

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КС

В.І. Гостєв

(підпис, ініціали, прізвище)

"__" _____ 2015 року

Сторчак К.П.

(прізвище та ініціали автора)

ЛЕКЦІЯ 2

з навчальної дисципліни

Комп'ютерні технології вимірювань в телекомунікаціях

(назва навчальної дисципліни)

Тема 2: Мінімальні перевіряючі тести і мінімальні тести пошуку несправностей аналогових об'єктів діагностування

(номер і назва теми)

Заняття 2: Лекція №2

(номер і назва заняття)

Навчальний час – 2 години.

Для студентів інституту (факультету):

Навчально-науковий інститут

Телекомунікації та інформатизації

факультети Інформаційних технологій, Телекомунікацій

Навчальна та виховна мета:

Ознайомити студентів з побудовою мінімальних перевіряючих тестів об'єкту діагностування

Обговорено та схвалено на засіданні кафедри

“28” серпня 2014 року Протокол № 1

Зміст

- Вступ.
- 2.1 Основні поняття, визначення та складові об'єкту діагностування
 - 2.2 Тести і алгоритми технічного діагностування
 - 2.3 Модель несправностей об'єктів аналогового типу. Побудова логічної моделі об'єкту діагностування
 - 2.4 Побудова таблиць функцій несправностей
 - 2.5 Побудова мінімальних перевіряючих тестів (МПТ) та мінімальних тестів пошуку несправностей (МТПН)
- Заключна частина.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.И. Биргер Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Тоценко В.Г. Алгоритмы технического диагностирования дискретных устройств. – М.: Радио и связь, 1985.
3. Техническая диагностика, т.9/Под общ. ред. В.В.Клюева, П.П. Пархоменко – Машиностроение, 1987.
- 4.А.И. Биргер Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978.
5. Тоценко В.Г. Алгоритмы технического диагностирования дискретных устройств. – М.: Радио и связь, 1985.

Наочні посібники

Схеми, Презентація.

Завдання на самостійну роботу

1. Технічна діагностика комбінованих пристроїв.
2. Аналіз таблиць тестів для контролю працездатності.
3. Аналіз таблиць тестів для пошуку несправностей.

2.1 Основні поняття, визначення та складові об'єкту діагностування

Формальне дослідження завдань діагностування передбачає наявність формального опису (моделі) ОД. При цьому багато постановок і рішень найважливіших завдань технічної діагностики передбачають завдання безлічі допустимих несправностей і їх моделі.

Зазвичай під несправністю розуміють деяку модель фізичних дефектів в ОД. Як правило, кожній несправності можна поставити у відповідність деяку зміну зв'язків або параметрів елементів електричної схеми ОД. Наприклад, часто як допустимі розглядаються несправності типу *обривів і коротких замикань, вихід коефіцієнта посилення підсилювача за межі заданого допуску, наявність постійного рівня логічної одиниці або нуля на вводі цифрової мікросхеми* та ін.

Зазвичай модель несправностей залежить від елементної бази ОД, а також від використовуваної моделі ОД. Так, для ОД, що містять резистори, конденсатори, діоди, транзистори і т. п., в якості несправностей розглядають *обриви і короткі замикання резисторів, конденсаторів, пробої і закорочення напівпровідникових переходів, відхилення параметрів елементів схеми за межі встановлених допусків* та ін. В одній з методик побудови тестів мікропроцесорних пристроїв (з використанням функціональної моделі ОД) при несправності механізму вибору регістра відбувається перенесення даних від джерела не в заданий регістр, а в деякий довільний регістр; несправності механізму адресації приводять до втрати, зміщення в часі, а також до створення неправильних керуючих сигналів.

Математична модель ОД може бути задана в явному або неявному вигляді.

Явна модель ОД є сукупністю формальних описів справного об'єкту і всіх (точніше, кожної з тих, що розглядаються) його несправних модифікацій. Для зручності обробки всі вказані описи бажано мати в одній і тій же формі.

Неявна модель ОД містить який-небудь один формальний опис об'єкту, математичні моделі його фізичних несправностей і правила здобуття за цими даними всіх інших описів. Найчастіше, заданою є математична модель несправного об'єкту, по якому можна побудувати моделі його несправних модифікацій.

Загальні вимоги до моделей справного об'єкта, а також до моделей несправностей полягають у тому, що вони повинні з необхідною точністю описувати представляємі ними об'єкти та їх несправності. У неявних моделях об'єктів діагностування моделі несправностей, крім того, повинні задовольняти вимогу зручності їх "сполучення" з наявним описом об'єкта і тим самим забезпечити досить прості правила отримання інших описів об'єкта.

Справний або несправний об'єкт може бути представлений як динамічна система, стан якої в кожен момент t визначається значеннями вхідних, внутрішніх та вихідних координат. Але, є випадок, коли стан об'єкта не залежить від часу.

Об'єкти, всі сигнали яких можуть приймати значення з континуальних множин значень, віднесемо до класу аналогових (безперервних) об'єктів. До класу дискретних об'єктів зарахуємо ОД, значення сигналів яких задаються на кінцевих множинах, а час відраховується дискретно. Якщо значення частини контрольованих параметрів ОД задані на континуальних, а значення інших - на кінцевих множинах, то об'єкт є аналого-цифровим (гібридним).

Об'єкти називають *комбінаційними* або об'єктами без пам'яті, якщо значення їх виходів однозначно визначаються тільки значеннями їх входів. *Послідовними*, або об'єктами з пам'яттю, називають об'єкти, у яких спостерігається залежність значень їх виходів не тільки від значень входів, а й від часу.

В подальшому під *елементом* ОД будемо розуміти ту його частину, з точністю до якої потрібно визначити місце несправності. В залежності від заданої глибини пошуку несправностей в якості елемента ОД можуть виступати *пристрої складної радіоелектронної апаратури, блоки або ТЕЗи пристроїв РЕА, або окремі менш складні компоненти: корпуси або окремі елементи інтегральних мікросхем (ІМС), конденсатори, резистори та ін..*

Під *достовірністю результатів технічного діагностування* частіше за все розуміють імовірність того, що технічний стан ОД, визначений в процесі діагностування, збігається з його істинним станом.

Кожна перевірка пов'язана з визначеними (однією або декількома) контрольними точками (КТ) ОД. При фіксованому входному впливі перевірки відрізняються складом точок, в яких вимірюються вихідні впливи, або вимірюваними параметрами вихідних впливів. При фіксованій кількості контрольних точок і вимірюваних в цій точках параметрів перевірки можуть відрізнитись входними впливами. В загальному випадку перевірки відрізняються входними впливами, складом КТ і вимірюваними параметрами.

Послідовність входних впливів (сигналів), які потрібно подати на ОД або визначений елемент ОД, для визначення стану ОД, називається *допустимою послідовністю*. Для аналогових об'єктів ця послідовність може мати довжину 1, тобто складатися лише з одного впливу (сигналу). Для дискретних об'єктів ця послідовність може містити декілька мільйонів входних впливів (сигналів).

2.2 Тести і алгоритми технічного діагностування

Тестом діагностування (або просто тестом) називається одне або декілька тестових впливів і послідовність їх виконання, які забезпечують діагностування.

Алгоритмом технічного діагностування (АТД) називають сукупність дій про проведення діагностування, тобто сукупність правил вибору перевірок і обробки інформації при діагностуванні.

Розрізняють безумовні і умовні АТД.

При *безумовних АТД* вибір кожної наступної перевірки не залежить від результатів попередньої перевірки і тому результати діагностування визначаються після виконання всіх перевірок з деякої заданої сукупності.

Сукупність перевірок для безумовного АТД повинна бути завчасно визначена. Для аналогових ОД безумовний АТД по суті співпадає з тестом діагностування.

При *умовних АТД* кожна наступна перевірка вибирається в залежності від результатів попередньої перевірки і тому технічний стан ОД може бути визначено тільки по частині перевірок з заданої сукупності. Отже, умовні АТД забезпечують визначення технічного стану ОД за меншу кількість перевірок, ніж безумовні АТД.

З цього випливає, що умовні АТД завжди краще безумовних алгоритмів. Якщо час аналізу результатів перевірок більше, ніж час їх

виконання, тоді середній час технічного діагностування при безумовних АТД може бути меншим, ніж при умовних АТД.

Для одного і того ж ОД можуть існувати декілька різних АТД (умовних і безумовних), які відрізняються або складом перевірок, або послідовністю їх виконання, або і першим і другим.

Тому виникає задача оптимізації процесу технічного діагностування, яка полягає в побудові АТД, що забезпечують мінімальні витрати (зокрема, витрати часу) для визначення технічного стану ОД.

2.3 Модель несправностей об'єктів аналогового типу. Побудова логічної моделі об'єкту діагностування

Для формалізації методів побудови АТД необхідно ввести формальний опис множини станів ОД, множини перевірок його елементів, а також завдання значень результатів перевірок елементів для кожного з станів (або правил, за якими одержуються ці значення).

Задамо множину станів ОД, яку будемо позначати

$$S = \{s_i\}, i = \overline{0, M-1}, \quad (2.1)$$

де s_i - символ i -стану ОД;

M - число станів ОД.

Множина $S = \{s_i\}$ визначається з урахуванням потрібної глибини пошуку несправностей, а також з урахуванням заданої кратності несправностей.

Якщо метою технічного діагностування є визначення справності або несправності ОД, або визначення працездатності або непрацездатності ОД, тоді множина S містить два стани: справний і несправний стан ОД, або працездатний і непрацездатний стан ОД. Якщо ж метою діагностування є пошук несправностей, тоді множина S містить всі несправні стани ОД. Кількість цих станів з урахуванням справного стану ОД в залежності від кратності несправностей визначається співвідношенням (2.1) або (2.2). Зазначимо, що непрацездатний стан ОД є об'єднання всіх несправних станів ОД.

Задамо множину перевірок ОД, яку будемо позначати

$$P = \{\pi_j\}, j = \overline{1, L}, \quad (2.2)$$

де π_j - символ j -ї перевірки;

L - кількість всіх перевірок ОД.

Результатом j -ї перевірки є булева змінна $\omega_{j,i}$. Будемо вважати, що

$$\omega_{j,i} = \begin{cases} 1, & \text{якщо результат перевірки } \pi_j \text{ позитивний, при умові що ОД} \\ & \text{знаходиться в } i\text{-му стані;} \\ 0 & \text{- в протилежному випадку.} \end{cases}$$

Математична модель ОД повинна встановлювати відповідність поміж множиною значень результатів перевірок $\omega_{j,i}$ і множиною станів ОД $s_i \in S$. Найбільш поширеною формою математичної моделі ОД є *таблиця функцій несправностей (ТФН)*. ТФН являє собою булеву матрицю $\|\omega_{j,i}\|$, елементами якої є значення результатів кожної з перевірок $\pi_j \in \Pi$, при умові, що ОД знаходиться в стані $s_i \in S$.

При побудові ТФН спочатку, як правило, будується логічна модель (ЛМ) об'єкта.

Логічна модель будується на основі відомої структурної, або функціональної (принципової) схеми ОД. При цьому в залежності від заданої глибини пошуку несправностей визначають склад елементів і для кожного елемента визначають вхідні і вихідні впливи.

Логічна модель ОД будується графічно, додержуючись наступних правил:

- елементи ОД зображуються в формі прямокутників, які з'єднуються стрілками, напрямком яких співпадає з напрямком передачі сигналу (впливу);
- якщо вихід i -го елемента з'єднано з входом j -го елемента, це означає, що допустимий вихідний сигнал i -го елемента є допустимим вхідним сигналом j -го елемента, а недопустимий вихідний сигнал i -го елемента є недопустимим вхідним сигналом j -го елемента;
- кількість входів елемента повинна дорівнювати кількості допустимих вхідних сигналів, які надходять на елемент для одержання допустимого вихідного сигналу;
- кожний елемент повинен мати лише один вихід. Елемент, який має декілька виходів, наприклад k виходів, замінюється відповідною кількістю одновихідних елементів (рисунок 2.1);
- вихід елемента може бути з'єднаним з любым числом входів інших елементів, а кожний вхід елемента може бути з'єднаним лише з одним виходом іншого елемента.



Рисунок 2.1 – Розщеплення виходів елемента ОД

ОД можуть бути однорежимними і багаторежимними.

Однорежимним називається об'єкт, який реалізує один робочий алгоритм і в його реалізації беруть участь всі елементи і зв'язки об'єкта.

Багаторежимним називається об'єкт, який при різних умовах (різних режимах роботи) виконує різні робочі алгоритми, в реалізації яких

використовуються різні групи елементів і зв'язків об'єкту. Для багаторежимних об'єктів логічні моделі будуються для кожного режиму.

2.4 Побудова таблиць функцій несправностей

Таблиця функцій несправностей (ТФН) і таблиця несправностей (ТН) - це спеціальні форми подання поведінки ОД в справному та несправному станах.

Методи вирішення задач діагностування на основі ТФН і ТН досить прості, але їх побудова вимагає значних витрат обчислювальних ресурсів. Методи на основі ТФН і ТН звичайно доцільно застосовувати при середньо- і великосерійному виробництві електронної техніки, коли може бути виділено обмежене число можливих несправностей, а витрати на підготовку необхідної інформації окупаються за рахунок діагностування великого числа однотипних об'єктів. Крім цього ТФН і ТН дуже наочні і зручні для ілюстрацій результатів теоретичних досліджень.

ТФН містить відомості про поведінку справного ОД, а також ОД з кожною з допустимих несправностей.

Для побудови таблиці функцій несправностей (ТФН) потрібно мати наступні вихідні дані:

- логічну модель ОД;
- множину несправностей, яку необхідно виявляти при діагностуванні.

ТФН являє собою булеву матрицю $\|a_{j,i}\|$, кількість рядків якої дорівнює кількості перевірок елементів ОД, а кількість стовпців – кількості станів ОД.

Кожен рядок ТФН відповідає одній елементарній перевірці і позначається символом цієї перевірки. Вважається, що кожному елементу ОД відповідає одна перевірка.

Кожний стовпець ТФН відповідає одному технічному стану. Якщо необхідно виявити тільки одиночні несправності ОД, тоді ТФН містить кількість стовпців, яка дорівнює кількості елементів ЛМ плюс одиниця.

При побудові ТФН вважається, що на зовнішні входи ОД надходять допустимі впливи, які позначаються символами "1".

На перетині рядка π_j і стовпця s_i в ТФН записуються значення $a_{j,i}$ (0 або 1) результату перевірки π_j при умові, що ОД знаходиться в стані s_i .

Результат перевірки π_j буде позитивним, тобто $a_{j,i}=1$, якщо елемент i , з виходом якого зв'язана перевірка, справний і на всі входи цього елемента надходять допустимі впливи (сигнали). Якщо лише на один з входів елемента i надходить недопустимий вплив або (також) елемент i несправний, тоді результат перевірки π_j буде негативним ($a_{j,i}=0$).

Розглянемо побудову ТФН на прикладі логічної моделі ОД, яка наведена на рисунку 2.2.

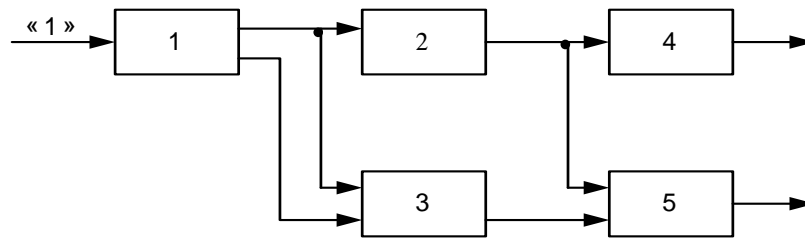


Рисунок 2.2 – Логічна модель об'єкту діагностування

Враховуючи те, що елемент 1 має два виходи, перетворимо ЛМ, замінивши цей елемент двома елементами 1_1 і 1_2 , які мають по одному виходу (рис.2.3).

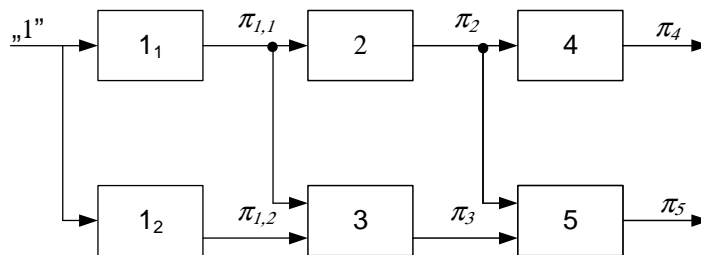


Рисунок 2.3 – Логічна модель ОД з одновихідними елементами

Множина технічних станів ОД (якщо вважати, що в ОД мають місце лише одиночні несправності) містить такі стани:

s_0 – об'єкт справний;

$s_{1,1}, s_{1,2}, s_2, \dots, s_5$ – стани ОД, при яких в об'єкті несправні відповідно елементи $1_1, 1_2, 2, \dots, 5$.

Множина перевірок елементів ОД містить шість перевірок, тобто $P = \{\pi_{1,1}, \pi_{1,2}, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5\}$.

Тому ТФН для даної ЛМ повинна мати сім стовпців і шість рядків (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Таблиця функцій несправностей
Стани ОД. Результати перевірок.

Перевірки ОД	s_0	$s_{1,1}$	$s_{1,2}$	s_2	s_3	s_4	s_5
$\pi_{1,1}$	1	0	1	1	1	1	1
$\pi_{1,2}$	1	1	0	1	1	1	1
π_2	1	0	1	0	1	1	1
π_3	1	0	0	1	0	1	1
π_4	1	0	1	0	1	0	1
π_5	1	0	0	0	0	1	0

Результати перевірок, наведені в таблиці 2.1 визначаються наступним чином.

Якщо ОД справний (стовпець s_0) на входи всіх елементів ОД надходять допустимі вхідні сигнали, тому на виходах всіх елементів породжується допустимі вихідні сигнали, тобто результати всіх перевірок позитивні.

При несправності елемента 1_1 (стовпець $s_{1,1}$ таблиці) на його вхід надходить допустимий вхідний сигнал, але на виході елемента формується недопустимий вихідний сигнал. Тому результат перевірки $\pi_{1,1}$ буде негативним.

Недопустимий вихідний сигнал елемента 1_1 є недопустимим вхідним сигналом для елементів 2 і 3, що породжує недопустимі вихідні сигнали на їх виходах. Недопустимі вихідні сигнали елементів 2 і 3 є недопустимими вхідними сигналами для елементів 4 і 5 тому на їх виходах будуть недопустимі вихідні сигнали. Тому результати перевірок π_2, π_3, π_4 і π_5 будуть негативними. На вхід справного елемента 1_2 надходить допустимий вхідний сигнал, що забезпечує формування на виході цього елемента допустимого вихідного сигналу. Тому результат перевірки $\pi_{1,2}$ буде позитивним.

Таким же чином визначаються результати всіх перевірок елементів ОД при інших несправностях (стовпці $s_{1,2}, s_2, \dots, s_5$ таблиці 2.1).

Результати перевірок елементів ОД можна одержати формально, використовуючи булевий вираз:

$$\omega_{j=i} = x_i \wedge \pi_j, \quad (2.3)$$

$$j \in J_i$$

де x_i – булева змінна, яка визначає стан i -го елемента;

J_i – множина номерів елементів, виходи яких зв'язані з виходами i -го елемента.

Змінна x_i визначається наступним чином:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-й елемент справний;} \\ 0, & \text{в протилежному випадку.} \end{cases}$$

Визначимо результати перевірок, користуючись формулою (2.3), наприклад, для стану S_3 (несправність елемента 3).

На входи елементів 1_1 і 1_2 надходять зовнішні сигнали, які завжди вважаються допустимими, що можна умовно інтерпретувати, як позитивні результати перевірок елементів, виходи яких з'єднані з входами вхідних елементів ОД. Вхідними в даному випадку є елементи 1_1 і 1_2 . Тому:

$$\begin{aligned} \omega_{1,1;3} &= x_{1,1} \cdot 1 = 1 \cdot 1 = 1; \\ \omega_{1,2;3} &= x_{1,2} \cdot 1 = 1 \cdot 1 = 1; \\ \omega_{2,3} &= x_2 \cdot \pi_{1,1} = 1 \cdot 1 = 1; \\ \omega_{3,3} &= x_3 \cdot \pi_{1,1} \cdot \pi_{1,2} = 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0; \\ \omega_{4,3} &= x_4 \cdot \pi_2 = 1 \cdot 1 = 1; \\ \omega_{5,3} &= x_5 \cdot \pi_2 \cdot \pi_3 = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0. \end{aligned}$$

Визначені таким чином значення результатів перевірок співпадають з відповідними значеннями стовпця s_3 таблиці 2.1.

Перетворимо дану ЛМ, додавши ланку зворотного зв'язку (ЗЗ) з виходу елемента 4 на вхід елемента 2 (рисунок 2.4):

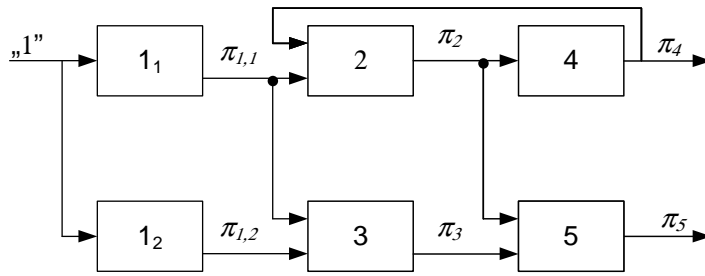


Рисунок 2.4 – Логічна модель ОД зі зворотнім зв'язком

ТФН для цієї ЛМ (рис.2.4) має наступний вигляд:

Таблиця 2.2 - Таблиця функцій несправностей з еквівалентними станами

Перевірки ОД	Стани ОД. Результати перевірок.						
	s_0	$s_{1,1}$	$s_{1,2}$	s_2 s_e	s_3	s_4	s_5
$\pi_{1,1}$	1	0	1	1	1	1	1
$\pi_{1,2}$	1	1	0	1	1	1	1
π_2	1	0	1	0	1	0	1
π_3	1	0	0	1	0	1	1
π_4	1	0	1	0	1	0	1
π_5	1	0	0	0	0	0	0

Порівняємо між собою таблиці 2.1 і 2.2.

В таблиці 2.1 всі стовпці несправних станів ОД різні. Тому всі несправні стани ОД можна визначити за результатами перевірок.

В таблиці 2.2 стовпці s_2 і s_4 однакові. Ця обставина обумовлена тим, що внаслідок зворотного зв'язку з виходу елемента 4 на вхід елемента 2 ці елементи створили макроелемент, і тому несправні стани елементів 2 і 4 в ТФН не розрізняються. В такому випадку один стовпець, або декілька однакових стовпців, якщо зворотним зв'язком охоплено більше ніж два елементи, закреслюється, а стовпець несправного стану ТФН, що залишається, замінюється стовпцем деякого еквівалентного стану.

В прикладі, який розглядається, закреслюється стовпець s_4 , а стан ОД s_2 замінюється стовпцем еквівалентного стану (див. табл.2.2).

2.5 Побудова мінімальних перевіряючих тестів (МПТ) та мінімальних тестів пошуку несправностей (МТПН)

Мінімальний перевіряючий тест (МПТ) будується в два етапи:

1. Будується усічена ТФН, в яку входять тільки рядки, які відповідають перевіркам вихідних елементів;
2. В МПТ включається мінімальна кількість перевірок вихідних елементів ОД, рядки яких спільно покривають нулями всі стовпчики несправних станів ОД.

В прикладі, що розглядається вихідними є елементи 4 і 5.

Усічена ТФН для них має такий вигляд (таблиця 2.3):

Таблиця 2.3 - Усічена ТФН для вихідних перевірок

Перевірки елементів	Стан ОД					
	s_0	$s_{1,1}$	$s_{1,2}$	s_e	s_3	s_5
π_4	1	0	1	0	1	1
π_5	1	0	0	0	0	0

Перевірка π_5 покриває нулями всі стовпці несправних станів ОД, тому в МПТ входить тільки ця перевірка.

$$МПТ = \{\pi_5\}$$

Це означає, що для визначення справного чи несправного стану ОД достатньо виконати тільки одну перевірку π_5 .

Побудова **мінімального тесту пошуку несправностей (МТПН)** будується в чотири етапи, що включають:

1. Визначення множини обов'язкових перевірок;
2. Побудову усіченої ТФН для множини обов'язкових перевірок;
3. Побудову таблиці покриттів;
4. Визначення множини додаткових перевірок.

1. *Визначення множини обов'язкових перевірок.*

В склад обов'язкових перевірок включаються:

- Перевірки вихідних елементів, які увійшли в МПТ;
- Перевірки інших елементів, які визначаються наступним чином. Якщо в ЛМ ОД є два елементи i та j та вихід елемента i з'єднаний тільки з входом елемента j , то перевірка π_i включається в число обов'язкових, в протилежному випадку перевірка π_i в число обов'язкових не включається.

Для прикладу, що розглядається в МПТ включається перевірка тільки одного вихідного елемента, перевірка π_5 , яка повинна бути включена в множину обов'язкових перевірок Поб.

З перевірок елементів ОД які не є вихідними, в число обов'язкових включаються перевірки $\pi_{1,2}$ та π_3 , так як вихід елемента 1_2 з'єднаний тільки з входом елемента 3, а вихід елемента 3 – тільки з входом елемента 5.

Перевірки елементів 1₁ та 2 не включаються в число обов'язкових, тому що виходи цих елементів з'єднані з входами двох елементів. Таким чином,

$$Поб = \{\pi_{1,2}, \pi_3, \pi_5\}.$$

2. Побудова усіченої ТФН.

Наступним етапом побудови МТПН є побудова усіченої ТФН, в яку включаються тільки рядки обов'язкових перевірок (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Усічена ТФН для обов'язкових перевірок

Перевірки елементів	Стан ОД					
	s_0	$s_{1,1}$	$s_{1,2}$	s_e	s_3	s_5
$\pi_{1,2}$	1	1	0	1	1	1
π_3	1	0	0	1	0	1
π_5	1	0	0	0	0	0

Аналізуючи таблицю 2.4 видно, що в усіченій ТФН для множини Поб існують дві пари нерозрізнених станів: $\{s_{1,1}, s_3\}$ та $\{s_e, s_5\}$.

3.1 Побудова таблиці покриттів.

Для розрізнення пар нерозрізнених станів будується таблиця покриттів і визначається множина додаткових перевірок $\Pi_{дод}$.

Таблиця покриттів це прямокутна матриця (див. табл. 2.5), число стовпців якої дорівнює числу пар нерозрізнених станів, а число рядків дорівнює числу перевірок які не увійшли в число обов'язкових. В клітинах таблиці записується символ 1, якщо перевірки π_i розрізняють стани, які увійшли в ту чи іншу пару станів, і символ 0 – в протилежному випадку.

Таблиця 2.5 – Таблиця покриттів

Перевірки елементів	Пари станів	
	$\{s_{1,1}, s_3\}$	$\{s_e, s_5\}$
$\pi_{1,1}$	1	0
π_2	1	1
π_4	1	1

3.2 Визначення множини додаткових перевірок.

В множину додаткових включається мінімальна сукупність перевірок елементів, які не увійшли в число обов'язкових і які спільно покривають одиницями всі стовпці таблиці покриттів.

Для прикладу, що розглядається можливі дві додаткові перевірки:

$$\Pi_{дод}^1 = \{\pi_2\} \text{ та } \Pi_{дод}^2 = \{\pi_4\}.$$

Якщо в усіченій ТФН є декілька однакових стовпців несправних станів s_i , s_j та s_k то стовпці таблиці покриттів позначаються всіма можливими сполученнями пар станів, тобто парами станів $\{s_i, s_j\}, \{s_i, s_k\}, \{s_j, s_k\}$.

4 Визначення МТПН.

Мінімальний тест пошуку несправностей визначається шляхом об'єднання множини обов'язкових і додаткових перевірок МТПН $\Pi_{об}$ і $\Pi_{дод}$.

Для прикладу, що розглядається, можливі дві множини додаткових перевірок, тому існують два МТПН:

$$МТПН1 = \Pi_{об} \cup \Pi_{одд}^1 = \{\pi_{1,2}, \pi_3, \pi_5\} \cup \{\pi_2\} = \{\pi_{1,2}, \pi_2, \pi_3, \pi_5\},$$

$$МТПН2 = \Pi_{об} \cup \Pi_{одд}^1 = \{\pi_{1,2}, \pi_3, \pi_5\} \cup \{\pi_4\} = \{\pi_{1,2}, \pi_2, \pi_4, \pi_5\}.$$

Заклучна частина

Тема заняття розкрита повністю. Заплановані питання розглянуті в повному обсязі.

Доцент кафедри КС, к.т.н.

К.П. Сторчак