

7 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РЭУиС. ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Изложенные в предшествующих подразделах задачи, структура и алгоритмы обработки информации в СТД присущи почти в равной мере механическим, электрическим и радиоэлектронным системам. Однако техническое диагностирование РЭУиС - диагностирование систем особого класса, которое обладает рядом существенных особенностей. Эти особенности отмечают главным образом объекты технического диагностирования - радиоэлектронные устройства, и системы могут быть условно разделены на:

- системные, вытекающие из функционального назначения РЭУиС и принципов его действия;
- конструктивные, связанные с техническим исполнением, элементной базой, уровнем техники;
- эксплуатационные, являющиеся следствием первых двух групп и определяющие специфику технического диагностирования РЭС и средств, его обеспечивающих.

Системные особенности РЭУиС:

- частотный диапазон действующих в них токов, напряжений электромагнитных полей от 0 Гц (постоянный ток питания) до 10^{11} Гц (миллиметровый диапазон). При этом в стороне остаются лазерные устройства и системы;
- широкий диапазон временных интервалов сигналов РЭУ от 10 с (интервал обзора РЛС) до 10^{-7} с (длительность метки дальности в РЛС);
- большой динамический диапазон действующих мощностей (170-190дБ), излучаемых и принимаемых сигналов от 106 Вт (мощность, излучаемая в импульсе) до 10-12 Вт (чувствительность приемного тракта). Этот диапазон также имеет тенденции к дальнейшему расширению за счет применения маломощных усилителей и других технических усовершенствований;
- разнохарактерность физических процессов, протекающих в схемах и узлах РЭС. Например, в состав РЛС входят энергетические преобразователи, слаботочные электронные узлы, работающие на видеочастотах, слаботочные радиоузлы, мощные выходные СВЧ каскады, ферритовые мосты, электромеханическая система сканирования антенны и другие элементы;
- большой объем информации (до 10^5 бит/с - в РЛС), формируемой на выходе РЭС с высокой скоростью;
- функциональная избыточность, при этом часть информационных возможностей не используется;
- насыщенность эфира системами радиоэлектроники приводит к необходимости решения проблем электромагнитной совместимости (ЭМС) и борьбы с непреднамеренными электромагнитными помехами (НЭМП);

- разнообразие условий применения и высокая нестационарность. Значительные изменения давлений и температур.

Конструктивные особенности РЭУиС:

- структурная сложность, многоэлементность РЭС. Подчеркнем, что ни в одной из технических систем нет такого количества деталей, узлов, соединений, выходов, входов, обратных связей, как в изделиях радиоэлектронного оборудования;
- последовательная структура соединения подавляющего большинства элементов;
- высокая степень безотказности отдельных элементов и относительно низкая безотказность устройств и систем в целом;
- уход параметров элементов, трактов, устройств и систем в процессе эксплуатации;
- скрытность физических процессов и изменения параметров, наличие внезапных отказов;
- значительный разброс параметров, характеризующих безотказность отдельных элементов, узлов и блоков;
- необходимость восстановления параметров в процессе эксплуатации и обеспечение восстанавливаемости;
- наличие в большинстве РЭС съемной и стационарной частей, взаимозаменяемость блоков и узлов.

Следствием системных и конструктивных особенностей РЭС, как объектов диагностирования, являются особенности СТД и средств диагностирования, которые состоят в следующем:

- система технического диагностирования РЭС сама по себе сложна и состоит из сложных управляемых и управляющих подсистем;
- решение эксплуатационных в том числе и диагностических задач требует системного подхода. Техническое диагностирование и контроль являются неотъемлемыми этапами на стадии эксплуатации большинства РЭС;
- разнообразие и сложность средств диагностики и контроля, вытекающие из необходимого разнообразия управляющей системы;

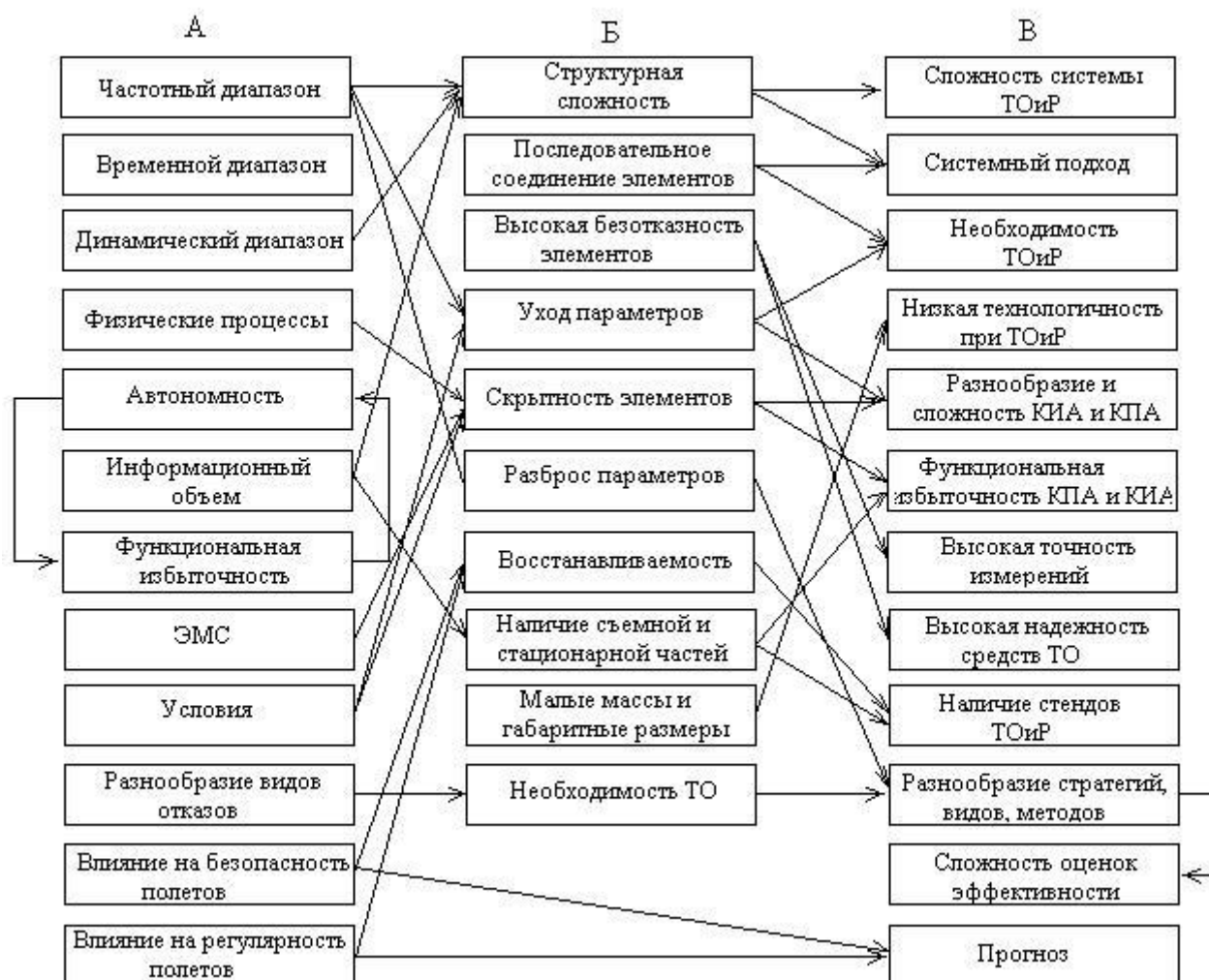


Рисунок 2.3 - Структурные связи информационных преобразований в СТД

- функциональная избыточность средств диагностирования по частотному, временному и энергетическому диапазонам;
- требование высокой точности и безотказности средств диагностирования и достоверности получаемой информации;
- высокая стоимость КПА и КИА и необходимость их ТО;
- разнообразие методов, видов и форм технического диагностирования;
- необходимость раннего упреждения отказов, выявление повреждений. Необходимость разработки новых методов и средств прогноза развития отказов.

Перечисленные особенности, естественно, не исчерпывают всех видов параметров и показателей систем. Выбраны они в качестве наиболее отличительных.

Между приведенными особенностями РЭУиС существуют структурные связи (рис. 2.3). Эти связи не отражают всего многообразия путей взаимодействия особенностей РЭС, однако до некоторой степени раскрывают механизм происхождения ряда особенностей. Системные особенности определяют особенности конструкции РЭС, а эти две группы

определяют эксплуатационные особенности РЭС, как объекта, и, что очень важно, особенности процесса технической эксплуатации.

Процесс технического диагностирования сложных систем - неотъемлемая часть процессов ТОиР, поэтому ряд показателей качества, характеризующих надежность РЭС и ее отдельные составляющие, могут являться одновременно показателями РЭС, как объекта технического диагностирования, или совпадать с ними.

С другой стороны, диагностирование объекта осуществляется в STD, а это в свою очередь означает, что целый ряд параметров системы и объекта диагностирования трудно отделить друг от друга.

Параметры РЭС, как ОТД, можно условно разделить на группы, которые характеризуют:

- потребности РЭС в техническом диагностировании;
- диагностируемость РЭС;
- конструктивную приспособленность РЭС к диагностированию и контролю.

Потребности РЭС в техническом диагностировании определяются стратегиями ТОиР, в процессе которых осуществляется управление техническим состоянием изделий. Показателями объекта являются:

- T_d -периодичность проведения диагностирования или наработка изделия, после которой требуется диагностирование;
- τ_d - среднее время проведения диагностирования как функция наработки
 $\tau_d = f(T_0)$.

Диагностируемость РЭС характеризуется совокупностью параметров, их допусков и производных, определяющих виды технического состояния изделия.

Важнейшим показателем диагностируемости является совокупность параметров для контроля работоспособности. Количественно этот показатель может быть определен множеством параметров $U_p = U(u_1 \dots u_i \dots u_n)$ и коэффициентом полноты проверки работоспособности- $K_{пп}$:

$$K_{пп} = \frac{\lambda_k}{\lambda_0}$$

где λ_k - суммарный параметр потока отказов составных частей изделия; λ_0 - суммарный параметр потока отказов всех составных частей изделия.

Если параметры потока отказов изделия и его составных частей оказываются неизвестными, то приближенно:

$$K_{пп} = \frac{n_k}{n_0}$$

где N_k - число диагностических параметров; N_0 - число параметров технического состояния, использование которых обеспечивает методическую достоверность проверки.

Поиск места отказа в процессе диагностирования характеризуется глубиной поиска дефекта, которую задают указанием составной части объекта диагностирования или ее участка, с точностью до которых определяется место дефекта. Количественно глубину поиска дефекта можно оценить посредством вычисления коэффициента глубины поиска дефекта:

$$K_{г.п.} = \frac{F}{R}$$

где F - число однозначно различимых составных частей объекта на принятом уровне деления, с точностью до которых определяется место дефекта; R - общее число составных частей объекта, с точностью до которых требуется определить место дефекта (отказа).

Операции диагностирования по определению работоспособности и поиску места дефекта (отказа) могут также характеризоваться рядом показателей, таких как:

- L - длина теста диагностирования, определяемая числом элементарных тестовых воздействий;
- $P_{i,j}$ - вероятность ошибки диагностирования вида (i, j) - вероятность совместного наступления двух событий: ОД находится в техническом состоянии i, а в результате диагностирования считается находящимся в состоянии j;
- D - вероятность правильного диагностирования - полная вероятность того, что система диагностирования определяет то техническое состояние, в котором действительно находится объект диагностирования.

Конструктивная приспособленность РЭС к проведению технического диагностирования и контроля заданными средствами характеризуется свойством контролепригодности, а количественно показателями диагностирования и контролепригодности:

- τ_d - средняя оперативная продолжительность диагностирования - математическое ожидание оперативной продолжительности однократного диагностирования;
- $\tau_{\text{д}}$ - средняя оперативная трудоемкость диагностирования;
- C_d - средняя оперативная стоимость диагностирования;
- $K_{\text{ус}}$ - коэффициент унификации устройств сопряжения со средствами диагностирования:

$$K_{\text{ус}} = \frac{N_y}{N_0},$$

где N_y - число унифицированных устройств, N_o - общее число устройств сопряжения;

- $K_{уп}$ - коэффициент унификации параметров сигналов изделия:

$$K_{уп} = \frac{\delta_y}{\delta_o},$$

где δ_y - число унифицированных диагностических параметров; δ_o - общее число параметров;

- $K_{тд}$ - коэффициент трудоемкости подготовки изделий к диагностированию:

$$K_{тд} = \frac{W_d - W_e}{W_e},$$

где W_b - средняя трудоемкость подготовки изделия к диагностированию; $W_d = W_o + W_b$, а W_o - основная трудоемкость диагностирования;

- $K_{ис}$ - коэффициент использования специальных средств диагностирования:

$$K_{ис} = \frac{G_{сд} - G_{ссд}}{G_{сд}},$$

где $G_{сд}$ и $G_{ссд}$ - соответственно объемы серийных и специальных средств диагностирования. Принятие решения о состоянии РЭС и отнесение его к одному из видов - работоспособному или неработоспособному может быть осуществлено только в процессе измерения и сопоставления с нормами совокупности параметров-диагностических параметров, характеризующих это состояние.

Диагностический параметр (ДП) - параметр (признак) объекта диагностирования, используемый в установленном порядке для определения технического состояния объекта. Для каждого изделия РЭУиС можно указать множество параметров (или их признаков), характеризующих его техническое состояние. Большинство ДП по своему назначению могут иметь двойственную природу, являясь одновременно диагностическими и техническими (или параметрами функционального использования). Именно эти параметры, как правило, поддаются непосредственному измерению, и для них проще всего установить нормы и допуски, выход за пределы которых характеризует отказ или дефект РЭУ.

Характеристикой отказа является выход за пределы допуска одного ДП. Решение о работоспособном состоянии сложного РЭУ и всей РЭС принимается на основе измерения совокупности ДП, причем эта совокупность тем больше, чем сложнее устройство.

Определение состояния на основе оценки совокупности ДП таким образом оказывается сложной научно-технической задачей, включающей операции: выбор совокупности ДП, выбор допусков на каждый ДП, измерение текущих значений параметров и другие рассмотренные операции, включая прогнозирование.

Если значения диагностических параметров не поддаются непосредственному измерению, то эти значения могут быть найдены путем обработки других параметров, связанных с искомыми прямыми функциональными зависимостями.

Совокупность диагностических параметров $U(u_1, \dots, u_n)$ предназначена для определения работоспособности $U_p(u_{p1}, \dots, u_{p2}, \dots, u_{pn})$ поиска места отказа (дефекта) $U_{pd}(u_{pd1}, \dots, u_{pd2}, \dots, u_{pdn})$. В большинстве своем представленные три подмножества совокупностей ДП являются пересекающимися.

Совокупность ДП должна характеризоваться и определять: полноту контроля; возможности поиска дефектов и оптимизацию алгоритмов поиска; возможности прогнозирования возникновения повреждения (отказа) и, главное чувствительность к изменению состояния отдельных устройств РЭС и их составных частей и ходу течения деградационных процессов.

При выборе такой совокупности ДП необходимо помнить, что определение ДП связано с экономическими затратами на ТДК и поэтому эту совокупность ДП следует минимизировать, уменьшая ее информационную избыточность, при сохранении определенного качества диагностирования (полноты контроля, достоверности, возможностей поиска, прогноза, чувствительности).

Другой важной особенностью выбора совокупности ДП является то, что, как правило, в сложных РЭС выходные технические параметры, которые могут характеризовать работоспособность и отражать состояние РЭС, стабилизируются путем применения обратных связей. Чувствительность цепей при применении обратных связей уменьшается, т. е. уменьшается степень отражения технического состояния РЭС. Для иллюстрации сказанного рассмотрим схему трехкаскадного усилителя на рисунке 2.4.

Коэффициент усиления одного каскада $K_i=4$ при этом $K_{in} = 3,5$, $K_{ib} = 4,5$. Суммарный $K=60$, $K_n=50$, $K_b=70$.

Пусть в определенный момент $K_1 = K_2 = K_3=4$, $K=64$: и усилитель находится в работоспособном состоянии. В результате возникновения повреждения отказал каскад № 2- $K_2 = 2,5$, что значительно ниже нормы. Но в результате работы АРУ $K_1 = K_3 = 4,5$; $K=50,6$, и хотя он находится на нижнем пределе, усилитель следует признать работоспособным, что соответствует действительности.

Однако, на самом деле в системе не только имеет место отказ одного из РЭУ - каскада усиления, но и два других каскада работают в максимально напряженных режимах, что способствует развитию в них деградационных процессов.

Учитывая изложенное, подчеркнем, что главной характеристикой совокупности ДП (как и одиночного ДП) должна быть чувствительность к изменению состояния РЭС, происходящего под воздействием деградационных процессов.

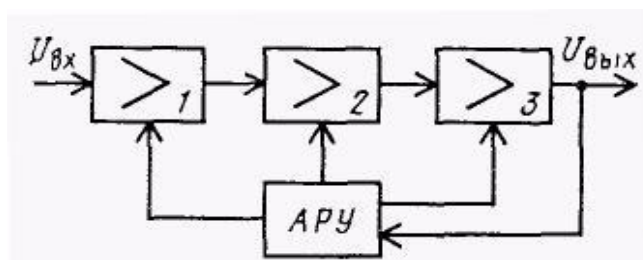


Рисунок 2.4 - Структурная схема 3-каскадного усилителя с АРУ

Таким образом, процесс выбора совокупности диагностических параметров можно разделить на следующие этапы:

1. Определение множества состояний S ;
2. Выбор совокупности ДП- $U(S) = U[U(S_1) \dots U(S_n)]$ по заданным $K_{пп-мах}$, $dU(S_i)/dS_{мах}$;
3. Минимизация совокупности $U(S)$;
4. Синтез рациональных алгоритмов проверки работоспособности и поиска места дефекта (отказа);
5. Установление рациональных допусков на нормы технических параметров (НТП).

Формализованные методы выбора совокупности ДП предусматривают построение и анализ математических моделей ОД и моделей его возможных дефектов. Эти модели позволяют в первую очередь установить взаимосвязь между состояниями РЭС, условиями и режимами ее работы, входными сигналами и параметрами выходных сигналов. Таким образом, формулируется задача синтеза диагностической модели.

Контрольные вопросы к 7 разделу

1. На какие классы условно делятся объекты технического диагностирования - радиоэлектронные устройства, и системы?
2. Какими показателями могут характеризоваться операции диагностирования по определению работоспособности и поиску места дефекта (отказа)?
3. Принцип построения регенераторов.
4. Что такое диагностический параметр?