

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Донбаська державна машинобудівна академія

Укладач

І.П.Кутковий

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
«Надійність та діагностування»

для студентів спеціальності 7.092203 всіх форм навчання

Рекомендовано до перезатвердження
кафедрою ЕСА

(назва кафедри)

Протокол № 34 від 11.06. 2012 р.

(протокол, номер, дата)

В.О Зав. кафедрою ЕСА

(назва кафедри)

_____ **О.М. Наливайко**

(підпис, ініціали, прізвище)

Краматорськ 2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Донбаська державна машинобудівна академія

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Надійність та діагностування»

для студентів спеціальності 7.092203 всіх форм навчання

Краматорськ 2012

1. Надежность автоматизированных технических систем. Понятие надежности.

Основные проблемы надежности.

Надежностью называют свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Расширение условий эксплуатации, повышение ответственности выполняемых радиоэлектронными средствами (РЭС) функций, их усложнение приводит к повышению требований к надежности изделий.

Надежность является сложным свойством, и формируется такими составляющими, как безотказность, долговечность, восстанавливаемость и сохраняемость. Основным здесь является свойство безотказности - способность изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение времени. Потому наиболее важным в обеспечении надежности РЭС является повышение их безотказности.

Особенностью проблемы надежности является ее связь со всеми этапами "жизненного цикла" РЭС от зарождения идеи создания до списания: при расчете и проектировании изделия его надежность закладывается в проект при изготовлении надежность обеспечивается, при эксплуатации - реализуется. Поэтому проблема надежности - комплексная проблема и решать ее необходимо на всех этапах и разными средствами. На этапе проектирования изделия определяется его структура, производится выбор или разработка элементной базы, поэтому здесь имеются наибольшие возможности обеспечения требуемого уровня надежности РЭС. Основным методом решения этой задачи являются расчеты надежности (в первую очередь - безотказности), в зависимости от структуры объекта и характеристик его составляющих частей, с последующей необходимой коррекцией проекта.

2. Количественные характеристики безотказности. Нарботка на отказ.

Безотказность (и другие составляющие свойства надежности) РЭС проявляется через случайные величины, наработку до очередного отказа и количество отказов за заданное время. количественными характеристиками свойства здесь выступают вероятностные переменные.

Нарботка есть продолжительность или объем работы объекта. для РЭС естественно исчисление наработки в единицах времени, тогда как для других технических средств могут быть удобнее иные средства измерения (например, наработка автомобиля - в километрах пробега). Для невосстанавливаемых и восстанавливаемых изделий понятие наработки различается, в первом случае подразумевается наработка до первого отказа (он же является и последним отказом), во втором – между двумя соседними во времени отказами (после каждого отказа производится восстановление работоспособного состояния). Математическое ожидание случайной наработки T

$M[T] = \int_0^{\infty} t f(t) dt = T_0$ (1.1) является характеристикой безотказности и называется *средней*

наработкой на отказ (между отказами). В (1.1) через t обозначено текущее значение наработки, а $f(t)$ плотность вероятности ее распределения.

Вероятность безотказной работы - вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ объекта не возникает:

$$p(t) = \text{Вер}(T \geq t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt. \quad (1.2)$$

Вероятность противоположного события называется *вероятностью отказа* и дополняет вероятность безотказной работы до единицы: $q(t) = \text{Вер}(T \leq t) = 1 - p(t) = F(t)$.

$$(1.3)$$

В (1.2) и (1.3) $F(t)$ есть интегральная функция распределение случайной наработки t . Плотность вероятности $f(t)$ также является показателем надежности, называемым

частотой отказов:

$f(t) = \frac{dF(t)}{dT} = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d[1-p(t)]}{dt} = -\frac{dp(t)}{dt}$. (1.4) Из (1.4) очевидно, что она характеризует скорость уменьшения вероятности безотказной работы во времени.

Интенсивностью отказов называют условную плотность вероятности возникновения

отказа изделия при условии, что к моменту t отказ не возник: $\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)} = -\frac{1}{p(t)} \cdot \frac{dp(t)}{dt}$.

(1.5)

Функции $f(t)$ и $\lambda(t)$ измеряются в $ч^{-1}$.

Интегрируя (1.5), легко получить: $p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]$. (1.6)

Это выражение, называемое основным законом надежности, позволяет установить временное изменение вероятности безотказной работы при любом характере изменения интенсивности отказов во времени. В частном случае постоянства интенсивности отказов $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ (1.6) переходит в известное в теории вероятностей экспоненциальное распределение:

$$\left. \begin{aligned} p(t) &= \exp(-\lambda t); F(t) = 1 - \exp(-\lambda t); \\ f(t) &= \lambda \exp(-\lambda t) \end{aligned} \right\} \quad (1.7)$$

Поток отказов при $\lambda(t) = \text{const}$ называется *простейшим* и именно он реализуется для большинства РЭС в течении периода нормальной эксплуатации от окончания приработки до начала старения и износа.

Подставив выражение плотности вероятности $f(t)$ экспоненциального распределения (1.7) в (1.1), получим:

$T_0 = 1/\lambda$, (1.8) т.е. при простейшем потоке отказов средняя наработка T_0 обратна интенсивности отказов λ . С помощью (1.7) можно показать, что за время средней наработки, $t = T_0$, вероятность безотказной работы изделия составляет $1/e$. Часто используют характеристику, называемую γ - *процентной наработкой* - время, в течении которого отказ не наступит с вероятностью γ (%):

$$T_\gamma = -\frac{\ln P_\lambda}{\lambda} = -T_0 \ln P_\gamma, P_\gamma = \frac{\gamma}{100}. \quad (1.9)$$

Выбор параметра для количественной оценки надежности определяется назначением, режимами работы изделия, удобством применения в расчетах на стадии проектирования.

3. Вероятность безотказной работы - вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ объекта не возникает:

$$p(t) = \text{Вер}(T \geq t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt. \quad (1.2)$$

Вероятность противоположного события называется *вероятностью отказа* и дополняет вероятность безотказной работы до единицы:

$$q(t) = \text{Вер}(T \leq t) = 1 - p(t) = F(t). \quad (1.3)$$

В (1.2) и (1.3) $F(t)$ есть интегральная функция распределение случайной наработки t . Плотность вероятности $f(t)$ также является показателем надежности, называемым *частотой отказов*:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dT} = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d[1-p(t)]}{dt} = -\frac{dp(t)}{dt}. \quad (1.4)$$

Из (1.4) очевидно, что она характеризует скорость уменьшения вероятности безотказной работы во времени.

4. Интенсивностью отказов называют условную плотность вероятности возникновения отказа изделия при условии, что к моменту t отказ не возник:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)} = -\frac{1}{p(t)} \cdot \frac{dp(t)}{dt}. \quad (1.5)$$

Функции $f(t)$ и $\lambda(t)$ измеряются в ч⁻¹.

Интегрируя (1.5), легко получить:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]. \quad (1.6)$$

Это выражение, называемое основным законом надежности, позволяет установить временное изменение вероятности безотказной работы при любом характере изменения интенсивности отказов во времени. В частном случае постоянства интенсивности отказов $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ (1.6) переходит в известное в теории вероятностей экспоненциальное распределение:

$$\left. \begin{aligned} p(t) &= \exp(-\lambda t); F(t) = 1 - \exp(-\lambda t); \\ f(t) &= \lambda \exp(-\lambda t) \end{aligned} \right\} \quad (1.7)$$

Поток отказов при $\lambda(t) = \text{const}$ называется *простейшим* и именно он реализуется для большинства РЭС в течении периода нормальной эксплуатации от окончания приработки до начала старения и износа.

Подставив выражение плотности вероятности $f(t)$ экспоненциального распределения (1.7) в (1.1), получим:

$$T_0 = 1/\lambda, \quad (1.8)$$

т.е. при простейшем потоке отказов средняя наработка T_0 обратна интенсивности отказов λ . С помощью (1.7) можно показать, что за время средней наработки, $t = T_0$, вероятность безотказной работы изделия составляет $1/e$.

5. Часто используют характеристику, называемую γ - процентной наработкой - время, в течении которого отказ не наступит с вероятностью γ (%):

$$T_\gamma = -\frac{\ln P_\lambda}{\lambda} = -T_0 \ln P_\gamma, P_\gamma = \frac{\gamma}{100}. \quad (1.9)$$

Выбор параметра для количественной оценки надежности определяется назначением, режимами работы изделия, удобством применения в расчетах на стадии проектирования.

6. Структурно-логический анализ технических систем. Техническая система. Элемент. Структура.

Конечной целью расчета надежности технических устройств является оптимизация конструктивных решений и параметров, режимов эксплуатации, организация технического обслуживания и ремонтов. Поэтому уже на ранних стадиях проектирования важно оценить надежность объекта, выявить наиболее ненадежные узлы и детали, определить наиболее эффективные меры повышения показателей надежности. Решение этих задач возможно после предварительного структурно - логического анализа системы.

Большинство технических объектов, в том числе РЭС, являются сложными системами, состоящими из отдельных узлов, деталей, агрегатов, устройств контроля, управления и т.д.. *Техническая система* (ТС) - совокупность технических устройств (элементов), предназначенных для выполнения определенной функции или функций. Соответственно, *элемент* - составная часть системы.

Расчленение ТС на элементы достаточно ус и зависит от постановки задачи расчета надежности. Например при анализе работоспособности технологической линии ее элементами могут считаться отдельные установки и станки, транспортные и загрузочные устройства и т.д.. В свою очередь станки и устройства также могут считаться техническими системами и при оценке их надежности должны быть разделены на элементы - узлы, блоки, которые, в свою очередь - на детали и т.д..

При определении структуры ТС в первую очередь необходимо оценить влияние каждого элемента и его работоспособности на работоспособность системы в целом. С этой точки зрения целесообразно разделить все элементы на четыре группы:

1. Элементы, отказ которых практически не влияет на работоспособность системы (например, деформация кожуха, изменение окраски поверхности и т.п.).

2. Элементы, работоспособность которых за время эксплуатации практически не изменяется и вероятность безотказной работы близка к единице (корпусные детали, мало-нагруженные элементы с большим запасом прочности).

3. Элементы, ремонт или регулировка которых возможна при работе изделия или во время планового технического обслуживания (наладка или замена технологического инструмента оборудования, настройка частоты селективных цепей РЭС и т.д.).

4. Элементы, отказ которых сам по себе или в сочетании с отказами других элементов приводит к отказу системы.

Очевидно, при анализе надежности ТС имеет смысл включать в рассмотрение только элементы последней группы.

7. Структурно-логический анализ технических систем. Структурно - логические схемы надежности технических систем.

Для расчетов параметров надежности удобно использовать *структурно - логические схемы надежности* ТС, которые графически отображают взаимосвязь элементов и их влияние на работоспособность системы в целом. Структурно - логическая схема представляет собой совокупность ранее выделенных элементов, соединенных друг с другом последовательно или параллельно. Критерием для определения вида соединения элементов (последовательного или параллельного) при построении схемы является влияние их отказа на работоспособность ТС.

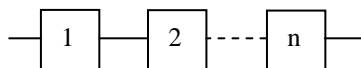


Рис. 2.1 Последовательное соединение элементов

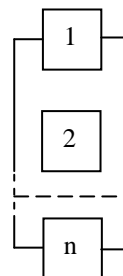


Рис. 2.2. Параллельное соединение элементов

Определенная аналогия здесь прослеживается с цепью, составленной из проводящих элементов (исправный элемент пропускает ток, отказавший не пропускает): работоспособному состоянию ТС соответствует возможность протекания тока от входа до выхода цепи.

Примером последовательного соединения элементов структурно - логической схемы может быть технологическая линия, в которой происходит переработка сырья в готовый продукт, или РЭС, в котором последовательно осуществляется преобразование входного сигнала. Если же на некоторых участках линии, или пути сигнала, предусмотрена одновременная обработка на нескольких единицах оборудования, то такие элементы (единицы оборудования) могут считаться соединенными параллельно.

Однако не всегда структурная схема надежности аналогична конструктивной или электрической схеме расположения элементов. Например, подшипники на валу редуктора работают конструктивно параллельно друг с другом, однако выход из строя любого из них приводит к отказу системы. Аналогично действие индуктивности и емкости параллельного колебательного контура в селективных каскадах РЭС. Указанные элементы с точки зрения надежности образуют последовательное соединение.

Кроме того, на структуру схемы надежности может оказывать влияние и вид

возникающих отказов. Например, в электрических системах для повышения надежности в ряде случаев применяют параллельное или последовательное соединение коммутирующих элементов (рис. 2.3). Отказ таких изделий может происходить по двум причинам: обрыва (т.е. невозможности замыкания цепи) и замыкания (т.е. невозможности разрыва соединения). В случае отказа типа «обрыв» схема надежности соответствует электрической схеме системы (при «обрыве» любого коммутатора при последовательном их соединении возникает отказ, при параллельном - все функции управления будет выполнять исправный коммутатор). В случае отказа типа «замыкание» схема надежности противоположна электрической (в параллельном включении утратится возможность отключения тока, а в последовательном общего отказа не происходит).

8. Структурно-логический анализ технических систем. Анализ структурной надежности технических систем. Последовательность операций.

Конечной целью расчета надежности технических устройств является оптимизация конструктивных решений и параметров, режимов эксплуатации, организация технического обслуживания и ремонтов. Поэтому уже на ранних стадиях проектирования важно оценить надежность объекта, выявить наиболее ненадежные узлы и детали, определить наиболее эффективные меры повышения показателей надежности. Решение этих задач возможно после предварительного структурно - логического анализа системы. Большинство технических объектов, в том числе РЭС, являются сложными системами, состоящими из отдельных узлов, деталей, агрегатов, устройств контроля, управления и т.д.. *Техническая система (ТС)* - совокупность технических устройств (элементов), предназначенных для выполнения определенной функции или функций. Соответственно, *элемент* - составная часть системы. Расчленение ТС на элементы достаточно. Оно зависит от постановки задачи расчета надежности. При определении структуры ТС в первую очередь необходимо оценить влияние каждого элемента и его работоспособности на работоспособность системы в целом. Для расчетов параметров надежности удобно использовать *структурно - логические схемы надежности* ТС, которые графически отображают взаимосвязь элементов и их влияние на работоспособность системы в целом. Анализ структурной надежности ТС, как правило, включает следующие операции: 1.Анализируются устройства и выполняемые системой и ее составными частями функции, а также взаимосвязь составных частей . 2.Формируется содержание понятия «безотказной работы» для данной конкретной системы. 3.Определяются возможные отказы составных частей и системы, их причины и возможные последствия. 4.Оценивается влияние отказов составных частей системы на ее работоспособность. 5. Система разделяется на элементы ,показатели надежности которых известны. 6. Составляется структурно-логическая схема надежности технической системы, которая является моделью ее безотказной работы. 7. Составляются расчетные зависимости для определения показателей надежности ТС с использованием данных по надежности ее элементов и с учетом структурной схемы. В зависимости от поставленной задачи на основании результатов расчета характеристик надежности ТС делаются выводы и принимаются решения о необходимости изменения или доработки элементной базы, резервировании отдельных элементов или узлов, об установлении определенного режима профилактического обслуживания, о номенклатуре и количестве запасных элементов для ремонта и т.д.

9. Расчеты структурной надежности систем. Общая характеристика.

Расчеты показателей безотказности ТС обычно проводятся в предположении, что как вся система, так и любой ее элемент могут находиться только в одном из двух возможных состояний - работоспособном и неработоспособном и отказы элементов друг от друга. Состояние системы (работоспособное или неработоспособное) определяется состоянием элементов и их сочетанием. Поэтому теоретически возможен расчет безотказности любой ТС свести к перебору всех возможных комбинаций состояний элементов, определению вероятности каждого из них и сложению вероятностей работоспособных состояний системы. Такой метод (метод прямого перебора) практически универсален и может

использоваться при расчете любых ТС. Однако при большом количестве элементов системы n такой путь становится нереальным из-за большого объема вычислений (например, при $n=10$ число возможных состояний системы составляет, $2^n = 1024$, при $n=20$ превышает 10^6 , при $n=30$ - более 10^9). Поэтому на практике используют более эффективные и экономичные методы расчета, не связанные с большим объемом вычислений. Возможность применения таких методов связана со структурой ТС.

10. Расчеты структурной надежности систем. Системы с последовательным соединением элементов.

Системой с последовательным соединением элементов называется система, в которой отказ любого элемента приводит к отказу всей системы (см. п. 2, рис 2.1). Такое со единение элементов в технике встречается наиболее часто, поэтому его называют *основным соединением*. В системе с последовательным соединением для безотказной работы в течении некоторой наработки необходимо и достаточно, чтобы каждый из ее n элементов работал безотказно в течении этой наработки. Считая отказы элементов независимыми, вероятность одновременной безотказной работы n элементов определяется по теореме умножения вероятностей: вероятность совместного появления независимых событий равна произведению вероятностей этих событий:

$$P(t) = p_1(t)p_2(t)\dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t))$$

Соответственно, вероятность отказа такой ТС

$$Q = 1 - P = 1 - \prod_{i=1}^n p_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i)$$

Из формул очевидно, что даже при высокой надежности элементов надежность системы при последовательном соединении оказывается тем более низкой, чем больше число элементов (например, при $p = 0.95$ и $n=10$ имеем $P = 0.60$, при $n=15$ $P = 0.46$, а при $n = 20$ $P = 0.36$). Кроме того, поскольку все сомножители в правой части выражения (3.1) не превышают единицы, вероятность безотказной работы ТС при последовательном соединении не может быть выше вероятности безотказной работы самого ненадежного из ее элементов (принцип “хуже худшего”) и из малонадежных элементов нельзя создать высоконадежной ТС с последовательным соединением.

11. Расчеты структурной надежности систем. Системы с параллельным соединением элементов.

Системой с *параллельным соединением элементов* называется система, отказ которой происходит только в случае отказа всех ее элементов. Такие схемы надежности характерны для ТС, в которых элементы дублируются или резервируются, т.е. параллельное соединение используется как метод повышения надежности. Однако такие системы встречаются и самостоятельно (например, системы двигателей четырехмоторного самолета или параллельное включение диодов в мощных выпрямителях). Для отказа системы с параллельным соединением элементов в течение наработки необходимо и достаточно, чтобы все ее элементы отказали в течение этой наработки. Так что отказ системы заключается в совместном отказе всех элементов, вероятность чего (при допущении независимости отказов) может быть найдена по теореме умножения вероятностей как произведение вероятностей отказа элементов:

$$Q = q_1q_2 \dots q_n = \prod_{i=1}^n q_i = \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

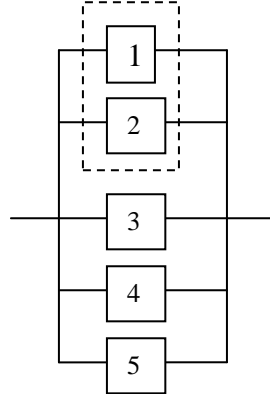
Соответственно, вероятность безотказной работы

$$P = 1 - Q = 1 - \prod_{i=1}^n q_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

т.е. надежность системы с параллельным соединением повышается при увеличении числа элементов (например, при $p=0.9$ и $n=2$ $P=0.99$, а при $n=3$ $P=0.999$). Поскольку $q_i < 1$, произведение в правой части всегда меньше любого из со множителей, т. е. вероятность

отказа системы не может быть выше вероятности самого надежного ее элемента (“лучше лучшего”) и даже из сравнительно ненадежных элементов возможно построение вполне надежной системы

12. Систему типа “m из n” можно рассматривать как вариант системы с параллельным соединением элементов, отказ которой произойдет, если из n элементов, соединенных параллельно, работоспособными окажутся менее m элементов ($m < n$).



На рис. представлена система “2 из 5”, которая работоспособна, если из пяти её элементов работают любые два, три, четыре или все пять (на схеме пунктиром обведены функционально необходимые два элемента, причем выделение элементов 1 и 2 произведено условно, в действительности все пять элементов равнозначны). Системы типа “m из n” наиболее часто встречаются в электрических и связных системах (при этом элементами выступают связующие каналы), технологических линий, а также при структурном резервировании

Расчет надежности системы “m из n” может производиться *комбинаторным методом*, в основе которого лежит формула биномиального распределения. Биномиальному распределению подчиняется дискретная случайная величина k - число появлений некоторого события в серии из n опытов, если в отдельном опыте вероятность появления события составляет p. При этом вероятность появления события ровно k раз определяется

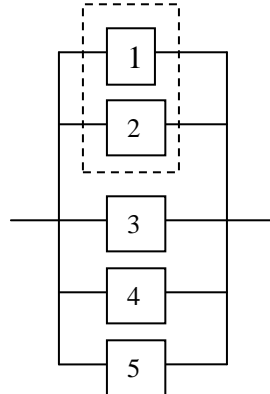
$$P_k = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k}$$

где C_n^k - биномиальный коэффициент, называемый “числом сочетаний по k из n” (т.е. сколькими разными способами можно реализовать ситуацию “k из n”);

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

13. Почти тоже что в 12

Систему типа “m из n” можно рассматривать как вариант системы с параллельным соединением элементов, отказ которой произойдет, если из n элементов, соединенных параллельно, работоспособными окажутся менее m элементов ($m < n$).



На рис. представлена система “2 из 5”, которая работоспособна, если из пяти её элементов работают любые два, три, четыре или все пять (на схеме пунктиром обведены

функционально необходимые два элемента, причем выделение элементов 1 и 2 произведено условно, в действительности все пять элементов равнозначны). Системы типа “m из n” наиболее часто встречаются в электрических и связанных системах (при этом элементами выступают связующие каналы), технологических линий, а также при структурном резервировании

Для расчета надежности систем типа “m из n” при сравнительно небольшом количестве элементов можно воспользоваться *методом прямого перебора*. Он заключается в определении работоспособности каждого из возможных состояний системы, которые определяются различными сочетаниями работоспособных и неработоспособных состояний элементов

14. Расчеты структурной надежности систем. Мостиковые системы. Метод прямого перебора.

Мостиковая структура не сводится к параллельному или последовательному типу соединения элементов, а представляет собой параллельное соединение последовательных цепочек элементов с диагональными элементами, включенными между узлами различных параллельных ветвей.

Работоспособность такой системы определяется не только количеством отказавших элементов, но и их положением в структурной схеме.

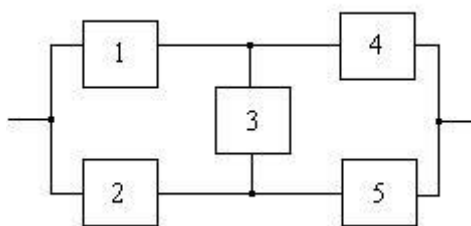
Метод прямого перебора заключается в определении работоспособности системы путем перебора всех возможных сочетаний отказов ее элементов.

Недостаток такого метода заключается в объеме выполняемой работы при наличии большого количества элементов в системе. Поэтому на практике чаще всего применяют другие методы расчета, не связанные с большим объемом вычислений.

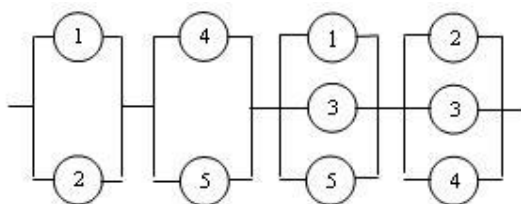
15. Расчеты структурной надежности систем. Мостиковые системы. Метод минимальных сечений.

Минимальным сечением называется набор неработоспособных элементов, отказ которых приводит к отказу системы, а восстановление работоспособности любого из них - к восстановлению работоспособности системы. Как и минимальных путей, минимальных сечений может быть несколько. Очевидно, система с параллельным соединением элементов имеет только одно минимальное сечение, включающее все ее элементы (восстановление любого восстановит работоспособность системы). В системе с последовательным соединением элементов число минимальных путей совпадает с числом элементов, и каждое сечение включает один из них.

Логическая схема системы составляется таким образом, чтобы все элементы каждого минимального сечения были соединены друг с другом параллельно, а все минимальные сечения - последовательно. Аналогично методу минимальных путей, составляется функция алгебры логики. “Безотказная работа” логической системы заключается в “безотказной работе” всех последовательных участков, а каждого из них - в одновременном “отказе” всех параллельно включенных элементов. Как видно, поскольку схема метода минимальных сечений формулирует условия отказа системы, в ней последовательное соединение соответствует логическому «ИЛИ», а параллельное – логическому «И».



Мостик сист.



Лог схема мостик. системы по методу мин. Сеч.

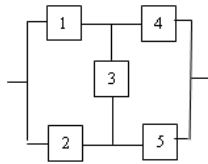
Схема рис. соответствует формулировке: система откажет, если откажут элементы 1 и 2, или 4 и 5, или 1, 3 и 5, или 2, 3 и 4. Функция алгебры логики запишется

$$A = [1 - (1 - a_1)(1 - a_2)] [1 - (1 - a_4)(1 - a_5)] * [1 - (1 - a_1)(1 - a_3)(1 - a_5)] * [1 - (1 - a_2)(1 - a_3)(1 - a_4)]$$

16. Расчеты структурной надежности систем. Мостиковые системы. Метод минимальных путей.

Расчет показателей безотказности проводится в предположении, что как вся система, так и любой ее элемент могут находиться только в одном из двух возможных состояний - работоспособном и неработоспособном. Состояние системы определяется состоянием элементов и их сочетанием.

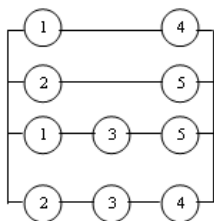
Мостиковая система представляет собой параллельное соединение последовательных



цепочек элементов с диагональными элементами, включенными между узлами различных параллельных ветвей (рис). Работоспособность такой системы определяется не только количеством отказавших элементов, но и их расположением в структурной схеме. Для расчета надежности мостиковых систем можно воспользоваться методом прямого перебора,

этот метод трудоемкий для систем с большим количеством элементов. Существуют другие методы расчета. Рассмотрим метод минимальных путей для расчета вероятности безотказной работы. Минимальным путем называется последовательный набор работоспособных элементов системы, который обеспечивает ее работоспособность, а отказ любого из них приводит к ее отказу. Минимальных путей в системе может быть один или несколько. Система с последовательным соединением элементов имеет только один минимальный путь, включающий все элементы. В системе с параллельным соединением число минимальных путей совпадает с числом элементов, и каждый путь включает один из них.

Для мостиковой системы из пяти элементов (рис) минимальных путей четыре: (элементы



1 и 4), (2 и 5), (1, 3 и 5), (2, 3 и 4). Логическая схема такой системы: Затем для логической схемы составляется функция алгебры логики A по общим правилам расчета вероятности безотказной работы (сохранение работоспособности элемента a_i и системы A). Схема соответствует утверждению: система работоспособна, если работоспособны элементы 1 и 4, или 2 и 5, или 1,3 и 5, или 2,3 и 4. Функция алгебры логики запишется: $A = 1 - (1 - a_1 a_4)(1 - a_2 a_5)(1 - a_1 a_3 a_5)(1 - a_2 a_3 a_4)$, $a = \{0, 1\}$. После

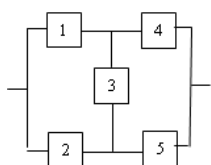
преобразований и замены событий a их вероятностями p , получим уравнение для определения вероятности безотказной работы системы:

$$P = p_1 p_4 + p_2 p_5 + p_1 p_3 p_5 + p_2 p_3 p_4 - p_1 p_2 p_3 p_4 - p_1 p_2 p_3 p_5 - 2 p_1 p_2 p_4 p_5 - p_2 p_3 p_4 p_5 + 2 p_1 p_2 p_3 p_4 p_5$$

Метод минимальных путей дает точное значение только для сравнительно простых систем с небольшим числом элементов.

17. Расчеты структурной надежности систем. Мостиковые системы. Метод разложения относительно особого элемента.

Мостиковая система представляет собой параллельное соединение последовательных

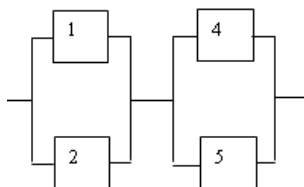


цепочек элементов с диагональными элементами, включенными между узлами различных параллельных ветвей (рис).

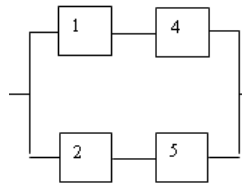
Метод разложения относительно особого элемента, основан на известной в математической логике теореме о разложении функции логики по любому аргументу. Согласно ей, можно записать:

$$P = p_i P(p_i = 1) + q_i P(p_i = 0), \text{ где } p_i \text{ и } q_i = 1 - p_i - \text{вероятности безотказной}$$

работы и отказа i -го элемента, $P(p_i = 1)$ и $P(p_i = 0)$ -вероятности работоспособного состояния системы при условии, что i -й элемент абсолютно надежен и что i -й элемент отказал. Для данной мостиковой схемы в качестве особого



элемента берется элемент 3. При $p_3 = 1$ мостиковая схема превращается в параллельно-последовательное соединение, а при $p_3 = 0$ – в последовательно-параллельное:



Для преобразованных схем можно записать:

$$P(p_3 = 1) = [1 - (1 - p_3)(1 - p_2)] \cdot [1 - (1 - p_4)(1 - p_5)]$$

$$P(p_3 = 0) = 1 - (1 - p_1 p_4)(1 - p_2 p_5).$$
 Тогда получим:

$$P = p_3 [1 - (1 - p_1)(1 - p_2)] \cdot [1 - (1 - p_4)(1 - p_5)] + (1 - p_3) [1 - (1 - p_1 p_4)(1 - p_2 p_5)]$$
 Этим методом можно воспользоваться и при разложении относительно нескольких «особых» элементов.

18. Расчеты структурной надежности систем. Комбинированные системы.

Расчет показателей безотказности проводится в предположении, что как вся система, так и любой ее элемент могут находиться только в одном из двух возможных состояний - работоспособном и неработоспособном. Состояние системы определяется состоянием элементов и их сочетанием. Комбинированная система – эта система, часть элементов которой образует последовательное соединение, другая часть – параллельное, отдельные ветви элементы или ветви структуры образуют мостиковые схемы или типа “m из n”. Для решения таких систем предварительно производят декомпозицию системы, разбив ее на простые подсистемы – группы элементов, методика расчета надежности которых известна. Затем эти подсистемы – группы элементов, методика расчета надежности которых известна. Затем эти подсистемы в структурной схеме надежности заменяются квазиэлементами с вероятностями безотказной работы, равными вычисленным вероятностям безотказной работы этих подсистем. Такую процедуру можно выполнить несколько раз, до тех пор, пока оставшиеся квазиэлементы не образуют структуру, методика расчета надежности которой известна.

9. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. Методы повышения надежности

Расчетные зависимости для определ осн характеристик надеж ТС показывают, что надеж сист зависит от ее структуры и надежности элементов. Поэтому для сложных систем возможны 2 пути повыш над-ти: повышение надежности элем и изменение структ схемы.

Повыш надеж элем на 1 взгляд предст наиб простым приемом повышения надежности системы. Действительно, теоретически всегда можно указать такие характеристики надежности элементов, чтобы вероятность безотказной работы системы удовлетворяла заданным требованиям. Однако практическая реализация такой высокой надежности элементов может оказаться невозможной. Рассмотрение методов обеспечения надежности элементов ТС является предметом специальных технологических и физико-химических дисциплин и выходит за рамки теории надежности. Однако, в любом случае, высоконадежные элементы, как правило, имеют большие габариты, массу и стоимость. Исключение составляет использование более совершенной элементной базы, реализуемой на принципиально новых физических и технологических принципах (например, в РЭС - переход от дискретных элементов на интегральные схемы).

Измен структ сист с целью повыш надеж подразум 2 аспекта.

1, это означает перестройку конструктивной или функциональной схемы ТС (структуры связей между составными элементами), изменение принципов функционирования отдельных частей системы (например, переход от аналоговой обработки сигналов к цифровой). Такого рода преобразования ТС возможны исключительно редко, так что этот прием, в общем, не решает проблемы надежности.

2, изменение структуры понимается как введение в ТС дополнительных, избыточных элементов, включающихся в работу при отказе основных. Применение дополнительных

средств и возможностей с целью сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов называется **резервированием**.

Принцип резервирования подобен рассмотренному ранее параллельному соединению элементов и соединению типа “n из m”, где за счет избыточности возможно обеспечение более высокой надежности системы, чем ее элементов.

Выделяют несколько видов резервирования (временное, информационное, функциональное и др.). для анализа структурной надежности ТС интерес представляет **структурное резервирование** - введение в структуру объекта дополнительных элементов, выполняющих функции основных элементов в случае их отказа.

Классификация различных способов структурного резервирования осуществляется по следующим признакам:

1) по схеме включения резерва:

- общее резервирование, при котором резервируется объект в целом;

- раздельное резервирование, при котором резервируются отдельные элементы или их группы;

- смешанное резервирование, при котором различные виды резервирования сочетаются в одном объекте;

2) по способу включения резерва:

- постоянное резервирование, без перестройки структуры объекта при возникновении отказа его элемента;

- динамическое резервирование, при котором при отказе элемента происходит перестройка структуры схемы. В свою очередь подразделяется на:

а) резервирование замещением, при котором функции основного элемента передаются резервному только после отказа основного;

б) скользящее резервирование, при котором несколько основных элементов резервируется одним или несколькими резервными, каждый из которых может заменить любой основной (т.е. группы основных и резервных элементов идентичны).

3) по состоянию резерва:

- нагруженное резервирование, при котором резервные элементы (или один из них) находятся в режиме основного элемента;

- облегченное резервирование, при котором резервные элементы (по крайней мере один из них) находятся в менее нагруженном режиме по сравнению с основными;

- ненагруж резерв, при котором резерв элем до начала выполн ими функций наход в ненагруж режиме.

Осн характ структ резервирования явл **кратность резервирования** - отнош числа резервных элем к числу резервируемых ими осн элем, выраженное несокращаемой дробью (типа 2:3; 4:2 и т.д.). Резервирование одного основного элемента одним резервным (т.е. с кратностью 1:1) называется **дублированием**.

20.Количественно повышение надежности системы в результате резервирования или применения высоконадежных элементов можно оценить по **коэффициенту выигрыша надежности**, определяемому как отношение показателя надежности до и после преобразования системы. Например, для системы из n последовательно соединенных элементов после резервирования одного из элементов (k-го) аналогичным по надежности элементом коэффициент выигрыша надежности по вероятности безотказной работы составит

$$G_p = \frac{P^*}{P} = \frac{p_1 p_2 \dots p_{k-1} [1 - (1 - p_k)^2] p_{k+1} \dots p_n}{p_1 p_2 \dots p_{k-1} p_k p_{k+1} \dots p_n} = \frac{1 - (1 - p_k)^2}{p_k} = 2 - p_k. \quad (4.1)$$

Из формулы (4.1) следует, что эффективность резервирования (или другого приема повышения надежности) тем больше, чем меньше надежность резервируемого элемента

(при $p_k=0.9$ $G_p=1.1$, при $p_k=0.5$ $G_p=1.5$). Следовательно, при структурном резервировании максимального эффекта можно добиться при резервировании самых ненадежных элементов (или групп элементов).

В общем случае при выборе элемента (или группы элементов) для повышения надежности или резервирования необходимо исходить из условия обеспечения при этом максимального эффекта. Например, для мостиковой схемы (рис. 3.2,а) из формулы (3.21) можно получить выражение для частных производных вероятности безотказной работы системы по вероятности безотказной работы каждого из элементов, которые для цдевичных по надежности элементов принимают следующий вид:

$$\frac{dp}{dp_1} = \frac{dp}{dp_2} = \frac{dp}{dp_4} = \frac{dp}{dp_5} = pq^3 + 4p^2q^2 + p^3q, \quad (4.2)$$

$$\frac{dp}{dp_3} = 2p^2q^2. \quad (4.3)$$

Очевидно, максимальное увеличение надежности системы обеспечит увеличение надежности или резервирование того элемента, частная производная для которого при данных условиях принимает максимально положительное значение. Сравнение выражений (4.2) и (4.3) показывает, что при любых положительных значениях p и q выражение (4.2) больше выражения (4.3) и, следовательно, в мостиковой схеме с идентичными элементами, эффективность повышения надежности или резервирования “периферийных” элементов 1, 2, 4 и 5 (см. рис. 3.2, а) выше, чем диагонального элемента 3, если в качестве критерия эффективности взять вероятность безотказной работы.

Таким образом, наибольшее влияние на надежность системы оказывают элементы, обладающие высоким значением производной $\frac{dp}{dp_1}$, а при последовательном соединении - наименее надежные.

В более сложных случаях для выбора элементов, подлежащих изменению, используются как аналитические, так и численные методы оптимизации надежности.

21. Расчет систем с нагруженным резервированием осуществляется по формулам последовательного и параллельного соединения элементов аналогично расчету комбинированных систем (п. 3.5). При этом считается, что резервные элементы работают в режиме основных как до, так и после их отказа, поэтому надежность резервных элементов не зависит от момента их перехода из резервного состояния в основное и равна надежности основных элементов.

Для системы с последовательным соединением n элементов (рис. 2.1) при общем резервировании с кратностью l (рис. 4.1, а)

$$P_{об} = 1 - (1 - P)^{l+1} = 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^n p_i\right)^{l+1}. \quad (4.4)$$

В частности, при дублировании ($l=1$)

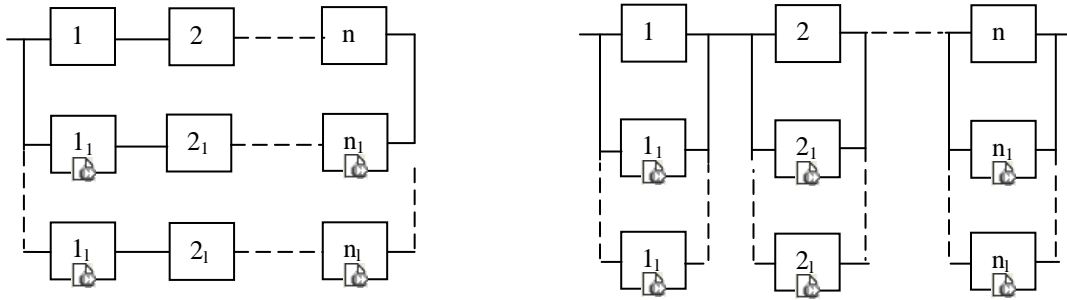
$$P_{об} = 1 - (1 - P)^2 = P(2 - P). \quad (4.5)$$

При раздельном резервировании (рис. 4.1, б)

$$P_{раз} = \prod_{i=1}^n [1 - (1 - p_i)^{l+1}], \quad (4.6)$$

а при раздельном дублировании ($l=1$)

$$P_{раз} = \prod_{i=1}^n [1 - (1 - p_i)^2] = \prod_{i=1}^n p_i (2 - p_i) = p \prod_{i=1}^n (2 - p_i). \quad (4.7)$$



а)

б)

Рис. 4.1. Общее (а) и раздельное (б) нагруженное резервирование

Тогда коэффициенты выигрыша надежности по вероятности безотказной работы

при дублировании $G_{об} = \frac{P_{об}}{P} = 2 - P, \quad G_{раз} = \frac{P_{раз}}{P} = \prod_{i=1}^n (2 - p_i), \quad (4.8)$

откуда следует, что раздельное резервирование эффективнее общего (например, для системы из трех одинаковых элементов при $p=0.9$ $G_{об}=1.27, G_{раз}=1.33$)

22. Повышение надежности технических систем. Расчет надежности систем с ненагруженным резервированием.

При *ненагруженном резервировании* резервные элементы последовательно включаются в работу при отказе основного, затем первого резервного и т.д. (рис.1), поэтому надежность резервных элементов зависит от момента их перехода в основное состояние. Такое резервирование в различных ТС встречается наиболее часто, т.к. оно по сути аналогично замене отказавших элементов и узлов на запасные.

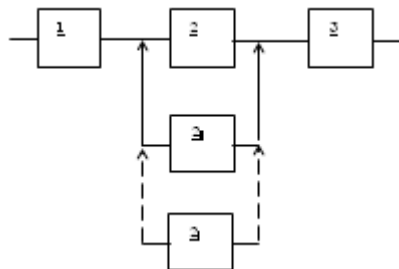


Рис.1. Ненагруженное резервирование

Если резервные элементы до их включения абсолютно надежны, то для системы с ненагруженным резервированием кратности l (всего элементов $l+1$)

$$Q = \frac{1}{(l+1)!} \prod_{i=1}^{l+1} q_i, \quad P = 1 - \frac{1}{(l+1)!} \prod_{i=1}^{l+1} (1 - p_i),$$

т.е. вероятность отказа в $(l+1)!$ раз меньше, чем при нагруженном (параллельном

соединении, см. формулу $Q = q_1 q_2 \dots q_n = \prod_{i=1}^n q_i = \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$).

Для идентичных по надежности основного и резервного элементов

$$P = 1 - \frac{1}{(l+1)!} (1-p)^{l+1}$$

При экспоненциальном распределении наработки (простейшем потоке отказов, см. 1.7) в случае $\lambda t \ll 1$ можно воспользоваться приближенной формулой

$$P \approx 1 - \frac{(\lambda t)^{l+1}}{(l+1)!}.$$

При ненагруженном резервировании средняя наработка на отказ

$$T = \sum_{i=1}^{l+1} T_{0i}, \text{ а для идентичных элементов } T_0 = nT_{0i}.$$

23. Повышение надежности технических систем. Расчет надежности систем с облегченным и скользящим резервированием.

Опр. Облегченное резервирование используется при большой инерционности переходных процессов, происходящих в элементе при его переходе из резервного в основной режим, и нецелесообразности применения нагруженного резервирования из-за недостаточного выигрыша в надежности (в РЭС это характерно для устройств на электровакуумных приборах). Очевидно, облегченный резерв занимает промежуточное положение между нагруженным и ненагруженным.

Точные выражения для расчета надежности систем при облегченном резервировании весьма громоздки и неоднозначны, однако при экспоненциальном распределении наработки справедлива приближенная формула

$$P = \frac{1}{(l+1)!} \lambda(\lambda + \lambda_0)(\lambda + 2\lambda_0) \dots [\lambda l \lambda_0] \cdot t^{l+1} = \frac{t^{l+1}}{(l+1)!} \prod_{i=0}^l (\lambda + i\lambda_0),$$

где λ_0 - интенсивность отказов элементов в облегченном режиме,

l - кратность резервирования.

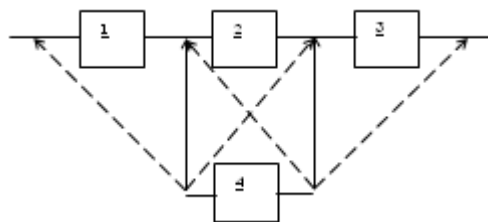


Рис.2. Скользящее резервирование

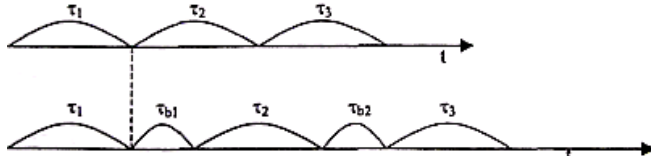
Опр. Скользящее резервирование используется для резервирования нескольких одинаковых элементов системы одним или несколькими одинаковыми резервными (рис.2, здесь все элементы идентичны, а элемент 4 - избыточный). Очевидно, отказ системы произойдет, если из общего количества идентичных элементов (основных и резервных) число отказавших превышает число резервных. Расчет вероятности безотказной работы систем со скользящим резервированием аналогичен расчету систем типа " m из n ".

26 Основные свойства объекта технического диагностирования. Ремонтпригодность.

Ремонтпригодность.

Ремонтпригодность и долговечность

Ремонтпригодностью называется свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин его отказов и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания. До сих пор показатели надежности рассматривались в смысле только одного свойства — безотказности. Схема работы объекта: Работа - отказ (мгновенное устранение) - работа. Но устранение отказа не может быть мгновенным. Требуется время на восстановление:



Время восстановления t_b зависит от: характера отказа, условий отыскания его причин, квалификации специалистов и т.п. Эти факторы переменные. Поэтому t_b рассматривают как случайную величину. Для описания процессов восстановления используются два основных понятия:

- вероятность восстановления в заданное время $P_b(t)$
- среднее время восстановления $T_{вср}$

$$P_b(t) = P\{\tau_b \leq t_b\}$$

где τ_b - фактическое время восстановления, t_b - заданное время восстановления. Для удобства математического описания введено понятие "интенсивность восстановления" $\mu(t)$

-вероятность восстановления объекта в единицу времени, если ранее объект не был восстановлен, можно выразить

$$P_b(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Среднее время восстановления - математическое описание времени восстановления работоспособности.

$$\begin{aligned} \lambda(t)dt &= -\frac{dP(t)}{P(t)} && \text{или} \\ \frac{dP(t)}{P(t)} &= -\lambda(t)dt \\ \int_0^t \frac{dP(t)}{P(t)} &= -\int_0^t \lambda(t)dt \\ \ln P(t) - \ln P(0) &= -\int_0^t \lambda(t)dt \\ \ln P(0) &= 0 \text{ т.к. } P(0) = 1 \\ \ln P(t) &= -\int_0^t \lambda(t)dt \\ P(t) &= e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} && (3.2.9) \end{aligned}$$

27 Основные свойства объекта технического диагностирования. Безотказность.

Показатели безотказности.

Безотказность (и другие составляющие свойства надежности) РЭС проявляется через случайные величины, наработку до очередного отказа и количество отказов за заданное время. количественными характеристиками свойства здесь выступают вероятностные переменные.

Наработка есть продолжительность или объем работы объекта. для РЭС естественно

исчисление наработки в единицах времени, тогда как для других технических средств могут быть удобнее иные средства измерения (например, наработка автомобиля - в километрах пробега). Для невозстанавливаемых и восстанавливаемых изделий понятие наработки различается, в первом случае подразумевается наработка до первого отказа (он же является и последним отказом), во втором – между двумя соседними во времени отказами (после каждого отказа производится восстановление работоспособного состояния). Математическое ожидание случайной наработки T

$$M[T] = \int_0^{\infty} t f(t) dt = T_0 \quad (1.1)$$

является характеристикой безотказности и называется *средней наработкой на отказ (между отказами)*. В (1.1) через t обозначено текущее значение наработки, а $f(t)$ плотность вероятности ее распределения.

Вероятность безотказной работы - вероятность того, что в пределах заданной наработки t отказ объекта не возникает:

$$p(t) = \text{Вер}(T \geq t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (1.2)$$

Вероятность противоположного события называется *вероятностью отказа* и дополняет вероятность безотказной работы до единицы:

$$q(t) = \text{Вер}(T \leq t) = 1 - p(t) = F(t) \quad (1.3)$$

В (1.2) и (1.3) $F(t)$ есть интегральная функция распределение случайной наработки t . Плотность вероятности $f(t)$ также является показателем надежности, называемым

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dT} = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d[1 - p(t)]}{dt} = -\frac{dp(t)}{dt} \quad (1.4)$$

частотой отказов:

Из (1.4) очевидно, что она характеризует скорость уменьшения вероятности безотказной работы во времени.

Интенсивностью отказов называют условную плотность вероятности возникновения отказа изделия при условии, что к моменту t отказ не возник:

$$(1.5) \lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)} = -\frac{1}{p(t)} \cdot \frac{dp(t)}{dt}$$

Функции $f(t)$ и $\lambda(t)$ измеряются в ч^{-1} .

Интегрируя (1.5), легко получить:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] \quad (1.6)$$

Это выражение, называемое основным законом надежности, позволяет установить временное изменение вероятности безотказной работы при любом характере изменения интенсивности отказов во времени. В частном случае постоянства интенсивности отказов $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ (1.6) переходит в известное в теории вероятностей экспоненциальное распределение:

$$\left. \begin{aligned} p(t) &= \exp(-\lambda t); F(t) = 1 - \exp(-\lambda t); \\ f(t) &= \lambda \exp(-\lambda t) \end{aligned} \right\}$$

Поток отказов при $\lambda(t) = \text{const}$ называется *простейшим* и именно он реализуется для большинства РЭС в течении периода нормальной эксплуатации от окончания приработки до начала старения и износа.

Подставив выражение плотности вероятности $f(t)$ экспоненциального распределения (1.7)

в (1.1), получим:

$$T_0 = 1/\lambda, \quad (1.8)$$

т.е. при простейшем потоке отказов средняя наработка T_0 обратна интенсивности отказов λ . С помощью (1.7) можно показать, что за время средней наработки, $t = T_0$, вероятность безотказной работы изделия составляет $1/e$. Часто используют характеристику, называемую γ - *процентной наработкой* - время, в течении которого отказ не наступит с вероятностью γ (%):

$$T_\gamma = -\frac{\ln P_\lambda}{\lambda} = -T_0 \ln P_\gamma, \quad P_\gamma = \frac{\gamma}{100}.$$

Выбор параметра для количественной оценки надежности определяется назначением, режимами работы изделия, удобством применения в расчетах на стадии проектирования.

28. Основные свойства объекта технического диагностирования. Долговечность.

По количеству характеризующих свойств показатели надежности подразделяют на 2 группы:

1. единичные – это показатели, относящиеся к одному из свойств, определяющих надежность объекта. К ним относятся следующие показатели надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

2. комплексные – это показатели, относящиеся к нескольким свойствам, определяющим надежность объекта. К ним относятся: коэффициент готовности; коэффициент технического использования; коэффициент оперативной готовности; средняя и удельная суммарная трудоемкости технического обслуживания; средняя и удельная суммарная трудоемкости ремонтов.

Долговечность – это свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

К восстанавливаемым показателям долговечности относятся: средний срок службы; средний срок службы до списания; γ -процентный срок службы; назначенный ресурс; средний ресурс; γ -процентный ресурс; средний срок службы до капитального ремонта; средний срок службы между капитальными ремонтами; средний ресурс между капитальными ремонтами; средний ресурс до списания; средний ресурс до капитального ремонта.

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации объекта от ее начала или возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния.

Технический ресурс – наработка объекта от начала эксплуатации и ее возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния.

29. Основные свойства объекта технического диагностирования. Сохраняемость.

По количеству характеризующих свойств показатели надежности подразделяют на 2 группы;

1. единичные – это показатели, относящиеся к одному из свойств, определяющих надежность объекта. К ним относятся следующие показатели надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

2. комплексные – это показатели, относящиеся к нескольким свойствам, определяющим надежность объекта. К ним относятся: коэффициент готовности; коэффициент технического использования; коэффициент оперативной готовности; средняя и удельная суммарная трудоемкости технического обслуживания; средняя и удельная суммарная трудоемкости ремонтов.

Сохраняемость – свойство изделия непрерывно сохранять исправное и работоспособное

состояние во время и после хранения и транспортировки.

Исправное состояние – это такое состояние изделия, при котором оно соответствует всем требованиям установленным нормативно-технической документацией.

Работоспособное состояние – это состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах установленных нормативно-технической документацией.

К показателям сохраняемости относятся:

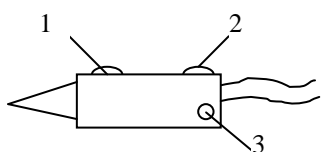
- средний срок сохранности;
- среднее время восстановления.

Срок сохраняемости – календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования объекта в заданных условиях, в течение и после которой сохраняются значения показателей в установленных пределах.

32. Методы прогнозирования отказов элементов (статистический и аппаратурный).

1. Статистические – сущность: на основании известных статист данных об инт-ности отказов элементов в прош. экспл. Определяется момент для профилактической замены элемента. На каждый из элементов устанавливается допуск на его определенный или вспомогательный параметр
2. Аппаратурный – при нормальном режиме работы необходимо обоснованно выбрать на параметры элемента уровни допуска и прогнозов, тогда, если периодически следить за состоянием этого элемента по выбранным параметрам => достижение допусков до заданных значений будет с определенной вероятностью означать что через определенное время произойдет выход параметров за допуск. При этом для элемента создается более ин. режим работы

33. Технические средства диагностирования. Классификация. Универсальные логические пробники. Классификация (К.) по способу реализации: 1.аппаратные 2.програмные 3.аппаратно-програмные. К. по степени универсальности: 1.специализир-е 2.универсальные. К. по степени автоматизации: 1.ручные 2.автоматизированные 3.автоматические К. по располож-ю относит. объекта диагностирования: 1.внешние 2.встроенные. Универсальный логический пробник-прибор для индикации двоичного состояния элементов схем.

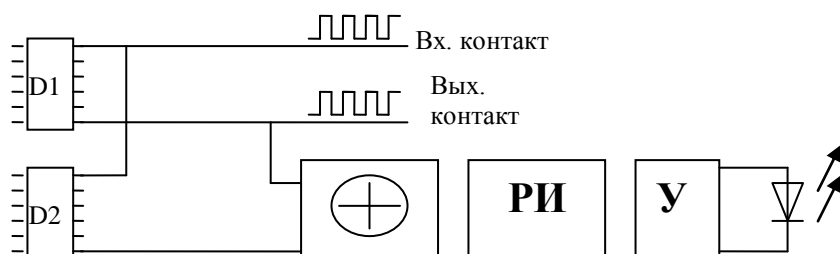


- 1-индикатор
- 2-переключатель запоминания импульсов
- 3-индикатор одиночных импульсов

Преимущества: компактность. В этом приборе наличие сигнала определяется по горению светодиода. Мигание-идет частота.

Существуют также многоконтактные логич. пробники в к-рых можно фиксировать состояние всех контактов микросхемы

34. Технические средства диагностирования. Логические анализаторы. Типы анализаторов: анализаторы логических состояний (фиксируют конкретн. точек во время тактовых сигналов, задаваемых проверяющим устройством) и анализаторы временных диаграмм(фиксируются состояния конкретн. точек в моменты времени к-рые задаются независимо работающим генератором). Логич анализаторы обычно имеют 2 режима работы: регистрация(начинается по сигналу запуска к-рый может быть либо бинарн. словом либо кодовым словом) и отображение.



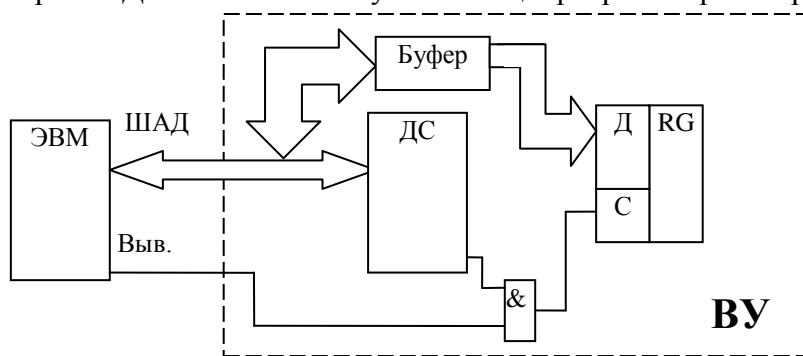
- 1.универсальный логич. пробник см. билет 33
- 2.Логич. компаратор-предназначен для индикации различий состояний на

проверяемой и эталонной микросхемах. Функциональная схема (РИ-расширитель импульсов). Если разница состояний D1 и D2 превышает например 200 нс. то срабатывает РИ и вспыхивает светодиод

Недостаток: нек-рые неисправности не определяются (напр. входное КЗ).

3. Логический импульсный генератор – на узлы схемы подаются логич. импульсные сигналы, переключающие эти узлы в логич. состояния, обратные имеющимся. Длительность импульсов составляет десятые доли мкс и достаточно малы чтобы испортить схему. Логич. генераторы не могут переключить вх сигнал в противоположн состояние для линии непосредственно связанной с шиной питания или землей. Неисправность обнаруживается если к одной точке подключить логич. генератор и пробник не обнаружит импульсов. Сигналы могут быть одиночными либо пачками.

35. Технические средства диагностирования. Программно-аппаратные средства. В ряде случаев для визуального наблюдения коротких одиночн. сигналов использ-ся преобразование этого сигнала в периодич. сигнал с помощью опред коротких тест-программ. Для этого используются спец. прогр.-аппаратн. средства на основе ЭВМ.



Записав фрагмент программы выводит расположенный во внеш. устройстве (ВУ) на к-ром можно наблюдать последовательность импульсов. Реализация осуществляется через специализированные диагностич. стенды. При этом возможно

тестирование через разъем либо внутрисхемное тестирование. При тестировании через разъем схема проверяется в целом. Диагностика ограничена, сами тесты сложны при этом для кажд. платы свой тест. При внутрисхемном тестировании тестируется каждая микросхема. Возможно тестирование топологии печатной платы, наличия КЗ, непропаев, неисправностей микросхем и т.д.

33. Методы повышения надежности. Разработка. Изготовление. Эксплуатация.

Методы повышения надежности:

1. Выбор схемы ремонта
2. Выбор элементов, материалов и режимов их работы
3. Выбор конструктивных решений с учетом требований эргономики гигиены труда. Маркировка элементов (в 1,5-2 раза уменьшает время поиска неисправности)
4. Выбор и соблюдение технологии изготовления. Внедрение автоматизации, совершенствование систем контроля: вх-го и вых.
5. Повышение квалификации оператора
6. повышение качества эксплуатационной документации (алгоритм поиска неисправности, трактовка схемы, карта напряжений, указание по замене элементов)
7. Разработка надлежащей системы организации техн. обсл-я
8. Учет опыта эксплуатации аналогичной аппаратуры
9. Обеспечение щадящих условий внешней среды (окр. среда, температура, давление, размещение аппаратуры (вибрации, толчки), усл-я работы обсл. персонала (освещение, шум))

Изготовление

Эксплуатация

10. Совершенство средств технического обслуживания

Организация эксплуатации:

1. Подготовка (своевр. и качеств.) obsл. персонала
2. Планирование профилактич. работ (с учетом рекомендаций теорий надежности и опыта эксплуатации)
3. Планирование количества и состава персонала для техн. обслуживания
4. Обобщение опыта эксплуатации
5. Обеспечение диагностирующей аппаратурой (КИА)
6. Планирование объема ЗИП и решение вопросов снабжения ЗИП

41. Алгоритмы поиска неисправностей. Классификация. Алгоритмы бывают безусловными и условными. Условные алгоритмы представляют собой последовательность проверок количество и порядок выполнения которых зависят от результатов предыдущих проверок. Условные алгоритмы всегда являются алгоритмами с условным остановом. Среди безусловных алгоритмов различают алгоритмы с безусловным и с условным остановом. В безусловных алгоритмах с безусловным остановом количество проверок и порядок их проведения не зависят от результатов предыдущих проверок а локализация неисправного блока производится путем интегральной оценки результатов всех проверок. Порядок проведения проверок в этом случае определяется только технологическими соображениями. В безусловных алгоритмах с условным остановом порядок проведения проверок также не зависит от результатов предыдущих проверок но количество проверок определяется результатами предыдущих проверок: если проведенные проверки позволяют локализовать неисправность то оставшиеся проверки не проводятся. Порядок проведения проверок определяется по следующим стратегиям: а)если известны время t проведения проверок и условные вероятности q отказов элементов при отказе системы то элементы проверяются в порядке возрастания отношения t/q . б)если известно t но неизвестно q то – в порядке возрастания t . в)если неизвестно t но известно q то – в порядке уменьшения q .

42.Алгоритмы поиска неисправностей. Таблица функций неисправностей.

Универсальной математической моделью для диагностирования систем является таблица функций неисправности (ТФН), в которой столбцы соответствуют допустимым элементарным проверкам (диагностическим параметрам), а строки – техническим состояниям объекта диагностирования (ОД). С целью сокращения количества контролируемых параметров по ТФН строится минимизированная таблица функций неисправности (МТФН). Каждая строка этой таблицы является кодом технического состояния ОД. Сокращение контролируемых параметров достигается путем учета связей между элементами ОД, а также с учетом того, что вероятность появления в системе одиночных дефектов значительно выше, чем вероятность одновременного появления двух и более дефектов.

Минимизированная таблица функций неисправности позволяет:

1. Определить минимальную совокупность диагностических параметров для проверки работоспособности системы.
2. Организовать поиск неисправности комбинационным методом.
3. Составить алгоритм поиска дефекта в системе последовательным методом и путем сочетания комбинационного и последовательного методов по гибкой программе.
4. Определить минимальные частные наборы диагностических параметров для проверки работоспособности отдельных функциональных элементов системы.
5. Построить дешифратор технического состояния системы для устройства автоматического контроля и поиска неисправностей.

МТФН строится для одиночных дефектов. При появлении кратных дефектов матрица одиночных дефектов может быть использована для их обнаружения, но при этом возникают “тупиковые” ситуации, когда появляются ложные коды или коды, несуществующие в таблице неисправностей. Неправильное определение технического состояния или неработоспособного функционального элемента системы приводит к неоправданным временным и денежным затратам. Для выработки правильного решения необходимо знать природу образования ложных и несуществующих кодов кратных дефектов. Это позволяет определить коды, которые однозначно определяют неисправность в системе, и коды, которые являются результатом кратных дефектов.

44. Современное состояние вопроса диагностики процессов механообработки и мехатронных станочных систем.

Структура технической диагностики характеризуется двумя взаимопроникающими и взаимосвязанными направлениями: теорией распознавания и теорией контролеспособности. Теория распознавания содержит разделы, связанные с построением алгоритмов распознавания, решающих правил и диагностических моделей, Теория контролеспособности включает разработку средств и методов получения диагностической информации, автоматизированный контроль и поиск неисправностей. Техническую диагностику следует рассматривать как раздел общей теории надежности.

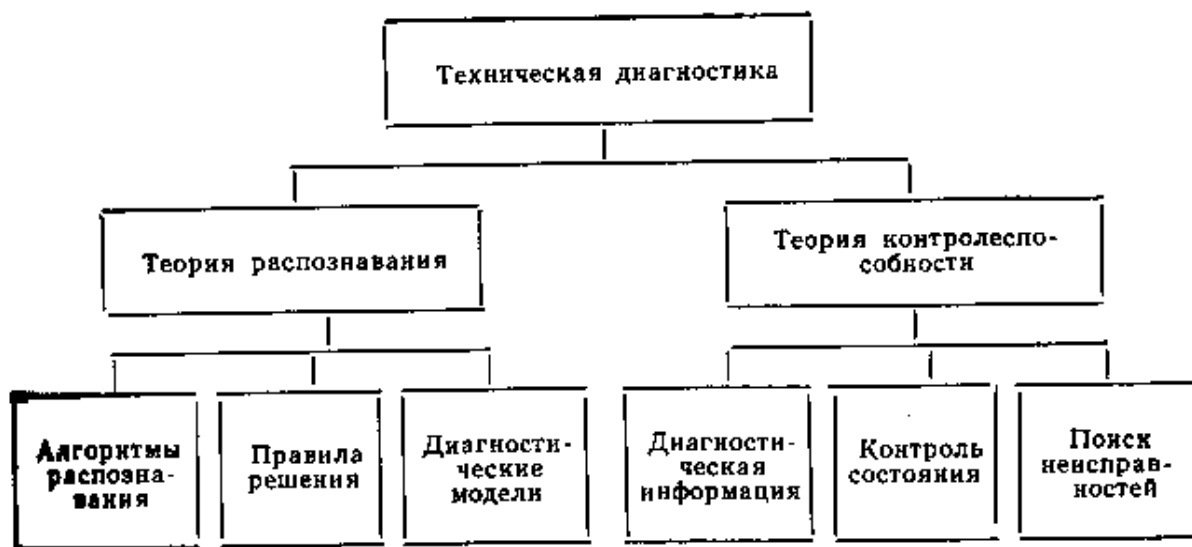


Рис. 1. Структура технической диагностики

45. Диагностика и распознавание образов. Основные понятия распознавания образов.

Все возрастающее значение сложных и дорогостоящих технических систем, особенно в машиностроении и радиоэлектронике, требования безопасности, безотказности и долговечности делают весьма важной оценку состояния системы, ее надежности. Техническая диагностика — наука о распознавании состояния технической системы, включающая широкий круг проблем, связанных с получением и оценкой диагностической информации.

Распознавание состояния системы — отнесение состояния системы к одному из возможных классов (диагнозов). Число диагнозов (классов, типичных состояний, эталонов) зависит от особенностей задачи и целей исследования.

Часто требуется провести выбор одного из двух диагнозов (дифференциальная диагностика или дихотомия); например, «исправное состояние» и «неисправное состояние». В других случаях необходимо более подробно охарактеризовать неисправное

состояние, например повышенный износ шлицев, возрастание вибраций лопаток и т. п. В большинстве задач технической диагностики диагнозы (классы) устанавливаются заранее, и в этих условиях задачу распознавания часто называют задачей классификации. Совокупность последовательных действий в процессе распознавания называется алгоритмом распознавания.

Ошибка I рода: ошибка при которой образ класса Ω_1 приняли за образ класса Ω_2 (также называется вероятностью ложной тревоги): $Q_1 = \int_{X_0}^{\infty} P_1(x) dx$

Ошибка II рода: ошибка при которой образ класса Ω_2 считают образом класса Ω_1 (также называется вероятностью пропуска цели): $Q_2 = \int_{-\infty}^{X_0} P_2(x) dx$

Существуют два основных подхода к задаче распознавания:

вероятностный и детерминистский. Постановка задачи при вероятностных методах распознавания такова. Имеется система, которая находится в одном из n случайных состояний D_i . Известна совокупность признаков (параметров), каждый из которых с определенной вероятностью характеризует состояние системы. Требуется построить решающее правило, с помощью которого предъявленная (диагностируемая) совокупность признаков была бы отнесена к одному из возможных состояний (диагнозов). Желательно также оценить достоверность принятого решения и степень риска ошибочного решения.

При детерминистских методах распознавания удобно формулировать задачу на геометрическом языке. Если система характеризуется n -мерным вектором X , то любое состояние системы, представляет собой точку в n -мерном пространстве параметров (признаков). Предполагается, что диагноз D_i соответствует некоторой области рассматриваемого пространства признаков. Требуется найти решающее правило, в соответствии с которым предъявленный вектор X^* (диагностируемый объект) будет отнесен к определенной области диагноза. Таким образом задача сводится к разделению пространства признаков на области диагнозов. При детерминистском подходе области диагнозов обычно считаются «непересекающимися», т. е. вероятность одного диагноза (в область которого попадает точка) равна единице, вероятность других равна нулю. Подобным образом предполагается, что и каждый признак либо встречается при данном диагнозе, либо отсутствует.

Вероятностный и детерминистский подходы не имеют принципиальных различий. Более общими являются вероятностные методы, но они часто требуют и значительно большего объема предварительной информации. Детерминистские подходы более кратко описывают существенные стороны процесса распознавания, меньше зависят от избыточной, малоценной информации, больше соответствуют логике мышления человека.

Основное преимущество статистических методов распознавания состоит в возможности одновременного учета признаков различной физической природы, так как они характеризуются безразмерными величинами — вероятностями их появления при различных состояниях системы.

46. Цель и основные задачи технической диагностики. Прикладные вопросы технической диагностики.

Цели технической диагностики. Техническая диагностика научает методы получения и оценки диагностической информации, диагностические модели и алгоритмы принятия решений. Целью технической диагностики является повышение надежности и ресурса технических систем.

Как известно, наиболее важным показателем надежности является отсутствие отказов во время функционирования (работы) технической системы. Отказ авиационного двигателя в полетных условиях, судовых механизмов во время плавания корабля, энергетических установок в работе под нагрузкой может привести к тяжелым последствиям.

Техническая диагностика благодаря раннему обнаружению дефектов и неисправностей позволяет устранить подобные отказы в процессе технического обслуживания, что повышает надежность и эффективность эксплуатации, а также дает возможность

эксплуатации технических систем ответственного назначения по состоянию.

В практике ресурс таких систем определяется по наиболее «слабым» экземплярам изделий. При эксплуатации по состоянию каждый экземпляр эксплуатируется до предельного состояния в соответствии с рекомендациями системы технической диагностики. Эксплуатация по техническому состоянию может принести выгоду, эквивалентную стоимости 30% общего парка машин.

Основные задачи технической диагностики. Основной задачей технической диагностики является распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации.

Техническую диагностику иногда называют безразборной диагностикой, т. е. диагностикой, осуществляемой без разборки изделия, Анализ состояния проводится в условиях эксплуатации, при которых получение информации крайне затруднено. Часто не представляется возможным по имеющейся информации сделать однозначное заключение и приходится использовать статистические методы.

Теоретическим фундаментом для решения основной задачи технической диагностики следует считать общую теорию распознавания образов. Эта теория, составляющая важный раздел технической кибернетики, занимается распознаванием образов любой природы (Геометрических, звуковых и т. п.), машинным распознаванием речи, печатного и рукописного текстов и т. д. Техническая диагностика изучает алгоритмы распознавания применительно к задачам диагностики, которые обычно могут рассматриваться как задачи классификации.

Алгоритмы распознавания в технической диагностике частично основываются на диагностических моделях, устанавливающих связь между состояниями технической системы и их отображениями в пространстве диагностических сигналов. Важной частью проблемы распознавания являются правила принятия решений (решающие правила). Решение диагностической задачи (отнесение изделия к исправным или неисправным) всегда связано с риском ложной тревоги или пропуска цели. Для принятия обоснованного решения целесообразно привлекать методы теории статистических решений, разработанные впервые в радиолокации.

Решение задач технической диагностики всегда связано с прогнозированием надежности на ближайший период эксплуатации (до следующего технического осмотра). Здесь решения должны основываться на моделях отказов, изучаемых в теории надежности. Вторым важным направлением технической диагностики является теория контролеспособности. Контролеспособностью называется свойство изделия обеспечивать достоверную оценку его технического состояния и раннее обнаружение неисправностей и отказов. Контролеспособность создается конструкцией изделия и принятой системой технической диагностики.

Крупной задачей теории контролеспособности является изучение средств и методов получения диагностической информации. В сложных технических системах используется автоматизированный контроль состояния, которым предусматривается обработка диагностической информации и формирование управляющих сигналов. Методы проектирования автоматизированных систем контроля составляют одно из направлений теории контролеспособности. Наконец, очень важные задачи теории контролеспособности связаны с разработкой алгоритмов поиска неисправностей, разработкой диагностических тестов, минимизацией процесса установления диагноза.

В связи с тем, что техническая диагностика развивалась первоначально только для радиоэлектронных систем, многие авторы отождествляют теорию технической диагностики с теорией контролеспособности (поиском и контролем неисправностей), что, конечно, ограничивает область приложения технической диагностики.

47. Основные задачи, возникающие при разработке систем распознавания образов.

1) Задача - связана с представлением исходных данных, получ-х как результат измерения, подлежащих распо-ю объекта. (задача связана с проблемой чувствительности). Результат измерения представлен в виде вектора. Если вектор содержит непрерывную Φ -то вектор специально формируется. Вектор образов содержит всю инфо об образах. Все их возможные значения с образуют пространство образов. Рис.

В случае 2-х измеряемых величин -это 2-х мерное пространство. Если измерения приводят к информации представленной действительными числами, то векторы образов рассматривают как точки n-мерного Евклид пространства. Множество образов m принадлежат к тому или иному классу, класс-совокуп точек рассеянных в некоторой области пространства образов. W_1, W_2 -классы при детермин. пдходе. Рис

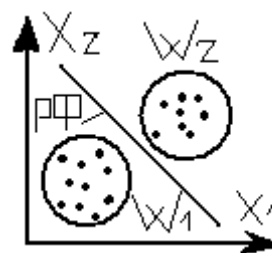
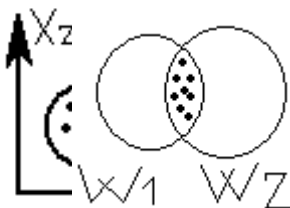
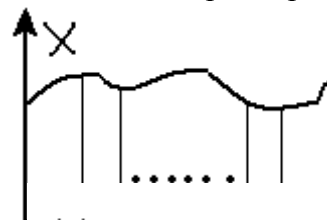
Классы образ непересек множ-ва, что объясняется характером измеряемых параметров -в этом случае используют детерминистский подход. Если множества пересекаются -то используют стохастический подход при распознавании. Рис

2) Задача связана с выделением определенных сво-в, харак-х признаков полученных исходных данных и снижении разм-ти векторов образов. Эта задача предварительной обработки и

выбора признаков. Признаки класса образов представляют собой характерные св-ва общие для всех образов данного класса. Признаки хар-ие различие между отдельными классами M . -это Межклассовые признаки. Внутриклассовые признаки в точки зрения распознавания не применяются. Выбор признаков -одна из важных задач построения системы распознавания!!.- определение полного набора признаков является трудным и порой невозможным -поэтому размерность вектора снижают с помощью преобраз-й обеспечивая при этом минимальные потери инфо.

3) Задача - построения системы распозн., кот. состоит в отыскании оптимальных решающих процедур, необход при идентификации и классификации. Обычна задача распозн. Рассматривается как построение границ областей, раздел классы. Границы строятся исходя из зарегистрир-х векторов измерений и наз-ся «решающими функциями»-РФ. Существует много алгоритмов получения РФ.

Решение задач 1 и 2 -предвар обработки и задачи получения оптим. реш. и классифик, обычно связано с необход-ю оценки и оптимизации ряда параметров, например -в процессе выделения признаков и в процессе принятия решения м. оспользоваться инфо, заключ в контексте образов.-при этом значительно увелич точность распознавания. Например полная автоматизация распознавания речи возможна только при наличии лингвистической инфо, дополняющей инфо, содерж-ся в записи звуковых сигналов. Кроме того что бы построить распозн-ю систему устойчивую к помехам-необходимо дополнение ее способностью к самонастройке -то есть решение задачи адаптации.



48. Предварительная обработка образов и выбор признаков.

Задача связана с выделением определенных сво-в, харак-х признаков полученных исходных данных и снижение разм-ти векторов образов. Эта задача предварительной обработки и выбора признаков. Признаки класса образов представляют собой характерные св-ва общие для всех образов данного класса. Признаки хар-ие различие между отдельными классами М. –это Межклассовые признаки. Внутрикласовые признаки в точки зрения распознавания не применяются. Выбор признаков-одна из важных задач построения системы распознавания!!.- определение полного набора признаков является трудным и порой невозможным-поэтому размерность вектора снижают с помощью преобраз-й обеспечивая при этом минимальные потери инфо.

49. Классификация образов. Решающие функции. Детерминистский подход.

Автоматич. распозн. образов всегда предполагает наличие некоторой системы обработки данных (инфо),имеющей вход и выход. На вход сист данные могут поступать от множества различных источников,напр. от физ объекта,находящ в среде или некоторого процесса или как некоторые отвлеченные данные.

Данные пост на вх системы распознавания,они сложны и вкл сигналы,кот часто являются простр или временными фф. Выходная информ сравнительно проста,она сводится к указанию одного из нескольких классов к которому пренадлежит образ.

Детерминированный подход.

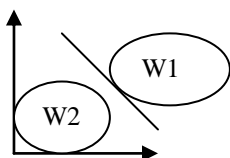
Методы:

1.Метод решающих фф.

$$d(x) = W_1x_1 + W_2x_2 + W_2 = 0$$

$$d(x) > 0 (x_1, x_2) \in W_2$$

$$d(x) < 0 (x_1, x_2) \in W_1$$



Данная прямая,является решающей функцией.Этот метод справедлив и для числа классов больше 2,реш ф будет несколько.

Успех примен метода зависит от факторов:

-вид решающей ф. $d(x)$,т.к. м. потреб-ся сложные грницы в n-мерном пространстве.

-от практической возможности опред-я коэф ф-ии $d(x)$: W_1, W_2, W_3 .

общий вид функции:

$$d(x) = W_1x_1 + w_2x_2 + \dots + W_nX_n + W_{n+1} = W_0^T X + W_{n+1}$$

$$X=(X_1. X_n)^T$$

$W=(W_1, W_{n+1})$ X, W -попленные вектор образов и весов.

В случае разбиения на 2 класса решающ ф-ая должна обладать св-вами:

$$d(x)>0 : \text{для } \forall x \in W_2$$

$$d(x) \leq 0 : \text{для } \forall x \in W_1$$

Если классы линейно делимы и в качестве реш ф выбрана прямая,то на основе обучающей выборки образов м. определить вектор весов W_0 .

Если класс входит в двумерных образа получим неравенства:

$$W_1 X_{11}^1 + W_2 + W_3 > 0$$

$$W_1 X_{21}^1 + W_2 X_{22}^1 + W_3 > 0$$

$$W_1 X_{11}^2 + W_2 X_{12}^2 + W_3 < 0$$

$$W_1 X_{21}^2 + W_2 X_{22}^2 + W_3 < 0$$

Решив систему получим знач коэф вектора параметров .Т.о. для непересек классов расположенных близко др к другу задача распознавания сводиться к нахождению решающ классф-х ф-ий.

Реализация:

1. С помощью ЭВМ
2. с помощью спец устройств.

50. Решающие функции. Статистический подход.

1. Стратегии Байеса. Допустим, что известны описания кластеров –плотности распределения вероятности X: P1(x), p2(x), а также априорные вероятности появления соотв-их классов P (Ω₁) P (Ω₂).

Q1- ошибка 1-го рода

Q2 – ошибка 2-го рода

В результате эксперимента будет получено конкретное значение признака X: Xк
Опр к какому он относиться.

Если образ класса Ω₁ приняли за образ класса Ω₂, совершена ошибка 1-го рода.

$$Q_1 = \int p1(x)d(x)$$

Если образ класса Ω₂ приняли за образ класса Ω₁, совершена ошибка 2-го рода.

$$Q_2 = \int p2(x)d(x)$$

Пусть значение признака x для каждого класса подчиняется норм закону распределения с мат ожиданием m1 и m2 и ср. квадратичн. отклонением G1 и G2.
Можно записать выражение:

$$P1(x) = \frac{1}{G1\sqrt{2n}} * e^{-\frac{(x-m1)^2}{2G_1^2}}$$

$$P2(x) = \frac{1}{G2\sqrt{2n}} * e^{-\frac{(x-m2)^2}{2G_2^2}}$$

$$Q_1 = \int p1(x)d(x) = -\Phi\left(\frac{x_0 - m1}{G1}\right)$$

$$Q_2 = \Phi\left(\frac{x_0 - m2}{G2}\right)$$

Вероятности правильных решений:

$$Д1=1-Q1$$

$$Д2=1-Q2$$

Функции потерь образуют матрицу :

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}$$

c_{11} c_{22} -потери, связ с првилньн решениями.

c_{12} c_{21} – потери связан с ошибками 1 и 2 рода.

Средние потери равны сумме потерь с учетом вероятности посткпания на вход системы объектов класса Ω_1 и Ω_2 .

λ_0 - коэф правдоподобия,отношение вероятностей распределения .

Существует и пороговое значение:

$$\lambda_0 = \frac{P_2}{P_1} - \text{«подставить и расписать»}$$

$$X_0 = \frac{G_2^2 m_1 - G_1^2 m_2 + \sqrt{(m_2 - m_1)^2 + (G_2 - G_1)^2 * Ln(\lambda_0^2 \frac{G_2^2}{G_1^2})}}{G_2^2 - G_1^2}$$

Значение X_0 позволяет оптимальным образом разделить пространство на области ,при этом ср. значение стремиться к мин, в этом и заключается стратегия Байеса.

2. Стратегия Неймона –Пирсона.

При построении сист распознания не известны априорные вероятности,тогда и используют метод Н- П.

Какие примем решения на основании результатов распознания неизвест образов опр допустим значение условн вероятн ошибки 1-го рода.

Затем устанавливаем границу m у классами,придерживаясь мин ошибки 2-го рода.

Решение будет удовлетворять выражению,кот. позволяет опр границу для распоз-я в соответств с поставлен условиями

51. Особенности построения систем технической диагностики процесса механообработки

Применительно к металлорежущему оборудованию показателями, определяющими качество технологического процесса, являются геометрическая точность, качество поверхностного слоя изготовленной детали и т.д. В этой связи контроль текущего состояния технологического процесса и диагностирование отказов элементов станочной системы существенно повышают точность работы станков, а также их производительность. Однако проблема реализации системы технической диагностики (СТД) усложняется большим количеством факторов, влияющих на появление отказов в станочных системах.

На основе анализа имеющегося опыта эксплуатации станков с ЧПУ (как представителей мехатронных станочных систем) можно сформулировать следующие основные особенности построения СТД [27]:

- СТД по функциям, структуре и используемым техническим средствам должна соответствовать уровню автоматизации производства, в котором эксплуатируются станки с ЧПУ;
- СТД должна являться составной частью общей системы управления станком с ЧПУ и создаваться на единой элементной базе с возможностью использования общих информационных каналов для всей системы управления;
- в СТД для получения диагностической информации должны максимально использоваться существующие устройства системы управления и обеспечения функционирования станка;
- система ЧПУ (в том числе содержащая ЭВМ) должна иметь систему

самодиагностирования, построенную с использованием тест-программ;
- СТД отдельного станка с ЧПУ, встроенного в автоматизированное производство, должна включаться в автоматизированную систему управления производством. В соответствии с изложенными выше способами и особенностями СТД могут быть построены на основе функционального и тестового диагностирования. В первом случае диагностирование осуществляется во время функционирования объекта, на который поступают только входные (рабочие) воздействия. Во втором случае диагностирование осуществляется при подаче на объект тестового воздействия. Действующие в настоящее время СТД, как правило, являются составной частью системы ЧПУ, причем реализация функций системы контроля и диагностики ограничиваются контролем состояния инструмента в процессе резания посредством наблюдения за различными косвенными параметрами, размерным контролем заготовок, деталей и инструмента с помощью индикаторов контакта и частичным контролем состояния оборудования. Работа такого встроенного средства диагностики базируется на дополнительном математическом обеспечении системы ЧПУ и рассчитана на поиск наиболее часто встречающихся неисправностей. Возможности встроенного средства диагностирования ограничены свободной памятью и быстродействием системы ЧПУ.

Контроль процесса механообработки включает получение и оценку данных измерительных устройств и параметров, характеризующих фактическое состояние станка в текущий момент времени, которое сравнивается с заданным состоянием. Последнее задается путем указания выбранных параметров, включающих характеристики станка, инструмента, заготовки, окружающей среды и обеспечивающих выполнение процесса обработки. При сравнении фактического и заданного состояний станка должен быть обеспечен контроль граничных значений, соответствующий функциональной модели объекта диагностирования, и контроль характера изменения параметров во времени, соответствующий параметрической модели.

СТД могут быть разделены на различные типы в зависимости от частоты и моментов времени получения данных измерения. Диагностирование может проводиться непрерывно, например, во время всего срока включения станка или во время процесса обработки. Ряд параметров может контролироваться периодически: через короткие или длительные промежутки времени (перед началом смены, в перерывах в обработке).

Актуальной является проблема прогнозирования неисправностей станочной системы. Прогнозирование базируется на непрерывном контроле параметров, которые наиболее точно характеризуют техническое состояние объекта. Одной из задач прогнозирования является определение ресурса инструмента, основанное на статистической обработке информации о фактической его стойкости или на анализе изменений размеров обрабатываемой детали.

Для диагностирования узлов СС может быть применен метод контрольных осциллограмм [27], основанный на использовании графиков временных функций различных параметров. Метод реализуется посредством датчиков и регистрирующей аппаратуры (осциллографы, самописцы). Рабочие осциллограммы, снятые с проверяемого узла, сравниваются с контрольной и устанавливаются их отличительные признаки, а затем по диагностическим картам определяется дефект. Метод контрольных осциллограмм может быть также реализован с помощью ЭВМ.

Использование подобного метода на специализированных испытательных стендах для контроля качества изготовления узлов станков позволило повысить надежность и эффективность станочного оборудования при эксплуатации. Для борьбы с неисправностями систем управления в настоящее время применяют тестирующие методы контроля. Обычно используются обнаруживающие и диагностирующие виды

тестирования. Обнаруживающие тесты позволяют локализовать отказы с точностью до блока или узла системы. Диагностирующие тесты дают возможность локализовать отказавший элемент в блоке или узле системы.

Особенностью системы теледиагностирования является применение ЭВМ для автоматического контроля функционирования устройств ЧПУ, автоматического диагностирования с локализацией до уровня типового элемента УЧПУ, возможность полуавтоматического диагностирования сложных УЧПУ типа CNC.

К системам диагностики и контроля режущего инструмента предъявляются следующие требования:

- возможность регистрации достаточного объема информации для обеспечения требуемой глубины диагностирования режущего инструмента;
 - высокая точность контроля состояния режущего инструмента;
 - возможность реализации контроля режущего инструмента непосредственно на станке;
 - визуализация получения информации о состоянии режущего инструмента;
 - минимальное время контроля и обработки данных;
- минимальная стоимость устройств, реализующих эти функции

52. Краткий обзор зарубежных и отечественных

В последнее время многие металлообрабатывающие станки ведущих фирм США, Японии, Великобритании, Италии оснащаются автоматическими контрольно-измерительными устройствами с цифровой индикацией.

Основой системы диагностирования в станках обычно является система ЧПУ в микропроцессорном исполнении. Фирмы Kerney and Trecker и Gidding and Lewis (США) снабжают отдельный станок или группу одиночных станков комплексом диагностической аппаратуры, диагностическими программами, который входит как стандартные принадлежности в систему ЧПУ.

Фирмой Gidding and Lewis разработана централизованная система технической диагностики. Устройство ЧПУ типа CNC соединяется кабелем с системой диагностирования. В памяти ЭВМ накапливается информация по каждому станку, в соответствии с которой назначаются сроки и виды проверок.

Для диагностирования неисправностей и обработки данных широко используются системы WM15 фирмы John Brown Automation Limited, которые выдают информацию об отказах оператору с указанием требуемых мер по их устранению.

В основном диагностирование станков производится на основе частного анализа колебаний отдельных узлов, а также спектрального анализа переходных процессов.

Анализ отечественных разработок в области технического диагностирования показывает, что в настоящее время реализованы системы, позволяющие на станках контролировать износ инструмента, колебания системы СПИД, работу датчика обратной связи и фиксировать отказы и нарушения нормальной работы.

53. Станочные системы как объект диагностирования.

Объектом анализа процесса механообработки в первую очередь являются станочные системы, принадлежащие к классу больших систем, в котором составляющие подсистемы объединены энергетическими и информационными связями с общей целью – размерным формообразованием.

В процессе работы станочной системы под действием различных видов энергии в формообразующих узлах происходят различные физические явления. Так, под действием нагружающих сил и источников тепла происходят упругие и тепловые деформации деталей и узлов станка, и т.п....

Каждое из этих физических явлений может быть оценено своим вектором информативных параметров, подлежащим контролю. Такая оценка является одной из основных задач технической диагностики. Станочные системы со своими входными и выходными параметрами, подверженные в процессе работы действию внешних дестабилизирующих факторов, могут быть представлены в виде объекта на который распространяются принципы автоматического управления.

Выходные параметры обычно оцениваются качеством изготавливаемых деталей, а также техническими характеристиками станочного оборудования и экономическими показателями процесса резания.

54. Выбор предпочтительных контролируемых параметров для диагностики станочной системы.

Информативные параметры станочной системы служат признаками, по которым диагностируют состояние СС. Диагностической ценностью обладают признаки, значения которых практически неизменны для однотипных станков, и вместе с тем значительно изменяются при переходе от одного состояния к другому.

Различными фирмами используются:

- датчики, измеряющие ток двигателя главного привода;
- тензодатчики на специальных втулках в опорах ходовых винтов для измерения соответствующих осевых сил на ходовых винтах;
- тензодатчики на подшипниках шпинделя для измерения трех(двух) составляющих сил резания;
- датчики для выявления деформаций шпинделя, измеряющие положение фланца шпинделя.

Требования предъявляемые к техническим характеристикам датчиков:

- заданная статическая точность измерения;
- определенные динамические характеристики;
- надежность и долговечность.

В системе технической диагностики предпочтительными являются косвенные информативные параметры, которые позволяют без изменения конструкции станочной системы осуществить контроль состояния оборудования и протекания процесса механообработки. (Например ЭП КИД и Термо-ЭДС)

55. Автоматизированный контроль и диагностика инструмента в процессе механообработки. Задачи автоматизированного контроля и диагностики инструмента.

Состояние режущего инструмента (РИ) в период его эксплуатации на станке определяется согласно ГОСТ 25751-83 совокупностью признаков, характеризующих способность режущего инструмента выполнять обработку резанием в заданных условиях с установленными требованиями.

Состояние РИ характеризуется следующими признаками:

- способностью лезвия РИ срезать припуск;
- способностью лезвия РИ формировать поверхность обработки детали заданных размеров (геометрии), не выходя за пределы соответствующих допусков;
- способностью лезвия РИ формировать рельеф поверхности с параметрами, не выходящими за пределы соответствующих допусков.

Потеря лезвием хотя бы одной из этих способностей свидетельствует об отказе РИ и необходимости его замены.

Таким образом, задачу контроля инструмента можно сформулировать как задачу своевременной замены инструмента, предупреждающего порчу обрабатываемой детали и поломку инструмента, изготовление которого требовало бы много времени.

С целью предотвращения поломок РИ на практике идут, как правило, путем снижения режимов резания и вынужденного снижения производительности токарной обработки. Замену инструмента осуществляют комплектно, по истечении периода, установленного расчетным или опытным путем.

Для уменьшения простоев оборудования, связанных с неправильной работой инструмента, необходимо учитывать несколько аспектов.

Первый аспект - предохранение или своевременное обнаружение поломок инструмента в ходе резания.

Второй аспект - ликвидация нарушений нормального процесса резания, проявляющихся в виде изменения значений силы резания, амплитуды вибраций, температуры и т.д.

Третий аспект - определение момента, когда дальнейшее использование инструмента нежелательно по экономическим соображениям либо из-за ухудшения качества обработки деталей.

Помимо распознавания нарушений нормального резания и состояния инструмента в задачи контроля процесса резания и инструмента должны быть включены еще и задачи принятия решений в зависимости от вида и причины нарушений.

Таким образом, задачи оперативного контроля в части, связанной с контролем состояния инструмента, являются довольно сложными. Для их успешного решения необходимо решить следующие вопросы:

- обнаружение корреляционных связей между различными нарушениями нормального состояния инструмента и параметрами, измеренными в процессе резания;
- разработка критерия затупления инструмента и алгоритмов распознавания нарушений нормального состояния инструмента по результатам измерений различных параметров и алгоритмов принятия решений по результатам распознавания;
- разработка датчиков (первичных преобразователей) для измерения различных параметров;
- разработка систем и устройств оперативного (т.е. в процессе работы) контроля;
- определение условий их эффективного применения.