



Тема: Основы технической диагностики

Вопросы:

1. Диагностические модели ОК
 - 1.1 Классификация моделей ОК
 - 1.2 Таблица функций неисправностей



1 Диагностические модели ОК

- **Диагностическая модель объекта контроля (ОК)** – это совокупность количественных и логических зависимостей между параметрами, характеризующими техническое состояние объекта, и контролируемыми параметрами или их функциями.
- Диагностическая модель ОК является формальным описанием (в аналитической, табличной или другой форме) его поведения в различных состояниях.
- Построение модели составляет одну из основных задач теории контроля. В общем случае оно предусматривает:
 - а) изучение нормального функционирования ОК;
 - б) выделение элементов и связей между ними;
 - в) выделение возможных состояний объекта с учётом возможных отказов;
 - г) анализ возможностей контроля признаков, характеризующих состояние объекта.

1 Диагностические модели ОК

Требования к диагностическим моделям ОК :

- 1) модель должна быть достаточно абстрактной, чтобы ее можно было применять для описания сравнительно широкого класса объектов.
- 2) модель должна позволять выделять наиболее информативные параметры, которые отражают существенные особенности объекта и которые необходимо контролировать;
- 3) модели должны охватывать как можно большее количество состояний и позволять определять отказавший элемент;
- 4) модель должна быть удобной при технической реализации.

1 Диагностические модели ОК

- Математическая модель ОК может быть задана **явным** и **неявным** способом.
- **Явные** модели представляют собой совокупность формальных описаний исправного и неисправного объекта. При этом формы таких моделей для одного и того же объекта могут быть одинаковыми или

Обозначим символом x n - мерный вектор, компонентами которого являются значения входных переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$. Символом y обозначим m - мерный вектор внутренних переменных $y_1, y_2, \dots, y_m$.

Символом z обозначим k - мерный вектор значений k выходных сигналов $z_1, z_2, \dots, z_k$.

Запись

$$z = \psi(x, y_{нач}, t) \quad (2.1)$$

будем рассматривать как некоторый оператор, отражающий зависимость z от x , начальных значений $y_{нач}$ внутренних переменных, от времени t . Этот оператор может иметь аналитическую, графическую, табличную, логическую и другие формы.

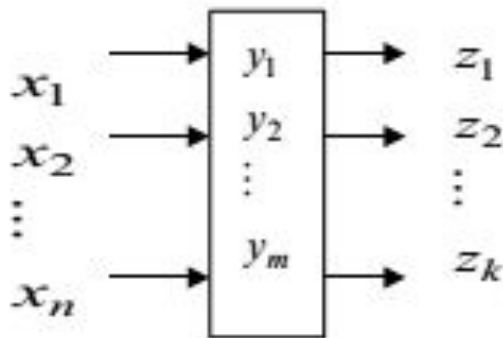
1 Диагностические модели ОК

- На рисунке представлена блок-схема, которая иллюстрирует математическую модель ОК.
- Система (2.1) является математической моделью исправного (работоспособного) объекта.

Описание (модель) неисправного объекта основано на выделении конечного множества N одиночных (элементарных) или кратких отказов и представляет собой оператор

$$\bar{z}_i = \bar{\psi}(x, y_i, t), \quad i = \overline{1, N}. \quad (2.2)$$

Этот оператор также может быть выражен в различных формах.



Описание (2.1) и совокупность $\bar{z}_i$ систем (2.2) для всех отказов образует **явную модель** объекта контроля:

$$\{z, \bar{z}_i\}. \quad (2.3)$$

1 Диагностические модели ОК

- **Неявные модели** представляют собой какое-либо одно формальное описание объекта и правила получения из этого описания другого описания.
- Чаще всего заданным описанием в таких моделях служит только описание исправного объекта (2.1). Поведение объекта в неисправных состояниях представляется косвенно через множество N возможных отказов, представленных их математическими моделями. **Неявную модель ОК** в этом случае образуют зависимость (2.1), множество N и способ вычисления зависимости (2.2) по зависимости (2.1) для любого i -го отказа, т.е.

$$z \rightarrow \bar{z}_i:$$

$$\{z, N, z \rightarrow \bar{z}_i\}$$

(2.4)

1 Диагностические модели ОК

Если математические модели отказов известны для всего множества N , то преобразованием $z \rightarrow \bar{z}_i$ можно получить все зависимости (2.2) и тем самым перейти от модели $\{z, N, z \rightarrow \bar{z}_i\}$ к явной модели $\{z, \bar{z}_i\}$.

Если же математические модели отказов неизвестны, то зависимости (2.2) можно получить в результате эксперимента над объектом контроля либо его модели.

Важным моментом является использование того или иного подхода к построению моделей. Среди таких подходов различают два: функциональный и структурный.

Функциональный подход к построению модели заключается в рассмотрении алгоритмов функционирования объекта. При этом внутренняя организация (структура) объекта может быть не известна или не иметь значения.

Структурный подход основан на использовании структуры объекта.

Модели ОК задают, используя понятия элементарных проверок и их результатов.

1.1 Классификация моделей ОК

Модели ОК можно разделить на 5 классов:

- 1) **параметрические;**
- 2) **непараметрические;**
- 3) **функциональные;**
- 4) **логические;**
- 5) **графовые.**

Параметрические модели.

Наиболее общей параметрической моделью является оператор объекта. Этот оператор может быть представлен в различных формах:

- а) дифференциальной;
- б) линейной интегральной;
- в) нелинейной интегральной;
- г) интегро-дифференциальной.

1.1 Классификация моделей ОК

Для непрерывных и линейных объектов параметрической моделью служат линейные обыкновенные дифференциальные уравнения или передаточные функции; для дискретных объектов – разностные уравнения.

Условия работоспособности объектов с такими моделями формируются в виде ограничений, допустимых значений на параметры, коэффициенты, нули или полюса передаточных функций. Выход этих показателей за установленные пределы считается отказом объекта.

Контроль работоспособности на основе таких моделей состоит в

- наблюдении за перемещением нулей и полюсов на комплексной плоскости, определённым путём изменения или расчёта параметров, коэффициентов;
- сравнении с допусками, ограничениями;
- формировании результата контроля.

Осуществлять такой контроль можно по состоянию элементов объекта или по реакции объекта на рабочие или стимулирующие сигналы.

Недостаток - неудобство отыскания отказавшего элемента и в сложность их применения для контроля объектов с нелинейными характеристиками.

1.1 Классификация моделей ОК

Непараметрические модели.

К непараметрическим моделям ОК относят временные (переходные и импульсные переходные функции), частотные и спектральные характеристики.

Использование этих моделей для контроля работоспособности позволяет получить в ряде случаев более точные результаты по сравнению с результатами контроля, основанными на использовании параметрических моделей. Однако такие модели, как и параметрические, малопригодны для диагностирующего контроля.

1.1 Классификация моделей ОК

Функциональные модели.

Функциональная модель непрерывных объектов представляет собой графическое изображение схемы ОК с указанием функциональных элементов и связей между ними, которые обозначаются линиями со стрелками, показывающими направление прохождения сигналов.

Под **функциональным элементом** понимается часть объекта, который может иметь несколько входов и только один выход и который находится в одном из двух несовместимых состояниях (работоспособном или неработоспособном).

1.1 Классификация моделей ОК

Для дискретных объектов функциональной моделью служит таблица истинности.

Составление функциональной модели осуществляется на основе функциональной или электрической схем объектов. При этом функциональная модель может не совпадать с функциональной схемой объекта.

Для многорежимных объектов функциональные модели должны составлять отдельно для каждого режима, в том числе с учётом выделения допустимых значений сигналов.

Сами по себе функциональные модели в виде схем не являются в полном смысле диагностической моделью объекта. Такими моделями можно считать таблицы функций неисправностей (ТФН), которые составляются на основе функциональной схемы. Именно ТФН являются табличной формой явных математических моделей ОК.

1.2 Таблица функций неисправностей

Множество технических состояний объекта обозначим символом E . Пусть $e_0 \in E$ обозначает исправное состояние объекта, а $e_i \in E$ - его неисправное состояние. Каждому i - ому неисправному состоянию соответствует e_i - ая неисправность из множества E .

Таблицей функций неисправностей (таблицей состояний или таблицей неисправностей) называется прямоугольная таблица, строкам которой поставлены в соответствие допустимые элементарные проверки π_i из множества Π , а столбцам технические состояния из множества E , или, что то же самое $\Psi_i (i = 1, 2, \dots, s)$, реализуемые объектом, находящимся в исправном e_0 или неисправном e_i состоянии.

В клетке (j, i) этой таблицы (табл.2.1), находящейся на пересечении строки π_j и столбца e_i , проставляется результат R_j^i элементарной проверки π_j объекта, находящегося в техническом состоянии e_i .

Таблицы снабжают столбцом e_0 , в котором указываются результаты R_j^0 , соответствующие исправному состоянию. Столбец e_0 задает функцию (2.6), а остальные её столбцы – реакции объекта, находящегося в неисправном состоянии, т.е. функции (2.7), обусловленных отказом элементов.

1.2 Таблица функций неисправностей

Табл.2.1. Пример таблицы функции неисправности

$\pi_i \backslash e_j$	e_0	e_1	...	e_l	...	e_s
π_1	R_1^0	R_1^1	...	R_1^l	...	R_1^s
π_2	R_2^0	R_2^1	...	R_2^l	...	R_2^s
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$
π_j	R_j^0	R_j^1	...	R_j^l	...	R_j^s
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$
π_n	R_n^0	R_n^1	...	R_n^l	...	R_n^s

1.2 Таблица функций неисправностей

Анализ ТФН дает возможность сформировать такие два свойства множества Π проверок:

- СВОЙСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ означает, что для любого неработоспособного состояния $e_i \in E$ найдется хотя бы одна элементарная проверка $\pi_j \in \Pi$, при которой результат проверки покажет, что объект неработоспособен т.е. $R_j^0 \neq R_j^i$.

- СВОЙСТВО РАЗЛИЧЕНИЯ всех состояний из множества E означает, что для каждой пары состояний-неисправностей $(e_i, e_k) \in E (i \neq k)$ найдётся хотя бы одна элементарная проверка $\pi_j \in \Pi$, при которой результат проверки отличается, т.е. $R_j^i \neq R_j^k$.

Наличие у множества Π свойства обнаружения неисправностей эквивалентно тому, что столбец e_0 таблицы функций неисправностей отличается от каждого из остальных её столбцов, а наличие свойства различимости – тому, что все столбцы таблицы попарно различимы.

1.2 Таблица функций неисправностей

Логические модели

Логические модели представляются в виде высказывающих форм, построенных на основе двузначной логики, и являются булевыми функциями, зависящими от ряда переменных, каждая из которых может принимать только два значения: 0 или 1.

Эти модели строятся на основе логических схем, представляющих собой совокупность элементов и связей между ними. Элементы имеют один выход и существенные для данного выхода входы. Работа элементов описывается функцией F входных сигналов (условий работы).

1.2 Таблица функций неисправностей

Допустим, что в объекте возможен отказ только одного блока и логическая модель объекта является правильной.

Логическая модель называется **правильной**, если для любой пары блоков, у которой выход одного является входом другого, области допустимых значений входа и выхода и области их недопустимых значений соответственно совпадают.

ТФН составляют двумя способами:

- *методом функций входных сигналов блоков модели;*
- *методом логического анализа.*

1.2 Таблица функций неисправностей

Составим ТФН или таблицу состояний, воспользовавшись методом функций входных сигналов блоков модели:

Функция F_i входных сигналов i -го блока есть конъюнкция правильных входов этого блока:

$$F_i = x_{i1} \cdot x_{i2} \cdot \dots \cdot x_{in} \quad (2.9)$$

Напомним, что КОНЪЮНКЦИЯ – операция логического умножения обозначается « $\cdot$ » или « $\wedge$ », « $\&$ ».

Символ « $\&$ » отражает операцию конъюнкции для двух переменных и определяется следующим выражением:

$$y = x_1 \cdot x_2$$

Тогда фактическое значение выхода π_i блока Q_i зависит от состояния блока (исправен - $Q_i=1$, неисправен - $Q_i=0$) и значения функции F_i .

Формально π_i является конъюнкцией переменных F_i и Q_i :

$$\pi_i = Q_i F_i \quad (2.10)$$

1.2 Таблица функций неисправностей

Принцип заполнения ТФН методом логического анализа заключается в следующем.

При состоянии e_0 (все блоки исправны) значения всех признаков состояний π_i соответствуют 1. Следовательно, столбец e_0 заполняется единицами. Для заполнения столбца e_1 полагаем отказавшим блок Q_1 . В этом случае $\pi_1 = 0$. Поскольку π_1 поступает на входы Q_2 и Q_3 , то их выходы π_2 и π_3 принимают значение 0. В результате столбец e_1 заполняется нулями. Отказ блока Q_2 определяет равенство нулю признаков π_2, π_4 и π_6 . Остальные признаки соответствуют 1. Аналогично заполняются оставшиеся столбцы ТФН.

Полученная табличная модель обладает свойством контроля работоспособности, поскольку столбец e_0 отличается от всех остальных. Следовательно, тест состояний и проверок $\pi_1 \dots \pi_6$ является проверяющим. Однако тест не является различающим, т.к. состояния e_1, e_3, e_5 и e_2, e_4 не различаются друг от друга. Для устранения неразличимости отказов необходимо расширить множество Π проверок, вводя в него дополнительные проверки или изменить структуру объекта на время проверки.

1.2 Таблица функций неисправностей

Появление недопустимой реакции (0) на выходе хотя бы одного элемента свидетельствует об отказе ОК в целом .

После заполнения таблицы состояний ее анализируют и выбирают минимальную проверяющую совокупность точек контроля для определения исправности системы и локализации любого единичного отказа с точностью до блока.