МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра Автоматизации производственных процессов

Расчет показателей надежности

Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам
«Диагностика и надежность автоматизированных систем»,
«Надежность технических систем» для студентов направлений
220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
220400.62 «Управление в технических системах»

Курган 2014

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплины: «Надежность технических систем», «Диагностика и надежность автоматизированных систем»

Составила: доц. И.А. Иванова

Утверждены на заседании кафедры «14» декабря 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета «25» декабря 2013 г.

1. Основные понятия и определения

Задачами эксплуатации технической системы являются организация и проведение различных мероприятий, обеспечивающих подготовку к использованию, использование по назначению, поддержание исправного состояния.

Под эксплуатационными свойствами технической системы понимают ее надежность, готовность к выполнению основных функций, приспособленность к техническому обслуживанию, экономичность.

ГОСТ 27.002. **Надежность** – свойство, обеспечивающее возможность выполнения РЭС заданных функций с требуемыми характеристиками в течение заданного интервала времени.

Ненадежность проявляется в виде внезапных или постепенных отказов, которые связаны одновременно с двумя группами факторов:

- свойствами технических систем;
- внешними воздействиями.

И те и другие являются случайными функциями времени.

Техническая диагностика (ТД) – область науки и техники, включающая в себя разработку и применение методов и средств диагностирования объектов технической природы.

Диагностирование – определение действительного состояния реального объекта и его изменения во времени.

Чтобы установить действительное состояние технического объекта необходимо:

- установить, что и каким способом нужно проверить;
- установить: какие средства для этого потребуются.

Отсюда следует, что все задачи ТД разделяются на две группы:

1) анализ объекта и выбор метода проверок;
2) построение и применение технических средств для осуществления установленных проверок.

В ТД предполагается, что объект может находиться в конечном множестве N состояний. Переход объекта из одного состояния в другое обычно связан с возникновением неисправности в объекте, т.е. различают исправное (одно) и неисправные (много) состояния объекта. Состояния задаются качественно или значениями критериальных параметров изделий, перечисленных в технических условиях.

Все те состояния, которые позволяют объекту выполнить возложенные на него функции независимо от наличия в нем неисправностей, характеризуют более общее состояние: состояние работоспособности. Все остальные неисправности характеризуют неработоспособное состояние. Такая классификация состояний позволяет производить диагностирование в два этапа:

- определение работоспособности (контроль);
- обнаружение неисправности.

Изучение временного изменения критериальных параметров, характеризующих работоспособность, позволяет с некоторой вероятностью предсказать момент перехода объекта из работоспособного в неработоспособное состояние, т.е. осуществить прогноз состояния объекта. Успех прогноза определяется изученностью характера эволюции контролируемых параметров изделия в результате физико-химических процессов, протекающие внутри изделия, и эффективностью системы диагностики.

Степень локализации возникшей неисправности обычно согласована с ремонтопригодностью объекта и выполняется глубиной до сменных элементов. Процесс диагностики осуществляется в соответствии с алгоритмом диагностирования. В этом процессе участвуют:

- объект,
- оператор,
- средства диагностирования,
- методы диагностирования.

Организованные в систему эти элементы составляют систему ТД, следовательно, эффект диагностики определяется совокупностью свойств элементов, составляющих систему ТД.

Решение задач ТД начинается уже в процессе проектирования объекта. По результатам проектирования разрабатывают диагностические модели, которые отличаются от функциональных моделей назначением, т.е. предназначены для решения задач оценки внутреннего состояния изделий, а не их функциональных характеристик, определяемых назначением.

Анализ моделей позволяет сформулировать критерии работоспособности, определить признаки неисправностей и выбрать параметры, которые следует контролировать при диагностировании или прогнозировании состояния изделия.

Представление реального объекта диагностической моделью позволяет отвлечься от его физической природы и формализовать решение диагностических задач.

С рассмотренными понятиями ТД связаны понятия контроля и испытаний.

ГОСТ 16504. **Контроль** – проверка соответствия свойств продукции установленным техническим требованиям. Если требования сформулированы в целом по отношению к свойствам изделия, обуславливающим его пригодность к использованию по назначению, то это контроль качества. Если по отношению к параметрам, характеризующим состояние, когда изделие выполняет функции в соответствии с назначением, то это контроль работоспособности.

Испытания – экспериментальное определение количественных или качественных характеристик свойств объекта.

ГОСТ 17102. **Дефект** – каждое отдельное несоответствие установленным требованиям. Дефект может быть критичным, когда использование продукции по назначению невозможно, и не критичным в противном случае. Критичный

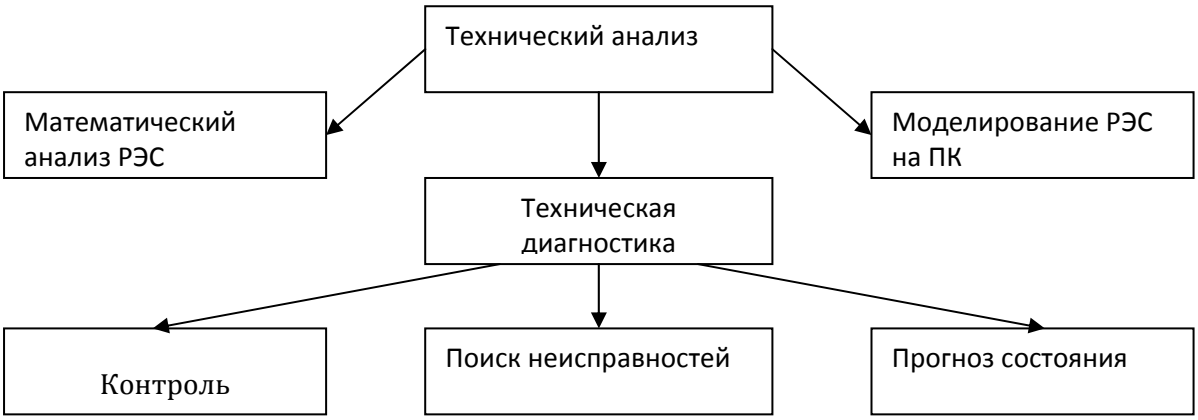
дефект – неисправность, которая приводит к отказу аппаратуры и потере работоспособности.

Различают скрытые и явные дефекты. Явные дефекты выявляются имеющимся диагностическим оборудованием. Скрытые дефекты – нет.

Различают тестовое диагностирование и функциональное. Особенность тестового состоит в возможности подать на объект специально организованные тестовые воздействия, а функциональные выполняются в рабочих режимах, когда на объект подаются только рабочие воздействия, предусмотренные рабочими алгоритмами его функционирования.

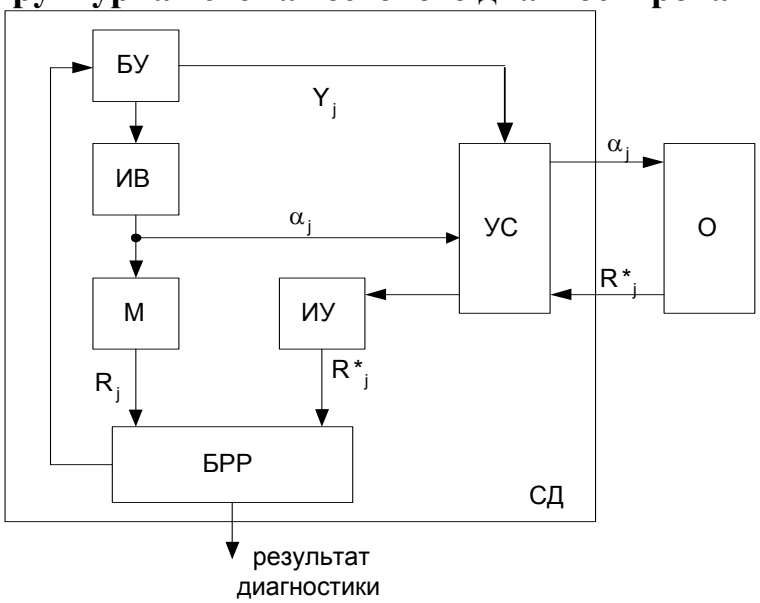
Процесс диагноза состоит из отдельных частей, каждая из которых характеризуется своим подаваемым на объект воздействием и соответствующей реакцией объекта. Эти части называются элементарными проверками, реализуемыми в соответствии с алгоритмом диагностирования.

Схема задач технического анализа



Т.о. ТД – это экспериментальные процедуры технического анализа объектов, представленных предметно.

Структурная схема тестового диагностирования



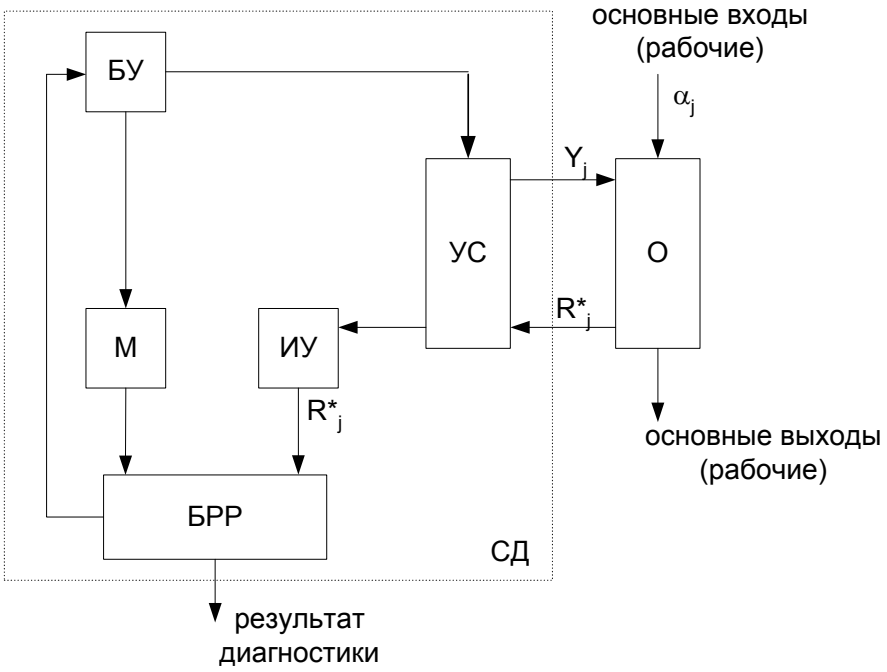
<u>Работа СД по схеме</u>. Пусть алгоритм задан и содержит множество элементарных проверок :

$$\mathbf{T=\{t_j\}.}$$

По команде **БУ** источник воздействий вырабатывает α_j воздействие из **j**-х элементарных проверок $\mathbf{t_j}$ составляющих алгоритм и в соответствии с алгоритмом подает их через **УС** на объект, а так же на модель объекта **М**. **УС** коммутирует канал связи по сигналам **БУ** $\mathbf{y_j}$**. БРР** анализирует результаты проверок $\mathbf{R_j^*}$ на каждом шаге или по окончании цикла проверок. Обратная связь с **БРР** на **БУ** – для тех алгоритмов, у которых последующий шаг зависит от результата предыдущего (условных алгоритмов).

Здесь **БУ** - блок управления, **ИВ** - источник воздействий, **УС** - устройство связи, **О** - объект, **УИ** - измерительное устройство, **БРР** - блок расшифровки результатов.

Структурная схема функционального диагностирования

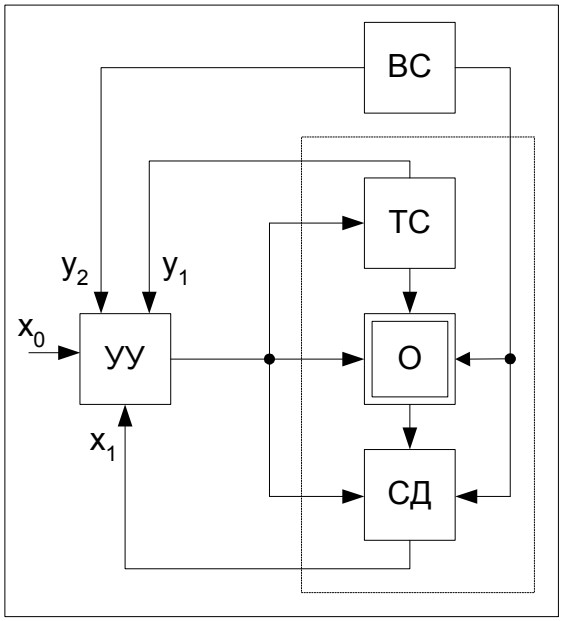


Результаты диагностирования необходимы для активных воздействий на объекты ТД, на условия их создания и применения с целью обеспечения качества изделий и эффективности процессов создания и применения РЭС.

Эти активные воздействия являются процессами управления. Системы управления, имеющие в своем составе системы ТД, называют **диагностическими системами управления.**

Структурная схема диагностической системы управления:

ВС - внешняя среда
УУ - устройство управления
О - объект
СД - система диагностики
ТС - технические службы производства
x_0 - цель управления
x_1 - результат диагностики объектов
y_1 - состояние технических служб
y_2 - состояние ВС



2. Средства и процедуры технической диагностики как элементы организационной системы ТД

Организационная система ТД включает в себя технику, персонал, методы работы в виде руководящих материалов и программное обеспечение.

Разнообразие конкретных видов ТД объясняется тем, что разнообразны объекты и процессы жизненного цикла, где используется ТД, а так же частные цели, в которых она используется. Различные виды ТД отличаются и способами получения информации и способами ее обработки и способами принятия решений. Но при всем том любые процедуры ТД сохраняют и общую цель и содержание в системе жизненного цикла. Эта общность позволяет выделить процедуры ТД в самостоятельную подсистему жизненного цикла.

По общему определению **идентификация** – это экспериментальное определение структуры и (или) параметров модели объектов, обеспечивающих наилучшее совпадение наблюдаемых переменных модели и реального объекта при одинаковых входных воздействиях.

Идентификация при ТД включает:

- выбор вида и структуры априорной модели объекта;
- выбор критериев близости характеристик модели и реального объекта, исходя из специфики задачи.
- построение апостериорной модели, адекватной реальному объекту – конкретному экземпляру, т.е. определение или уточнение структуры и (или) параметров модели, удовлетворяющих выбранным критериям близости по результатам направленного эксперимента, т.е. ТД

Направление эксперимента задается априорной моделью.

В широком смысле априорная модель - это все те сведения о структуре и параметрах объекта, которые мы имеем к началу экспериментального анализа конкретного экземпляра (диагностики): схемы, спецификации, конструкторская

документация и т.п.

Апостериорные модели включают в явном виде существенные параметры оператора $\overline{\overline{Z}}$ как характеристики его (объекта) состояния. На основе апостериорных моделей вычисляются фактические целевые показатели качества объектов ТД.

Содержанием следующего и заключительного этапа процедур ТД является процесс принятия решений.

Он включает:

- выбор критериев оценки целевых показателей объекта;
- оценку целевых показателей объекта путем сравнения фактических целевых показателей конкретного экземпляра с выбранными или заданными критериями;
- оценка надежности решений.

Таким образом, организационные системы ТД – это средства ТД, персонал, материальное обеспечение, документация, организованная в систему с целью и содержанием процедур в ТД.

3. Методы контроля цифровых устройств (ЦУ)

Контроль ЦУ состоит в реализации функциональных тестов и заключается

1) в подаче на ЦУ входного набора сигналов,
2) формировании выходного эталонного набора сигналов,
3) получение результатов логического сравнения эталонного и выходного с (ЦУ) наборов сигналов.

Контроль функций ЦУ осуществляется в процессе: а) проведения низкочастотного, б) функционально-параметрического, в) предельного функционального контроля (ФК). Первый без контроля статистических и (или) динамических параметров ЦУ для первоначальной оценки функционирования, при разработке или при испытаниях.

Функционально- параметрический контроль осуществляется с одновременным контролем статистических и (или) динамических параметров. Для проведения предельного ФК необходимо установить временную диаграмму входных наборов сигналов в соответствии со значениями динамических параметров при наименьшем значении тактового интервала (максимальной частоте).

Для проведения ФК используются различные методы, основанные на различных способах задания входных и получения выходных эталонных сигналов.

Пять наиболее распространенных методов ФК:

1. ФК ЦУ в составе ЦА (цифровой аппаратуры);
2. ФК ЦУ путем сравнения с физическим эталоном;
3. ФК с алгоритмической генерацией эталонных сигналов;
4. ФК по тестам разработчика ЦУ;
5. ФК путем сравнения с кодовым эталоном.

Охарактеризуем методы.

1-й состоит в том, что ЦУ устанавливается в ЦА, где его предполагается использовать или ее эквивалент. Результат ФК считается положительным, если ЦА демонстрирует работоспособное состояние. Метод прост, но глубина диагностирования определяется исключительно рабочими (не тестовыми) сигналами ЦА, которыми она обменивается с ЦУ. Метод используется при разработке, опытном производстве и ремонте.

2-й заключается в подаче последовательности входных сигналов одновременно на контролируемое ЦУ и эталон, в качестве которого могут быть:

- эталонное ЦУ,
- макет ЦУ, выполненный на более надежной и стабильной элементной базе, обычно более низкого уровня интеграции

Метод прост, но сложность состоит в выборе эталона и его первичной верификации, иначе говоря – доказательстве эталонного качества. Если удалось выбрать эталонное ЦУ, то на основе сравнения с эталоном можно контролировать и статические и динамические параметры. Метод наиболее производительный, используется при массовом производстве.

3-й основан на реализации функциональных тестов, когда входной и выходной сигналы можно связать простым алгоритмом и генерировать одновременно. Например, простые комбинационные ЦУ, функция которых может быть задана простыми логическими уравнениями или таблицами истинности.

4-й основан на реализации функциональных тестов, которые составляются разработчиком ЦУ программированием или в ходе моделирования ЦУ на ПК. Программа хранится в ПК, который является частью СТД.

5-й. На входы ЦУ подается псевдослучайный или последовательный двоичный код для (по возможности) полного перебора входных логических состояний ЦУ за время ФК, за исключением запрещенных. Выходные сигналы за время ФК преобразуются в двоичное число, которое называется «кодовый эталон» (сигнатура). Полученное число сравнивается с эталонной сигнатурой.

4. Структура системы контроля и диагностики

Процесс диагностирования представляет собой многократную подачу на объект диагностирования определенных воздействий и многократное измерение и анализ ответов (реакций) объекта на эти воздействия. В зависимости от способа подачи на объект диагностирования проверочных воздействий различают системы тестового и функционального диагностирования, обобщенные функциональные схемы которых приведены на рис.

Системы функционального диагностирования используют в качестве проверочных воздействий рабочие сигналы. Эти воздействия соответствуют рабочим алгоритмам функционирования объекта диагностирования и не могут

выбираться произвольно. Системы функционального диагностирования применяются, как правило, в процессе эксплуатации РЭА, например системы встроенного контроля. Они позволяют заменить в процессе работы отказавшие узлы резервными, переходить на другие режимы работы, для которых возникшая неисправность несущественна, т.е. строить адаптивные системы.

Однако ограниченность набора рабочих воздействий не всегда позволяет оптимально решать задачи диагностики. При необходимости увеличить глубину поиска неисправностей вводят датчики состояния более мелких узлов. Системы функционального диагностирования принципиально позволяют обнаружить отказ любого элемента, так как в практических схемах РЭА каждый элемент выполняет определенную функцию.

Системы тестового диагностирования используют проверочные воздействия, которые вырабатываются устройствами диагностирования. Поэтому как состав, так и последовательность подачи этих воздействий на диагностируемую РЭА определяются из условий эффективности контроля и диагностики. При этом для получения воздействий и ответных реакций можно использовать не только основные входы и выходы аппаратуры, но также внутренние узлы и ветви. Это способствует получению большей глубины поиска дефектов при меньших затратах времени и оборудования. Тестовое диагностирование может проводиться не только во время поиска неисправностей и наладки, но и при нормальном функционировании аппаратуры. Для того чтобы тестовые воздействия не влияли на нормальную работу диагностируемой аппаратуры, их подают, например, во время рабочих пауз данной части аппаратуры.

Контроль и диагностирование РЭА предполагает определенную ее идеализацию, при которой выделяются некоторые существенные (для контроля и диагностики) характеристики и отбрасываются второстепенные, т.е. реальная РЭА заменяется моделью**.**

При поиске неисправностей РЭА обычно представляют в виде функциональной модели или функционально-логической схемы. Функциональная модель отличается от структурной схемы выбором первичных функциональных элементов. Под функциональным элементом понимают часть объекта диагностирования (узел, каскад, группу каскадов, отдельный радио компонент), которая может находиться только в одном из двух состояний: исправна или неисправна. При построении структурной схемы исходят из закономерностей рабочих процессов в диагностируемой аппаратуре, в то время как при построении функциональной модели исходят из заданной точности локализации неисправностей с учетом конструктивных особенностей аппаратуры.

Как показывает практика, диагностирование необходимо вести до отказавшего радиокомпонента. При этом наиболее рационально поиск неисправностей проводить последовательно на разных уровнях: блок – модуль – каскад – радио компонент. В соответствии с этим строят несколько функциональных моделей: для устройства в целом с глубиной поиска

неисправности до блока или модуля, для каждого блока или модуля с глубиной поиска до каскада или отдельного радиокомпонента.

Исходными данными для построения функциональной модели являются: структурная схема объекта контроля и диагностики; принципиальная схема объекта контроля и диагностики; описание процессов, протекающих в объекте диагностирования; заданная глубина поиска неисправностей.

При построении функциональных моделей необходимо руководствоваться следующими правилами :

- в каждом функциональном элементе должны быть известны значения (номинальные, допуски) входных и выходных параметров, их функциональная зависимость и способ контроля;
- при выходе из допустимых пределов хотя бы одного из входных сигналов появляется выходной сигнал, который также выходит из допустимых пределов;
- функциональный элемент модели объекта диагностирования считается неисправным, если при всех входных сигналах, лежащих в допустимых пределах, на его выходе появляется сигнал, значения которого выходят из допустимых пределов;
- значения внешних входных сигналов всегда находятся в пределах допусков;
- если выходной сигнал i-го функционального элемента является входным для i-го функционального элемента, то значения этих сигналов совпадают;
- линии связи между функциональными элементами абсолютно надежны;
- любой первичный функциональный элемент модели может иметь только один выходной сигнал при произвольном конечном числе входных сигналов.

Функциональная модель выполняется в виде графической схемы, на которой каждый функциональный элемент обозначается прямоугольником с некоторым количеством входных стрелок (входных сигналов) и одной выходной стрелкой (выходным сигналом). Выход любого функционального элемента можно соединять с любым числом входов, в то время как вход любого элемента может быть соединен только с одним выходом. Входы, которые не соединены ни с одним выходом, называются внешними. Они передают внешние воздействия на диагностируемый объект. Внешние воздействия обозначаются x_{ij}, где *i* – номер функционального элемента, а j – номер входа этого элемента. Выходы функциональных элементов обозначаются z_i-, где i – номер функционального элемента.

После построения функциональной модели определяется множество возможных состояний объекта диагностирования. Общее их число при его разделении на *N* функциональных элементов при двуальтернативных исходах для каждого функционального элемента равно 2^N - 1. Однако в высоконадежных устройствах, к которым принадлежит РЭА, одновременное появление двух независимых отказов маловероятно. Тогда число возможных состояний диагностируемой РЭА можно определять как число сочетаний N элементов по одному:

$$C_N^1 = N$$

Число различных состояний диагностируемой аппаратуры с учетом отказов одновременно одного функционального элемента сводится в таблицу состояний или матрицу неисправностей. Последняя представляет собой таблицу, в которой число строк равно числу функциональных элементов модели, а число столбцов – числу контрольных точек (выходных элементов). Матрица неисправностей диагностируемого объекта, представленного на рис.5.1 приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

zi	Si							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Z1	0	1	1	1	1	1	1	1
Z2	0	0	1	1	1	1	1	0
Z3	0	0	0	1	1	1	1	0
Z4	0	0	0	0	1	1	1	0
Z5	0	0	0	0	0	1	1	0
Z6	0	0	1	0	0	0	1	0
Z7	0	0	0	0	0	0	0	0
Z8	1	1	1	1	1	1	1	0

Матрица неисправностей заполняется на основании логического анализа функциональной модели диагностируемой аппаратуры при условии, что все параметры в контрольных точках на выходах функциональных элементов контролируются. При этом предполагается, что если диагностируемая аппаратура находится в Si- состоянии, то неисправен только i-й функциональный элемент. Этому событию соответствует недопустимое значение выходного параметра z_i- и тогда на пересечении Si-.строки и $z_/$-столбца записывается символ 0.

Если при этом любой другой j-й функциональный элемент имеет также недопустимое значение *zj,* то на пересечении Si строки и zj-столбца также записывается символ 0. Если значение параметра находится в допуске, то на пересечении записывается символ 1.

Полученная матрица неисправностей используется при разработке программы поиска неисправностей.

5. Основные способы построения алгоритмов поиска неисправностей

Способ половинного разбиения. Способ половинного разбиения используется часто при разработке алгоритмов поиска неисправностей в РЭА с последовательно соединенными элементами. Рассмотрим два случая.

1. Диагностируемая аппаратура состоит из N последовательно соединенных функциональных элементов, неработоспособна из-за отказа j-го элемента (j = 1,2,…n). Вероятности состояний $P(S_i)$ одинаковы для всех функциональных элементов, стоимости контроля выходных параметров z_i также одинаковы. При этих условиях первым следует контролировать параметр, несущий максимум информации о состоянии диагностируемой аппаратуры, неопределенность состояния которой до контроля оценивается величиной энтропии

$$Ho=-\sum P(Si)\log_2 P(Si)=\log_2 N \qquad (5.1)$$

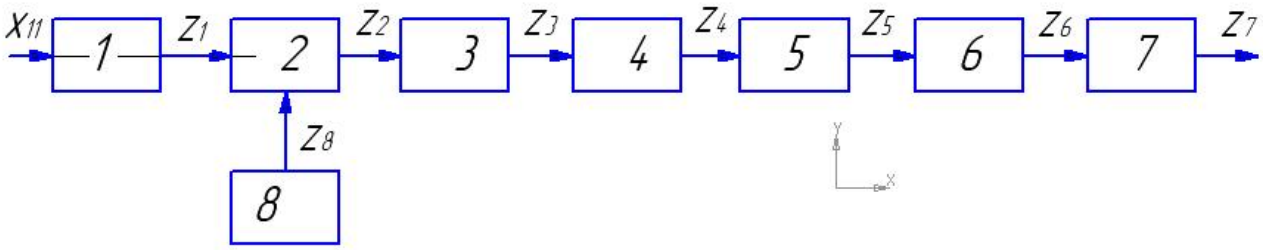


Рис.5.1 Функциональная модель объекта диагностирования

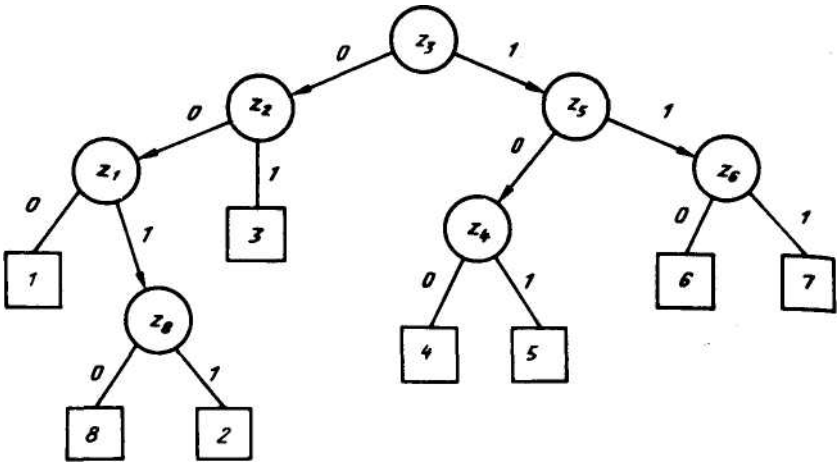


Рис.5.2.Схема поиска неисправностей в диагностируемом объекте

2. Вероятности состояний P(Sj) для функциональных элементов не-одинаковы, тогда необходимо контролировать такой параметр zk, который делит объект диагностики на части, вероятности состояния которых близки к 0,5. При этом

неопределенность состояния диагностируемого объекта при контроле параметра z к будет

$$H(zk) = - [Pк\log2\ Pk +(1 - Pk)\log2(1-Pk)] \qquad (5.2)$$

где Рк = $\sum H(Si)$; i = 1,2,..

Величина $H\{z_k)$ будет максимальна, если разность $P_к$ – 0.5 минимальна. После контроля параметра $z_к$ диагностируемый объект будет разделен на две части: первая содержит *к,* а вторая *N – к* элементов. При выборе очередного параметра для контроля необходимо вероятности состояний в каждой из этих частей пронормировать, т.е. пересчитать по формулам

$$P`(Si) = P(Si)/\sum P(Si),\ i = 1,2,\ldots,k \qquad (5.3)$$

$$P``(Si) = P(Si)/\sum P(Si),\ i= k+1,k+2,\ldots,N \qquad (5.4)$$

$$\text{При этом } \sum^{к}_{i+1} P`(Si) = 1 \text{ и } \sum^{N}_{i=r+1} P``(Si) = 1. \qquad (5.5)$$

Тогда вторым параметром выбирается z_i, который делит одну из вероятности состояний которых $\sum^{l}_{i+1} P`(Si) = {}^{=}0,5$. Такое деление продолжается до тех пор, пока состояние диагностируемого объекта не будет определено с заданной глубиной.

Способ половинного разбиения применим и для случаев, когда в диагностируемой аппаратуре неисправно несколько элементов.

Инженерный способ. Этот способ построения алгоритмов диагностирования основан на вычислении некоторых функций предпочтения. При этом исходными данными являются функциональная модель диагностируемого объекта и таблица неисправностей.

Функция предпочтения выбирается в соответствии с решаемой задачей диагностики и исходными данными. При этом рассматриваются три случая определения перечня параметров:

- для оценки работоспособности;
- для поиска неисправностей;
- для оценки работоспособности и поиска неисправностей.

Последовательность контролируемых параметров выбирается по экстремальным значениям выбранной функции предпочтения. Для удобства решения в матрице состояний строки и столбцы обычно меняют местами. Равенство некоторого ij-го матричного элемента (состояние элемента описывается символом 0 или 1) нулю означает, что отказ i-го функционального элемента влияет на выходной параметр j-го функционального элемента, т.е., контролируя параметр *zj,* можно определить состояние i-го функционального элемента. Таким образом, чем больше нулей в строке zj матрицы состояний, тем большую информацию несет данный параметр о состоянии

диагностируемого объекта. Отсюда функция предпочтения при оценке работоспособности диагностируемого объекта

Таким образом, целесообразно контролировать такой параметр $z_к$, который разбивает объект диагностики пополам, т.е. чтобы $H(z_к) = = Ho/2$ при положительном и отрицательном результатах контроля. Каждый последующий параметр для контроля выбирается аналогично, т.е. делят пополам образующуюся систему после выполнения предыдущей проверки в зависимости от результатов ее исхода.

Пример 1. Для устройства, функциональная схема которого приведена на рис.5.1, способом половинного разбиения построить алгоритм поиска неисправностей.

Решение. Так как диагностируемое устройство состоит из четного числа функциональных элементов, первым контролируется параметр Z_3, который разбивает диагностируемый объект пополам. При положительном исходе (Z_3 в допустимых пределах) принимают, что функциональные элементы *1, 2, 3* и *8* исправны, а неисправность находится в функциональном элементе *4, 5, 6* или 7. При этом следующим будет контролироваться параметр z_5 и т д. При отрицательном исходе контроля параметра z_3 следующим контролируется параметр z_2 и т.д. В результате получим схему поиска неисправностей в диагностируемом устройстве (рис. 5.2).

$$W_1 = \max_{i \in N} W_1(zi); \quad W_1(zi) = \sum_{j=1} So(ij). \quad (5.6)$$

где *So (ij)* = 1, если состояние *ij-го* матричного элемента описывается нулем и S_0 *(ij)* = 0, если состояние матричного элемента описывается единицей.

Первым для контроля берут параметр zi, у которого функция W(zi) имеет максимальное значение. В результате контроля данного параметра матрица состояний делится на две части. В одну часть входят состояния, для которых результаты контроля выбранного параметра имеют положительное, а в другую - отрицательное решения. Так как при оценке работоспособности объекта не требуется определять отдельные состояния, а нужно фиксировать только факт исправности или отказа, то в дальнейшем нужно контролировать только первую часть матрицы состояний. Для нее аналогичным образом нужно вычислить значения функции предпочтения W_1 (z_i) и выбрать для контроля параметр по максимуму. Если для диагностируемого объекта известны вероятности состояний *P(Si)*, то функция предпочтения

$$W'_2 = \max W_2(zi);$$
$$W_2(zi) = \sum_{j=1} P(Sj)\, So\,(ij) \qquad (5.7)$$

Пример 1. Объект диагностирования представлен функциональной моделью (рис. 5.3) и матрицей неисправностей (табл.5.1). Оценить работоспособность диагностируемого объекта.

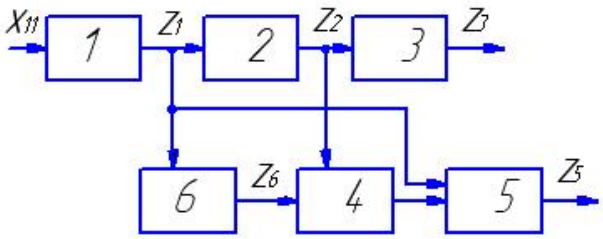


Рис.5.3 Функциональная модель диагностируемого объекта

Таблица 5.1

zi	Si					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Z1	0	1	1	1	1	1
Z2	0	0	1	1	1	1
Z3	0	0	0	1	1	1
Z4	0	0	1	0	1	1
Z5	0	0	1	0	0	1
Z6	0	1	1	1	1	0

Решение. Для каждого параметра Zi (табл.) по формуле (5.6) вычислим функцию предпочтенияW1.Вычисленные значения W1 занесем в табл. 5.2 . По максимальному значению функции W1 выбираем для контроля параметр Z5. В результате контроля Z5 матрица неисправностей делится на две части: в одну входят функциональные элементы 3 и 6, для которых результат контроля положителен, в другую часть входят функциональные элементы 1,2,4,5, для которых результат контроля отрицателен, что означает неисправность одного из этих элементов.

Таблица 5.2

zi	Si						W1
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Z1	0	1	1	1	1	1	1
Z2	0	0	1	1	1	1	2
Z3	0	0	0	1	1	1	3
Z4	0	0	1	0	1	1	3
Z5	0	0	1	0	0	1	4
Z6	0	1	1	1	1	0	2

Далее будем контролировать только первую часть матрицы (табл.). Для нее вычислим значения функции предпочтения W1и по максимуму этой функции выберем для контроля параметр Z3. В результате контроля этого параметра оставшаяся часть матрицы разделится на две части: неисправный функциональный элемент 3 и исправный 6. И, наконец, нужно проконтролировать параметр Z6.

Таблица 5.3

zi	Si		W1
	S3	S6	
Z3	0	1	1
Z6	1	0	1

Таким образом, для оценки работоспособности данного объекта диагностирования необходимо контролировать параметры Z5, Z3, Z6.

Рассмотрим составление алгоритма поиска неисправностей без оценки работоспособности диагностируемой аппаратуры. Максимальное количество информации дает контроль параметра, который делит все возможные состояния на две равные части. Тогда функция предпочтения

$$W4(Zi) = \min |\sum S_o (ij) - \sum S_1 (ij)| \qquad (5.8)$$

где $S_1(ij)=1$, если состояние матричного элемента описывается единицей, и $S_1(ij)=0$, если состояние элемента описывается нулем.

Первым для контроля выбирается параметр, для которого функция предпочтения W4 минимальна. Результаты контроля Zi разделяют матрицу состояний на две части. Для полученных частей вновь, как правило, вычисляются функции предпочтения. По их минимальным значениям выбирают второй контролируемый параметр (при положительном исходе контроля первого выбранного параметра). Совокупность параметров и последовательность их контроля выбирается до тех пор, пока множество N возможных состояний диагностируемого объекта не будет разделено на отдельные различные состояния с требуемой глубиной поиска неисправностей.

Пример 2**.** Построить алгоритм поиска неисправностей в устройстве (функциональная модель которого приведена на рис. 4.1, а матрица неисправностей – в табл. 5.4), используя функцию предпочтения 5.8.

Таблица 5.4

zi	Si							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Z1	0	1	1	1	1	1	1	1
Z2	0	0	1	1	1	1	1	0
Z3	0	0	0	1	1	1	1	0
Z4	0	0	0	0	1	1	1	0
Z5	0	0	0	0	0	1	1	0
Z6	0	0	1	0	0	0	1	0
Z7	0	0	0	0	0	0	0	0
Z8	1	1	1	1	1	1	1	0

Решение. Для каждого параметра *zi* табл. 5.4 по формуле (5.8) определяется значение функции W_4. Полученные значения записывают в табл. 5.5 и по минимальному значению функции выбирают для контроля параметр Z_3.

Таблица 5.5

zi	Si								W4
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
Z1	0	1	1	1	1	1	1	1	6
Z2	0	0	1	1	1	1	1	0	2
Z3	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Z4	0	0	0	0	1	1	1	0	2
Z5	0	0	0	0	0	1	1	0	4
Z6	0	0	0	0	0	0	1	0	6
Z7	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Z8	1	1	1	1	1	1	1	0	6

В результате контроля параметра z_3 табл. 5.5 делится на две части: в первую часть входят функциональные элементы *4, 5, 6 и 7,* для которых результат контроля $г_3$ положителен, в другую часть входят функциональные элементы *1*, *2, 3* и *8,* для которых результат контроля отрицателен, что означает неисправность одного из этих элементов. При поиске неисправностей контролю подлежат обе части матрицы, поэтому каждую из них представляем в виде таблицы: первую часть в виде табл. 5.6, а вторую – в виде табл. 5.7. Для каждой из полученных таблиц определяем значения функций предпочтения W4.

Таблица 5.6

zi	Si				W4
	S4	S5	S6	S7	
Z4	0	1	1	1	2
Z5	0	0	1	1	0
Z6	0	0	0	1	2
Z7	0	0	0	0	2

Таблица 5.7

zi	Si				W4
	S1	S2	S3	S8	
Z1	0	1	1	1	2
Z2	0	0	1	0	0
Z3	0	0	0	0	4
Z8	1	1	1	0	2

По минимуму W_4 в табл. 5.6 выбираем для контроля параметр Z_5, а в табл. 5.7- параметр Z1.

В результате контроля параметра Z_5 табл. 5.6 разбивается на две части: в одну часть входят элементы 6 и 7, для которых результат контроля Z_5 положителен, а в другую часть - элементы *4* к 5, для которых результат контроля Z_5 отрицателен. Полученные части матрицы представим в виде табл. 5.8 и 5.9 и находим для этих таблиц значения функций W_4.

По минимальному значению функции W_4 в табл. 5.8 выбираем для контроля параметр Z_6, а в табл. 5.9 - параметр Z_4. Тогда при положительном результате контроля z^ принимаем, что неисправен функциональный элемент 7, 5 при отрицательном - неисправен функциональный элемент *6.*

Таблица 5.8

Zi	*Si*		W4
	S6	S7	
Z6	0	1	0
Z7	0	0	2

Таблица 5.9

Zi	*Si*		W4
	S4	S5	
Z4	0	1	0
Z5	0	0	2

При положительном результате контроля пара метра Z_4 принимаем, что неисправен функциональный элемент *5,* а при отрицательном – неисправен элемент *4.*

В результате контроля параметра z, табл. 5.7 разбивается на две части: одна часть, состоящая из функциональных элементов 2, 3 и 8, соответствует положительному результату контроля z1 (табл.5.10); вторая часть, состоящая из одного функционального элемента *1,* соответствует отрицательному результату контроля и означает, что неисправен функциональный элемент *1.*

Для табл. 5.10 находим значения W_4 и по минимуму W_4 выбираем для контроля параметр z_2. Контроль параметра Z_2 требует деления табл. 5.10 на две части одна часть, соответствующая положительному результату контроля параметра z_2, указывает на неисправность функционального элемента *3;* другая часть, соответствующая отрицательному результату контроля параметра *z2,*, включает функциональные элементы *2* и *8.* Представим эту часть матрицы в виде табл. 5.11, определим для этой таблицы значения функции предпочтения W_4 и по минимуму функции W_4 выберем для контроля параметр z_8.

Таблица 5.10

zi	Si			W4
	S2	S3	S8	
Z2	0	1	0	1
Z3	0	0	0	3
Z8	1	1	0	1

Таблица 5.11

zi	Si		W4
	S2	S8	
Z2	0	0	2
Z8	1	0	0

При этом, если результат контроля параметра Z_8 положителен, то принимаем, что неисправен функциональный элемент 2, а если отрицателен, то принимаем, что неисправен функциональный элемент *8*.

Таким образом, на основе инженерного способа, используя функцию предпочтения (5.8), получим алгоритм контроля параметров Zi при поиске неисправностей в диагностируемом устройстве. Схема поиска неисправностей в диагностируемом устройстве показана на рис. 5.4.

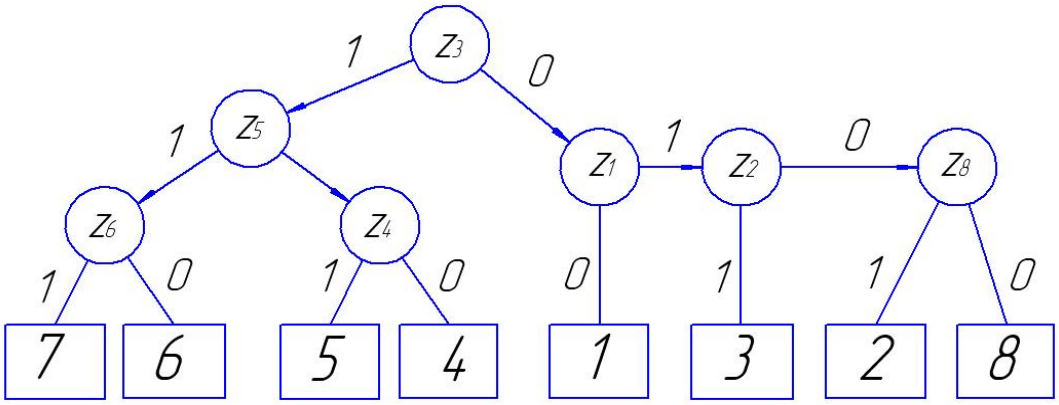


Рис. 5.4 Схема поиска неисправностей

При совместном контроле работоспособности диагностируемого объекта и поиска в нем неисправностей для создания алгоритма оценки работоспособности следует пользоваться функциями предпочтения

$$W1(Zi)= \max \sum So(ij) \quad i=1,2,\ldots N$$

$$W2(Zi)=\max \sum P(Sj)So(ij) \qquad (5.9)$$

$$W3(Zi)=\max\left(\sum P(Sj)So(ij)/C(zi)\right)$$

Для поиска неисправностей следует пользоваться функциями

$$W4(Zi)=\min \sum So(ij) - \sum S1(ij)$$

$$W5(Zi) =\min \sum P(Sj)So(ij) - \sum P(Sj)S1(ij) \qquad (5.10)$$

$$W6(Zi) = \min C(Zi)| \sum P(Sj)So(ij) - \sum P(Sj)S1(ij)$$

Алгоритм, построенный на основе инженерного способа, будет не всегда оптимальным, но этот способ применим для объектов различных структур.

6.Задачи для самостоятельного решения

Задача 1

На рис. 5.3 представлена функциональная схема диагностируемого объекта, в табл. 5.1 матрица неисправностей.

Построить алгоритм поиска неисправностей инженерным способом

Задача 2

На рис.5.5 представлена функциональная схема диагностируемого объекта, в табл. матрица неисправностей.

Построить алгоритм поиска неисправностей следующими способами:

1. Способом половинного разбиения
2. Инженерным способом

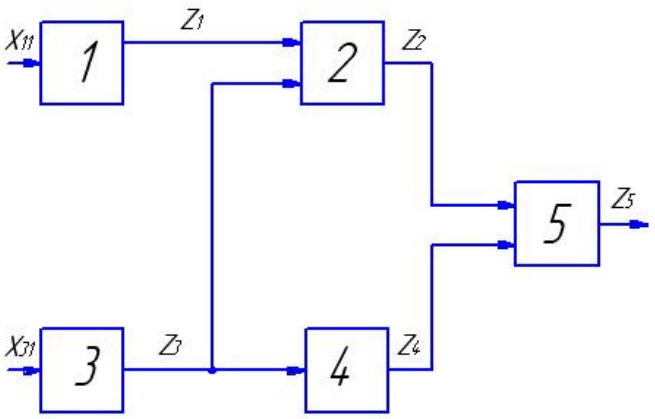


Рис. 5.5 Функциональная схема диагностируемого объекта

Таблица 5.12

zi	Si				
	S1	S2	S3	S4	S5
Z1	0	1	1	1	1
Z2	0	0	1	1	1
Z3	0	0	0	1	1
Z4	0	0	0	0	1
Z5	0	0	1	0	0

Иванова Ирина Александровна

Расчет показателей надежности

Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Диагностика и надежность автоматизированных систем», «Надежность технических систем» для студентов направлений 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств», 220400.62 «Управление в технических системах»

Авторская редакция

Подписано к печати 11.02.14 Формат 60x84 1/16 Бумага тип. №1
Печать цифровая Усл. печ. л. 1,5 Уч.-изд. л. 1,5
Заказ 57 Тираж 20 Не для продажи

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.