферные осадки также стимулируют деградационные процессы в элементах и конструкциях РЭС. При повышении влажности ускоряется процесс коррозии металлов, в результате чего ухудшаются их прочностные характеристики, например срок службы конструкции из алюминиевых сплавов при относительной влажности 80... 100% уменьшается более чем в 2 раза.

Из-за ухудшения изоляционных свойств возрастают и потери в контурах, катушках, дросселях, трансформаторах, сопротивление резисторов возрастает, а их влагостойкость резко снижается.

Одним из распространенных дефектов РЭС является конденсация влаги, а затем замерзание воды в волноводных трактах. Конденсация влаги и обледенение АФУ оказывают существенное влияние на изменение параметров РЭС в процессе эксплуатации.

Электрические нагрузки в случае недопустимого их изменения в процессе эксплуатации приводят к нарушению температурного режима, электрическим пробоям, отказам при включении-выключении аппаратуры вследствие переходных процессов.

Механические воздействия - это удары, вибрации, ускорения и звуковые давления. Вибрации и удары приводят к преждевременному изнашиванию элементов радиоаппаратуры, появлению усталостных явлений или разрушения. Под действием вибраций нарушается первоначальная настройка регулируемых радиоэлементов. Действие звукового давления на элементы РЭС аналогично действию вибрации, так как оно возбуждает механические колебания деталей и узлов. В транзисторах возникает микрофонный эффект, происходит возбуждение колебаний корпуса радиоэлемента.

Климатические воздействия изменяют физические и механические свойства материалов и конструкций РЭС, вызывая отклонения параметров элементов от номинальных значений. Колебания температуры ускоряют процессы старения, увеличивая интенсивность отказов элементов. При повышенной влажности - ускоряется коррозия (контакты), снижаются диэлектрические свойства и сопротивление изоляции, увеличиваются потери в контурах, увеличивается сопротивление резисторов. Деградационные процессы изменяют параметры элементов радиоэлектронных схем, а следовательно, технические и функциональные характеристики РЭС (рис. 1.6).

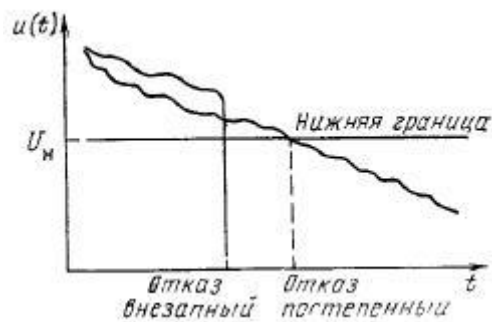


Рисунок 1.6 - Изменения параметров РЭС в процессе эксплуатации

Под воздействием деградационных процессов изменяется коэффициент шума приемника, а следовательно, его чувствительность и дальность действий РЛС. В общем виде влияние деградационного процесса можно описать изменением во времени функционала качества.

Элементы РЭС, в которых проявляются деградационные процессы, могут быть с точки зрения механизма воздействия последних разделены на две категории.

К первой категории отнесем те элементы и устройства, в которых процесс функционального использования не требует расходования вещества, т. е. в течение всей стадии эксплуатации износные деградационные процессы не проявляются или почти не проявляются. К этим элементам относятся диоды, транзисторы, интегральные микросхемы, резисторы, часть конденсаторов.

Ко второй категории относят элементы, функциональное использование которых связано с "расходом" веществ (их перераспределением). Это - электровакуумные приборы, лампы большой мощности, электронно-лучевые трубки, электромеханические приборы, электрические машины.

Тенденция развития и совершенствования РЭС - это реализация аппаратуры на элементах первой категории. Но элементы второй категории должны оставаться в центре внимания при эксплуатации, ибо составляют значительную часть эксплуатируемых устройств.

Итак, в процессе эксплуатации именно на этой стадии ЖЦ деградационные процессы приводят к дефектам, в результате совокупный параметр, характеризующий вектором $\Pi_{\Phi}(t)$ меняется во времени:

$$\Pi_{\Phi}(t) = \text{var}.$$

Состояние системы при этом также меняется $S(t) = \text{var}.$

Если параметр выходит из множества своих допустимых значений:

$$\Pi_{\Phi} < \Pi_{\Phi_{\text{н}}} \text{ или } \Pi_{\Phi} > \Pi_{\Phi_{\text{в}}}, \text{ то } \Pi_{\Phi} \subseteq \Pi_{\Phi_{\text{доп}}},$$

т. е. в системе нарушается работоспособное состояние, и она переходит в неработоспособное состояние.

Работоспособное состояние - состояние изделия, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Неработоспособное состояние - состояние, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической документации.

В неработоспособном состоянии система может функционировать. На рис. 1.7 приведен обобщенный граф изменения состояний системы под влиянием деградационных процессов.

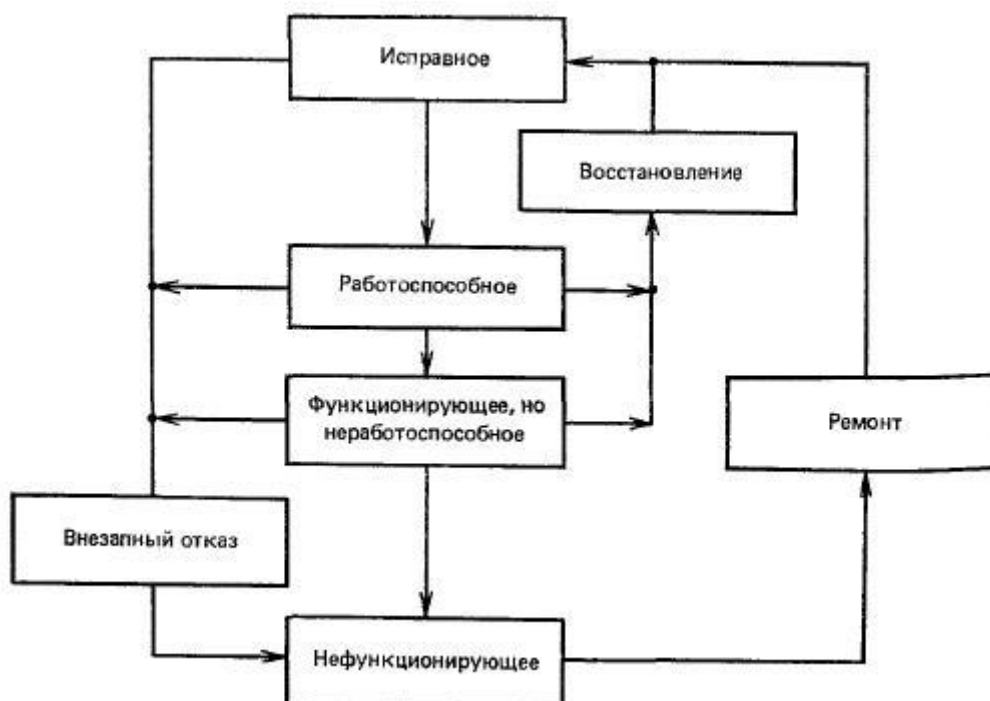


Рисунок 1.7 - Граф перехода РЭС из одного состояния в другое состояние

В неработоспособном состоянии система не может использоваться по функциональному назначению. Следовательно, ее работоспособность должна быть восстановлена. Однако для современных сложных систем процесс восстановления отказавшего изделия обходится, как правило, очень дорого. В табл. 1.1 приведены данные относительной стоимости отказа для устройств и систем различного назначения, из которых следует, что современное РЭС лучше всего не доводить до отказа, принимая превентивные профилактические меры по поддержанию работоспособности системы путем проведения операций по его техническому обслуживанию.

Таблица 1.1

Радиоэлектронное оборудование	Относительная мера экономического ущерба, причиняемого отказом ИС (в
-------------------------------	--

	относительных единицах)			Натурные испытания и ремонт или повторные испытания
	Замена детали	Замена платы	Перепроверка и ремонт РЭС	
Аппаратура широкого индивидуального применения	1	2,5	2,5	25
Аппаратура промышленного назначения	2	12,5	22,7	207
Космические электронные системы	7,5	7,5	150	10 ^е

Другими словами, действующие на систему деградационные процессы переводят РЭУ в состояние, в котором оно как изделие техники испытывает потребность в техническом обслуживании. Процесс технического обслуживания с физической точки зрения является процессом парирования результатов воздействий процесса деградации и износа. При техническом обслуживании РЭУ также меняет свои состояния под воздействием управляющих восстанавливающих процессов (рис. 1.7), среди которых важную роль играет процесс определения технического состояния РЭУ (технического диагностирования).

Контрольные вопросы к 2 разделу

1. Какие устройства входят в состав обобщенной структурной схемы РЭС?
2. Основные ПФИ РЭС.
3. Расскажите о технических параметрах РЭС.
4. Основные технические параметры РЭС.
5. Условия работы электронных средств передачи информации.