

14 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ. ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ. ВСТРОЕННЫЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Техническое диагностирование РЭК связано не только с усложнением объектов ТДК, но и с качественным ростом сложности СрДК. Речь теперь идет не об отдельных средствах, измерительных приборах, имитаторах, но и о сложных объектах с целенаправленными функциями, большим количеством параметров, системой управления и потребностями оптимизации структуры и характеристик. Это качественное изменение состава диагностических комплексов обусловлено следующими принципами их структуры:

1. Радиоэлектронные комплексы и сложные РЭС требуют создания для технического диагностирования не менее сложных комплексов СТД, диагностических комплексов;
2. Многообразие диагностических комплексов требует разработки критериев качества, решения оптимизационных задач по структуре, составу, параметрам, качеству;
3. Диагностические комплексы - кибернетические информационные системы - должны иметь высокую безотказность и другие характеристики надежности высокого уровня;
4. Диагностические комплексы являются объектами в СТД;
5. Сложность и высокая стоимость ДК предопределяет необходимость их рационального использования: необходимо исключать простой из-за недогрузок отказов и других факторов;
6. Структура диагностических комплексов должна быть гибкой и приспособленной к структуре РЭК с учетом наличия двух частей- стационарной и на подвижных ОД.

Основным направлением дальнейшего совершенствования РЭК является реализация диагностических комплексов на базе ЭВМ и микропроцессоров.

Большинство действующих СТД работают в режиме программного управления, с небольшим числом исполнений, ручным программированием и цифровой индикацией выходной информации и специальными стимулирующими сигналами.

Диагностирование РЭК требует принципиального (качественно другого) подхода в первую очередь с применением современной базы вычислительной техники. Современные ЭВМ имеют такой объем памяти, который позволяет отказаться от стартстопного ввода программ и перейти к хранению их в памяти машины. Программное обеспечение на языке ассемблера со встроенным транслятором заменяется на проблемно-

ориентированные языки высокого уровня ориентирования на задачи контроля на основе резидентного программного обеспечения (ATLAS, ОКА).

Для рабочего места оператора создаются дисплеи на электронно-лучевой трубке или матричном экране. В составе автоматизированных диагностических комплексов находят применение универсальные коммутаторы, преобразователи аналог-код и код-аналог, универсальные управляемые генераторы, устройства выборки мгновенных значений сигналов сложной формы, а также магистральные линии связи обмена цифровой информации.

Таким образом, современную систему диагностирования РЭК характеризуют следующие признаки:

1. Использование централизованного программного управления и обработки информации на базе мини-, микро-ЭВМ с объемом оперативной памяти в несколько сотен тысяч слов, быстродействием в несколько сотен тысяч простых операций в секунду;
2. Программирование на проблемно-ориентированном языке типа ОКА;
3. Наличие второго режима (помимо программного управления)- диалогового с применением диалога с "эффективной системой подсказки", диалоговых устройств отображения;
4. Применение стандартной магистральной линии связи;
5. Большой объем универсальной части комплекса (60-90%), с широкой номенклатурой универсальных преобразователей различного типа и включением в их состав периферийных микропроцессорных устройств управления;
6. Реализация принципа агрегатирования для построения аппаратной части и модульности при создании программного обеспечения;
7. Синтез СДК как единого универсального комплекса аппаратного и программного обеспечения сложных РЭС различного назначения.

Структурную схему СДК для РЭК (рис. 14.1) можно функционально разделить на шесть функциональных подсистем.

Первая подсистема включает устройства, в которых осуществляется формирование, передача, согласование и распределение сигналов-носителей диагностических параметров. Каждое такое устройство имеет 4 канала.

Во вторую подсистему входят устройства первичного преобразования специальных аналоговых и дискретных сигналов первичного преобразования и формирования нестандартных цифровых сигналов.

В третьей подсистеме унифицированные сигналы преобразуются в цифровой код или обратно (цифровой код в аналоговые стимулирующие сигналы).

Четвертая подсистема является главной в комплексе, и представляет собой ЭВМ, куда входит центральный процессор, внутренняя память, устройство ввода программ и контроллер. В этой подсистеме осуществляются обработка и управление комплексом.

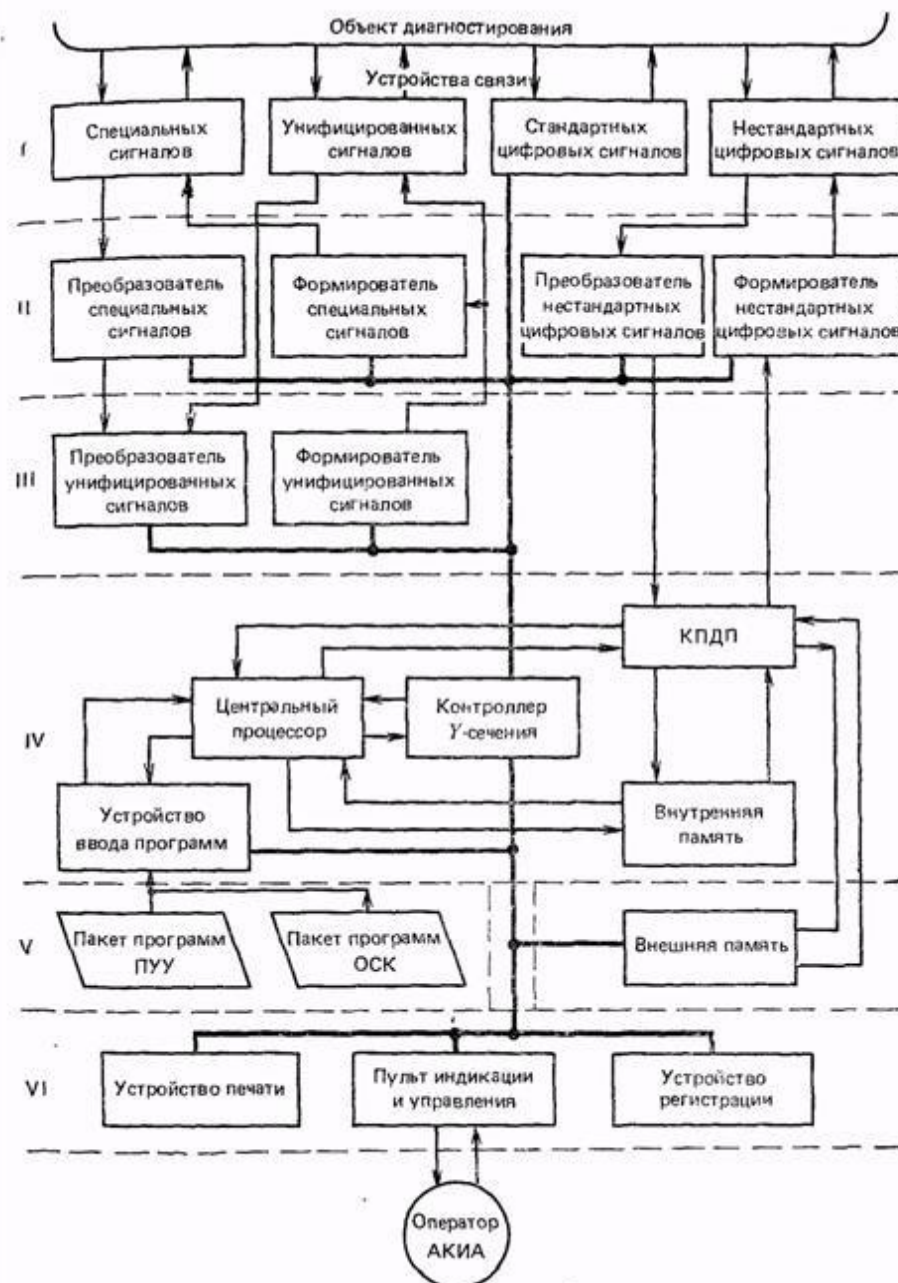


Рисунок 14.1 - Структурная схема СДК на базе ЭВМ (для диагностирования РЭК)

Пятая подсистема включает программную часть системы и устройство внешней памяти (в котором осуществляется хранение программного обеспечения СДК для случая, когда объем внутренней памяти исполнительного устройства, оказывается недостаточным). Программная

часть подсистемы помимо программного обеспечения ЭВМ включает пакет программ управления программно-управляемыми устройствами (ППУ) и пакет программ операционной системы контроля (ОСК), обеспечивающих реализацию всех исполнений и модификаций программного управления. Программная часть определяет реализацию на аппаратной части функционального устройства, обладающего новыми свойствами.

Шестая подсистема является составной частью рабочего места оператора СДК и состоит из пульта индикации и управления, устройства печати результатов контроля и устройства регистрации для последующей машинной обработки.

Перспективным усовершенствованием СТД является добавление к исполнительной системе программных и аппаратных средств диалога.

К аппаратным средствам диалоговой системы причисляют:

- диалоговое устройство управления и отображения информации;
- устройство внешней памяти;
- устройство изготовления программной документации;
- устройство изготовления программных изделий.

Диалоговый режим работы СТД достигается на базе развернутого программного обеспечения, в которое входят ряд комплексных программ. Для их хранения и использования предусматривается комплекс программ управления памятью. В состав диалоговой подсистемы включен комплект программ, обеспечивающий реализацию всех режимов и операций диалога.

Использование исходного языка программирования типа ОКА представляется важной особенностью СТД, поэтому неотъемлемой частью программного обеспечения системы являются трансляторы с исходного языка в объективный.

Работа в режиме диалога требует высокой квалификации операторов. В этом аспекте важное значение приобретает автоматизация конструирования текстов программ, сборки отдельных модулей в комплекты, отладки и редактирования. Для этой цели в структуру диалоговой подсистемы вводят комплекты программ оператора-программиста и оператора-испытателя, которые обеспечивают конструирование операторских текстов на исходном языке и с использованием эффективной подсказки.

Одним из наиболее характерных условий работы современных РЭС является воздействие на них непреднамеренных электромагнитных помех (НЭМП), или, как ее принято называть, проблема электромагнитной совместимости (ЭМС). В общем, виде с этой-проблемой сталкивается каждый инженер по эксплуатации РЭС, а объективной тенденцией следует считать то, что эта проблема приобретает все более широкий и глобальный характер.

Причинами и источниками НЭМП являются большая загруженность диапазона радиочастот РЭС и их работа на совпадающих или близких частотах излучения и приема; высокая территориальная и пространственная плотность размещения РЭС; техническое несовершенство РЭС, проявляющееся в том, что они излучают радиосигналы не только в основной полосе частот, но и за ее пределами, индустриальные и контактные помехи.

Объект воздействия НЭМП соответственно: входные цепи РЭС, линейные побочные каналы приема, образующиеся за счет взаимодействия в смесителе первой гармоники входного сигнала с гармониками гетеродина; нелинейные побочные каналы приема; тракт УПЧ, с проникающей в него интермодуляционной помехой; тракт приема с перекрестными искажениями и другие цепи.

Результатом воздействия НЭМП на РЭС может быть:

- 1) продолжение работоспособного состояния РЭС (S_P) - помехозащищенность оказалась достаточной;
- 2) нарушение (полное прекращение) функционирования РЭС (S_Φ);
- 3) нарушение работоспособного состояния при сохранении функционирования, являющееся одной из наиболее широко распространенных и типичных ситуаций.

В этих условиях, как часть проблемы обеспечения ЭМС РЭС различного типа и назначения, сформировалась и проблема диагностики НЭМП, сущность которой состоит в том, что необходимо каждый раз определять степень и характер воздействия НЭМП на РЭС, вид технического состояния РЭС при воздействии НЭМП и осуществлять парирование НЭМП с учетом результатов диагностирования.

Например, засорение экрана РЛС УВД хаотической импульсной помехой от близко расположенных станций ведет к прекращению функционирования, но момент наступления этого события зафиксировать очень трудно, так как допустимые (или недопустимые) уровни ложных тревог (ЛТ) в эксплуатационных характеристиках РЛС специально не оговариваются.

Применение диагностирования НЭМП потребует четких количественных показателей на результат воздействия. Таким измеряемым показателем для РЛС должна стать вероятность ЛТ или погрешность измерения координаты или линии положения для РЭС РСР, РСБН и другой аппаратуры.

Однако нарушение функционирования - не самый страшный результат воздействия НЭМП.

Наиболее неприятным с точки зрения обеспечения безопасности является третий результат. Аппаратура потребителю информации представляется работоспособной. Недиагностируемые НЭМП проявляются нормально, но их уровень превышает допустимый. Совокупный параметр качества ниже нормы. Аппаратура в состоянии отказа, мы этого не знаем, что в конечном счете может привести к возникновению предпосылки к летному

происшествию, аварии, катастрофе. Третий результат - в терминах диагностики - ошибка второго рода, хорошо анализируется методами технической диагностики.

Таким образом, задача диагностирования НЭМП формулируется как процесс определения технического состояния РЭС в условиях воздействия с определенной точностью.

Может быть сформулирована и несколько иная задача диагностирования: процесс определения состояния НЭМП с заданной точностью. Несмотря на кажущуюся общность, эти задачи принципиально различны. С их формулировкой связаны различные направления решения проблем. В первой задаче решение сводится к анализу конкретных изделий РЭС, во втором случае - объектом диагностирования являются сами помехи.

Определенные преимущества аппарата технического диагностирования-диагностического анализа - заключаются в следующем:

- результаты диагностики и контроля (контроль - определение вида технического состояния) должны быть представлены в альтернативном виде;
- терминология, определения, показатели и методика их расчета закреплены рядом ГОСТов;
- выпуск ряда ГОСТов в области технического диагностирования свидетельствует об актуальности проблемы, методов и средств ее решения;
- задачи выявления отказов при воздействии НЭМП и отказов, связанных с надежностью работы РЭС, очень близки по форме и по содержанию.

Техническая диагностика, хотя сама является молодой наукой, в особенности применительно к РЭС, использует и в достаточной степени апробировала аппарат теории графов и теории информации. Использование диагностического анализа РЭС в условиях воздействия НЭМП дает возможность упорядочить и несколько обогатить терминологию, сформулировать четкие определения ситуаций, возникающих в рассматриваемых случаях. Введение дополнительных терминов потребует исследования и назначения количественных оценок, разработки и корректировки соответствующей документации. Например: отказ из-за НЭМП - нарушение работоспособности при воздействии НЭМП. Только введение этого определения может повлечь доработку технической документации РЭС и введение в ее состав требований по оценке результатов воздействия НЭМП. По-новому могут быть сформулированы такие понятия, как качество и эффективность в условиях воздействия НЭМП. Ошибка принятия решения о сохранении или нарушении работоспособности РЭС при воздействии НЭМП является важным, а не единственным показателем ЭВМ. И чаще всего этого показателя не хватает для формирования оценочного критерия.

Критерий качества, оценивающий НЭМП и ЭМС, чаще всего составной. В

качестве такового следует использовать отношение $\rho = \frac{\Theta_0}{\Theta_r}$ показателя качества при отсутствии НЭМП и показателя качества при их наличии. Так, например, для ЭМС группы РЛС может быть использован критерий среднего риска:

$$P = \sum_{i=0}^m \sum_{k=0}^n P_i N_{j,k} P\left[\frac{S_k}{S_j}\right],$$

где P_i - априорная вероятность состояния S_j , $P\left[\frac{S_k}{S_j}\right]$ - условная вероятность принятия решения о наличии k-го состояния, если в действительности имеет место состояние S_j ; $N_{j,k}$ - функция потерь, которая связана с принятием неправильного решения.

Критерий среднего риска отличается ясным физическим содержанием, связан с эксплуатационно-техническими характеристиками РЭС, может выступать в качестве частного показателя отдельного средства и объединенного критерия.

Выбор параметров для диагностики НЭМП формулируется как задача выбора минимальной достаточной совокупности параметров, определяющих работоспособность изделия РЭС в условиях НЭМП. Эта совокупность должна реагировать как на технические характеристики РЭС, так и на характеристики функционального назначения. Аналогами таких ситуаций могут являться мультипликативные и аддитивные помехи. В последнем случае параметры изделия РЭС никаких изменений не претерпевают, просто на выходе появляется сигнал помехи. Диагностика этого случая - распознавание действующей помехи, т. е. диагностики НЭМП, воздействующих на РЭС.

Первая ситуация - воздействие помехи на технические параметры РЭС - может также быть описана диагностическим аппаратом. Отклонения параметров на выходе РЭС, т. е. параметров выходных сигналов при воздействии на эти параметры помехи, могут быть описаны выражением:

$$\Delta U_{\text{вых}}(\Delta U_{\text{вх}}, \Delta U, \Delta U_{\text{п}} \dots) = \sum_{i=1}^k \frac{\partial U_{\text{вых}}^i}{\partial \beta} \Delta \beta_i$$

представляющим функцию чувствительности i-го выходного параметра $\Delta U_{\text{вых}}$ к изменениям совокупного параметра β_i - изменяющегося под воздействием измерений внутренних изменений параметров и внешних НЭМП.

Формулировка задачи в виде нахождения функции чувствительности не решает проблему, так как функцию чувствительности надо получить. Для этого могут использоваться несколько методов: построение матрицы взаимовлияний блоков и параметров, математическое моделирование непрерывных объектов. Функция чувствительности может быть определена и

для дискретных объектов, описываемых дифференциальными уравнениями с разрывной правой частью. Показано, что для этого класса систем функция чувствительности имеет вид:

$$\frac{dU_{\text{вх}}}{dt} = - \sum_k S_k \frac{d}{dt} \left| \frac{1}{\frac{dU_{\text{вх}}}{dt}} \right|_{t=t_k},$$

что применительно к конкретным воздействиям приводит к изменению сдвигов выходных сигналов по отношению к входным.

Таким образом, диагностический анализ позволяет устанавливать зависимости между выходными и внутренними параметрами изделий РЭС всех классов и использовать его при решении обеих задач диагностики НЭМП.

Поскольку при воздействии НЭМП на изделия наиболее неприятной является ситуация, при которой аппаратура оказывается неработоспособной, тогда, как мы считаем ее работоспособной, вероятность этого состояния - вероятность ошибки 2-го рода (β) в диагностической терминологии является частным случаем ошибки типа (i, j) . Вероятность $P_{i,j}$ - вероятность совместного наступления двух событий: объект диагностирования при воздействии НЭМП находится в техническом состоянии i , а в результате диагностирования считается находящимся в состоянии j . Обозначив 1 - работоспособное, а 2-неработоспособное, для вероятности ошибки 2-го рода - $P_{2,1}$.

Примечание. Возможна ошибка 1-го рода - объект в работоспособном состоянии, а считается в неработоспособном. Но эта ситуация применительно к НЭМП маловероятна, поэтому принимаем $P_{1,2}=0$.

В общем случае вероятность ошибки диагностирования:

$$P_{i,j} = P_i^0 \sum_{l=1}^k P_l^c P_{j,i,l}^y$$

где P_i^0 - априорная вероятность того, что изделие РЭС при воздействии помех будет находиться в состоянии i ; k - число состояний средств диагностирования, посредством которых дается количественная оценка состоянию РЭС; P_l^c - априорная вероятность нахождения средств диагностирования в состоянии l ; $P_{j,i,l}^y$ - условная вероятность того, что в результате диагностирования изделие РЭС признается находящимся в состоянии j при условии, что оно находится в состоянии i и средство диагностирования находится в состоянии l .

Если состояние изделия РЭС представить совокупностью n независимых диагностических параметров, то вероятность ошибки 2-го рода может быть представлена зависимостью:

$$P_{2,1} = \sum_{l=1}^k P_l^c \left[\prod_{v=1}^n (1 - q_v - \alpha_{v,1}, l + \beta_{v,l}) - \prod_{v=1}^n (1 - q_v - \alpha_{v,1}) \right],$$

где q_v -априорная вероятность того, что под воздействием НЭМП v -й параметр изделия РЭС вышел из поля допуска, $\alpha_{v,l}$ - вероятность совместного наступления событий: диагностический параметр под воздействием НЭМП не вышел из поля допуска, а считается вышедшим из него; $\beta_{v,l}$ - вероятность совместного наступления двух событий: диагностический параметр под воздействием НЭМП вышел из поля допуска, а его считаем находящимся в поле допуска.

Приведенные зависимости учитывают такие показатели изделия РЭС, как его вероятность выхода из строя при воздействии НЭМП и ошибки средств диагностирования.

Если считать, что средство диагностирования всегда в работоспособном состоянии, т. е. $P^c = 1$, то

$$P_{1,2} = \prod_{v=1}^n (1 - q_v - \alpha_{v,1}, l + \beta_{v,l}) - \prod_{v=1}^n (1 - q_v - \alpha_{v,1})$$

Соответственно достоверность диагноза $D = 1 - P_{2,1}$, или $D = \prod_{v=1}^n (1 - \alpha_{v,1} - \beta_{v,1})$.

Контрольные вопросы к 14 разделу

1. Что входит в состав автоматизированных диагностических комплексов?
2. Какие признаки характеризуют современную систему диагностирования РЭК?
3. Изобразите структурную схему СДК и опишите ее.
4. Что причисляют к аппаратным средствам диалоговой системы?
5. Для чего в структуру диалоговой подсистемы вводят комплекты программ оператора-программиста и оператора-испытателя?
6. Что является причинами и источниками НЭМП?
7. Что может быть результатом воздействия НЭМП на РЭС?
8. Какой результат является наиболее неприятным с точки зрения обеспечения безопасности ?