

ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Розділ 1 : “Загальні положення та методи технічної діагностики”

доц. Бороденко Ю.М.

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

VIII семестр: 42год Л + 28 год ЛР = Інтегрований залік

РОЗДІЛИ (залікові модулі)

- 1. Загальні положення та методи технічної діагностики (для проектувальника діагностичних систем)**
- 2. Засоби діагностування (для розробника та оператора-діагноста)**
- 3. Методи діагностування (для технолога-діагноста)**

ЗМІСТ РОЗДІЛУ 1

1.1 Основні положення предмету технічної діагностики

- 1.1.1 Основні визначення, аспекти та завдання технічної діагностики
- 1.1.2 Властивості та параметри технічних систем
- 1.1.3 Види та способи перевірок технічних систем

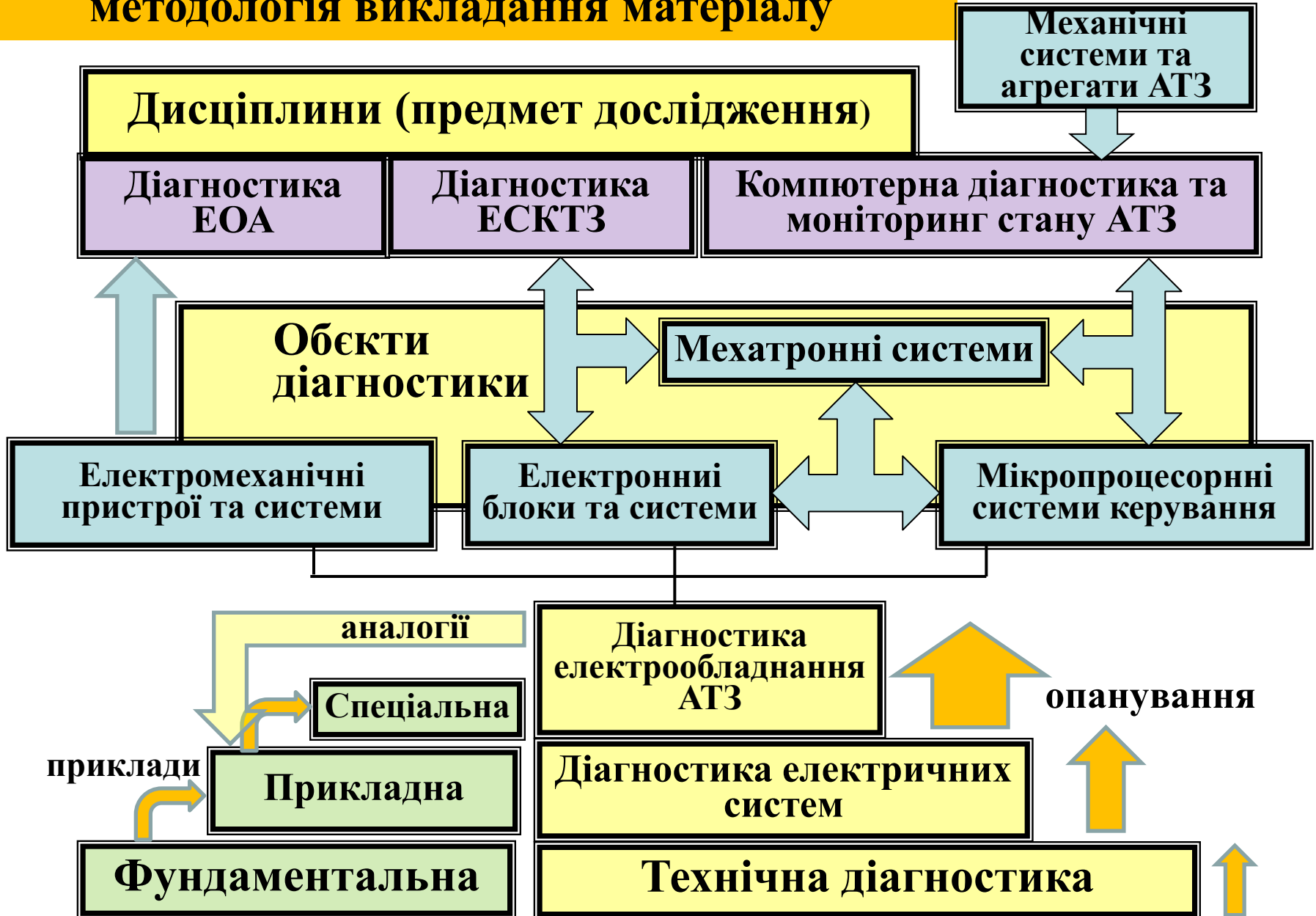
1.2 Побудування та аналіз діагностичних моделей електричних систем

- 1.2.1 Побудування та аналіз функціональної діагностичної моделі
- 1.2.2 Побудування та аналіз дискретної діагностичної моделі
- 1.2.3 Способи розв'язування нерозрізняльності в таблицях несправностей
- 1.2.4 Особливості побудування цифрових діагностичних моделей

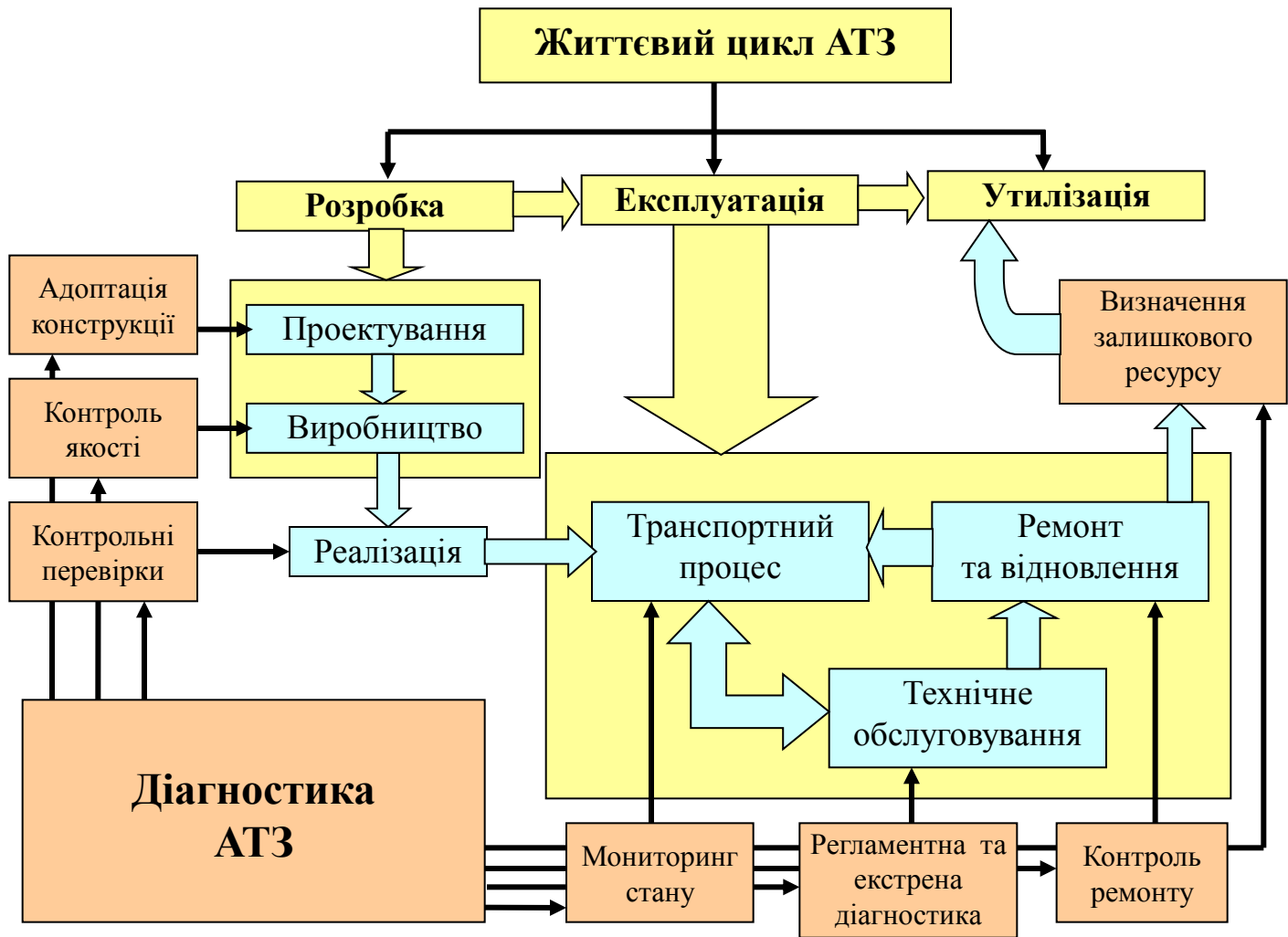
1.3 Методи визначення діагностичних тестів та побудування алгоритмів діагностування

- 1.3.1 Формування таблиці покриттів та її властивості
- 1.3.2 Визначення діагностичних тестів методом скороченого перебору
- 1.3.3 Визначення діагностичних тестів методом еквівалентної нормальної форми
- 1.3.4 Побудування алгоритмів діагностування з використанням функцій переваги

Структура блоку дисциплін з діагностики та методологія викладання матеріалу



1.1.1. Основні визначення, завдання та аспекти технічної діагностики



Структура системи діагностики в життєвому циклі АТЗ

1.1.1. Основні визначення технічної діагностики

Технічна діагностика (ТД) = форми прояву відмов + методи знаходження дефектів + принципи побудування діагностичних систем.

Дефект – невідповідність виробу вимогам, які встановлені нормативно-технічною документацією.

Технічний стан об'єкта – сукупність підданих зміні властивостей, що характеризують ступінь функціональної придатності об'єкта в заданих умовах цільового застосування.

Контроль технічного стану об'єкту – визначення виду технічного стану об'єкта.

Вид технічного стану характеризується відповідністю або невідповідністю якості об'єкта певним вимогам. (справність і несправність; працездатність і непрацездатність; правильне, неправильне функціонування)

Діагностична система (ДС) = засоби + методи діагностування > технічний стан раціональним способом (автоматично).

Об'єкт діагностування (ОД) – (система, пристрій, агрегат) > 2с+2ехпе

Система діагностики (СД) = ДС + ОД > придатність до Д на етапі проектування.

Операції перевірки (ОП) – дії по проведенню перевірки

Перевірка (П) = € ОП

Діагностичний тест (ДТ) = € П (МДТ, ОДТ)

Діагностичний параметр (ДП) – апаратна оцінка (неявно характеризує стан ОД).

Симптом (С) – суб'єктивна оцінка (форма прояву відхилення ДП від норми).

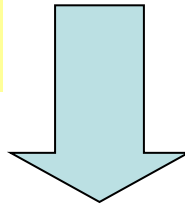
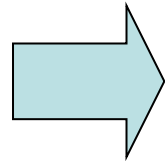
Діагноз = ДП + С = локалізація несправності ОД.

Алгоритм діагностування (АД) – послідовність П(ДТ) > діагноз.

Аспекти технічної діагностики та завдання діагностування

Перший аспект ТД (дослідження ОД)

- 1 Функціонування
- 2 Блоки та зв'язки
- 3 Перелік відмов (станів)
- 4 Обирання ДП та засобів виміру
- 5 Ймовірності відмов (станів)
- 6 Витрати на перевірки



Другий аспект ТД (побудування математичних моделей ОД та методів їх оптимального аналізу):

- 1 Визначення ДТ
- 2 Побудування АД (моніторингу стану)

Мета діагностування:

1. Контроль фактичного стану ОД.
2. Локалізація несправного елемента.
3. Визначення причин відмови (несправності).
4. Визначення обсягу та глибини ТО, Р.
5. Прогнозування технічного стану ОД.

1.1.2. Параметри та властивості технічних систем

Вихідні ДП = f(структурні ДП)
Номинальне значення ДП

Основні + Допоміжні
Граничні значення ДП

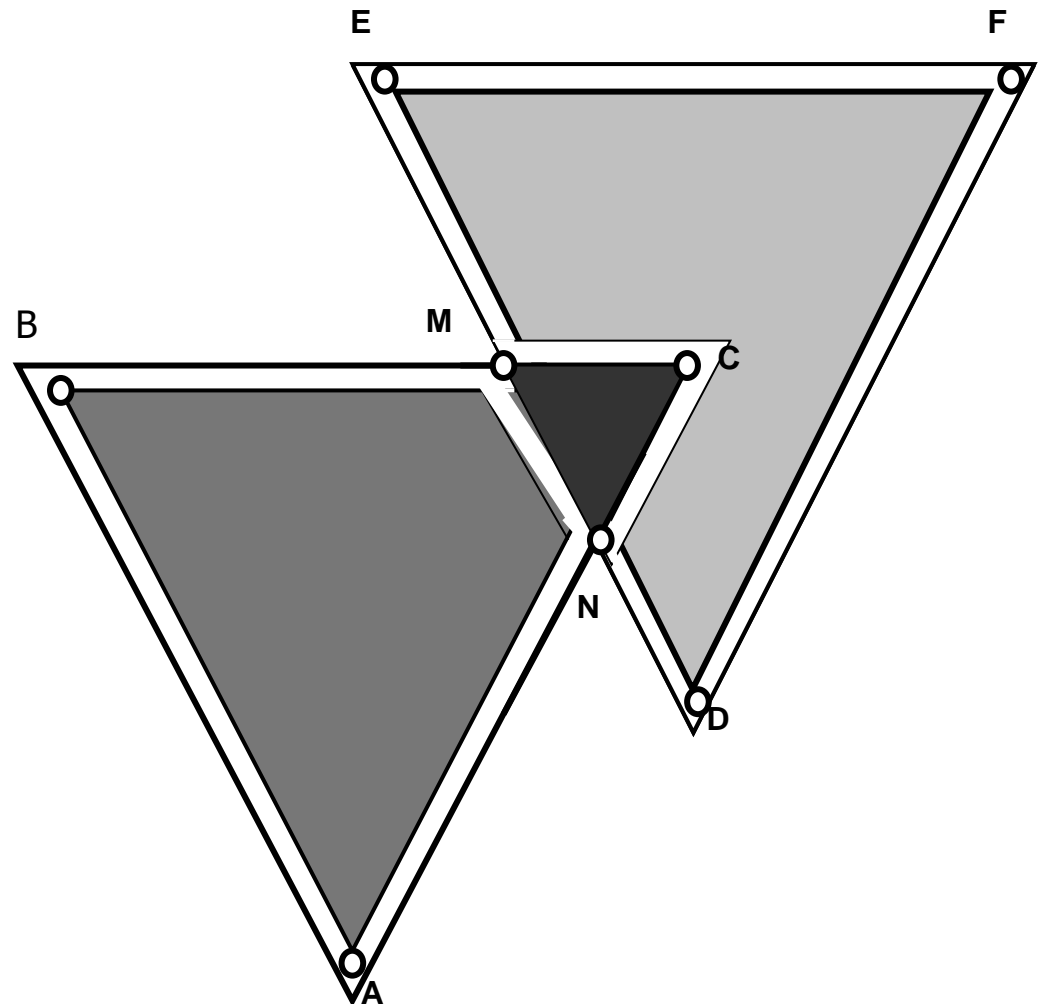
Вимоги до ДП

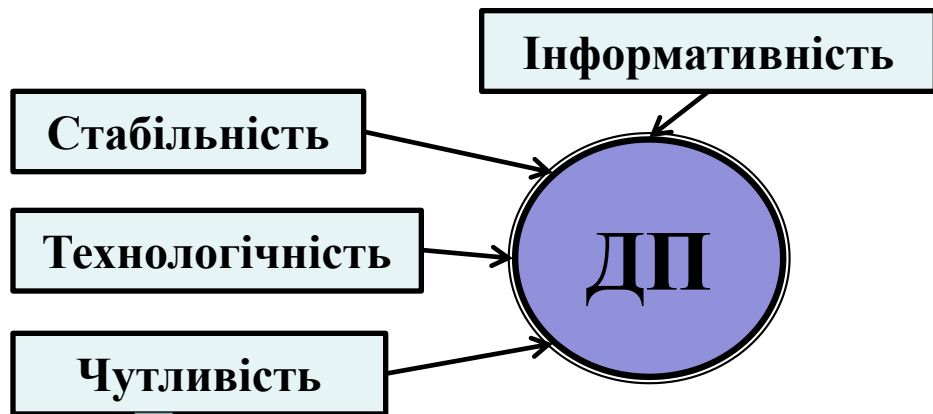
Чутливість ДП
Інформативність ДП
Стабільність ДП
Технологічність вимірювання

Число несправних станів

$$N = m^n - 1$$

ABC – несправні;
DEF – дієздатні;
BMNA – не дієздатні;
DNCMEF – справні;
MCN - несправні, дієздатні.

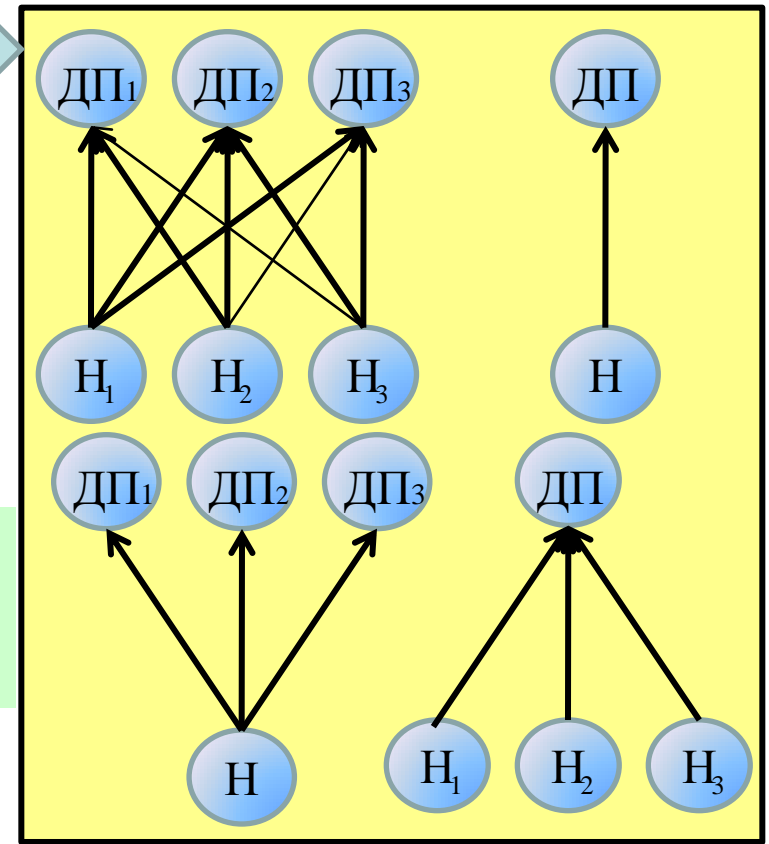




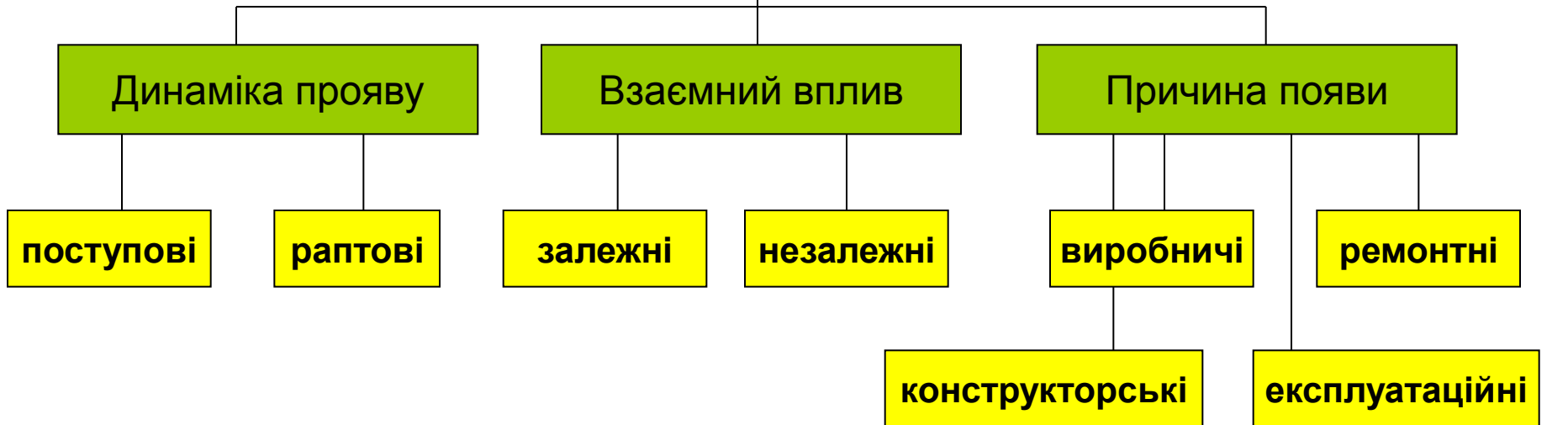
Критерії вибору ДП



бієктивне
строго не функціональне
загального вигляду
строго неінєктивне



Класифікація відмов



Метод діагностики визначається засобами діагностики, що застосовуються, видом перевірок та діагностичного параметра, умовами проведення діагностичних операцій та факторами, які оптимізують процес діагностування.

Діагностичні параметри електричних систем

Постійних параметрів - напруга, струм, опір
омметри, вольтметри амперметри постійного струму.

Діючих значень - напруга, струм, опір
амперметри, вольтметри вимірювальні мости змінного струму.

Часові - період, частота, тривалість імпульсів та їх шпаруватість.
частотоміри, осцилографи.

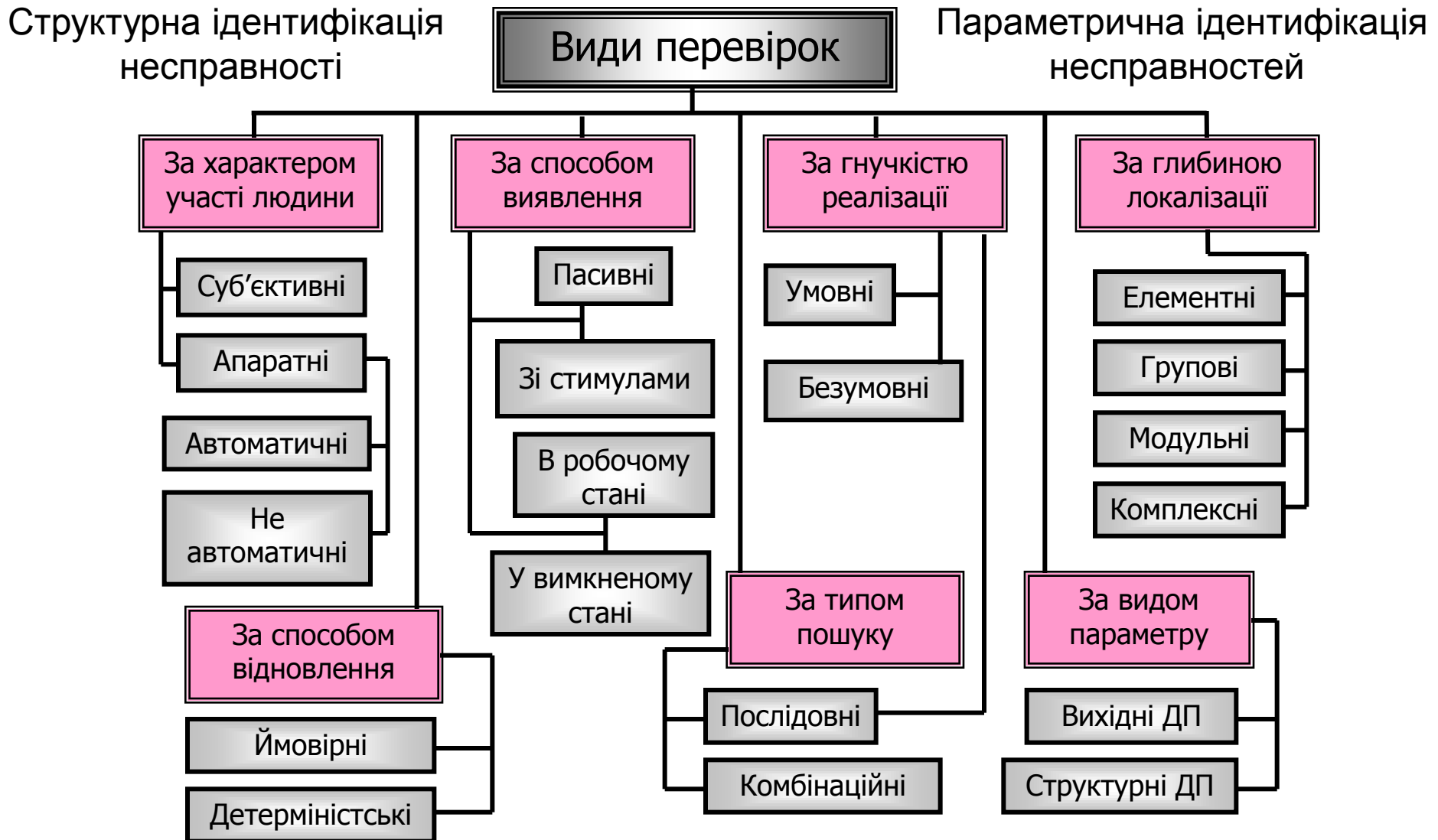
Форми - амплітуда, крутизна, нерівність вершини імпульсу
Осцилографи.

Викривлень - нелінійні, фазні, частотні
Осцилографи, вимірювачі АЧХ, аналізатори спектру.

Відносні - коефіцієнт підсилювання, відношення сигнал-шум

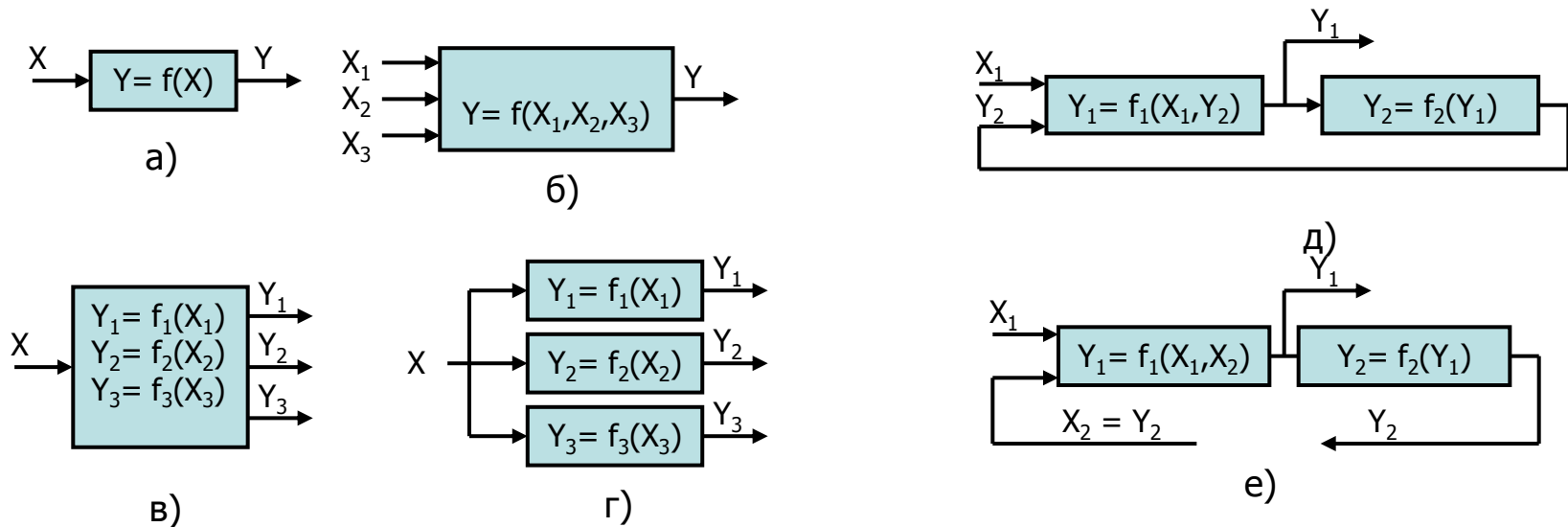
1.1.3. Види та способи перевірок технічних систем

Класифікація перевірок технічних систем



1.2.1 Побудування та аналіз функціональної діагностичної моделі

Діагностична модель (функціональна, дискретна, цифрова) – абстрактна форма надання **ОД > ДТ+АД** на підставі ознаки розрізняювальності станів

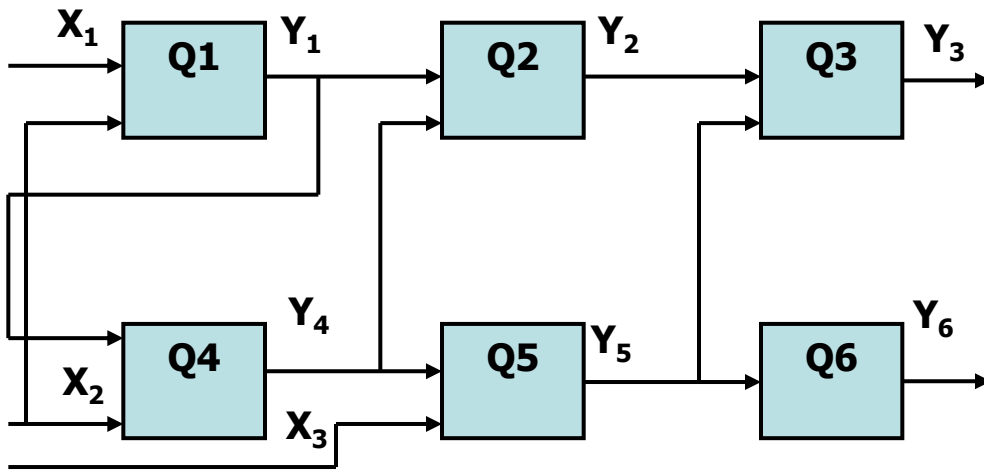


Умови побудування функціональної діагностичної моделі (блочної структури).

1. Перелічити можливі стани.
2. Вказати X_i до Q_i для Y_i .
3. Задати схему об'єкта.

- а) простий функціональний блок;
 б) багатопараметричний функціональний блок;
 в, г) багатofункціональний блок;
 д, е) модель із зворотним зв'язком

Аналіз функціональної діагностичної моделі



Таблиця несправностей

Стан и S_i	Π_j					
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_6
S_0	1	1	1	1	1	1
S_1	0	0	0	0	0	0
S_2	1	0	0	1	1	1
S_3	1	1	0	1	1	1
S_4	1	0	0	0	0	0
S_5	1	1	0	1	0	0
S_6	1	1	1	1	1	0

$$Y_1 = X_1 \cdot X_2 \cdot Q_1$$

$$Y_2 = Y_1 \cdot Y_4 \cdot Q_2$$

$$Y_3 = Y_2 \cdot Y_5 \cdot Q_3$$

$$Y_4 = X_2 \cdot Y_1 \cdot Q_4$$

$$Y_6 = Y_5 \cdot Q_6$$

$$Y_5 = Y_4 \cdot X_3 \cdot Q_5$$

$$Y_1 = X_1 \cdot X_2 \cdot Q_1$$

$$Y_2 = X_1 \cdot X_2 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_4$$

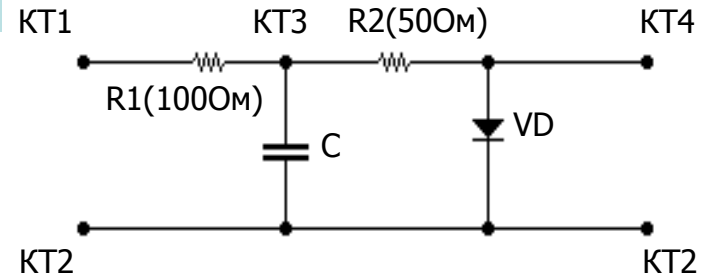
$$Y_3 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5$$

$$Y_4 = X_1 \cdot X_2 \cdot Q_1 \cdot Q_4$$

$$Y_5 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot Q_1 \cdot Q_4 \cdot Q_5$$

$$Y_6 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot Q_1 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6$$

Аналіз дискретної діагностичної моделі



Технічні стани

R" +", "-"

- S0 – схема справна;
- S1 – пробитий діод VD;
- S2 – діод VD в обриві;
- S3 – пробитий конденсатор C;
- S4 – пробитий резистор R1;
- S5 – резистор R1 в обриві;

Таблиця опорів

Стани S_i	R_{ij}											
	R_{12}	R_{21}	R_{13}	R_{31}	R_{14}	R_{41}	R_{23}	R_{32}	R_{24}	R_{42}	R_{34}	R_{43}
S0	150	∞	100	100	150	150	∞	50	∞	0	50	50
S1	150	150	100	100	150	150	50	50	0	0	50	50
S2	∞	∞	100	100	150	150	∞	∞	∞	∞	50	50
S3	100	100	100	100	150	150	0	0	50	0	50	50
S4	50	∞	0	0	50	50	∞	50	∞	0	50	50
S5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	50	∞	0	50	50

Розрізняль-ність станів

Бінарна таблиця несправностей

- 1- позитивний результат
- 0 - негативний результат

Стани S_i	R_{ij}											
	R_{12}	R_{21}	R_{13}	R_{31}	R_{14}	R_{41}	R_{23}	R_{32}	R_{24}	R_{42}	R_{34}	R_{43}
S0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
S2	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
S3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
S4	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
S5	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

Нерозрізняль-ність станів

1.2.3 Способи розв'язання нерозрізнювальності станів

Метод квантування параметра за допустимими значеннями
Метод негативної перевірки

Допустимі значення опорів схеми у справному стані

	R_{ij}											
	R_{12}	R_{21}	R_{13}	R_{31}	R_{14}	R_{41}	R_{23}	R_{32}	R_{24}	R_{42}	R_{34}	R_{43}
$R_{ном}$	150	∞	100	100	150	150	∞	50	∞	0	50	50
R_{max}	165	∞	110	110	165	165	∞	55	∞	5	55	55
R_{min}	135	165	90	90	135	135	165	45	165	0	45	45

Двосторонні обмеження

П1 – $R_{12} > 135$; П8 – $R_{23} > 165$;
П2 – $R_{12} < 165$; П9 – $R_{32} > 45$;
П3 – $R_{21} > 165$; П10 – $R_{32} > 55$;
П4 – $R_{13} > 90$; П11 – $R_{24} > 165$;
П5 – $R_{13} < 110$; П12 – $R_{42} < 5$;
П6 – $R_{14} > 135$; П13 – $R_{34} > 45$;
П7 – $R_{14} < 165$; П14 – $R_{34} < 55$.

Скорочення таблиці несправностей

Стани S_i	П _j													
	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12	П13	П14
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
S_2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
S_3	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
S_4	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
S_5	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1

Вихідна ТН (таблиця опорів)

Стани S_i	R_{ij}											
	R_{12}	R_{21}	R_{13}	R_{31}	R_{14}	R_{41}	R_{23}	R_{32}	R_{24}	R_{42}	R_{34}	R_{43}
S_0	150	∞	100	100	150	150	∞	50	∞	0	50	50
S_1	150	150	100	100	150	150	50	50	0	0	50	50
S_2	∞	∞	100	100	150	150	∞	∞	∞	∞	50	50
S_3	100	100	100	100	150	150	0	0	50	0	50	50
S_4	50	∞	0	0	50	50	∞	50	∞	0	50	50
S_5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	50	∞	0	50	50

Скорочена ТН після усунення нерозрізнювальності станів

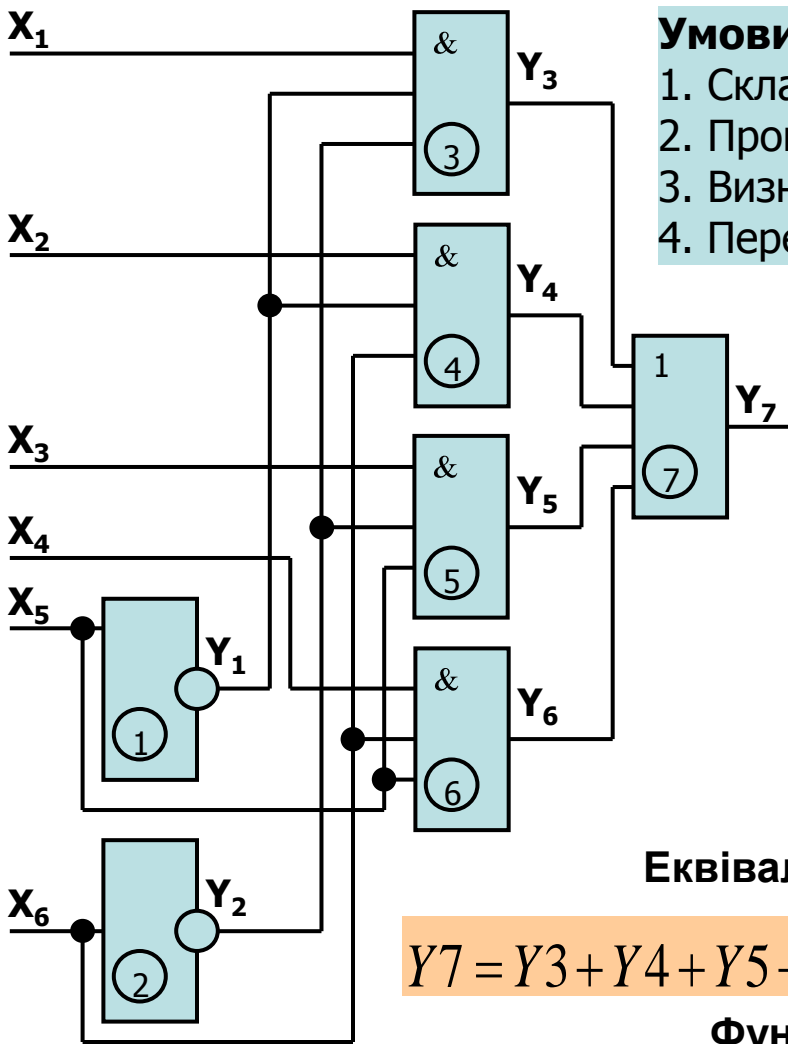
Стани S_i	Π_j						
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_9	Π_{10}
S_0	1	1	1	1	1	1	1
S_1	1	1	0	1	1	1	1
S_2	1	0	1	1	1	1	0
S_3	0	1	0	1	1	0	1
S_4	0	1	1	0	1	1	1
S_5	1	0	1	1	0	1	1

ТН перетворена за методом негативної перевірки

Стани S_i	R_{ij}				
	$R_{12} = 50$	$R_{21} = \infty$	$R_{13} = 100$	$R_{32} = 50$	$R_{42} = 0$
S_0	0	1	1	1	1
S_1	0	0	1	1	1
S_2	0	1	1	0	0
S_3	0	0	1	0	1
S_4	1	1	0	1	1
S_5	0	1	0	1	1

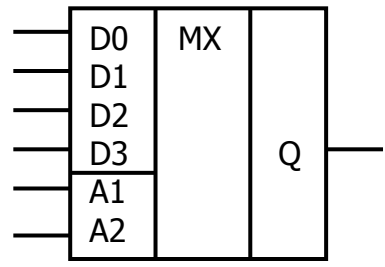
1.2.4 Особливості побудування цифрових діагностичних моделей

Цифрова діагностична модель – електрична схема на логічних елементах.



Умови побудування цифрової діагностичної моделі

1. Скласти схему моделі.
2. Пронумерувати позиції логічних елементів.
3. Визначити вхідні та вихідні виводи пристрою на ДМ.
4. Перерахувати можливі несправності у вигляді їх прояву.



Код адреси		Адреса Y7
X5	X6	
0	0	X1
0	1	X2
1	0	X3
1	1	X4

Еквівалентна нормальна форма (ЕНФ)

$$Y7 = Y3 + Y4 + Y5 + Y6 = X1\bar{X}5\bar{X}6 + X2\bar{X}5X6 + X3\bar{X}6X5 + X4X5X6$$

Функціональна прив'язка

$$Y7 = X1_{3,7} \bar{X}5_{1,3,7} \bar{X}6_{2,3,7} + X2_{4,7} \bar{X}5_{1,4,7} X6_{4,7} + X3_{5,7} \bar{X}6_{2,5,7} X5_{5,7} + X4_{6,7} X5_{6,7} X6_{6,7}$$

Тема 1.3

1.3.1. Формування таблиці покриттів та її властивості

Таблиця несправностей

Стан S_i	Π_j					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
S0	1	1	1	1	1	1
S1	0	0	0	0	0	0
S2	1	0	0	1	1	1
S3	1	1	0	1	1	1
S4	1	0	0	0	0	0
S5	1	1	0	1	0	0
S6	1	1	1	1	1	0

Діагностичні тести

- П1,П2,П3,П4,П5 - $\sum C_j=16$, $r_m=5$ – елементарний
- П1,П2,П3,П6 - $\sum C_j=12$, $r_m=4$ – ОДТ, МДТ
- П1,П2,П5,П6 - $\sum C_j=14$, $r_m=4$ – МДТ
- П1,П2,П3,П5 - $\sum C_j=13$, $r_m=4$ – МДТ
- П1,П2,П4,П5,П6 - $\sum C_j=17$, $r_m=5$ – елементарний

Функція таблиці покриттів

$$f_{TP} = (П1+П4+П5+П6) \cdot (П1+П2+П4+П5+П6) \cdot П1 \cdot (П1+П2+П4) \cdot (П2+П5+П6) \cdot (П1+П2+П3+П4+П5) \cdot П2 \cdot (П4+П5+П6) \cdot (П2+П3+П6) \cdot (П2+П4+П5+П6) \cdot (П5+П6) \cdot (П3+П6) \cdot (П2+П4) \cdot (П3+П5) \cdot (П2+П3+П4+П5).$$

Таблиця покриттів

U_e	S_i, S_k	Π_j						п.п
		П1	П2	П3	П4	П5	П6	
U1	S1, S2	1			1	1	1	3
U2	S1, S3	1	1		1	1	1	3
U3	S1, S4	1						1
U4	S1, S5	1	1		1			4
U5	S1, S6	1	1	1	1	1		2
U6	S2, S3		1					1
U7	S2, S4				1	1	1	3
U8	S2, S5		1			1	1	3
U9	S2, S6		1	1			1	5
U10	S3, S4		1		1	1	1	3
U11	S3, S5					1	1	3
U12	S3, S6			1			1	5
U13	S4, S5		1		1			4
U14	S4, S6		1	1	1	1		2
U15	S5, S6			1		1		2
C_j		2	1	4	3	6	5	21

Теорема булевої алгебри

Закони: комутативний, асоціативний, дистрибутивний, поглинання, склеювання, інверсії

$$XX=X$$

$$X(X+Y)=X+XY=X$$

$$X+Y Z=XZ+YZ$$

$$X+Y(X+Z)=X+YZ$$

$$XY+X\bar{Y}=X$$

$$\overline{XY}=\bar{X}+\bar{Y}$$

Таблиця істинності

X	Y	Z	X*X	X(X+Y)	X+XY	(X+Y)Z	XZ+YZ	(X+Y)(X+Z)	X+YZ	XY+XY	XY	X+Y
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1

$$f_{\text{тн}}=p_1p_2p_3p_4p_5+p_1p_2p_3p_6+p_1p_2p_5p_6+p_1p_2p_3p_5+\dots+p_1p_2p_4p_5p_6.$$

1.3.2. Визначення МДТ методом скороченого перебору

$A_1(0,0,1,1) < B_1(0,1,1,1)$

– порівнювані масиви

$A_2(1,0,0,1)$ та $B_2(0,1,1,1)$

– непорівнювані масиви

1. Рядки $A_1 < B_1$ – B_1 поглинається

2. Стівці $A_1 < B_1$ – A_1 поглинається

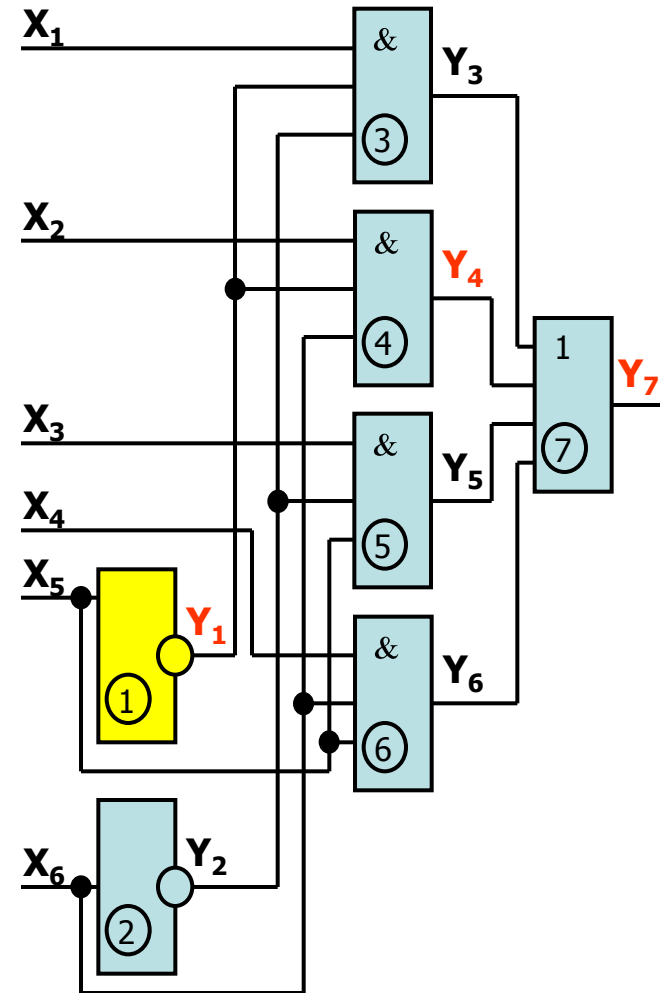
3. Рядок з однією «1» в P_j додається до ДТ

4. Порожній стівпець - викреслюється

1.3.3. Визначення ДТ методом ЕНФ

- 1.Схему представляють аналітичним логічним виразом у вигляді ЕНФ.
- 2.Задають несправність у формі її прояву.
- 3.Визначають маршрут на якому виникає несправність.
- 4.Знаходять змінну ЕНФ (вхідний параметр), на маршруті несправності.
- 5.Обраній змінній надають значення, при якому виявляється несправність.
- 6.Забезпечують умову сутності обраного маршруту.
- 7.Задають вхідні змінні та визначають значення вихідної функції моделі.

1. Вираз ЕНФ
2. «НІ» з індексом «1» у вигляді сигналу $Y_1 = \text{«1»}$.
3. Маршрут від X_5 до Y_7 (137) або (147).
4. На маршруті 147 змінна X_5 у другому термі.
5. Задаємо $X_5=1$, при якому $Y_1=1$.
6. Приймаємо у другому термі $X_2, X_6=1$ та в інших термах $X_1, X_3, X_4=0$.
7. Функція справного пристрою: $Y_7 = 0 \cdot 0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0$.
Для несправного стану ($X_5=0$): $Y_7 = 0 \cdot 1 \cdot 0 + 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 \cdot 1 = 1$.



$$Y_7 = X_{1,3,7} \overline{X_{5,1,3,7}} \overline{X_{6,2,3,7}} + X_{2,4,7} \overline{X_{5,1,4,7}} X_{6,4,7} + X_{3,5,7} \overline{X_{6,2,5,7}} X_{5,5,7} + X_{4,6,7} X_{5,6,7} X_{6,6,7}$$

Формування цифрових діагностичних тестів

$$Y7 = X1_{3,7} \overline{X5}_{1,3,7} \overline{X6}_{2,3,7} + X2_{4,7} \overline{X5}_{1,4,7} X6_{4,7} + X3_{5,7} \overline{X6}_{2,5,7} X5_{5,7} + X4_{6,7} X5_{6,7} X6_{6,7}$$

$Y7=000+101+001+011=0$	$Y7=000+111+001+011=1$
$Y7=000+101+101+011=0$	$Y7=000+111+101+011=1$
$Y7=100+101+001+011=0$	$Y7=100+111+001+011=1$
$Y7=100+101+101+011=0$	$Y7=100+111+101+011=1$
$Y7=101+001+000+010=0$	$Y7=111+011+001+010=1$
$Y7=101+101+000+010=0$	$Y7=111+111+001+010=1$
$Y7=101+001+000+110=0$	$Y7=111+011+001+010=1$
$Y7=101+101+000+110=0$	$Y7=111+111+001+010=1$

Пакет діагностичних тестів

X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y7	Y7	Маршрут
0	1	0	0	1	1	1	0	1, 4, 7
0	1	1	0	1	1	1	0	1, 4, 7
1	1	0	0	1	1	1	0	1, 4, 7
1	1	1	0	1	1	1	0	1, 4, 7
1	0	0	0	1	0	1	0	1, 3, 7
1	1	0	0	1	0	1	0	1, 3, 7
1	0	0	1	1	0	1	0	1, 3, 7
1	1	0	1	1	0	1	0	1, 3, 7

Діагностичні тести цифрової ДМ

	Xj						Y	Y
	X1	X2	X3	X4	X5	X6		
Y1=1	0	1	0	0	1	1	1	0
Y2=1	0	0	1	0	1	1	1	0
Y3=1	0	1	1	1	0	0	1	0
Y4=1	1	0	1	1	0	1	1	0
Y5=1	1	1	0	1	1	0	1	0
Y6=1	1	1	1	0	1	1	1	0
Y7=1	1	1	0	1	1	0	1	0

1.3.4. Побудування алгоритмів діагностування з використанням функцій переваги

Функція переваги
(критерії оптимізації)

$$F = \frac{f_1 \Pi_j}{f_2 \Pi_j}$$

Вартість алгоритму
(умовні витрати на локалізацію однієї несправності)

$$B_{AD} = \sum_{i=1}^N C_{Si} \cdot P_i$$

$$F_1 = \frac{1}{c_j}$$

$$F_2 = \frac{1}{l_j}$$

$$F_3 = \frac{1}{p_j}$$

$$F_{3,1,2} = \frac{1}{p_j \cdot c_j \cdot l_j}$$

$$F_4 = \frac{P_i}{c_j}$$

$$F_5 = \frac{P_i}{c_j(1 - P_i)}$$

c_j – вартість j -тої перевірки
 P_i – ймовірність i -го технічного стану
 $l_j = |n_{1j} - n_{0j}|$ – інформаційний показник
 $p_j = |P_{1i} - P_{0i}|$ – ймовірносний показник

N – кількість технічних станів ОД
 C_{Si} – сума вартостей елементарних перевірок, по локалізації несправності за станом S_i
 P_i – ймовірність i -го технічному стану.

- 1.ТН в обсязі ДТ.
- 2.Розподіл ймовірностей P_i .
- 3.Вартості перевірок c_j .
- 4.Функцію переваги F .

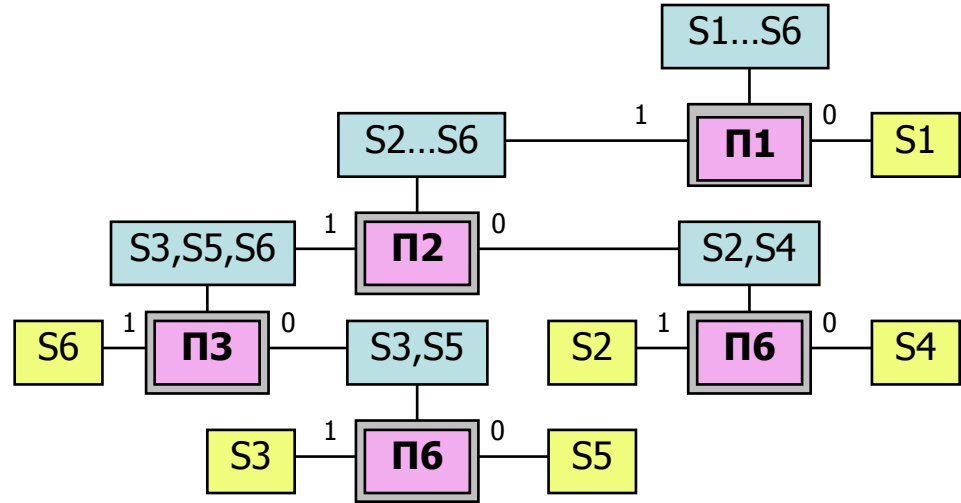
1. Обирається перевірка, для якої F - екстремальна.
- 2.Множина станів розбивається на дві підмножини. з позитивними результатами «1» та негативними «0».

Порівняльний аналіз алгоритмів діагностування

ТН в обсязі ДТ

S_i	Π_j				P_i
	П1	П2	П3	П6	
S_1	0	0	0	0	0.08
S_2	1	0	0	1	0.2
S_3	1	1	0	1	0.3
S_4	1	0	0	0	0.15
S_5	1	1	0	0	0.25
S_6	1	1	1	0	0.02
C_j	1	2	3	4	$\sum P_i=1$
l_j	4	0	4	2	
p_j	0.84	0.14	0.96	0	

АД оптимізований за вартістю



вартості виділення кожного технічного стану

$$CS_1=C_1=1;$$

$$CS_2, CS_4=C_1+C_2+C_6=1+2+4=7;$$

$$CS_3, CS_5= C_1+C_2+C_3+C_6=1+2+3+4=10;$$

$$CS_6= C_1+C_2+C_3=1+2+3=6.$$

$$l_j=|n_{1j}-n_{0j}|$$

$$p_j=|P_{1i}-P_{0i}|$$

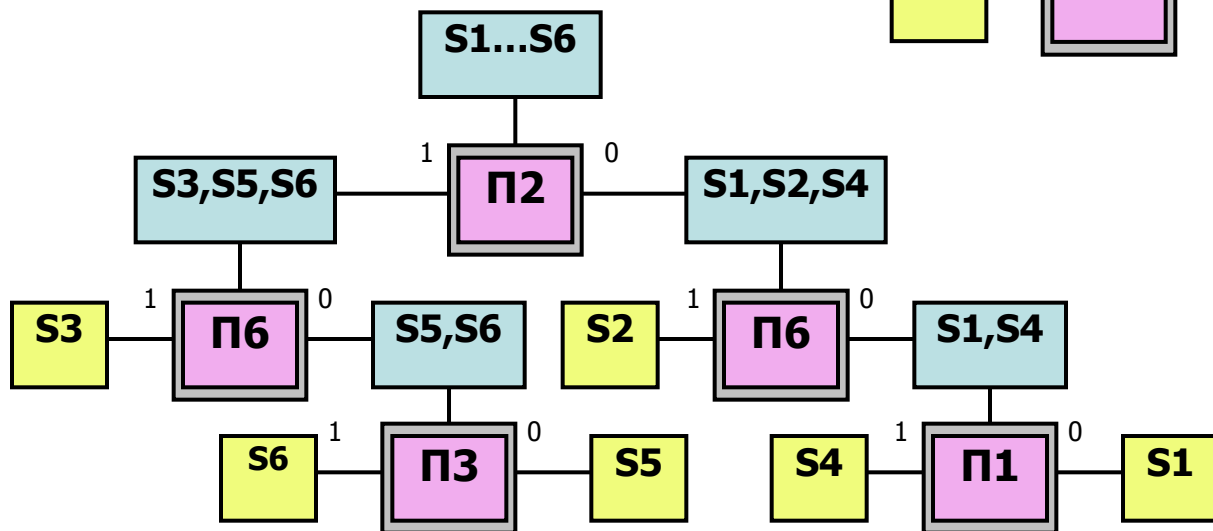
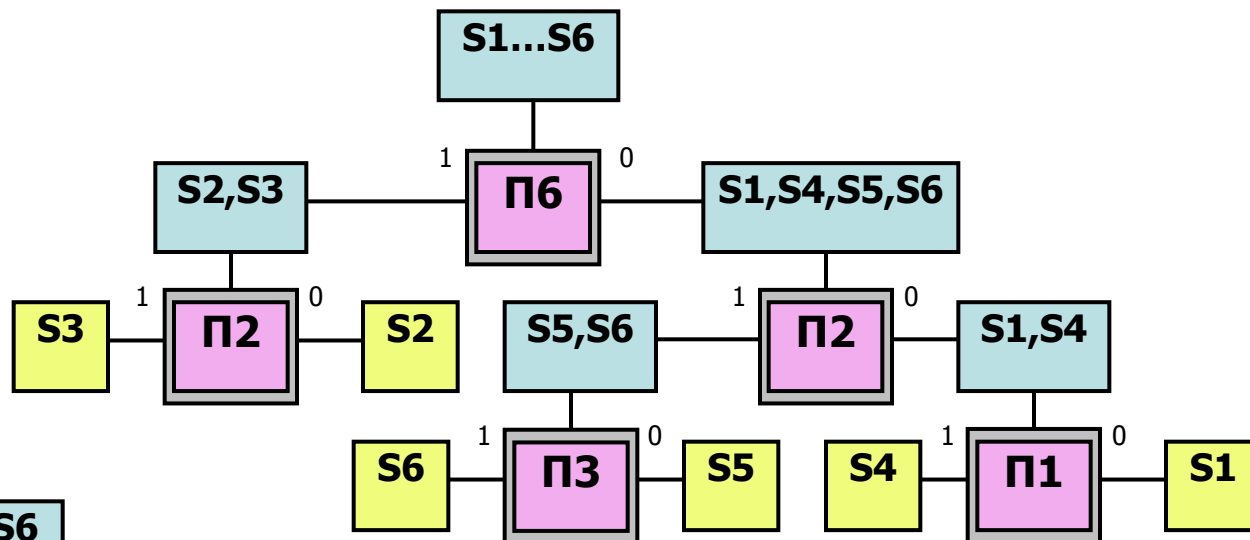
Умовна ціна АД оптимізованого за вартістю

$$B_{\text{АД}} = \sum_{i=1}^N C_{S_i} \cdot P_i$$

$$\begin{aligned} \text{Ц1} &= CS_1 \cdot P_1 + CS_2 \cdot P_2 + CS_3 \cdot P_3 + CS_4 \cdot P_4 + CS_5 \cdot P_5 + CS_6 \cdot P_6 = \\ &= 1 \cdot 0,08 + 7 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,25 + 6 \cdot 0,02 = 8,15 \end{aligned}$$

АД, оптимізований за інформативністю

АД, оптимізований за результативністю



Ц₃=7,04.

$$Ц_2 = 7 \cdot 0,08 + 6 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,25 + 9 \cdot 0,02 = 7,04;$$