

КОМП'ЮТЕРНА ДІАГНОСТИКА ТА МОНІТОРИНГ СТАНУ АТЗ

**Розділ : “Аналіз структури мехатронних систем АТЗ як об'єкту
моніторингу ”**

доц. Бороденко Ю.М.

ЗМІСТ РОЗДІЛУ

2.1. Загальна характеристика мехатронних систем АТЗ

- 2.1.1. Призначення та класифікація систем керування АТЗ.
- 2.1.2. Структура та склад мікропроцесорної системи керування.
- 2.1.3. Реалізація алгоритмів, оптимального керування.
- 2.1.4. Реалізація складних мехатронних систем .

2.2. Функціональна структура мікропроцесорних систем керування ДВЗ

- 2.2.1. Реалізація систем керування ДВЗ.
- 2.2.2. Функціональна та структурна ідентифікація систем керування.
- 2.2.3. Особливості улаштування та функціонування комплексних систем керування.
- 2.2.4. Діагностичні параметри елементів системи та засоби їх контролю.

2.3. Побудування та аналіз діагностичної моделі системи керування

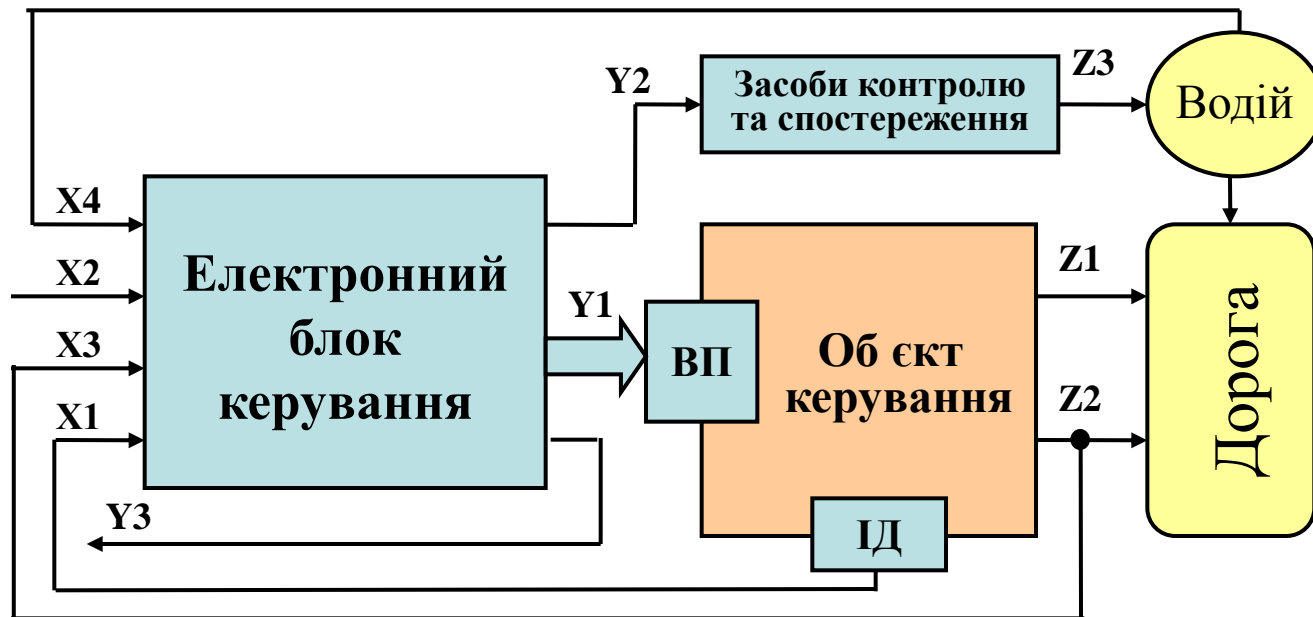
- 2.3.1. Завдання та умови побудування діагностичної моделі.
- 2.3.2. Складання функцій перетворення та визначення діагностичних тестів.
- 2.3.3. Встановлення розподілу ймовірності пошкоджень елементів системи.
- 2.3.4. Визначення вартостей перевірок.
- 2.3.5. Побудування алгоритмів діагностування.
- 2.3.6. Оцінка ефективності впровадження алгоритмів діагностування.

Загальні характеристика мехатронних систем АТЗ

Тема 2.1

2.1.1. Автомобіль, як об'єкт керування мехатронної системи

Функціональна схема системи "Автомобіль-водій-дорога"



Вхідні сигнали

X1-датчиків структурних параметрів об'єкту керування
X2-не пов'язані з об'єктом керування
X3-датчиків вихідних параметрів об'єкту
X4-від датчиків органів керування

Сигнали керування

Y1-управління виконавчим пристроєм
Y2-інформаційні для контролю
Y3-управління для інших систем

Вихідні сигнали

Z1-вихідний розімкнений.

Z2-вихідний замкнений.

Z3-вихідний контролю

2.1.1. Призначення та класифікація систем керування

Класифікація систем керування агрегатами АТЗ за загальними ознаками



Лінгвистичні моделі САК АТЗ

Система керування	Інформаційні сигнали X_i	Сигнали управління $Y_j=f(X_i)$	Параметри що оптимізуються $Z_k=F(Y_j)$
Кондиціюванням	<ul style="list-style-type: none"> - Температура у салоні - Вологість у салоні - Напруга живлення бортової мережі 	<ul style="list-style-type: none"> - Вмикання кондиціонера 	<ul style="list-style-type: none"> - Мікроклімат салону - Навантаження системи електрообладнання
Імобілайзером	<ul style="list-style-type: none"> - Код дозволу 	<ul style="list-style-type: none"> - Вмикання систем запалювання, паливоподачі, запуск бензонасосу в середовищі ЕБК 	<ul style="list-style-type: none"> - Виключення несанкціонованого доступу
Зчепленням	<ul style="list-style-type: none"> - Частота обертання КВ - Команди з педалі водія - Швидкість руху автомобіля - Навантаження двигуна 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління приводом диску зчеплення 	<ul style="list-style-type: none"> - Максимальна швидкість вмикання зчеплення - Регулювання моменту, що передається
Коробкою передач (АКП)	<ul style="list-style-type: none"> - Частота обертання КВ - Команди з педалі водія - Швидкість руху автомобіля - Навантаження двигуна 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління приводом АКП та зчеплення 	<ul style="list-style-type: none"> - Швидкісна передача, що вмикається за умовами руху

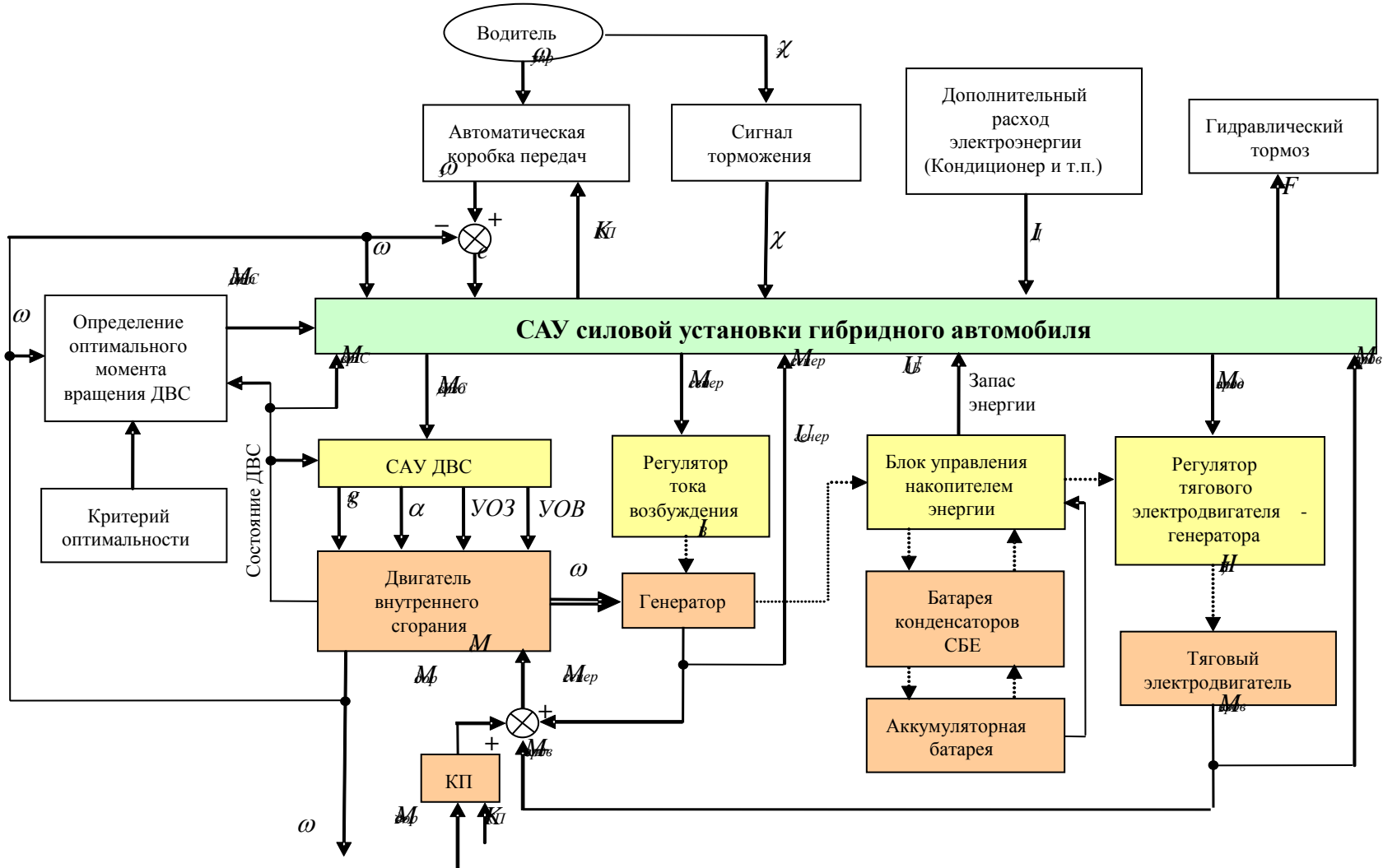
Гальмами (ABS)	<ul style="list-style-type: none">- Кутова швидкість обертання колеса- Фактична швидкість руху автомобіля	<ul style="list-style-type: none">- Управління приводом системи гальм	<ul style="list-style-type: none">- Гальмівний момент
Підвіскою	<ul style="list-style-type: none">- Положення кузова відносно осі колеса- Швидкість руху автомобіля- Положення керма- Прискорення (гальмування)- Положення селектору коробки передач- Положення ДЗ	<ul style="list-style-type: none">- Управління жорсткістю ресор- Регулювання сили амортизаторів	<ul style="list-style-type: none">- Коливання кузова- Стабілізація рівня кузова

Архетиктура функціональної системи керування

Архетиктура комплексної системи керування

Архетиктура комбінованої системи керування

Мехатронна система гібридного автомобіля з ієрархічною структурою

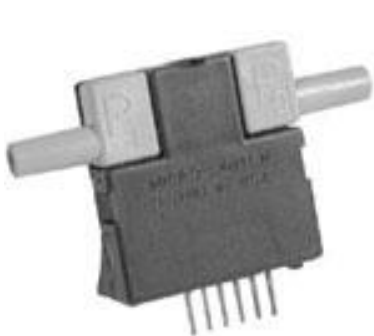


2.1.2. Структура та склад мікропроцесорних систем керування

Класифікація датчиків вимірювальної інформації



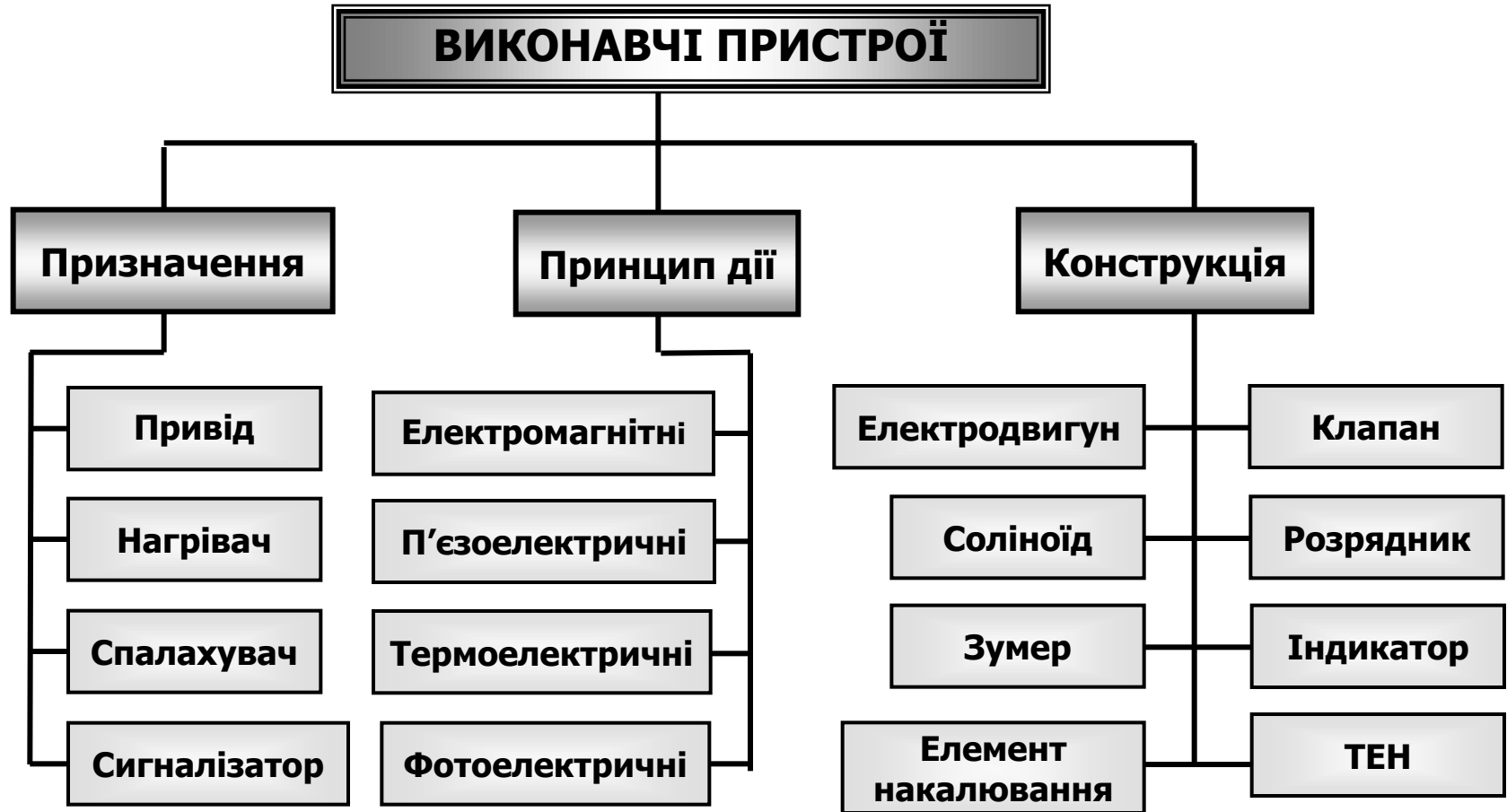
Датчики загального застосування



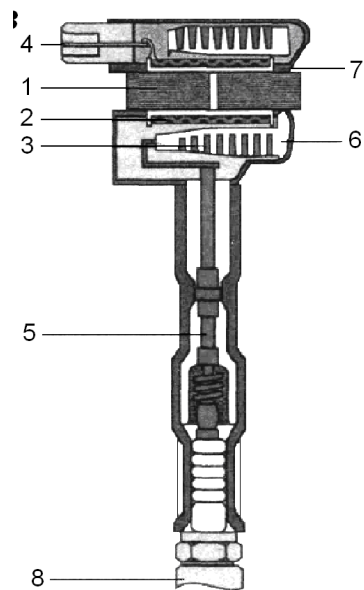
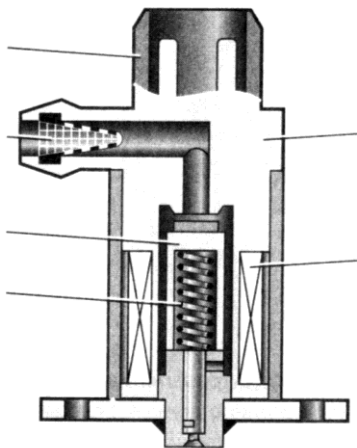
Датчики автомобільних систем керування



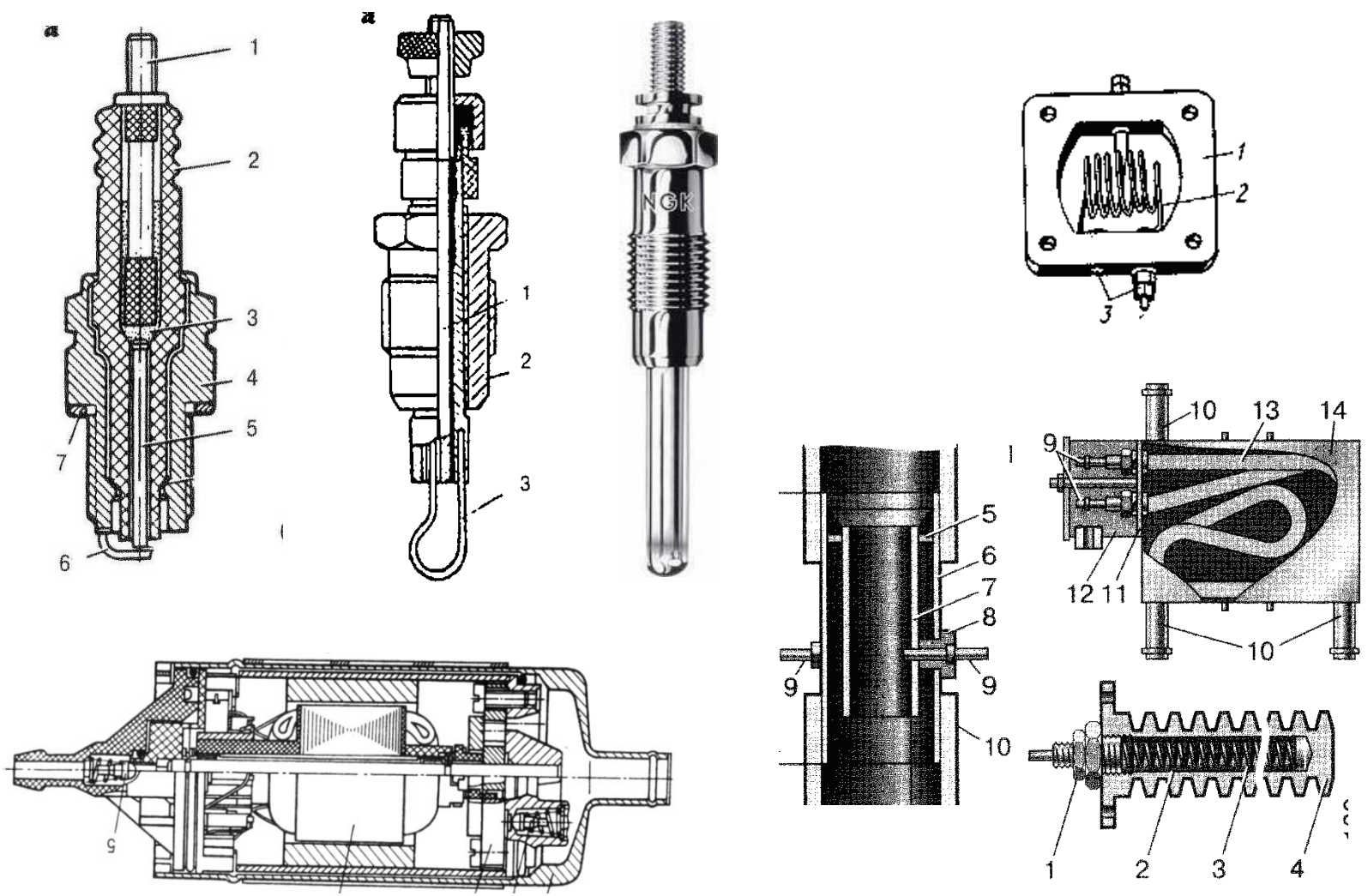
Класифікація виконавчих пристроїв



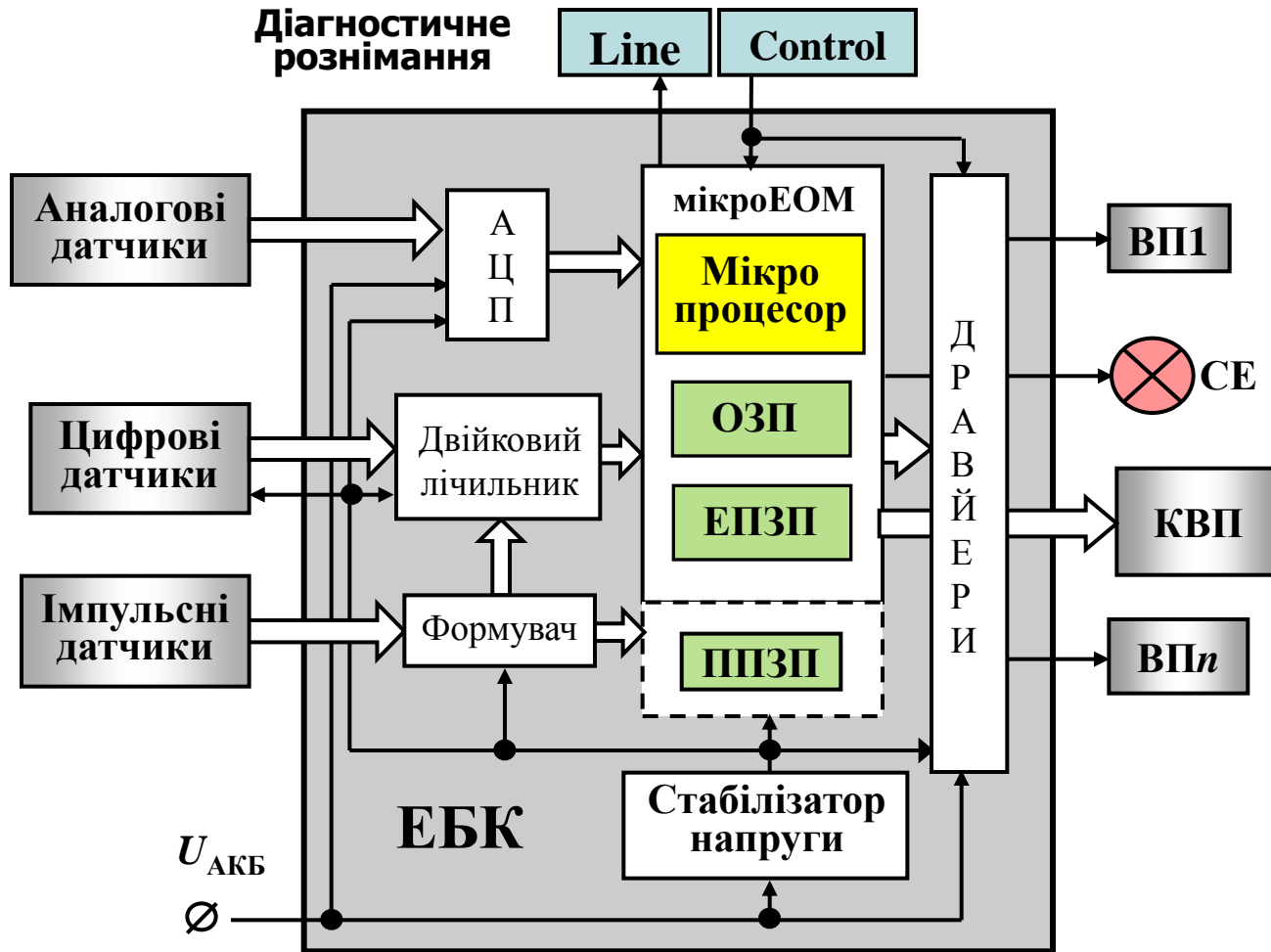
Виконавчі пристрої системи керування ДВЗ безпосереднього підключення до ЕБК



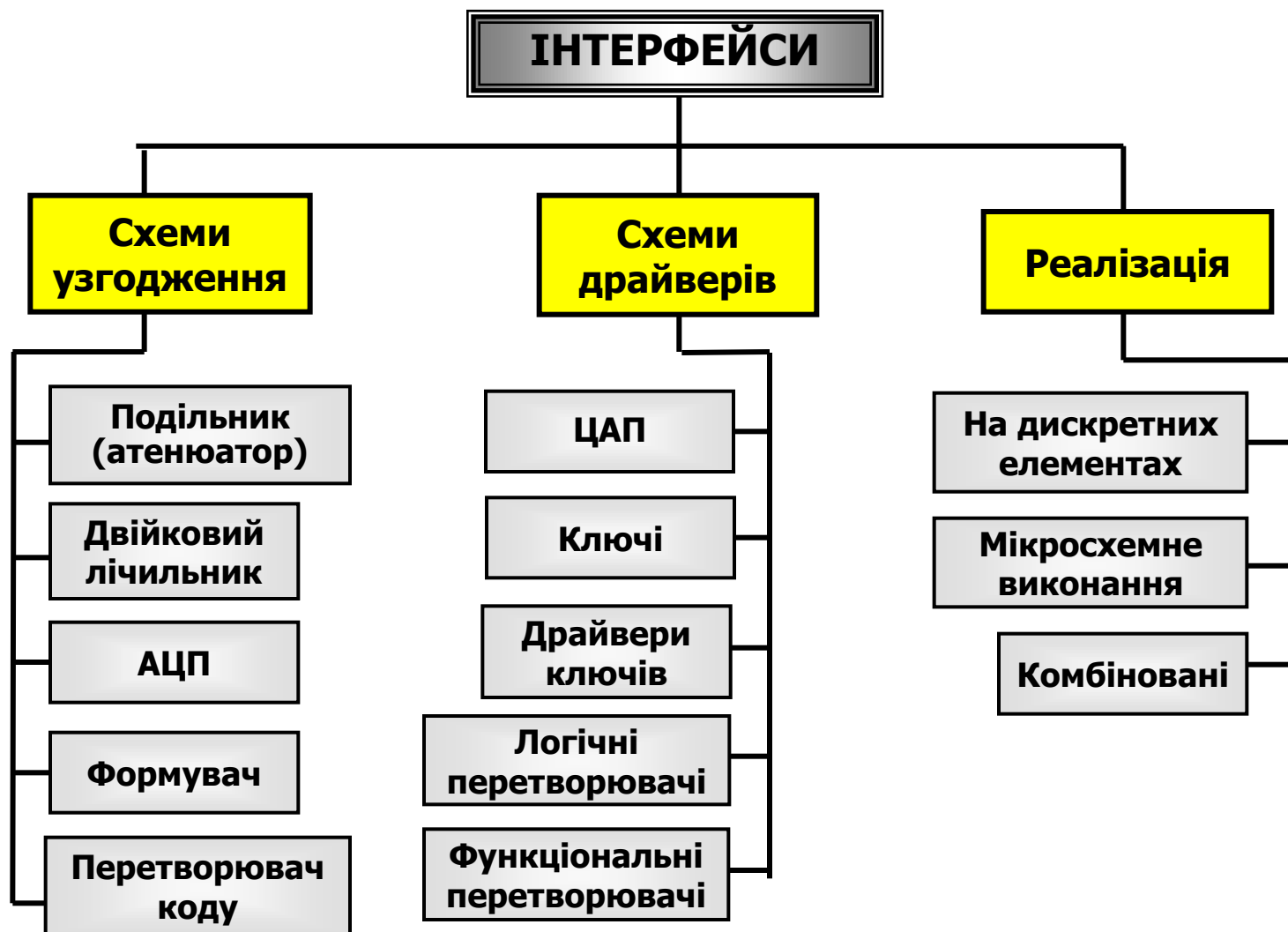
Виконавчі пристрої системи керування ДВЗ дистанційного підключення до ЕБК



Узагальнена структурна мікропроцесорної системи керування



Схемні рішення інтерфейсів



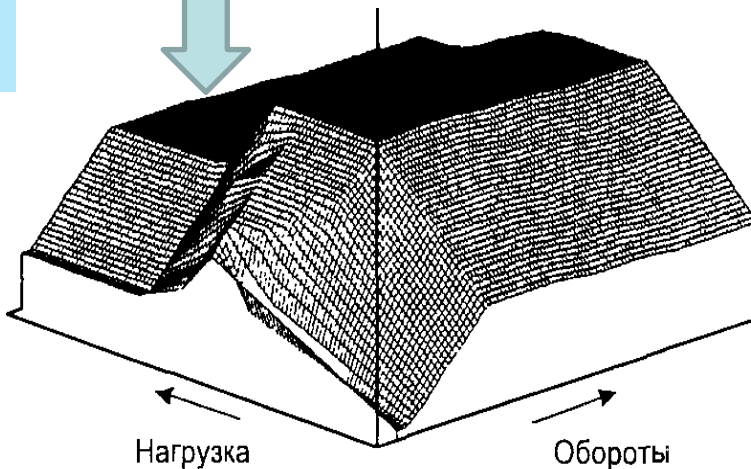
2.1.3. Реалізація алгоритмів оптимального керування

Схема формування характеристичної карти



Режимна функція кутів випередження запалювання реалізована на мех. автоматах

Характеристична карта коефіцієнтів надлишку повітря



Характеристична карта кутів випередження запалювання

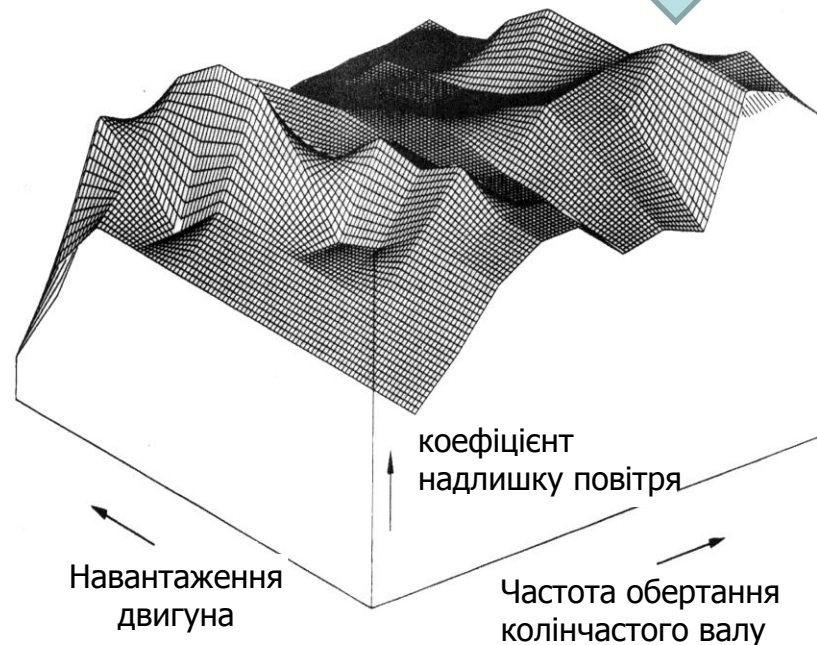
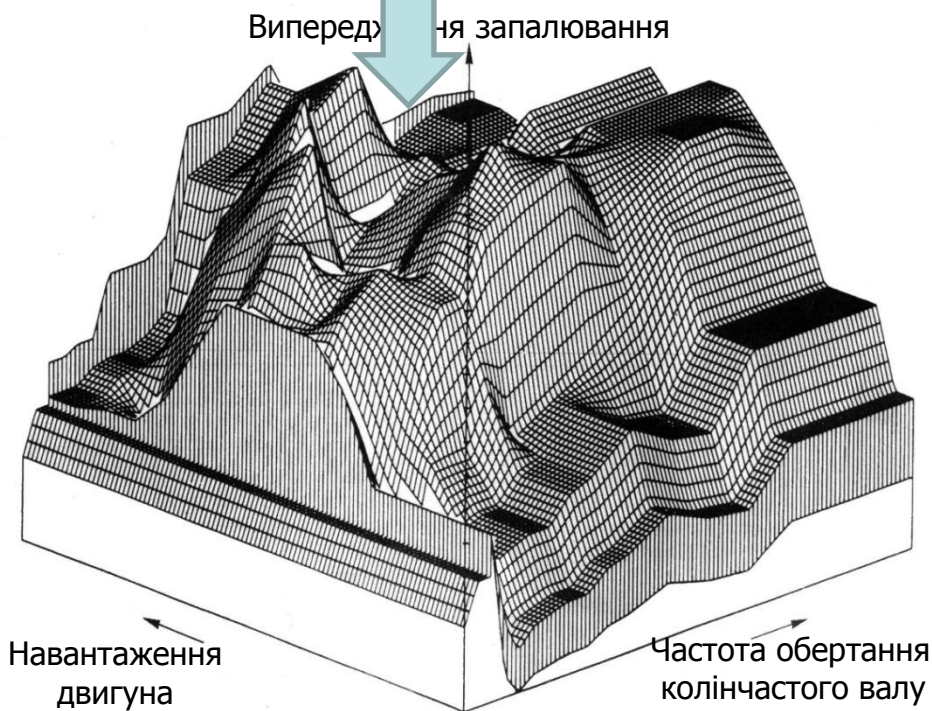
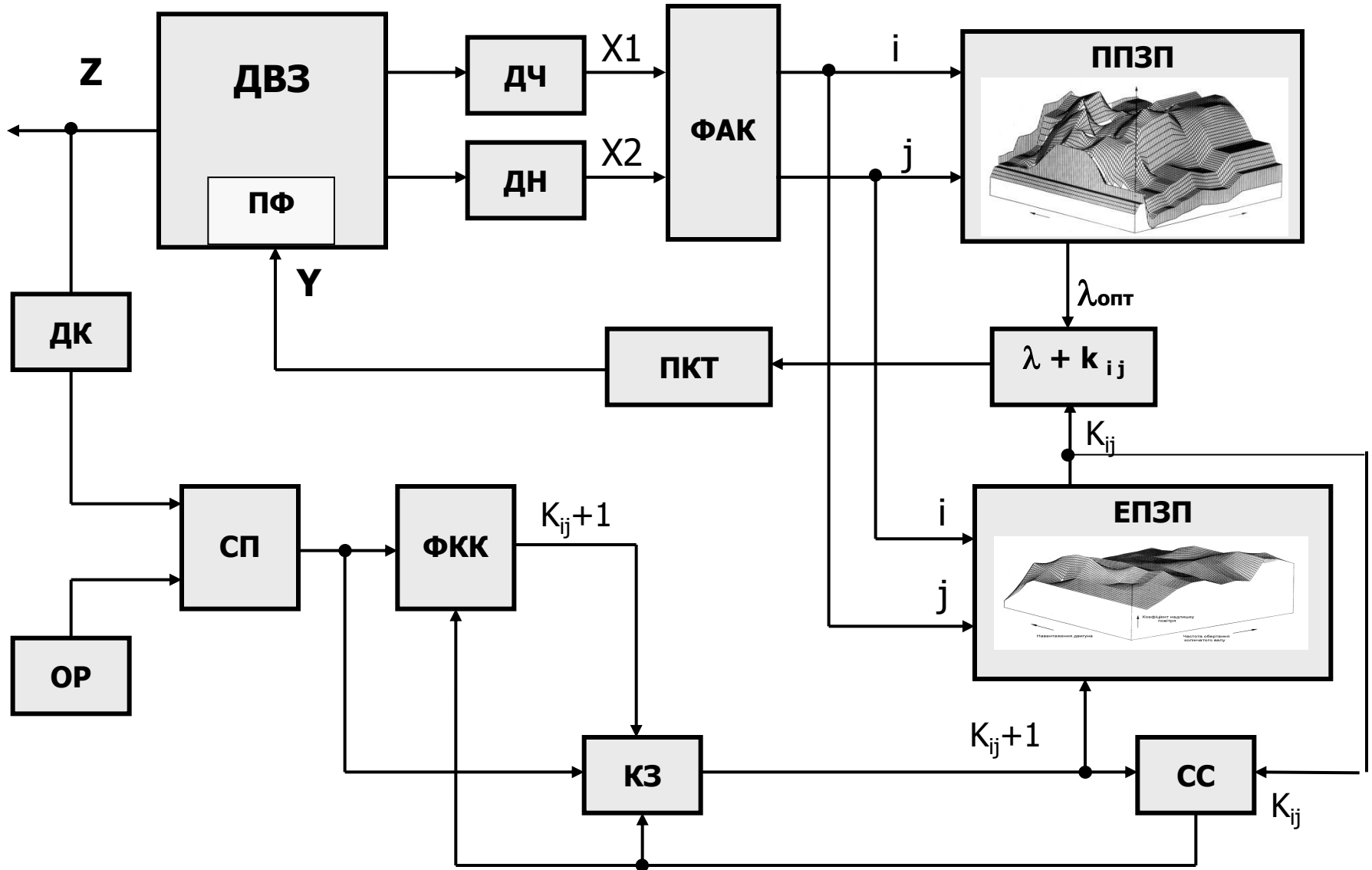
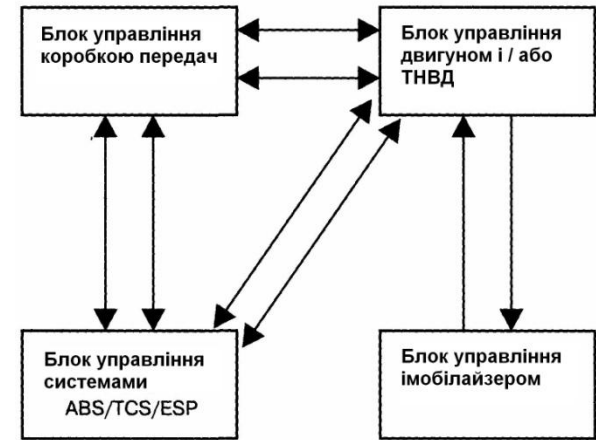


Схема керування паливними форсунками з контуром адаптації

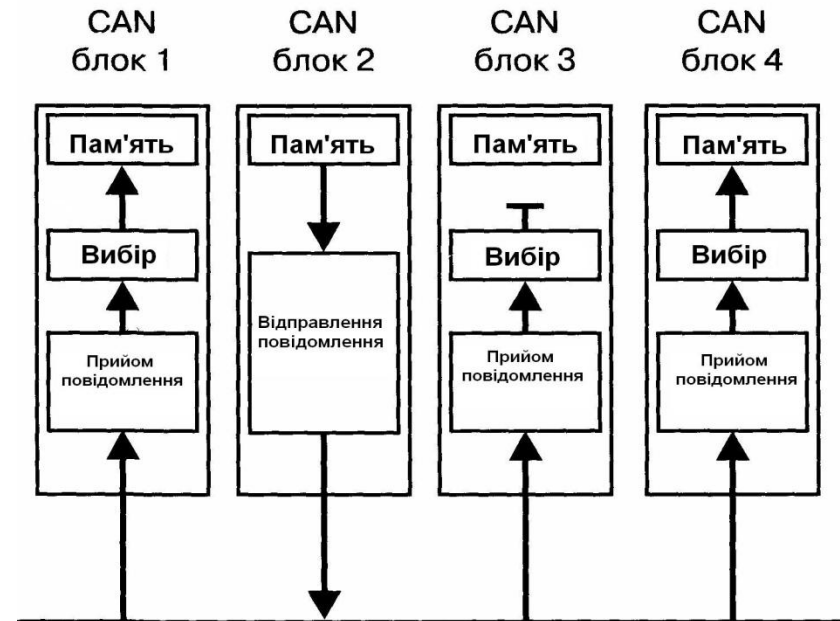


2.1.4. Реалізація складних мехатронних систем

- керування коробкою передач;
- електронне керування двигуном;
- антиблокувальна система гальм (ABS);
- противобуксовочна електронна система (TCS);
- електронна система курсової стійкості (ESP);
- система керування гальмівним моментом (MSR);
- електронний іммобілайзер (EWS);
- бортовий комп'ютер і т.д.

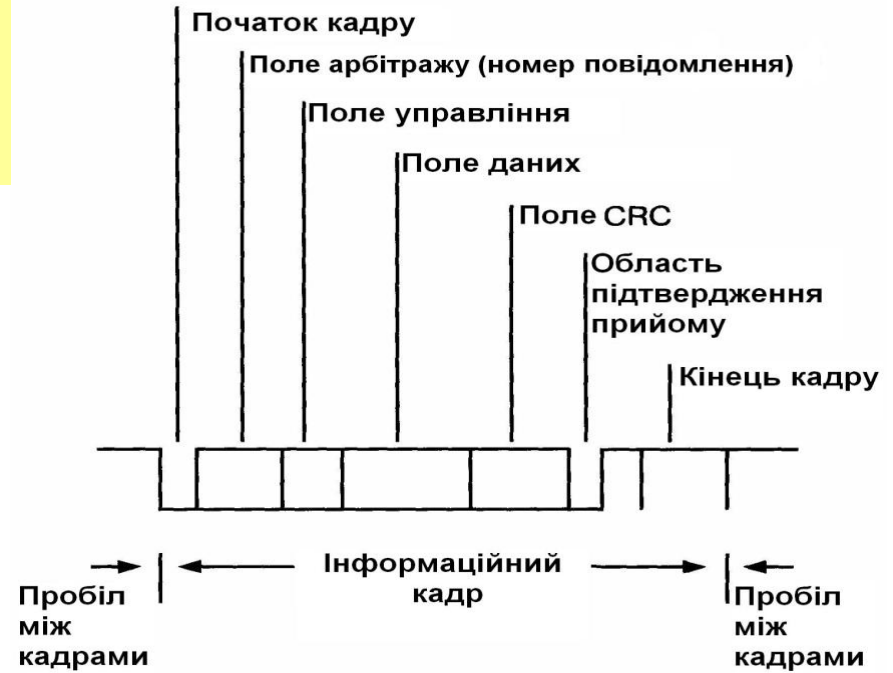


Перевага CAN зв'язку: в разі відмови однієї системи (абонентська система) всі інші продовжують працювати. Можливість тотальної несправності стає значно меншою, ніж при інших системах з логічними схемами, таких як системи зі зворотним зв'язком або ієрархічних системах, в яких несправність одного блоку або центрального блоку керування призводить до повної відмови всієї системи.



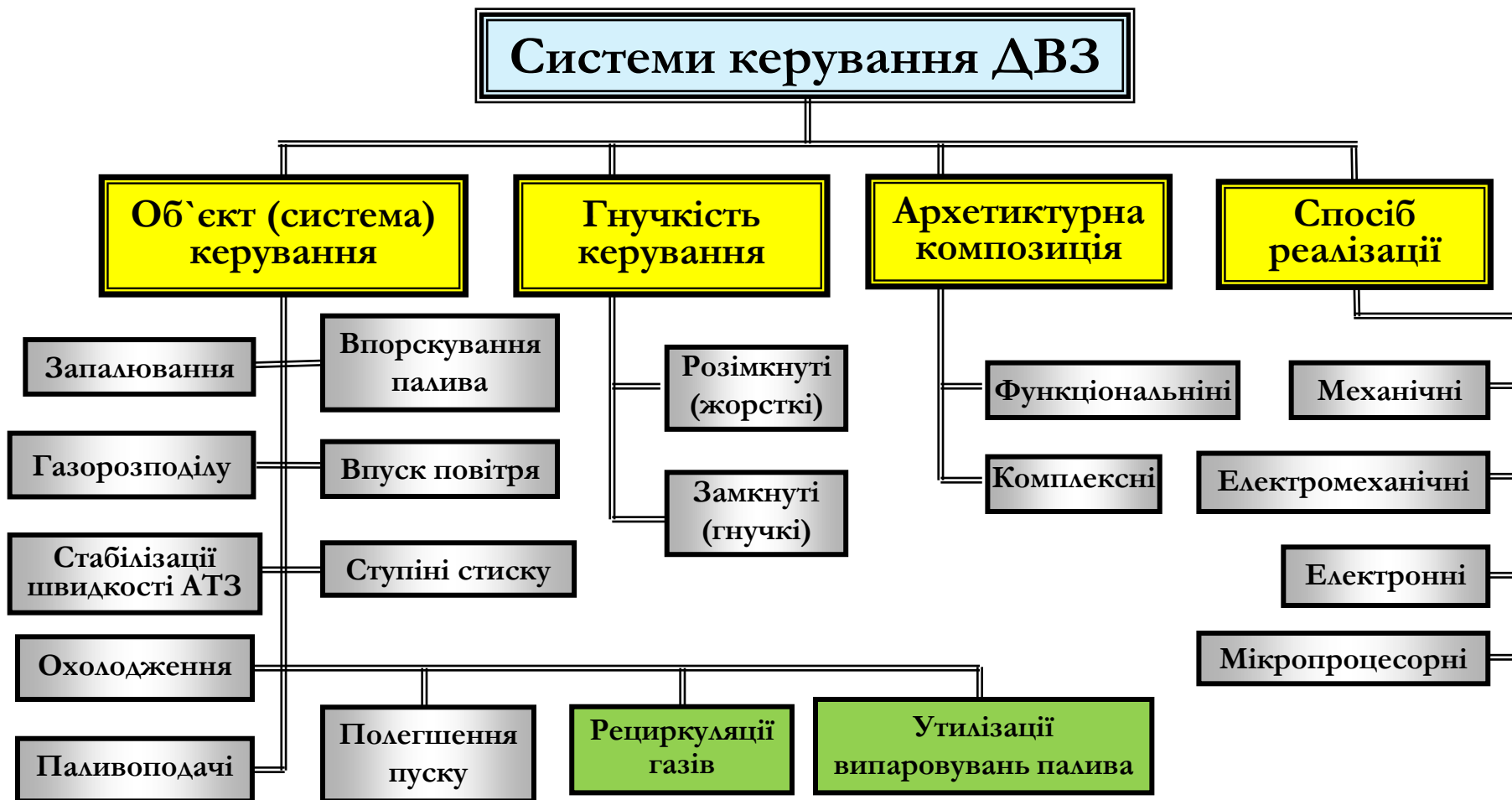
Формат повідомлень

Мітки змісту даних
Пріоритетні повідомлення.
Виявлення помилок

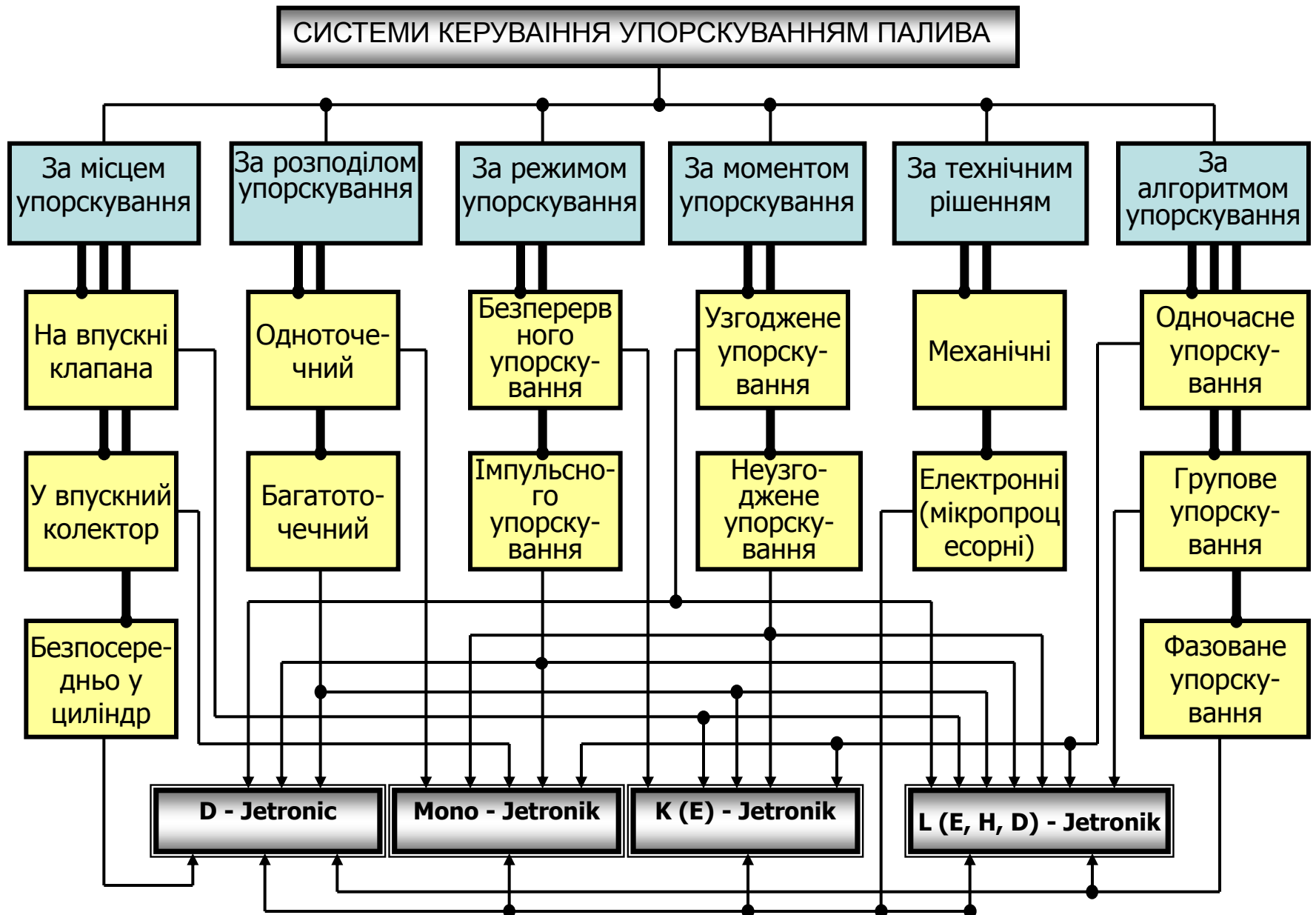


Тема 2.2 Функціональна структура мікропроцесорних систем керування ДВЗ

2.2.1. Реалізація систем керування ДВЗ

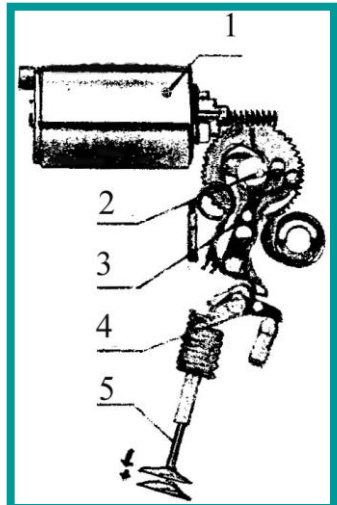
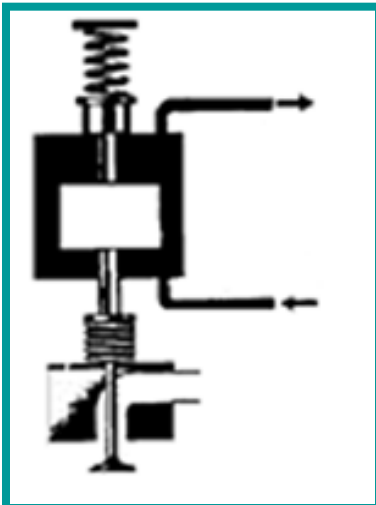
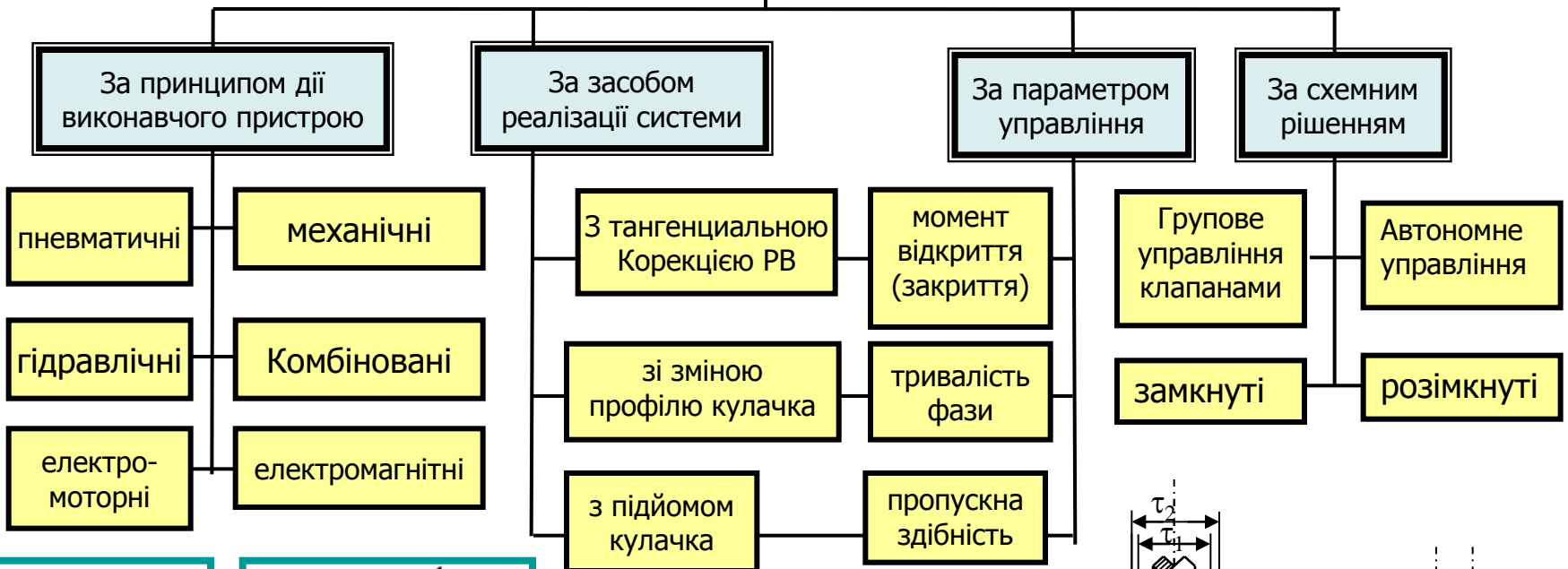


Класифікація систем упорскування палива



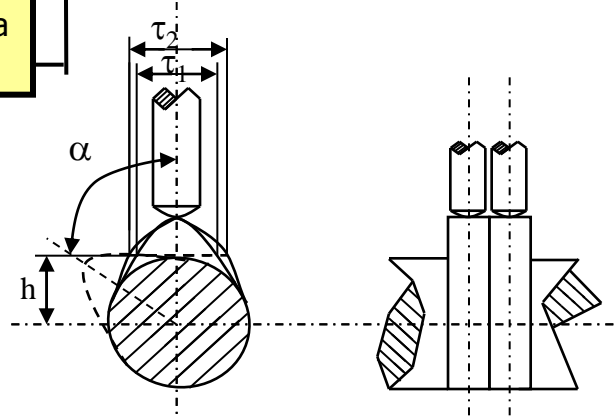
Тиск наприкінці такту стиску
 Коефіцієнт наповнення
 Індикаторний тиск
 Індикаторна потужність

Системи управління ГРМ



Гідравлічний

Електромоторний

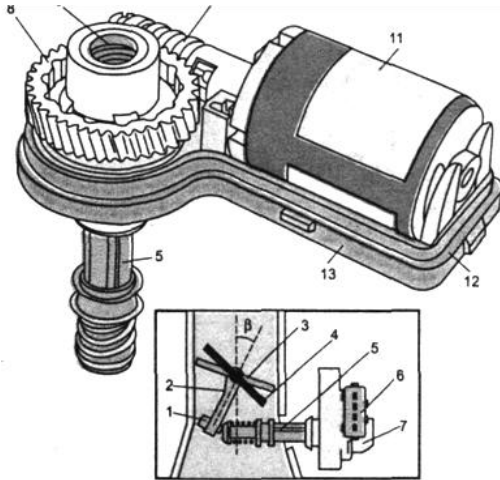


Механічний

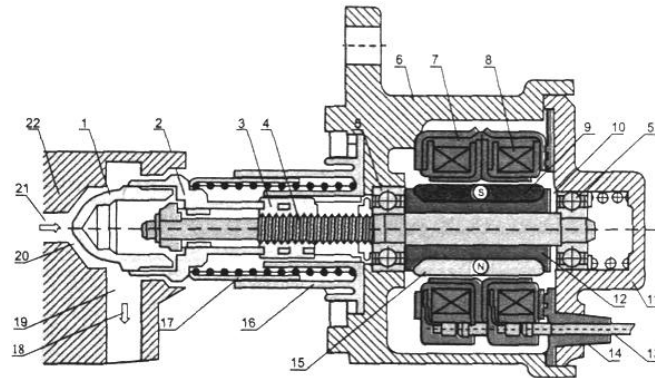
Керування впуском повітря

Режим холостого ходу

Дозування повітря через дросільну заслінку

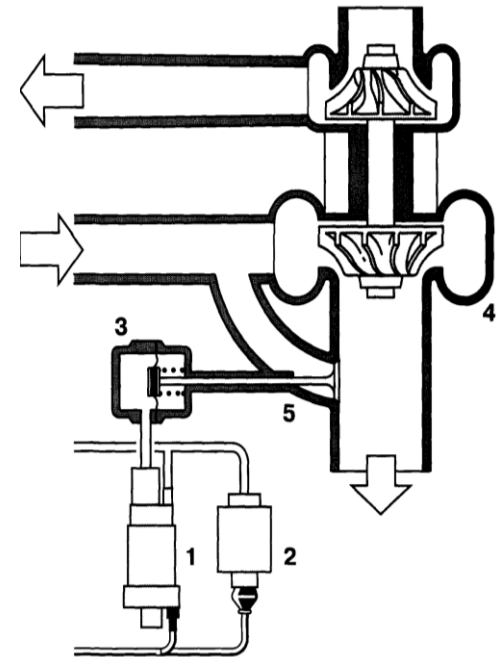


Дозування повітря через байпасний канал



Потужнісний режим

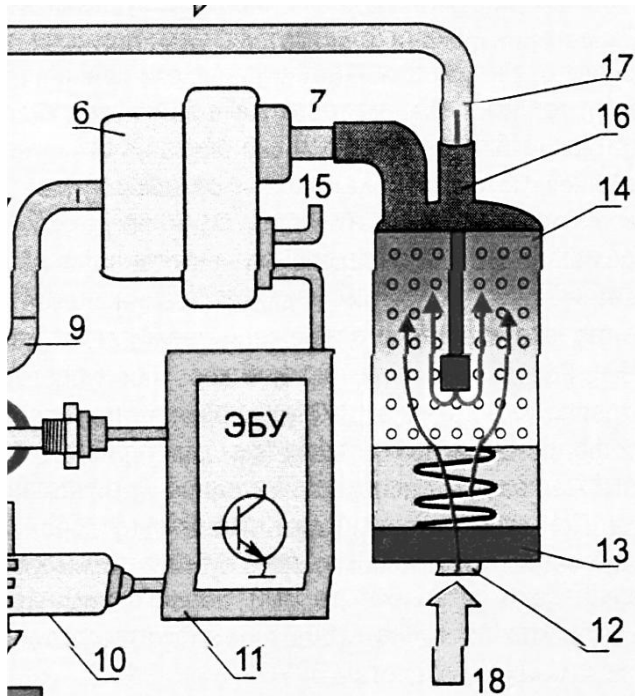
Система турбонадуву з приводом від відпрацьованих газів



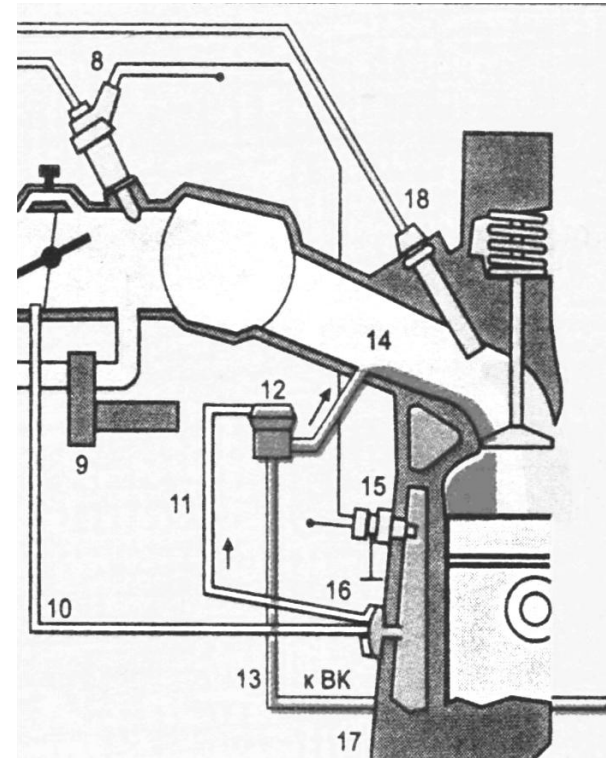
з приводом від ДВЗ
з електроприводом

Поліпшення екологічних показників ДВЗ

Система утилізації
випарів бензину



Система рециркуляції
відпрацьованих газів



Лінгвистичні моделі САК ДВЗ

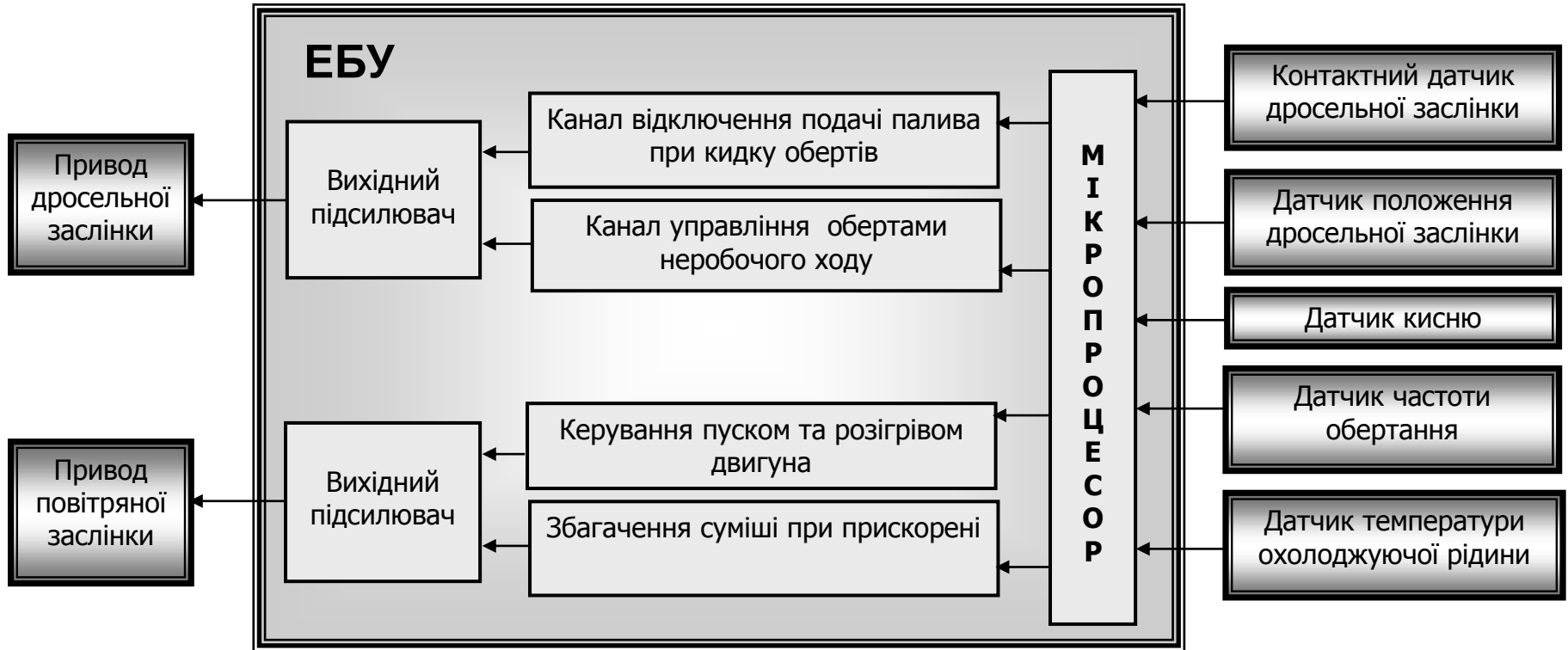
Система керування	Інформаційні сигнали X_i	Сигнали керування $Y_j=f(X_i)$	Параметри, що оптимізуються $Z_k=F(Y_j)$
Запалюванням	<ul style="list-style-type: none"> - Положення КВ - Частота обертання КВ - Навантаження ДВЗ - Температура ДВЗ 	<ul style="list-style-type: none"> - Нормування часу накопичення енергії -Визначення куту випередження запалювання -Забезпечення алгоритму подачі іскри 	<ul style="list-style-type: none"> - Мінімізація токсичності відпрацьованих газів - Мінімізація витрат палива - Підвищення потужності ДВЗ
Впорскуванням палива	<ul style="list-style-type: none"> - Витрата повітря - Частота обертання - Положення КВ - Температура ДВЗ - Положення дросельної заслінки 	<ul style="list-style-type: none"> - Підтримка обертів нераб. ходу - Управління продуктивністю паливних форсунок - Управління фазою подачі палива - Забезпечення алгоритму та режимів подачі палива 	<ul style="list-style-type: none"> - Мінімізація токсичності випускних газів - Мінімізація витрат палива - Підвищення потужності ДВЗ
Впуском повітря	<ul style="list-style-type: none"> - Навантаження ДВЗ - Частота обертання 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління інтеркулером турбонаддуву 	<ul style="list-style-type: none"> -Підвищення потужності

Ступенем стиску	<ul style="list-style-type: none"> - Швидкість обертання КВ - Навантаження ДВЗ - Температура ДВЗ 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління приводом підйому голівки циліндрів ДВЗ 	<ul style="list-style-type: none"> - Підвищення потужності ДВЗ
Газорозподілом	<ul style="list-style-type: none"> - Частота обертання - Положення КВ - Температура ДВЗ - Навантаження ДВЗ 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління фазою відкриття клапанів - Управління тривалістю відкритого стану - Упарвління продуктивністю - Забезпечення алгоритму функціонування 	<ul style="list-style-type: none"> - Мінімізація токсичності випускних газів - Мінімізація витрат палива - Підвищення потужності ДВЗ
Паливоподачею	<ul style="list-style-type: none"> - Частота обертання КВ 	<ul style="list-style-type: none"> - Вмикання (вимикання) паливного насосу 	<ul style="list-style-type: none"> - Витрата палива
Охолодження ДВЗ	<ul style="list-style-type: none"> - Температура ДВЗ - Частота обертання КВ 	<ul style="list-style-type: none"> - Вмикання (вимикання) вентилятору 	<ul style="list-style-type: none"> - Витрата палива - Потужність
Рециркуляцією вихлопних газів	<ul style="list-style-type: none"> - Якість згорання - Швидкість обертання КВ - Температура ДВЗ - Навантаження ДВЗ 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління клапаном перепуску газів 	<ul style="list-style-type: none"> - Зниження шкідливості відпрацьованих газів

<p>Полегшення пуску двигуна</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Температура ДВЗ - Температура повітря - Температура палива - Частота обертання КВ 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління підігрівачами складових паливної суміші 	<ul style="list-style-type: none"> - Витрати палива - Експлуатаційні витрати
<p>Стабілізації швидкості руху АТЗ (круз-система)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Частота обертання КВ - Фаза та тривалість впорскування палива - Положення селектору КП - Положення дросельної заслінки - Швидкість руху автомобіля 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління приводом дросельної заслінки - Управління паливними форсунками 	<ul style="list-style-type: none"> - Швидкість руху автомобіля за різними критеріями - Мінімізація експлуатаційних витрат - Мінімізація часу руху до пункту призначення
<p>Утилізації випарувань бензину</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Температура ДВЗ - Якість згоряння - Швидкість руху автомобіля - Положення дросельної заслінки 	<ul style="list-style-type: none"> - Управління клапаном додаткової подачі палива 	<ul style="list-style-type: none"> -Екологічність автомобіля -- Витрати палива

2.2.2. Функціональна та структурна ідентифікація систем керування подачею палива

Система «Ecotronic»



забезпечує оптимальний склад горючої суміші на режимах пуску, прогріву двигуна, примусового неробочого ходу та підтримує визначену частоту ХХ.

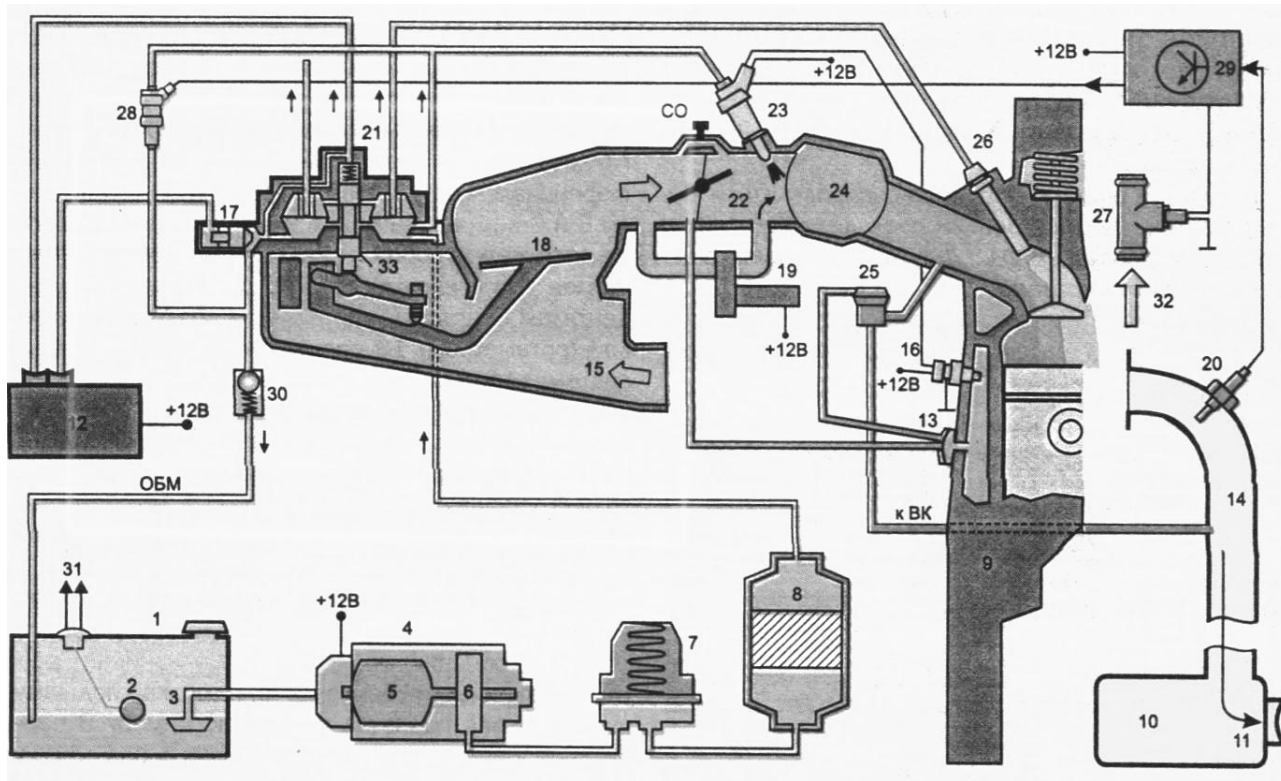
низький об'ємний коефіцієнт корисної дії; нерівномірність розподілу суміші по циліндрах – використання збагачених сумішей; конденсація палива на впускному колекторі – зниження експлуатаційних якостей ДВЗ.

Типи систем упорскування бензинових ДВЗ

- **Jetronic** – системи упорскування.
- **K-Jetronic** (К-від нім. Kontinuerlich -безперервність, Jet - від англ. струмень) механічні системи упорскування.
- **KE-Jetronic** (E - Elektronik) електронні системи упорскування з електронним блоком.
- **Mono-Jetronic** (один струмінь) системи з центральним упорскуванням.
- **L-Jetronic** (від нім. Lade – точна позиція, заряд) багатоточечні (MPI – many point injection) системи упорскування
- **LE-Jetronic** системи упорскування з удосконаленим електронним блоком.
- **LN-Jetronic** (від нім. Rauch – дмухання вітру) - системи упорскування з використанням мас- метрів повітря.
- **LD-Jetronic** (від нім. Direckt – безпосередній) - системи упорскування без масметрів повітря (безпосередня подача повітря).
- **D-Jetronic** системи упорскування безпосередньо в циліндри ДВЗ.

підвищення потужності на одиницю об'єму циліндрів, паливна економічність; більший крутний момент на низьких обертах; полегшений пуск, підвищена приємність; низька токсичність.

Механічна система впорскування палива "K-Jetronic"



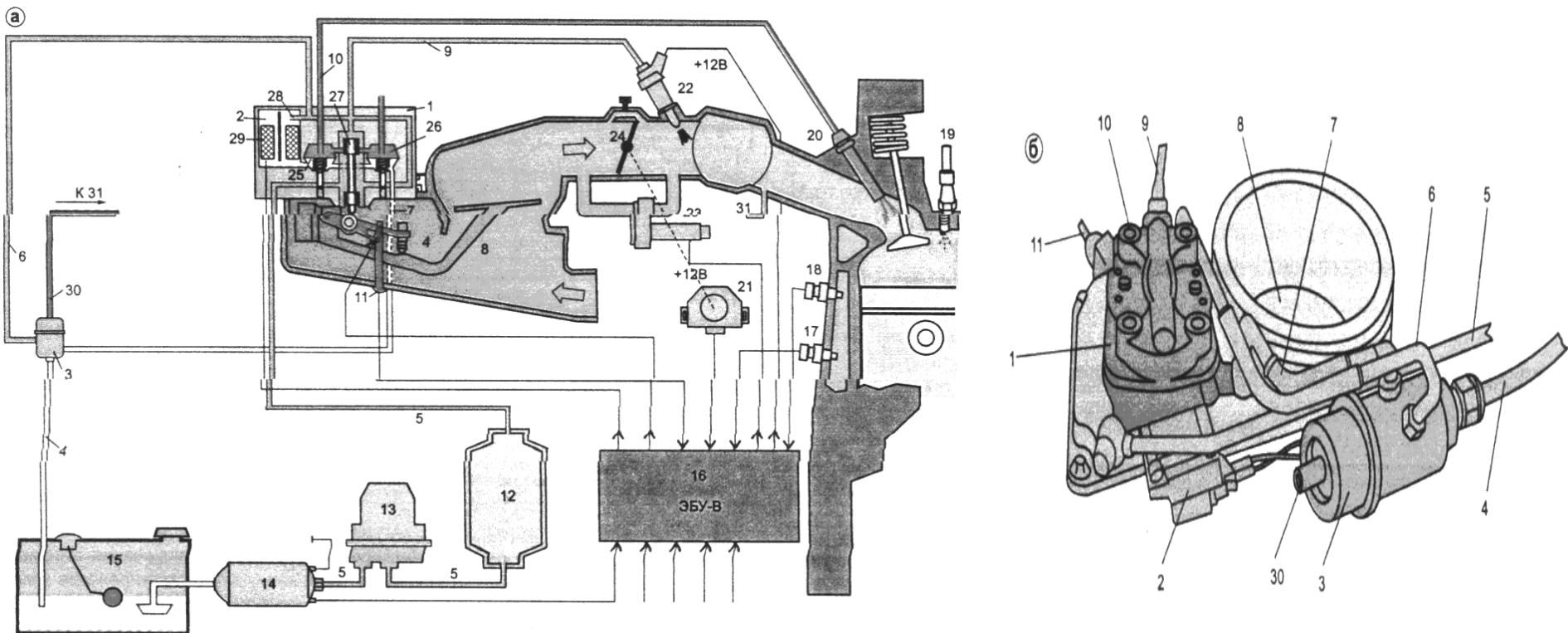
1 – бензобак; 2 – поплавковий показчик рівня палива; 3 – сітчастий фільтр; 4 – **електробензонасос** (ЕБН); 5 – **електродвигун ЕБН**; 6 – шибєрний нагнітач ЕБН; 7 – підпірний накопичувач палива (гідроаккумулятор); 8 – фільтр тонкої очистки бензину; 9 – блок ДВЗ; 10 – каталітичний газонейтралізатор; 11 – вихід відпрацьованих газів в глушникову підсистему; 12 – регулятор управляючого тиску на непрогрітому двигуні (регулятор прогріву); 13 – термопневмоклапан; 14 – випускний колектор; 15 – корпус витратоміра повітря; **16 – термореле часу**; 17 – клапан зворотного тиску; 18 – повітряна заслінка витратоміра (ротаметр); **19 – клапан додаткової подачі повітря через байпасний канал**; 20 – **датчик концентрації кисню**; 21 – дозатор-розподільник палива; 22 – дросельна заслінка; **23 – пускова форсунка**; 24 – ресивер впускного колектора; 25 – клапан підсистеми рециркуляції; 26 – робоча клапанна форсунка; 27 – термоконтатор; 28 – тактовий гідроклапан (ТГК); **29 – електронний блок управління для ТГК**; 30 – стравлюючий клапан; 31 – контакти датчика рівня палива; 32 – рідина в системі охолодження ДВЗ; 33 – золотниковий клапан (золотник) дозатора-розподільника

K-Jetronic Дозування палива зміною тиску за допомогою дозатора-розподільника палива на підставі реакції механічного витратоміра повітря. Пускова форсунка. Дозування палива від навантаження та температури. використовуються електричні пристрої : електромеханічний паливний насос, термобіметалевий регулятор підігріву двигуна, електромагнітний клапан додаткової подачі повітря, термореле часу, електромагнітна пускова форсунка, електронне реле керування.

KE-Jetronic Витратомір повітря потенціметричного типу, кінцевий датчик положення дросельної заслінки, датчик температури охолоджуючої рідини, датчик кисню, ЕБК електрогідравлічний регулятор тиску палива, електромагнітна пускова форсунка, електромагнітні клапани стабілізування режиму ХХ та вугільного фільтра абсорберу. Основні форсунки гідромеханічними.

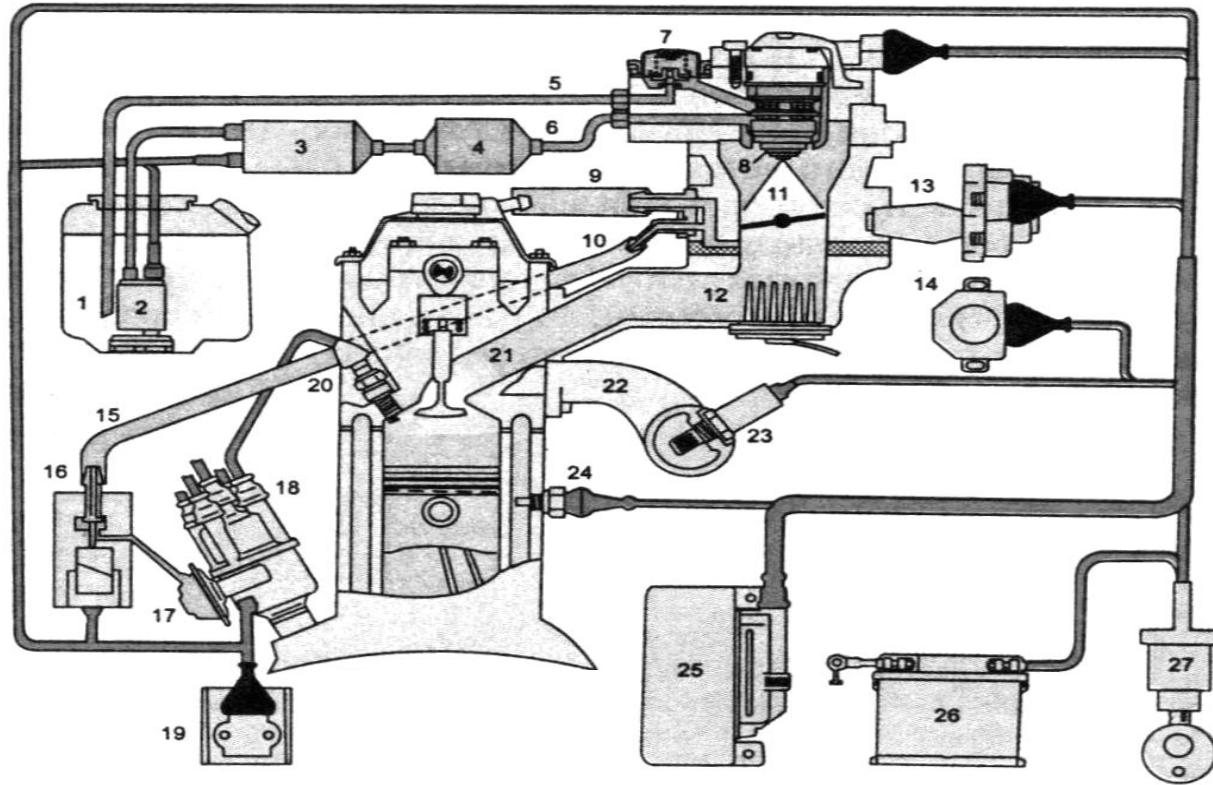
Mono-Jetronic Центральна форсунка попереду ДЗ. Датчики моменту упорскування, ПДЗ, ТП, ТОР, ЧО, ППДЗ, КК > ЕБК > форсунка, ЕПДЗ, запірний ЕК, основний та допоміжний ЕБН. Маса витрата повітря вимірюється не прямо на підставі ДПДЗ, ТП, ЧО. Компенсація коливання напруги (тривалість упорскування); регулювання ХХ; реагує на динамічні впливи на акселератор (збагачення).

Система впорскування палива "KE-Jetronic"



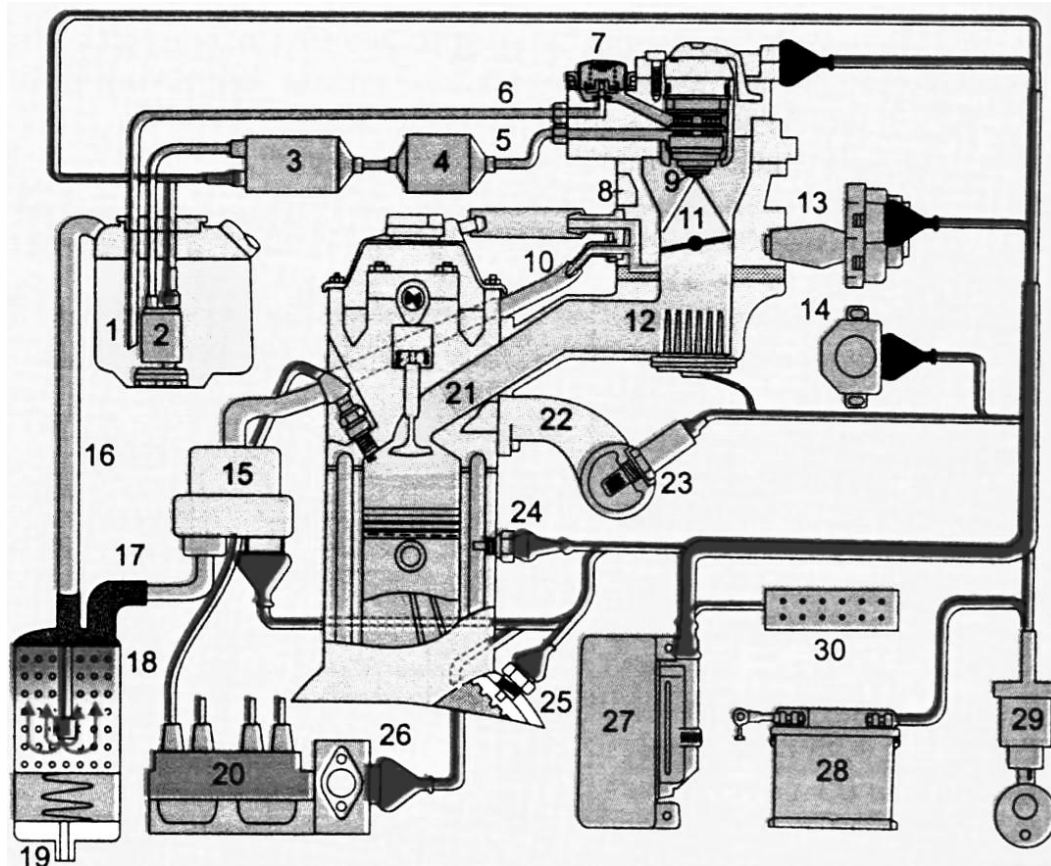
а – функціональна схема; б – конструкція гідромеханічного вузла системи; 1 – дозатор-розподільник; 2 – електрогідравлічний задатчик тиску (ЕГЗТ); 3 – мембранний регулятор тиску (МРТ); 4 – зливна бензомагістраль; 5 – пряма бензомагістраль; 6 – з'єднувальна бензомагістраль; 7 – зворотна бензомагістраль; 8 – ротаметр витратоміра повітря; 9 – бензошланг до пускової форсунки 10 – канали до робочих форсунок; 11 – електричне рознімання потенціометра (датчика положення ротаметра); 12 – фільтр тонкої очистки бензину; 13 – підпірний накопичувач палива (гідроаккумулятор); 14 – електробензонасос; 15 – бензобак; 16 – ЕБУ впорскування; 17 – датчик температури двигуна; 18 – термореле часу; 19 – свічка запалювання; 20 – робоча форсунка; 21 – потенціометричний датчик положення дросельної заслінки; 22 – пускова форсунка; 23 – клапан додаткової подачі повітря; 24 – дросельна заслінка; 25, 26 – верхня та нижня камери диференціальних клапанів; 27 – поршне-щілевий вентиль; 28 – паливний жиклер ЕГЗТ; 29 – електромагнітна система ЕГЗТ; 30 – штуцер вакуумної камери МРТ; 31 – штуцер задросельної зони

Система впорскування палива "Mono-Jetronic"



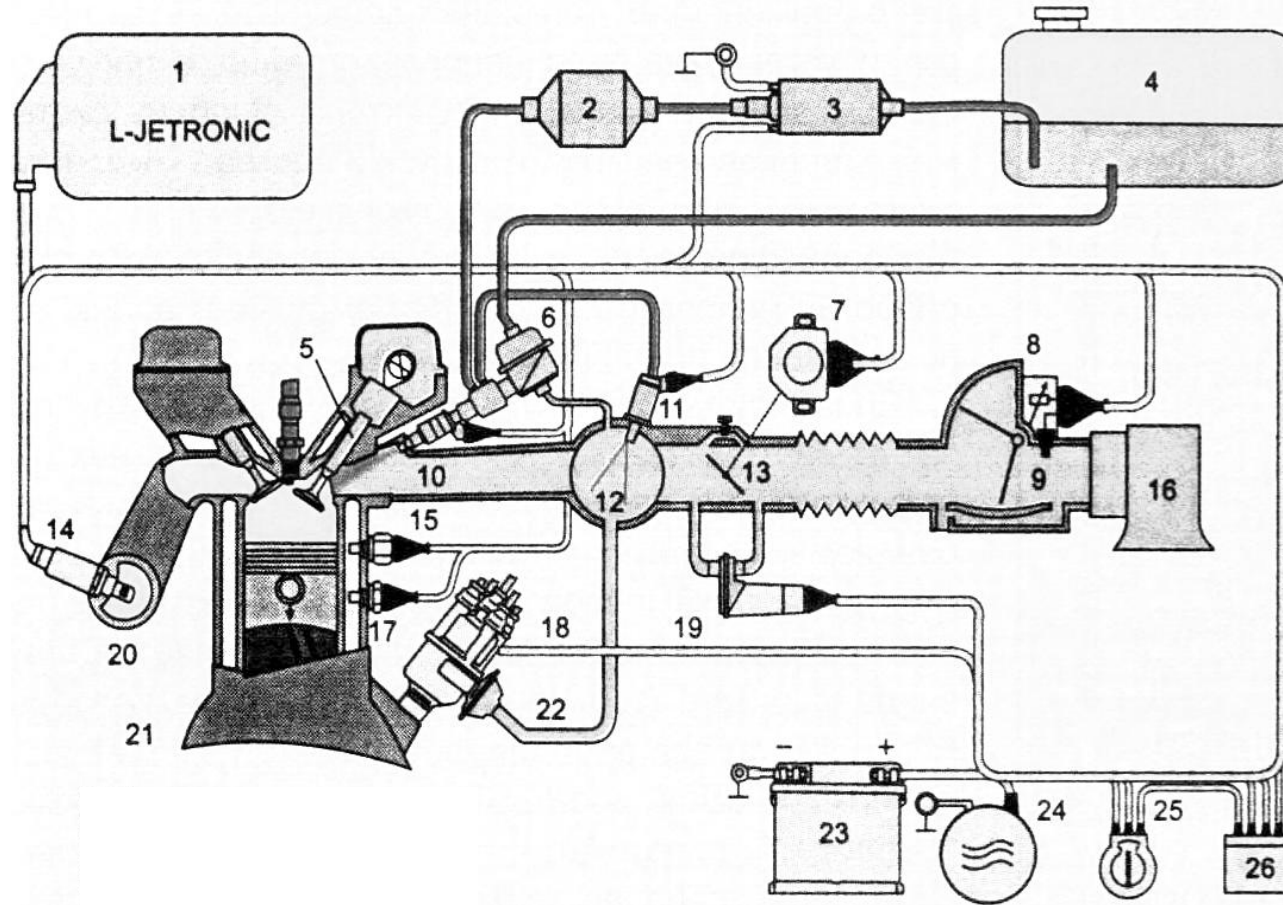
- 1 – бензобак; 2 – підкачуючий бензонасос; 3 – основний бензонасос; 4 – бензофільтр;
5 – зворотній бензопровід; 6 – пряма бензомагістраль; 7 – регулятор тиску; 8 – центральна форсунка
впорскування; 9 – вивід картерних газів; 10 – штуцер вакуумного шланга для запорного клапана; 11 –
дросельна заслінка; 12 – підігрівач паливної суміші;
13 – електросервопривід дросельної заслінки; 14 – дросельний потенціометр;
15 – вакуумний шланг; 16 – запорний пневмоклапан; 17 – вакуумний регулятор випередження
запалювання; 18 – датчик-розподільник; 19 – електронний комутатор запалення; 20 – свічка
запалювання; 21 – впускний клапан ДВЗ; 22 – випускний колектор;
23 – датчик кисню; 24 – датчик температури ДВЗ; 25 – електронний блок управління впорскуванням; 26 –
акумуляторна батарея; 27 – замок запалювання

Система впорскування палива "Mono-Motronic"



1 – бензобак; 2 – підкачуючий електробензонасос; 3 – основний електробензонасос; 4 – фільтр тонкої очистки палива; 5 – пряма бензомагістраль; 6 – зворотна бензомагістраль; 7 – регулятор тиску; 8 – центральний вузол впорскування; 9 – центральна форсунка впорскування; 10 – шланг для каналізації випаровувань бензину; 11 – дросельна заслінка; 12 – підігрівач впускного колектору; 13 – електросервопривід дросельної заслінки; 14 – дросельний потенціометр; 15 – запорно-тактовий клапан; 16, 17 – з'єднувальні шланги для вугільного фільтру; 18 – вугільний фільтр; 19 – вхідний повітряний штуцер вугільного фільтру; 20 – двохвивідні котушки запалювання; 21 – впускний колектор; 22 – випускний колектор; 23 – датчик концентрації кисню; 24 – датчик температури ДВЗ; 25 – датчик колінчастого валу; 26 – багатоканальний модуль запалювання; 27 – ЕБУ; 28 – акумуляторна батарея; 29 – замок ввімкнення запалювання; 30 – діагностичне рознімання

Система впорскування палива "L-Jetronic"



1 – ЕБУ; 2 – фільтр тонкої очистки палива; 3 – електробензонасос; 4 – бензобак; 5 – впускний клапан; 6 – регулятор тиску з вакуумним коректором; 7 – потенціометричний датчик положення дросельної заслінки; 8 – потенціометричний витратомір повітря з датчиком температури; 9 – датчик температури повітря; 10 – робоча форсунка з електронним управлінням; 11 – пускова форсунка; 12 – ресивер впускного колектора; 13 – дросельна заслінка; 14 – датчик концентрації кисню; 15 – датчик температури двигуна; 16 – повітряний фільтр; 17 – термореле часу; 18 – датчик-розподільник; 19 – клапан додаткової подачі повітря; 20 – випускний колектор; 21 – блок циліндрів ДВС; 22 – вакуумний регулятор; 23 – акумуляторна батарея; 24 – генераторна установка; 25 – замок запалювання; 26 – реле управління бензонасосом, пусковою форсункою і термореле часу

L-Jetronic Одночасне групове або фазоване упорскування. Пускова форсунка під ДЗ у безперервному режимі за часом спрацьовування термореле. Датчики : ПДЗ, потенціометричний витратомір повітря, ТП, ЧО, атмосферного тиску, ТОР, КК. РХХ аналогічно Mono-Jetronic (СПДЗ).

LE-Jetronic Відміна між L та LE :

1. Кількість контактів рознімання ЕБК зменшилось від 35 до 25.
2. Реле ЕБН та пуску замінені електронною схемою.
3. Обмотки ПФ з латуні (12 Ом, нема додаткових резисторів).
4. У ДВП нема контактів вимикання ЕБН при непрацюючому ДВЗ.
5. ЕБК компенсує тривалість спрацьовування ПФ від коливань напруги.

LE2-Jetronic Нема пускової форсунки, поліпшенню функцій ЕБК.

LE3(4)-Jetronic ЕБК з використанням трьохмірних характеристичних карт, цифрові витратоміри повітря, зміни у системах, забезпечення пуску та ХХ.

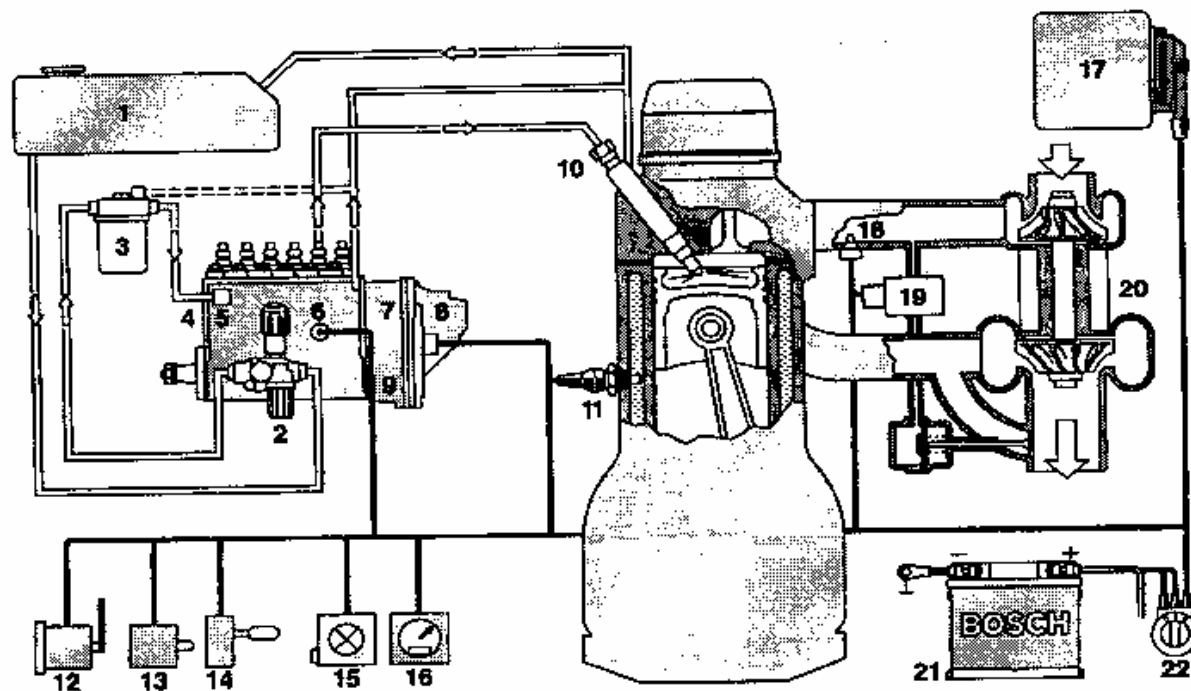
LH-Jetronic Новий термоанемометричний ДМВП (масметр).

LD-Jetronic Нема ДМВП (ДТП, ДЧО, ДПДЗ).

D-Jetronic упорскування у циліндри. Реалізована на механічному або електронному рівні. Тиск палива 30-38 кгс/см² (як дизельні), насос-форсуноки.

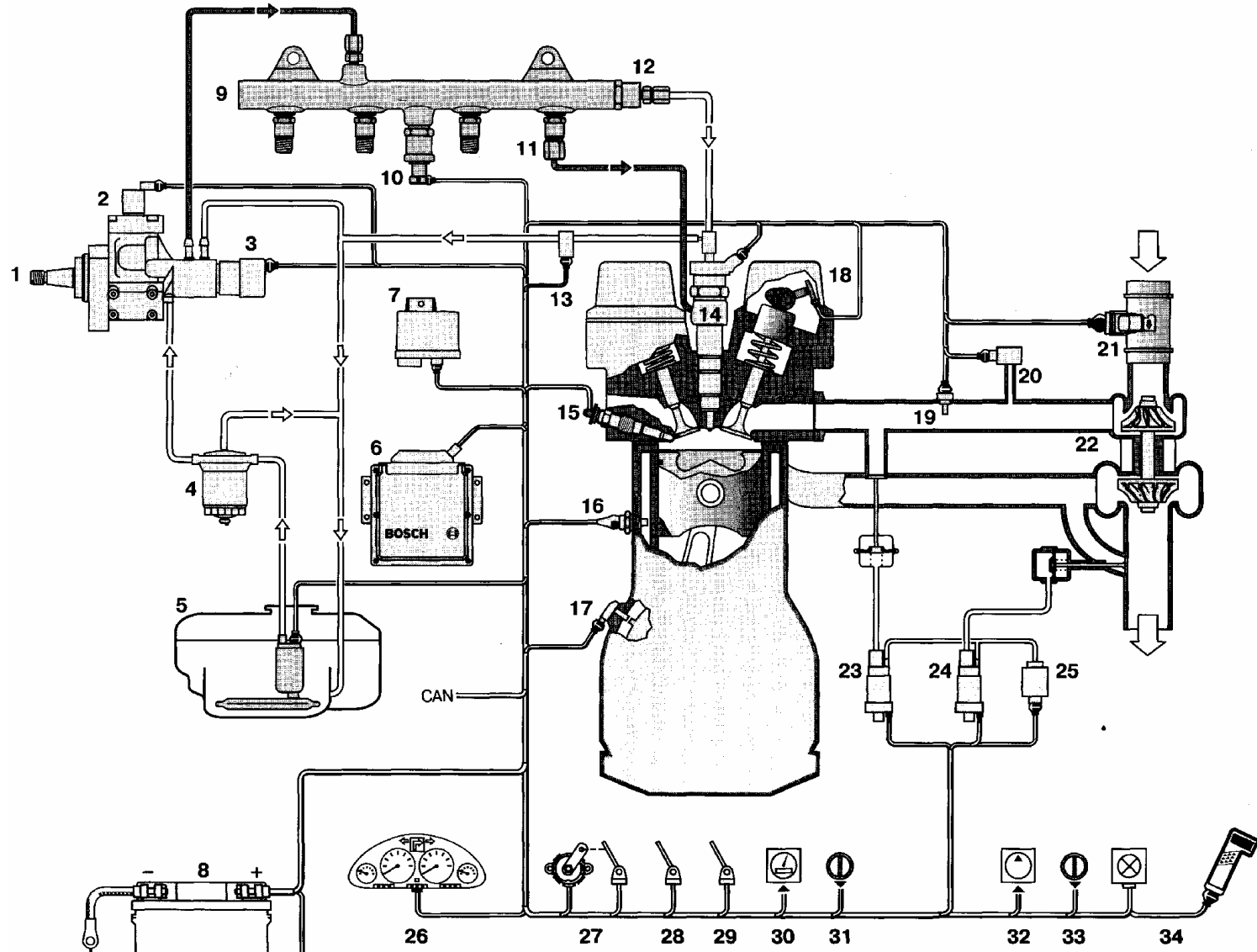
1. Використання екологічно чистого бензину (система **ЕСАУД-Д**).
2. Оптимізація упорскування за рахунок застосування ДКК – **ЕСК**, системи рециркуляції відпрацьованих газів – **ЕСР**.
3. Нейтралізація токсичності (термічна, окислювальна, відшкодувальна - **ЕСН**).

Схема розтошування елементів СК дизельним двигуном з керуванням рейки ПНВТ системи паливоподачі

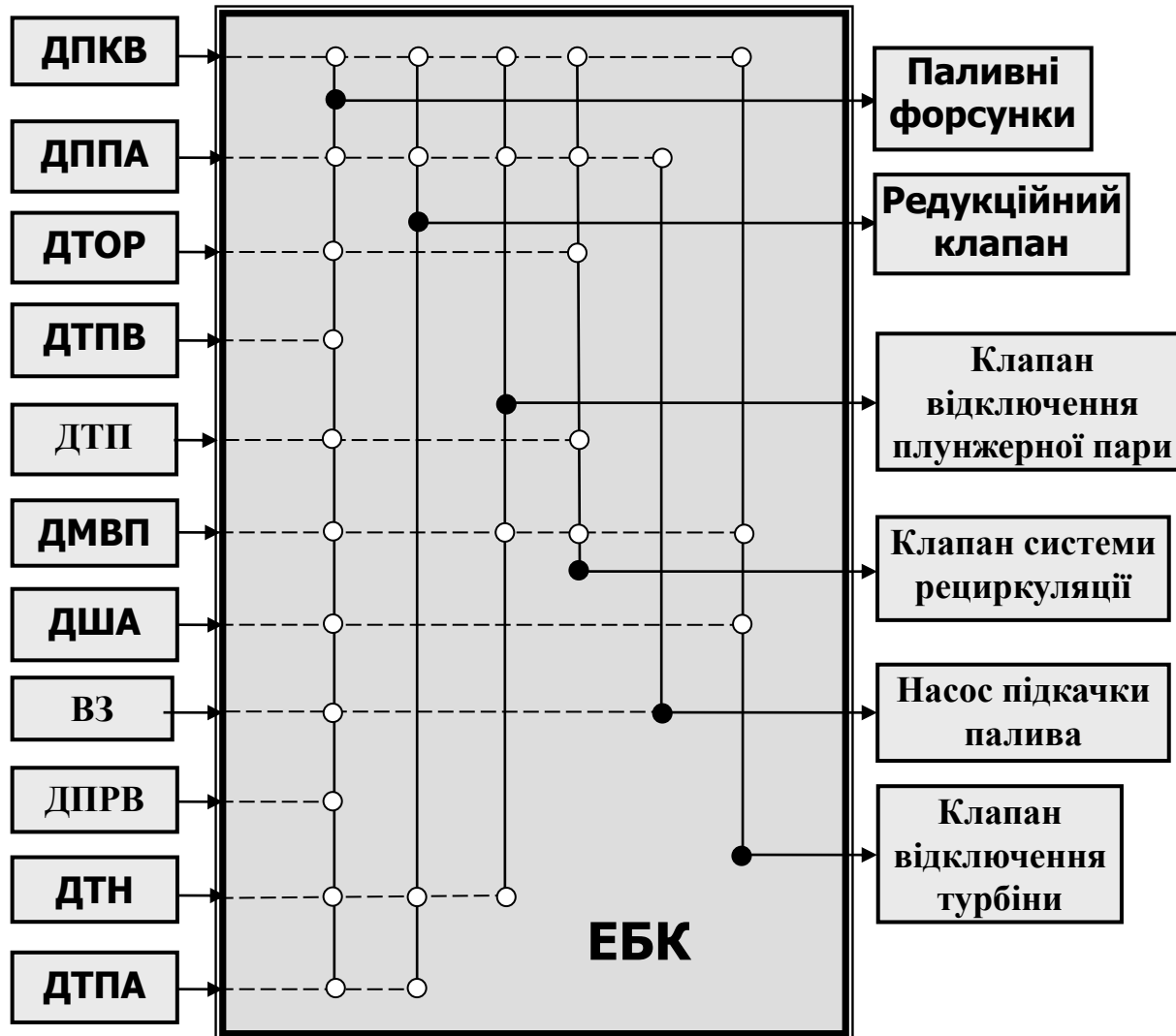


1. Топливный бак; 2. Топливоподающий насос (низкого давления); 3. Топливный фильтр; 4. Рядный ТНВД; 5. Электрическое устройство остановки двигателя (ELAB); 6. Датчик температуры топлива; 7. Датчик хода рейки; 8. Привод (исполнительный механизм) с соленоидом с линейным перемещением; 9. Датчик оборотов ТНВД; 10. Форсунка; 11. Датчик температуры охлаждающей жидкости; 12. Датчик на педали акселератора; 13. Выключатели тормозов, стояночного тормоза, сцепления; 14. Рабочая панель; 15. Контрольная лампа и соединение для диагностики; 16. Тахограф или датчик скорости автомобиля; 17. Электронный блок управления (ECU); 18. Датчик температуры воздуха; 19. Датчик давления нагнетаемого воздуха; 20. Турбокомпрессор с приводом от выхлопных газов; 21. Аккумуляторная батарея (АБ); 22. Выключатель стартера и накаливающих свечей.

Схема розтошування елементів СК дизельним двигуном з акумуляторною системою **подачі палива**



Функціональна схема СК дизельним двигуном з акумуляторною системою подачі палива



- ДПА – положення акселератора
- ДЧО – частоти обертання
- ДПГФ- підйому голки форсунки
- ДТН – тиску наддуву
- ВП – витратомір повітря
- ДВ - висоти
- ВЗ – вимикач зчеплення
- ВГП – вимикач педалі гальм
- ДАТП – абсолютного тиску повітря
- ДТП – температури палива
- ДДМ – дозуючої муфти

Схема розтошування елементів СК дизельним двигуном з паливними насос-форсунками (комерційні)

Схема дизелей коммерческих автомобилей с топливными системами с насос-форсунками и с индивидуальными ТНВД.

А Система подачи топлива (ступень низкого давления):

- 1 Топливный бак с фильтром-топливоприемником,
- 2 Топливоподкачивающий насос с обратным клапаном и насосом ручной подкачки топлива,
- 3 Фильтр тонкой очистки топлива,
- 4 Ограничитель давления,
- 5 Охладитель топлива.

В Ступень высокого давления:

- 6 Насос-форсунка (UIS),
- 7 Индивидуальный ТНВД (UPS),
- 8 Линия высокого давления,
- 9 Форсунка.

С Система электронного управления дизеля:

- 10 Датчик температуры топлива,
- 11 ЭБУ,
- 12 Датчик положения педали акселератора,
- 13 Датчик скорости автомобиля,
- 14 Контакты стоп-сигнала,
- 15 Датчик температуры воздуха,
- 16 Индуктивный датчик частоты вращения распределительного вала,
- 17 Датчик температуры воздуха на впуске,
- 18 Датчик давления наддува,
- 19 Датчик температуры охлаждающей жидкости,
- 20 Индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала.

Д Периферийное оборудование:

- 21 Панель приборов с дисплеем расхода топлива, частоты вращения и др.,
 - 22 Блок управления свечами накаливания,
 - 23 Свеча накаливания с закрытым нагревательным элементом,
 - 24 Концевой выключатель (на педали сцепления),
 - 25 Переключатель системы круиз-контроля,
 - 26 Компрессор кондиционера,
 - 27 Блок управления компрессором кондиционера,
 - 28 Выключатель стартера и свечей накаливания (замок "зажигания"),
 - 29 Диагностический тестер,
 - 30 Аккумуляторная батарея,
 - 31 Турбокомпрессор,
 - 32 Исполнительное устройство клапана регулирования давления наддува (клапана перепуска ОГ),
 - 33 Вакуумный насос,
 - 34 Двигатель.
- CAN Контроллер с шиной передачи данных.

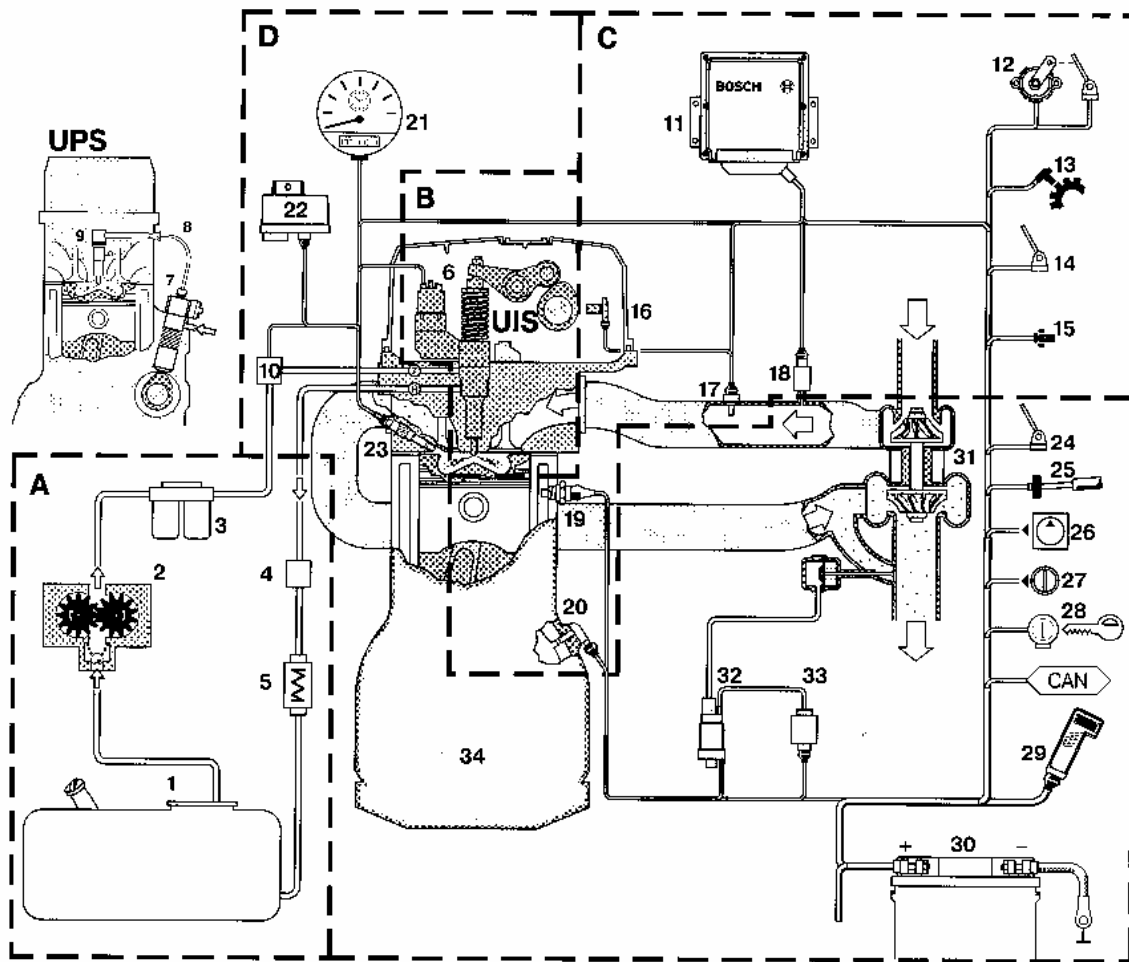


Схема розтошування елементів СК дизельним двигуном з паливними насос-форсунками (легкові)

Схема дизеля легкового автомобіля з топливной системой с насос-форсунками.

A Система подачи топлива (ступень низкого давления):

- 1 Топливный бак,
- 2 Фильтр тонкой очистки топлива,
- 3 Топливоподкачивающий насос с обратным клапаном,
- 4 Ограничитель давления,
- 5 Охладитель топлива.

B Ступень высокого давления:

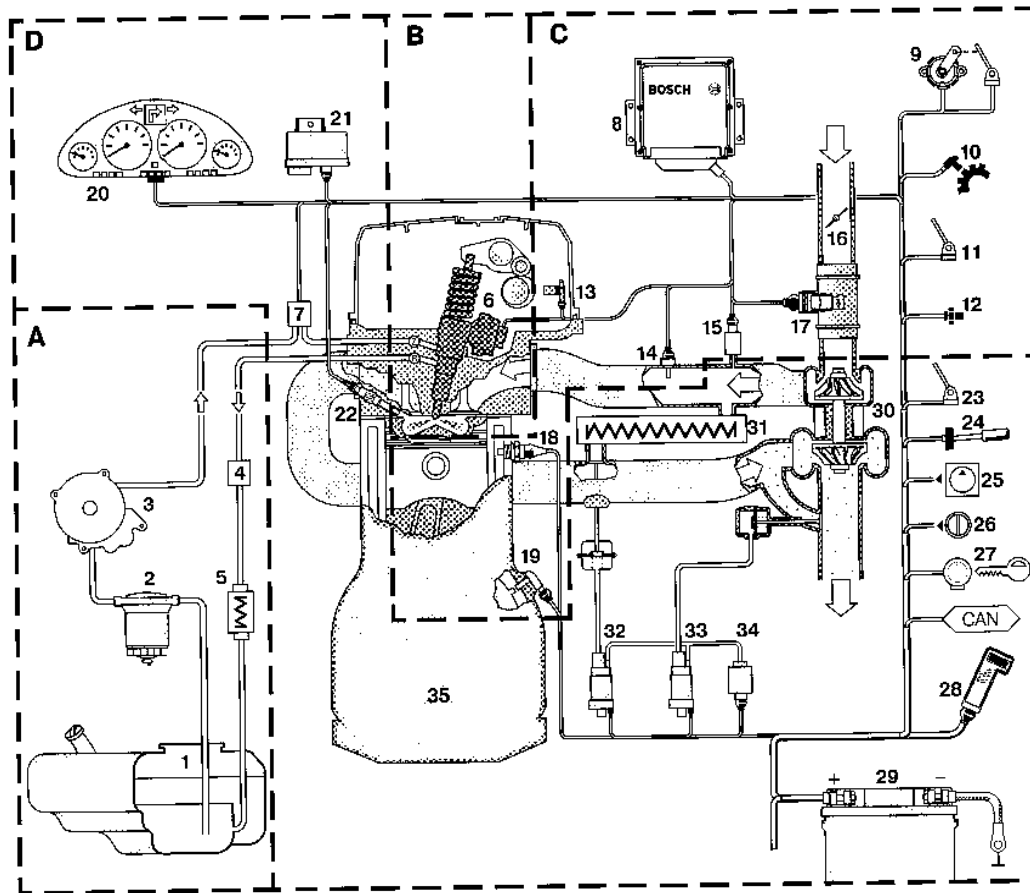
- 6 Насос-форсунка.

C Система электронного управления дизеля:

- 7 Датчик температуры топлива,
- 8 ЭБУ,
- 9 Датчик положения педали акселератора,
- 10 Датчик скорости автомобиля,
- 11 Контакты стоп-сигнала,
- 12 Датчик температуры воздуха,
- 13 Датчик частоты вращения распределительного вала,
- 14 Датчик температуры воздуха на впуске,
- 15 Датчик давления наддува,
- 16 Дроссельная заслонка,
- 17 Термоанемометрический датчик расхода воздуха,
- 18 Датчик температуры охлаждающей жидкости,
- 19 Индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала.

D Периферийное оборудование:

- 20 Панель приборов с дисплеем расхода топлива, частоты вращения и др. ,
 - 21 Блок управления свечами накаливания,
 - 22 Свеча накаливания с закрытым нагревательным элементом,
 - 23 Концевой выключатель (на педали сцепления),
 - 24 Переключатель системы круиз-контроля,
 - 25 Компрессор кондиционера,
 - 26 Блок управления компрессором кондиционера,
 - 27 Выключатель стартера и свечей накаливания (замок "зажигания"),
 - 28 Диагностический тестер,
 - 29 Аккумуляторная батарея,
 - 30 Турбокомпрессор,
 - 31 Охладитель в системе рециркуляции ОГ,
 - 32 Исполнительное устройство клапана рециркуляции ОГ,
 - 33 Исполнительное устройство клапана регулирования давления наддува (клапана перепуска ОГ),
 - 34 Вакуумный насос,
 - 35 Двигатель.
- CAN** Контроллер с шиной передачи данных



Приклади позначення систем керування ДВЗ

Фірма виробник	Тип системи упорскування палива	Основні функції системи керування	Додаткові функції керування	Характеристика системи упорскування щодо розподілу палива	Модифікація комплектація системи керування
Bosch Mitsubishi Rover Toyota	Mono LE, KE, LH, Direkt	Jetronic Motronik GEMS MEMS	Turbo Multi	Mpi, Epi, Spi, MPFi, Efi	1.1 2.7 3.8.2 5.1

Motronic: M1.1(2) – інтегрована система L-Jetronic; в M1.3(7) – LE-Jetronic; в M3.1(2) – LH-Jetronic; в M5.4 – LH4-Jetronic; ME-M – LE2-Jetronic.

виробники електронних систем керування:
Bosch Weber; Siemens; Ford; Mitsubishi; Nissan; Mazda;
Suzuki; Lucas; Rover; Toyota,

Застосування систем керування паливopoдaчею на дизельних ДВЗ

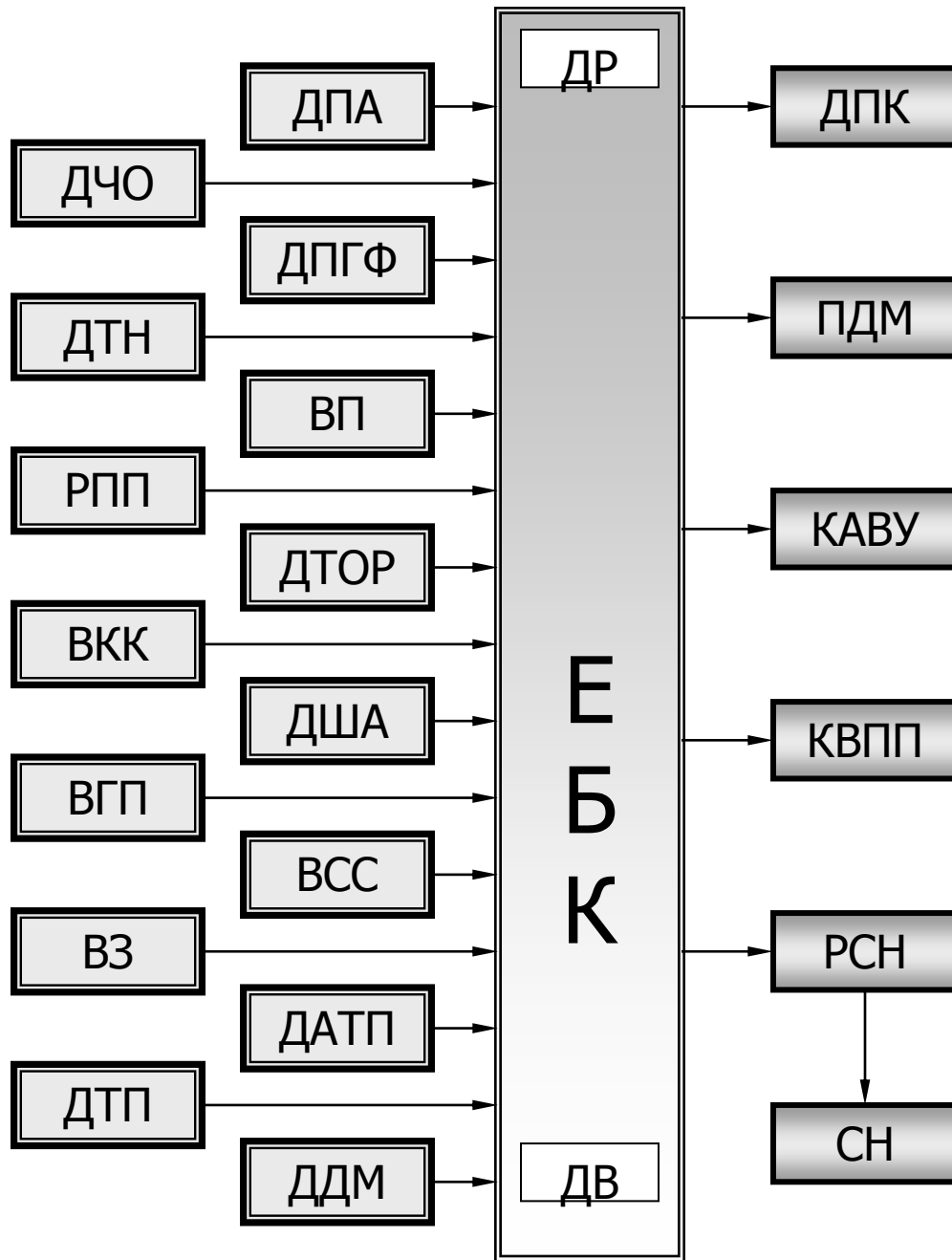
Тип паливної системи	Марка автомобіля	Модель автомобіля	Код двигуна	
BOSCH	FIAT	Punto 1,7 TD (Cat)	176 A3(A5)	
	SEAT	Inca 1,9D	1Y	
LUCAS/ BOSCH	MERSEDES-BENZ	C220(250)D	604(5).910	
BOSCH EDC	AUDI	A3(4) 1,9 TDI Cat	AGR (AFF)	
	FIAT	Mared/Weekend	185.A2	
	HONDA	Accord TDi	20T2N	
	MAZDA	121 1,8D	RTJ	
	ROVER	220(420) TD	20T2R	
	SEAT	Ibiza, Cordoba, Inca	AEY	
	VOLKSWAGEN		Polo/Caddy	AHB/AEY
			Golf/Vento/Passat	1Z/AFN
			LT 2,5 TDI	AHD/ACV
BOSCH ECD	AUDI	A4 1,9 TDI Cat	AFH/1Z/AHU	
BOSCH EDS	CHRYSLER	Jeep Cherokee	VM-42S CLIRS	
	FORD	Fiesta 1,8D	RTJ/RTK	
	ROVER	220(420) SDi	20T2N	
BOSCH MSA	CITROEN	XM 2,5D Turbo	THY (DK5 ATE)	
	VOLVO	850(S70, V70) TDI	D5252T	
LUCAS	FIAT	BraVa/Bravo/Marea	182A7	
LUCAS DPC(N)	RENAULT	Megane 1,9TD	F8Q 784	
	SKODA	Felicia 1,9D	AEF	

2.2.3. Особливості улаштування та функціонування комплексних систем керування

Motronic - комплексні системи керування (Mono-Elektronik – поєднане електронне керування)



Функціональна схема СК дизельним двигуном Bosch EDC



- ДПА – положення акселератора
ДЧО – частоти обертання
ДПГФ- підйому голки форсунки
ДТН – тиску наддуву
ВП – витратомір повітря
ДВ - висоти
ВЗ – вимикач зчеплення
ВГП – вимикач педалі гальм
ДАТП – абсолютного тиску повітря
ДТП – температури палива
ДДМ – дозуючої муфти
ПДМ – привід дозуючої муфти
КАВУ – соленоїд керування
упорскуванням палива
КВПП – клапан відсічки палива на
ПХХ
СН – свічки накаливання
РСН – реле СН
РПП – реле подачі палива
ВСС – вимикач стоп сигналу
ДПК – двох позиційний клапан

Режими роботи системи упорскування



Система кондиюнування: перемикач циклів, датчик сигналізатора тиску, датчик сигналізатора температури, реле керування муфтою компресора, керуюче реле, реле вентилятора конденсатора, вимикач вентиляторного вузла, компресора, вимикача системи кондиюнування.

Алгоритм конденсаюнування: кондиюнер не вмикається при ДЗ > 85%; температура ОР $t_o > 112\text{C}$; навантаження ДВЗ $P > 80\%$; $n_{\min} > n > n_{\max}$; $10,8 > U > 16,9\text{ В}$.
ЕБК корегує положення РХХ.

Алгоритм охолодження: вентилятор вмикається при $t_o > 104\text{C}$, подано запит на вмикання кондиюнера. Вимкнено, при $t_o > 101\text{C}$, кондиюнер вимкнено, $n=0$.

Алгоритм рециркуляції: клапан періодично відчиняється, якщо одночасно: $t_o > 75\text{C}$; працює зворотний зв'язок по ДКК; $V \geq 10\text{ км/год.}$; стан ДЗ > 4%.
Клапан зачинений при $V < 7\text{ км/год.}$ або стан ДЗ = 0%.

Програмні втручання системи самодіагностики при виникнені несправностей

Несправності в колах датчиків	Операції резервування ССД
ДД – обриви та замикання сигнального проводу	ЕБК переводить ДВЗ на аварійний режим з безпечними кутами запалювання
ДТОР – обриви та замикання сигнального проводу	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, який підраховується за часом роботи ДВЗ. Інформація про сигнал зберігається у пам'яті ЕБК
ДМВП – обриви та замикання сигнального проводу або провідників живлення	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що формується на основі сигналів ДПКВ та ДПДЗ
ДПДЗ – обриви та замикання сигнального проводу, тривала нерухомість датчика (роз'єднання приводу датчика)	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що формується на основі сигналів ДПКВ та ДМВП
ДПКВ – обриви та замикання сигнальних проводів, порушення екраніровки проводів (кількість імпульсів на оборот колінчастого валу перевищує 58)	ЕБК зупиняє двигун або переводить його на фіксовану частоту обертання
ДША – обриви та замикання сигнального проводу або провідників живлення	ЕБК ігнорує сигнал датчика та повідомляє водія (лампа СЕ) без зупинки двигуна

2.2.4. Діагностичні параметри елементів системи та засоби їх контролю

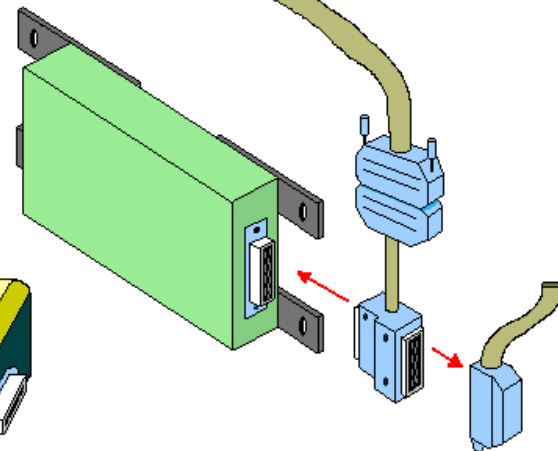
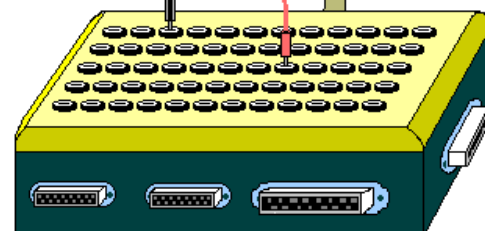
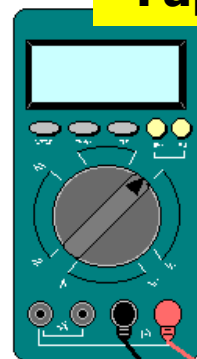
Сканування
через ЕБК



Діагностичне
розпізнавання



Гаряча перевірка



Холодна перевірка

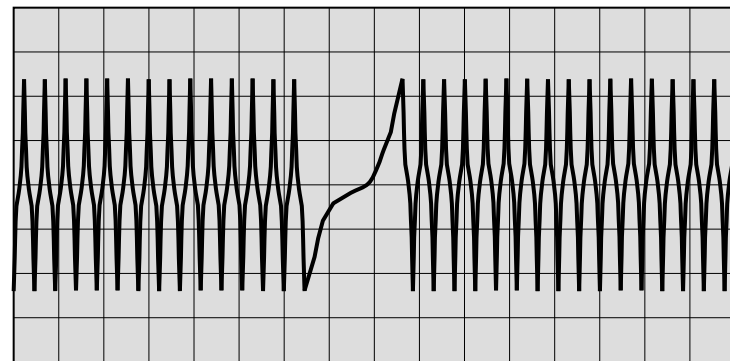
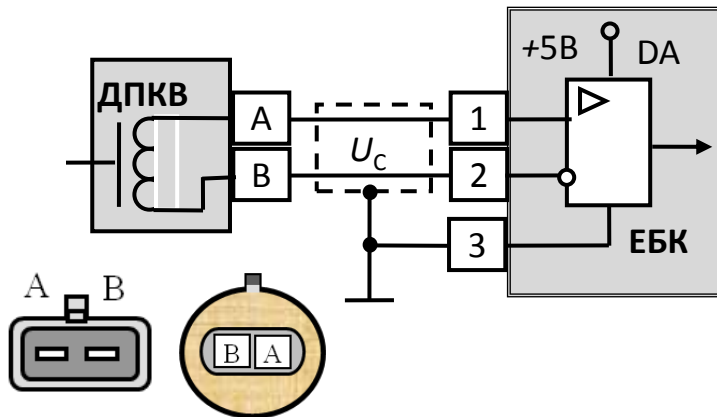


Датчики та
Виконавчі пристрої

Симптоми та
ознаки
несправностей

Діагностичні параметри датчиків

$U=0,6 - 6,0 \text{ В}$
 $f=30 - 300 \text{ Гц}$,

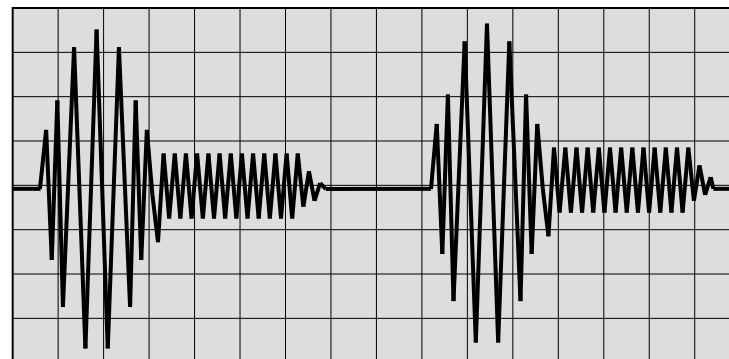
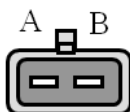


положення колінчастого валу $R=550 - 750 \text{ Ом}$



$U_C < 10 \text{ В}$

$U_C > 1 \text{ В}$



детонації

$R_D=3300 - 4500 \text{ Ом}$

датчика концентрації кисню

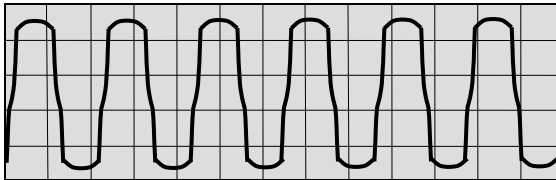


Рис. 5. Сигна исправного датчика кислорода Я-113

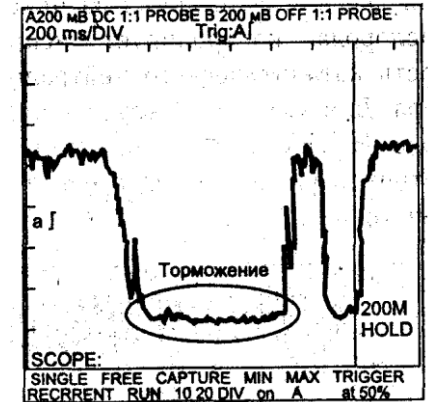
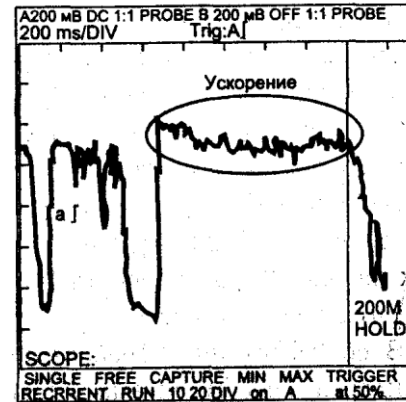
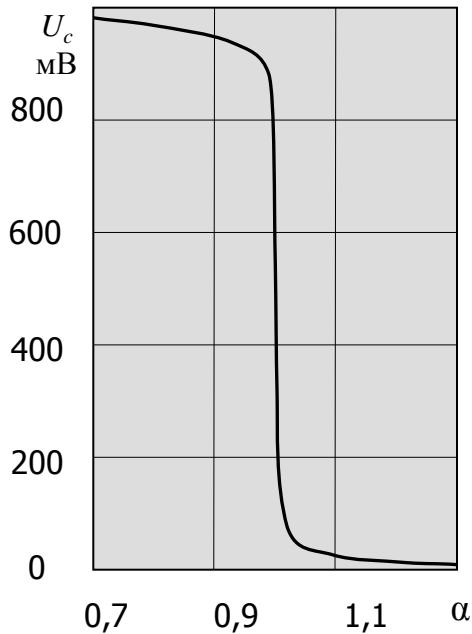


Рис. 6. Выходные сигналы датчика кислорода в различных режимах Я-13



Перехідна характеристика

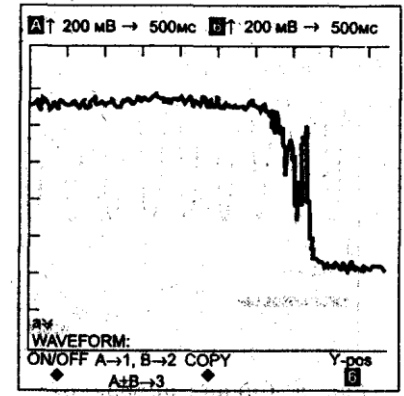
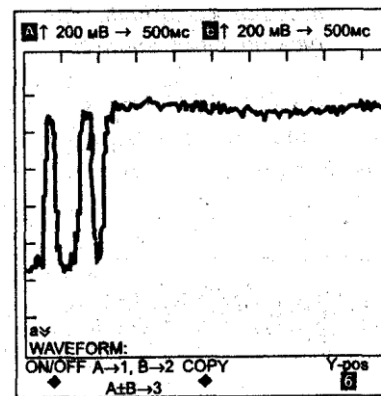
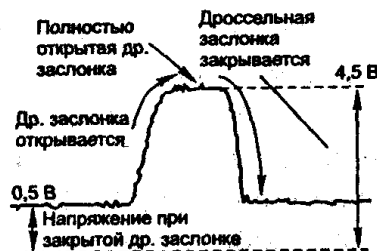
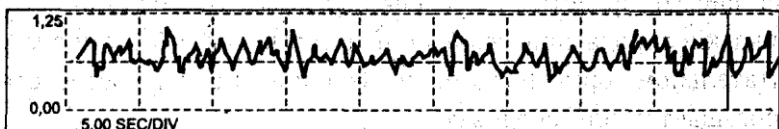
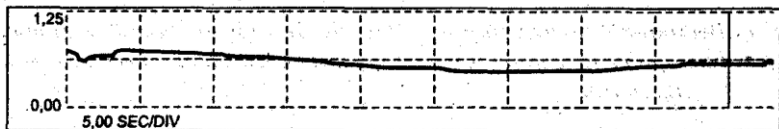


Рис. 7. Выходной сигнал датчика кислорода при подаче и отключении пропана

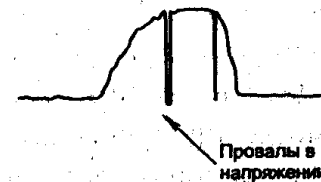


$R_{не} = 14 - 32 \text{ Ом}$

Діагностування датчиків запам'ятовуючим осцилографом



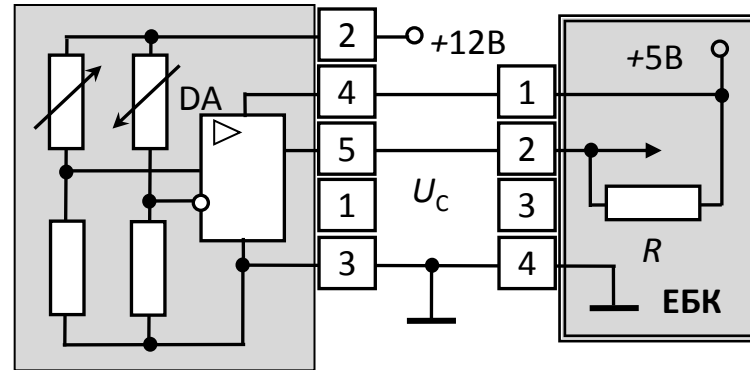
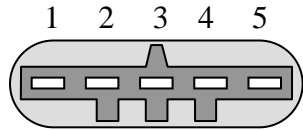
а)



б)



датчика масової витрати повітря



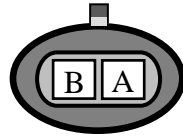
- 1 – нездійснений (резерв); 2 – напруга живлення ($U = +12\text{В}$);
 3 – маса (загальний "-"); 4 – напруга живлення датчиків ($U = +5\text{В}$);
 5 – вихідний сигнал датчика U_c

Карта опорів датчика типу PWT-GF 30

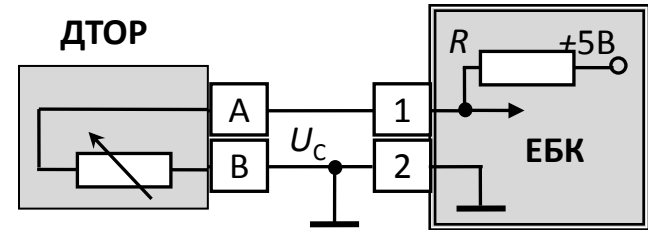
Електричне коло	Вимірювання між виводами	Значення опору, Ом
Нагрівальний елемент	$R_{2,3} = R_{3,2}$	$4.5 \cdot 10^3$
Вихід підсилювача	$R_{3,5} = R_{5,3}$ $R_{4,5} = R_{5,4}$	$2.4 \cdot 10^3$ ∞
Живлення вимірювальної частини	$R_{3,4}$ $R_{4,3}$	$14 \cdot 10^6$ ∞



Датчика температури охолоджуючої рідини



$$U_C = 0,4 - 4,9 \text{ В}$$



Температурна характеристика ДТОР

Температура °C	Опір, Ом	Температура °C	Опір, Ом	Температура °C	Опір, Ом
100	177	45	1188	15	4450
90	241	40	1459	10	5670
80	332	35	1802	5	7280
70	467	30	2238	0	9420
60	667	25	2796	-4	12300
50	973	20	3520	-10	16180

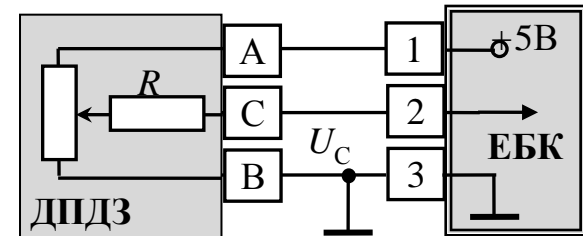
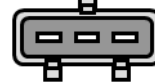
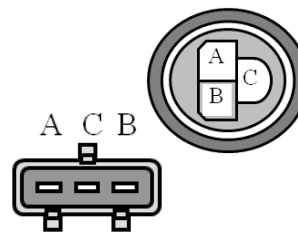


$$U_C = 0,3 - 4,6 \text{ В}$$

$$R_{AB} = 2 \text{ кОм}$$

$$R_{BC} = 0,7 - 1,4 \text{ кОм}$$

Датчик положення дросельної заслінки

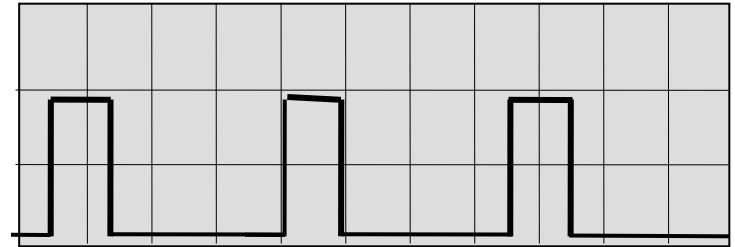
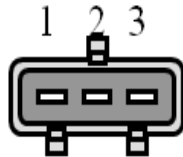
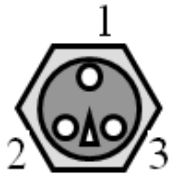


а

б

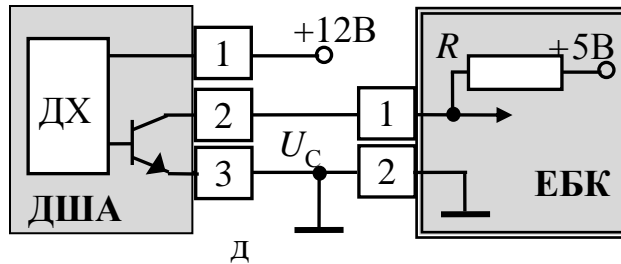
в

Цифрових датчиків Холла (швидкості руху автомобіля та фази)



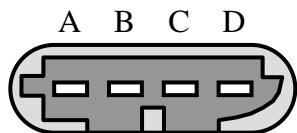
$$U_C = 0,4 - 12 \text{ В}$$

$$U_C = 0,4 - 4,9 \text{ В}$$



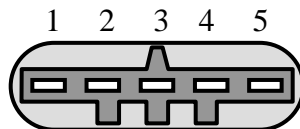
Цокольовка та призначення виводів електричних рознімань елементів системи управління ДВЗ

Модуль запалювання



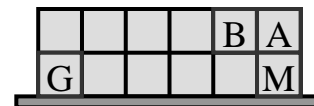
- A – сигнал запалювання 1, 4 циліндрів ($U_c = 1..4V$);
- B – сигнал запалювання 2, 3 циліндрів;
- C – маса (загальний "-");
- D – напруга живлення ($U = +12V$)

Датчик масової витрати повітря



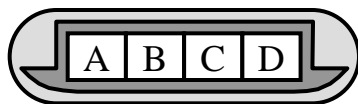
- 1 – нездійснений (резерв);
- 2 – напруга живлення ($U = +12V$);
- 3 – маса (загальний "-");
- 4 – напруга живлення датчиків ($U = +5V$);
- 5 – вихідний сигнал датчика U_c

Діагностичне рознімання



- A – маса (загальний "-");
- B – коло L-канала діагностики;
- G – сигнал ввімкнення паливного насосу;
- M – коло K-канала діагностики

Кроковий двигун РНХ

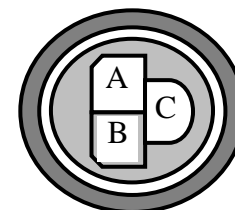
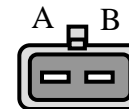
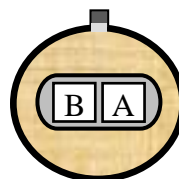
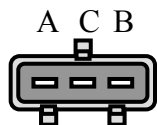


- A – сигнал низького рівня першої обмотки;
- B – сигнал високого рівня першої обмотки;
- C – сигнал низького рівня другої обмотки;
- D – сигнал високого рівня другої обмотки

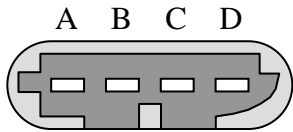
Датчик швидкості автомобіля



- 1 – напруга живлення ($U = +12V$);
- 2 – вихідний сигнал датчика;
- 3 – маса (загальний "-")



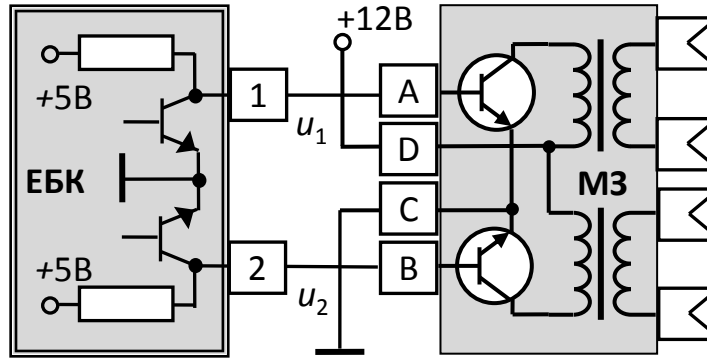
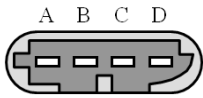
Карта опорів модуля запалювання типу 42.3705



Електричне коло	Вимірювання між виводами	Значення опору, Ом
Вторинна обмотка КЗ 1 і 4-го циліндрів	$R_{1,4} = R_{4,1}$ $R_{1,C} = R_{4,C}$ $R_{1,D} = R_{4,D}$	$6 \cdot 10^3$ ∞ ∞
Вторинна обмотка КЗ 2 і 3-го циліндрів	$R_{2,3} = R_{3,2}$ $R_{2,C} = R_{3,C}$ $R_{2,D} = R_{3,D}$	$6 \cdot 10^3$ ∞ ∞
Керування запалюванням	$R_{B,C} = R_{A,C}$ $R_{C,B} = R_{C,A}$ $R_{B,D} = R_{A,D}$ $R_{D,B} = R_{D,A}$	∞ $840 \cdot 10^3$ ∞ $780 \cdot 10^3$
Первинні оботки КЗ	$R_{D,C} = R_{C,D}$	∞

А – сигнал запалювання 1, 4 циліндрів ($U_c = 1..4В$);
 В – сигнал запалювання 2, 3 циліндрів;
 С – маса (загальний "-");
 D – напруга живлення ($U = +12В$)

$$U_c = 0,1 / 4,9 В$$



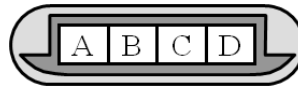
A – сигнал запалювання 1, 4
циліндрів ($U_c = 1..4В$);
B – сигнал запалювання
2, 3 циліндрів;
C – маса (загальний "-");
D – напруга живлення ($U = +12В$)

Модуль запалювання

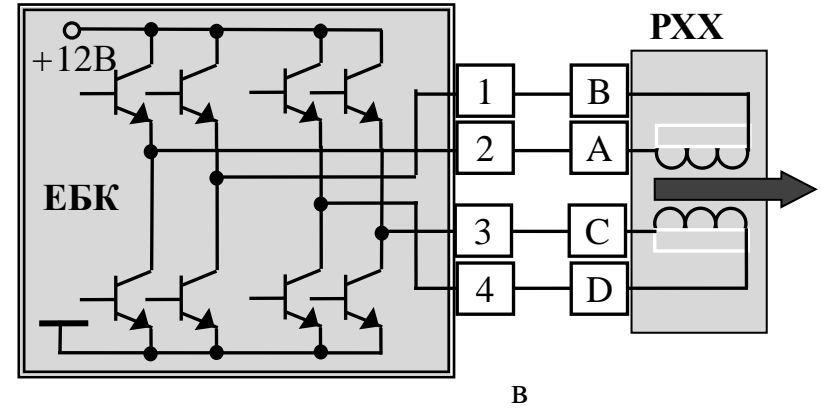
Регулятор холостого ходу



а



б



в

Обмотки электроклапанів та виконавчих реле

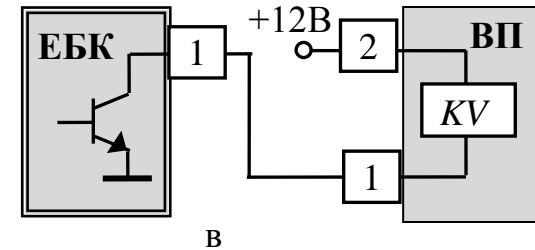
A – сигнал низького рівня першої обмотки;
B – сигнал високого рівня першої обмотки;
C – сигнал низького рівня другої обмотки;
D – сигнал високого рівня другої обмотки



а



б



в

Діагностичні параметри датчиків СК ДВЗ

Назва та призначення датчиків	Опір, Ом	Напруга, відносно маси, В	Умови вимірювання
Датчики температури палива	2500 – 800 2750 – 325	3,5 – 2,3 4,2 – 0,8	$t^{\circ}=20 - 50^{\circ}C$ $t^{\circ}=20 - 80^{\circ}C$
Датчики температури охолоджуючої рідини	2750 – 325 21000 – 900	4,4 – 0,4 4,8 – 0,4	$t^{\circ}=20 - 80^{\circ}C$ $t^{\circ}=10 - 90^{\circ}C$
Датчики температури повітря на впуску	6000 – 180 2750 – 325	4,6 – 0,3 4,4..0,4	$t^{\circ}=0 - 100^{\circ}C$ $t^{\circ}=20 - 80^{\circ}C$
Датчик абсолютного тиску	вимірюється спеціальним приладом	1,0 – 2,0 0,1 – 4,0 5,0	запал. ввімкнено; ДВЗ працює; напруга живлення
Датчик підйому голки форсунки	80 – 100	3,0 – 4,0	у робочому діапазоні
Датчик витрати повітря	спеціальним приладом	0,2 – 0,8 12,0	у робочому діапазоні; напруга живлення
Датчик положення колінчастого валу	680 – 1200	0,6 – 20,0	у робочому діапазоні
Датчик важеля керування паливоподачею	12,0 6+6	5,0 2,5	загальний опір та напруга середнє положення
Датчик педалі акселератора	800 – 1400	0,4 3,5 5	неробочий хід; повне навантаження; напруга живлення
Датчик частоти обертання ДВЗ	90 – 120 280 – 320 450 – 500 900 – 1100 1900 – 2050	0,2 – 10,0 1,4 – 12,0 0,5 – 15,0 0,8 – 20,0 1,2 – 40,0	залежно від типу датчика (виробника) та швидкісного режиму
Датчик швидкості автомобіля	спеціальним приладом	1,2 – 7,0	залежно від швидкісного режиму

Діагностичні параметри датчиків акумуляторної системи подачі палива в дизельному ДВЗ



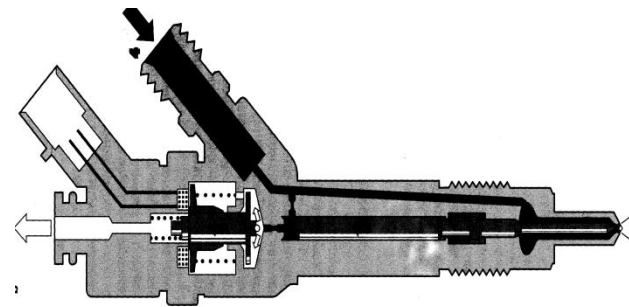
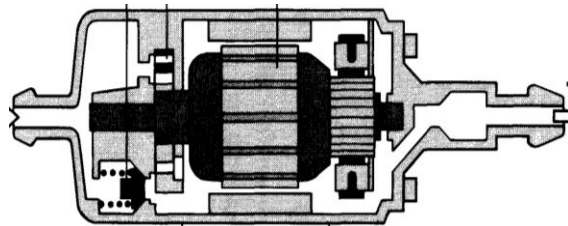
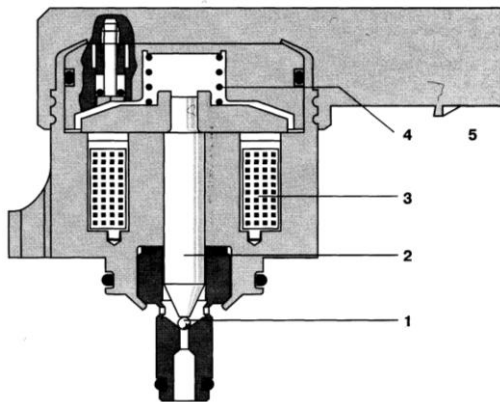
Призначення пристрою	Діагностичний параметр	
	Вхідний (вих.) опір, Ом	Вхідна (вих.) напруга, В
Датчик тиску палива в акумуляторі	∞	0,5...4,5
Датчик тиску надуву	∞	0,5...4,5
Датчик швидкості руху автомобіля	∞	0...5
Датчик положення педалі акселератора	700...1400	0,3...4,6
Датчик масової витрати повітря	∞	0,9...1,1
Датчик температури охолоджуючої рідини	160...16000	0,4...4,9
Датчик температури повітря	160...16000	0,4...4,9
Датчик температури палива	160...16000	0,4...4,9
Датчик положення розподільного валу	550...750	0,6...6,0
Датчик положення колінчастого валу	∞	0...5



Опори обмоток виконавчих пристроїв системи керування дизельним двигуном



Назва та призначення пристрою	Опір, Ом	Назва та призначення пристрою	Опір, Ом
Клапан системи рециркуляції відпрацьованих газів	14 – 20	Клапан кута зміни випередження впорскування	12 – 18
Двох позиційний клапан рециркуляції: перша обмотка друга обмотка	50 – 54 38 – 42	Клапан подачі палива: варіант I; варіант II	0,9 – 1,1 0,4 – 0,6
Клапан відсічки палива	7 – 8	Клапан початку впорскування	12 – 20
Клапан керування тиском наддування	20 – 30 40 – 50	Реле системи керування Реле свічок накаливання	70 – 80 70 – 80



2.3.1 Завдання та умови побудування діагностичної моделі

Побудування ДМ



Аналіз ДМ

За першим аспектом ТД визначити:

1. Структуру системи та функціональні зв'язки між її елементами;
2. Перелік та значення структурних і вихідних діагностичних параметрів;
3. Перелік несправностей системи та їх ймовірності;
4. Витрати на постановку діагнозу.

За другим аспектом ТД

1. Визначення ДТ. 2. Побудування АД

Задачі розробника ДС:

1. Аналіз режимних параметрів для СМ.
2. Побудування експертної системи ДП.
3. Інтегрування ДС в СК.
4. Розробка засобів діагностування.
5. Розробка технологій діагностування.

Структурна
ідентифікація
несправності

0/1

**Формулювання
завдання на ДМ**

Параметрична
ідентифікація
несправності

%

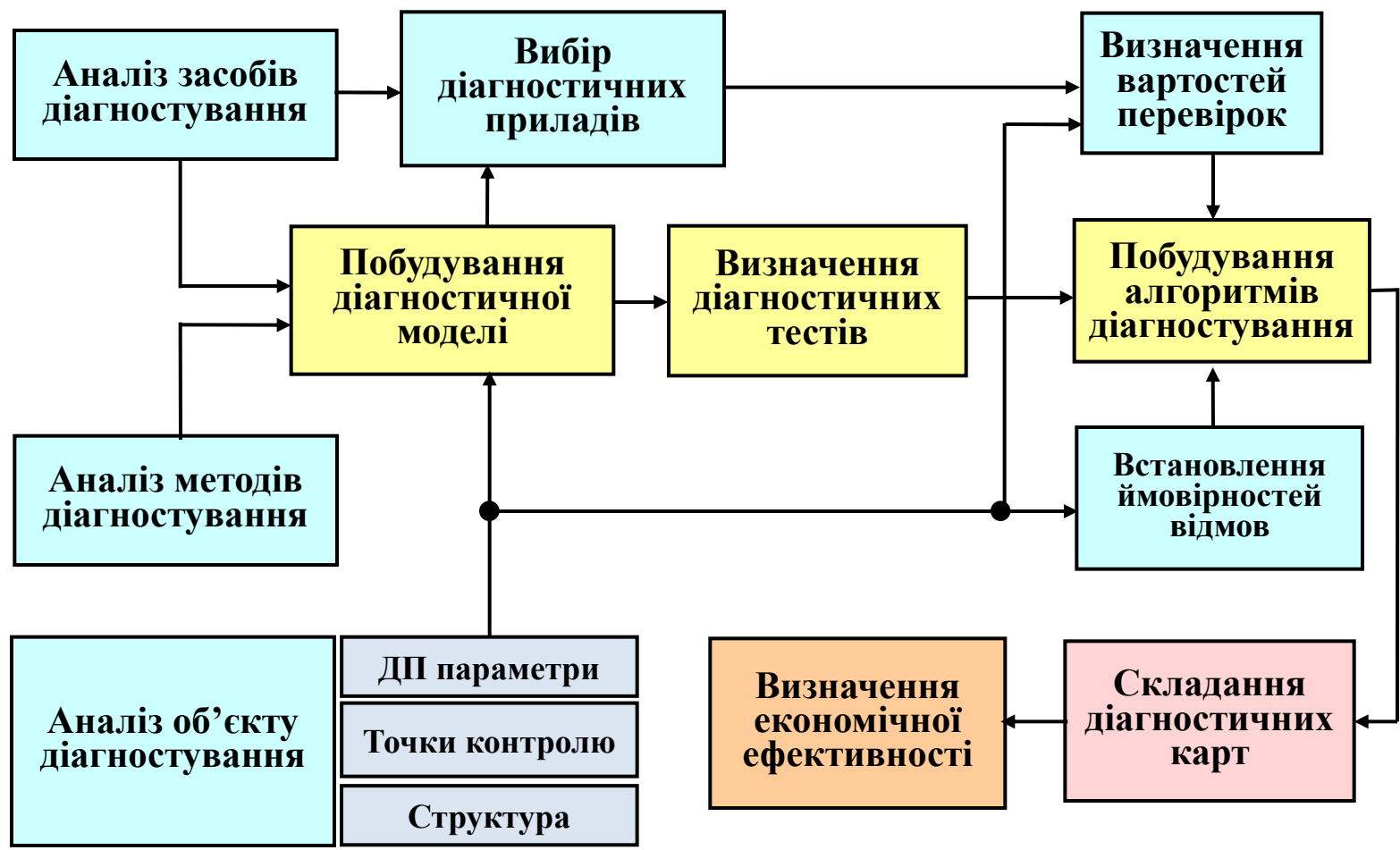
На етапі розробки СК

В період експлуатації

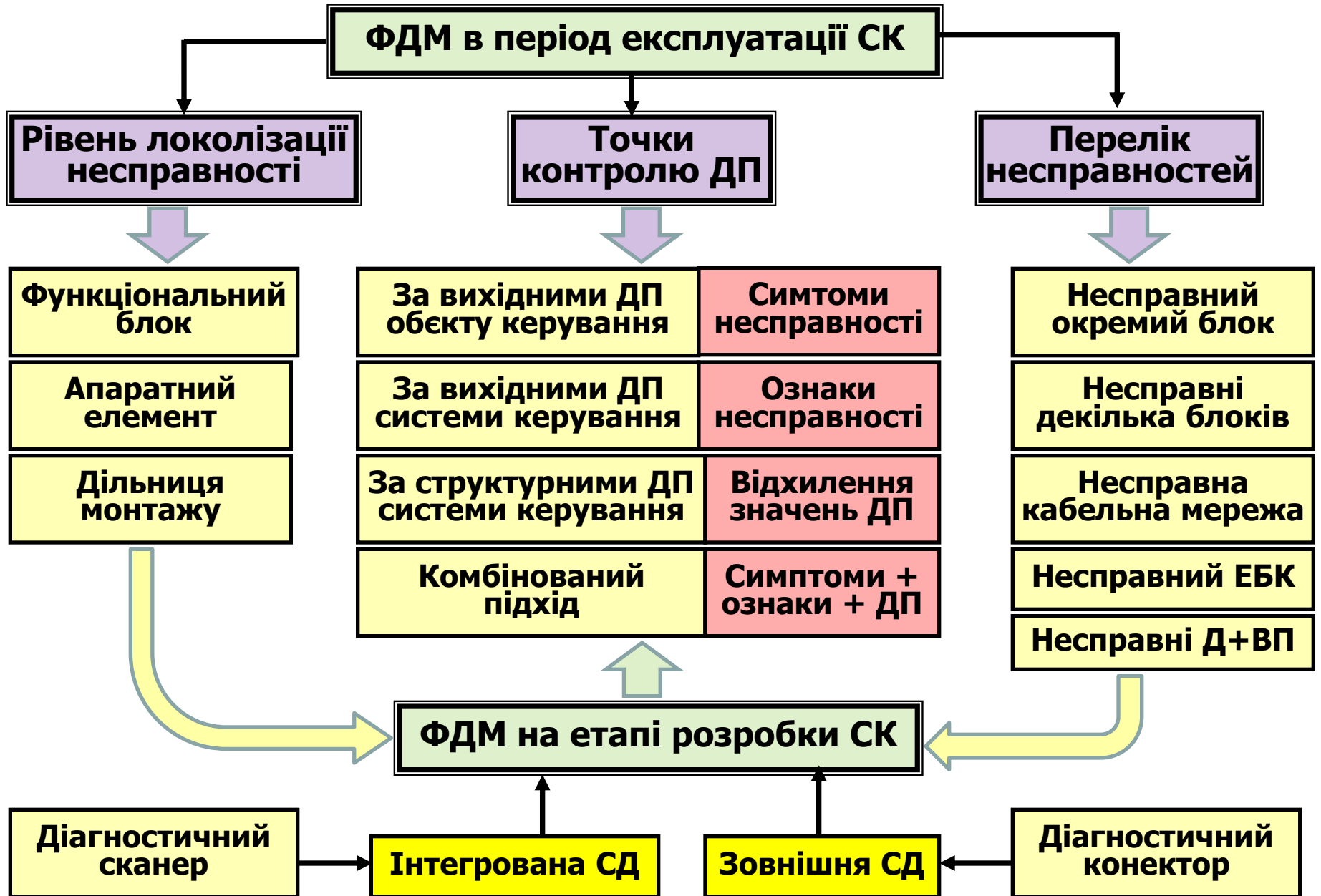
Структура дослідження СК в розробці



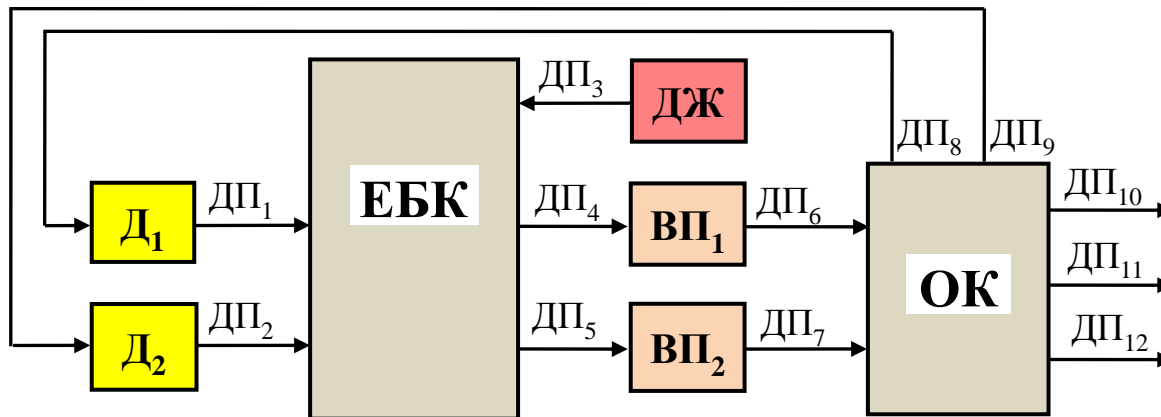
Структура дослідження СК в експлуатації



Умови побудування ФДМ



Етапи діагностування системи керування



ДП₁...ДП₉ – структурні параметри мехатронної системи;

ДП₁₀...ДП₁₂ – вихідні параметри мехатронної системи;

ДП₁...ДП₅ – електричні параметри;

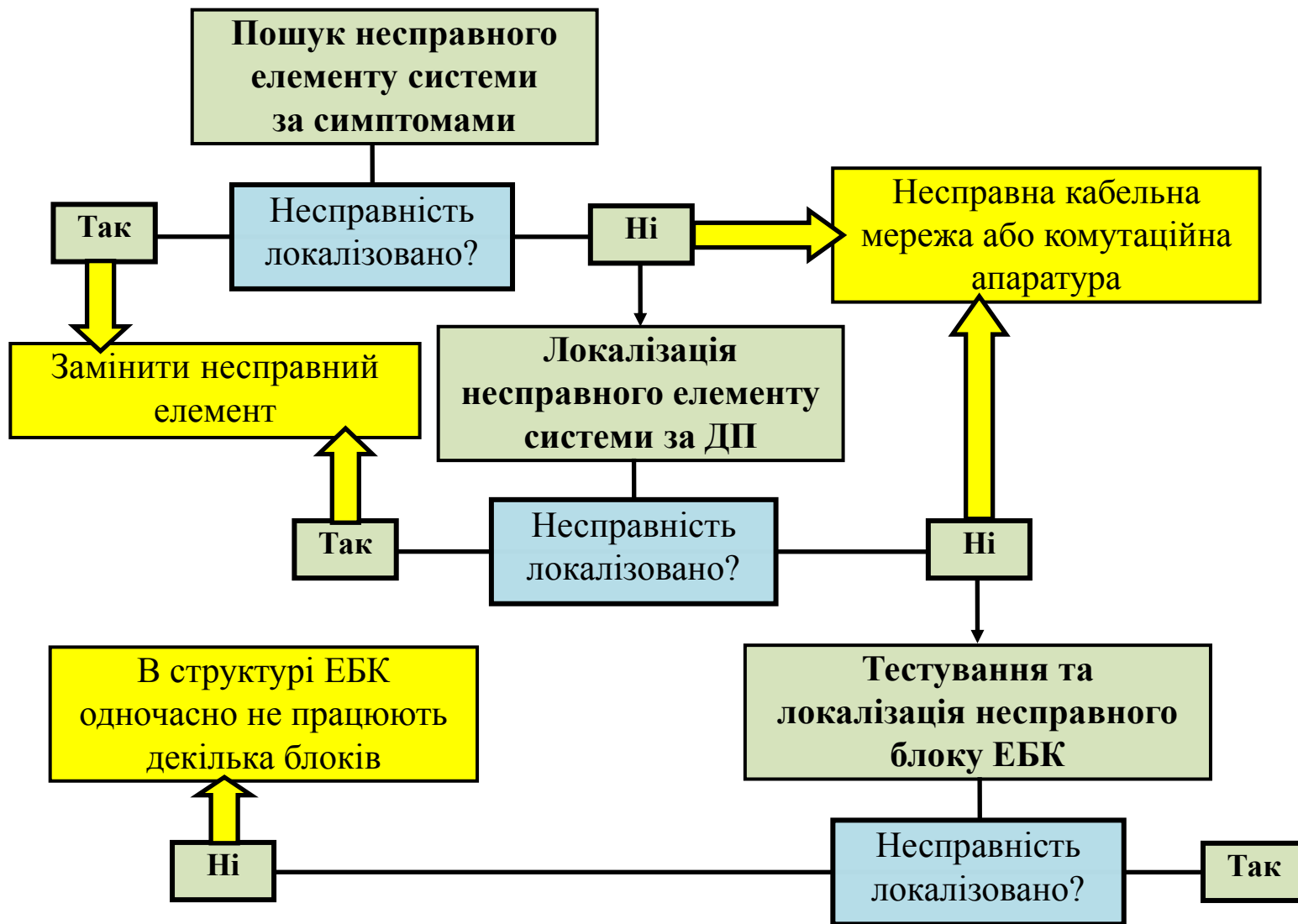
ДП₆...ДП₁₂ – неелектричні параметри.

Структурні ДП системи керування – вимірювання параметру електричного сигналу (**ДП₁...ДП₅**) за допомогою засобів діагностування (апаратна реєстрація).

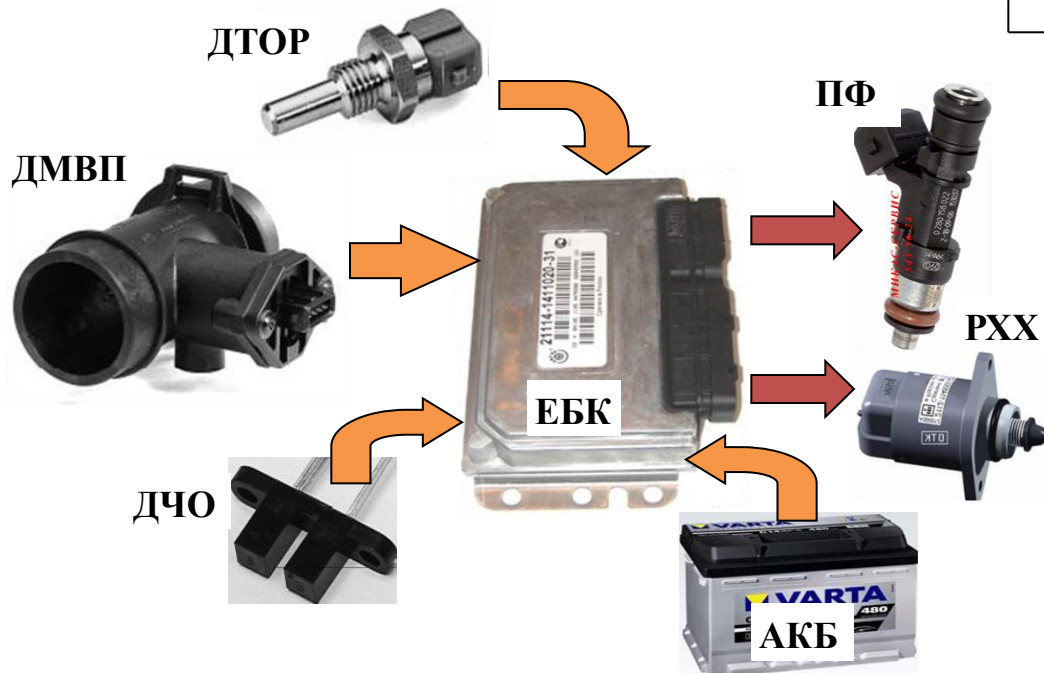
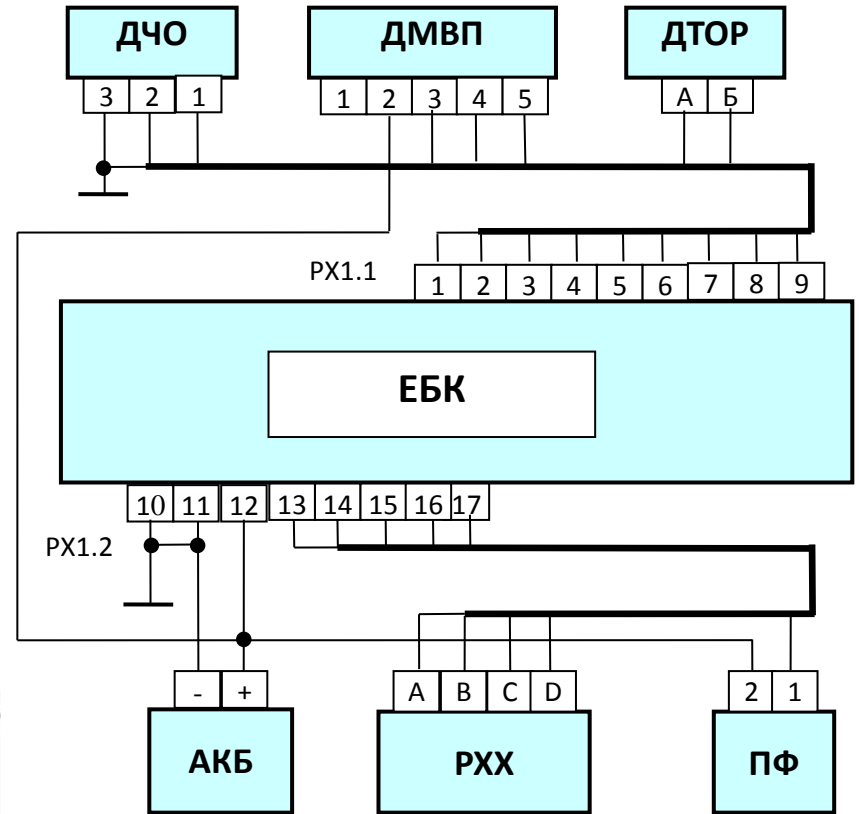
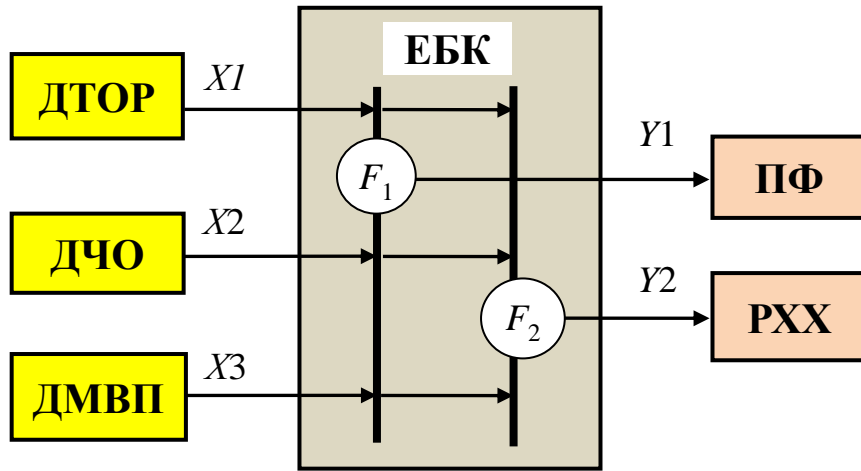
Ознаки несправності – суб'єктивна оцінка вихідного ДП системи керування (**ДП₆, ДП₇**) за реакцією виконавчого пристрою системи (спрацьовування актуатора).

Симптоми несправності - суб'єктивна оцінка вихідного ДП мехатронної системи (**ДП₁₀...ДП₁₂**) за реакцією об'єкта керування.

Етапи діагностування системи керування



Вихідні дані для побудовання ДМ



Завдання на ФДМ прикладу СК

**Рівень локалізації
несправності**

**Точки
контролю ДП**

**Перелік
несправностей**

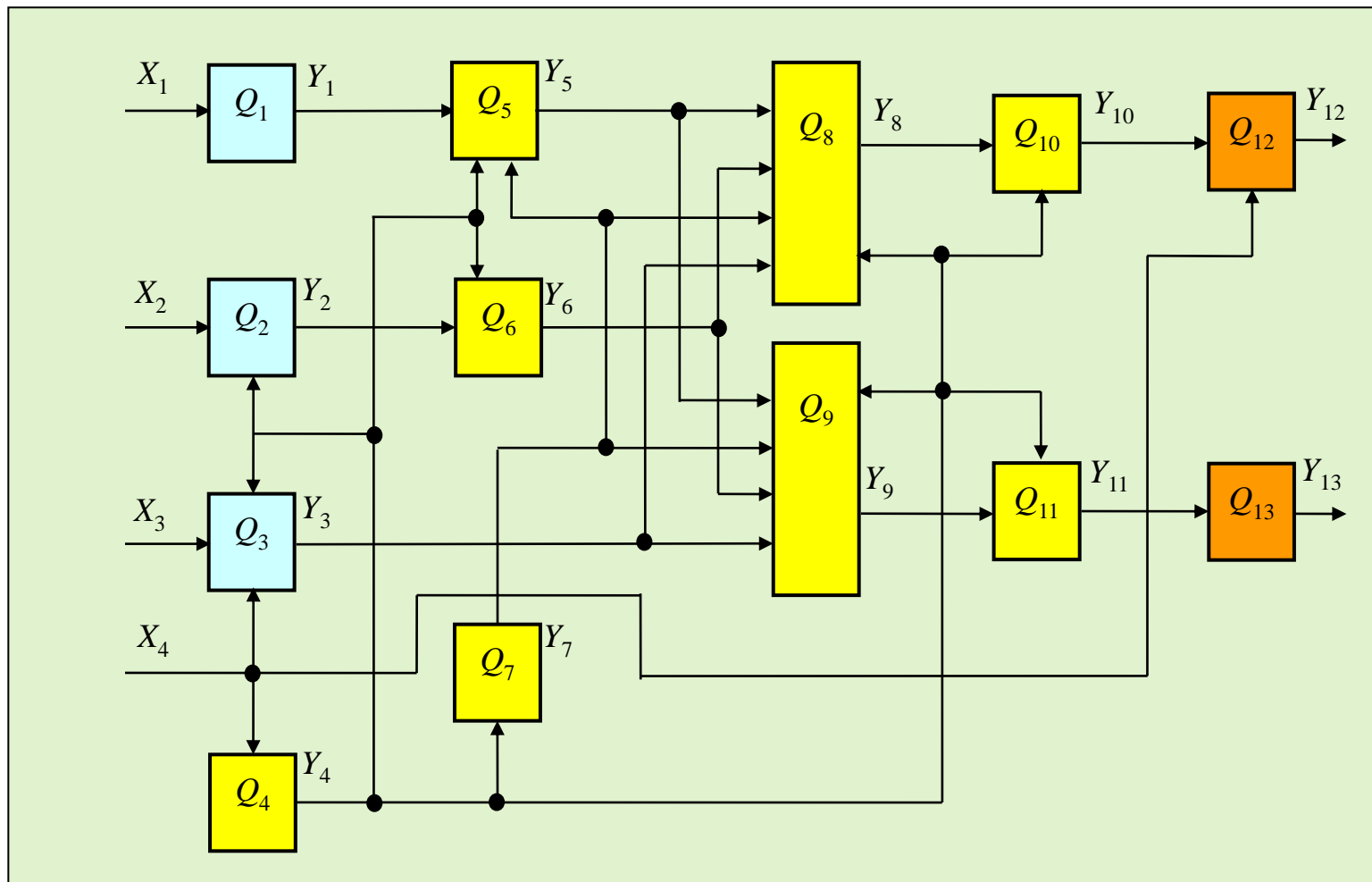
Локалізувати несправність до рівня функціонального блоку системи, якщо контроль ДП може здійснюватися на виходах всіх її функціональних блоків, вважаючи, що несправним може бути будь-який але тільки один функціональний блок.

1. Встановити розрізняльність станів при локалізації несправності до рівня апаратного елемента системи. Контроль ДП може здійснюватися за симптомами несправностей ДВЗ або за ознаками спрацьовування виконавчих пристроїв.

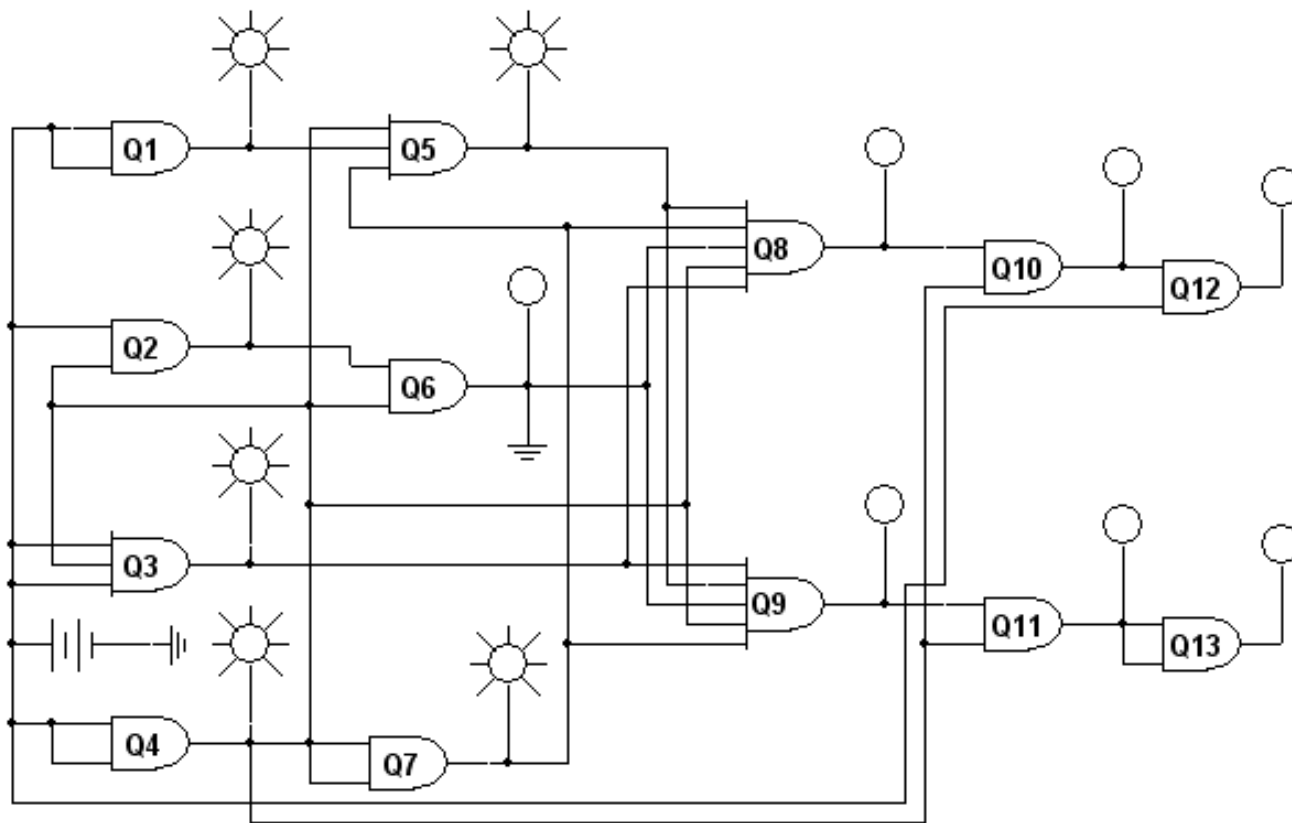
2. Встановити розрізняльність станів при локалізації несправності до рівня апаратного елемента системи. Контроль ДП може здійснюватися на виводах ЕБК (метод конектору).

3. Встановити розрізняльність станів при локалізації несправності до рівня апаратного елемента системи. Контроль ДП може здійснюватися на виходах всіх функціональних блоків (комбінований підхід).

Функціональна діагностична модель системи керування



Діагностична модель системи керування побудована на логічних елементах



2.3.2 Складання функцій перетворення та визначення діагностичних тестів.

$$Y_1 = X_1 \cdot Q_1,$$

$$Y_2 = X_2 \cdot Y_4 \cdot Q_2,$$

$$Y_3 = X_3 \cdot X_4 \cdot Y_4 \cdot Q_3,$$

$$Y_4 = X_4 \cdot Q_4,$$

$$Y_5 = Y_1 \cdot Y_4 \cdot Y_7 \cdot Q_5,$$

$$Y_6 = Y_2 \cdot Y_4 \cdot Q_6,$$

$$Y_7 = Y_4 \cdot Q_7,$$

$$Y_8 = Y_3 \cdot Y_4 \cdot Y_5 \cdot Y_6 \cdot Y_7 \cdot Q_8,$$

$$Y_9 = Y_3 \cdot Y_4 \cdot Y_5 \cdot Y_6 \cdot Y_7 \cdot Q_9,$$

$$Y_{10} = Y_4 \cdot Y_8 \cdot Q_{10},$$

$$Y_{11} = Y_4 \cdot Y_9 \cdot Q_{11},$$

$$Y_{12} = X_4 \cdot Y_{10} \cdot Q_{12},$$

$$Y_{13} = Y_{11} \cdot Q_{13}.$$

$$Y_1 = X_1 \cdot Q_1,$$

$$Y_2 = X_2 \cdot X_4 \cdot Q_2 \cdot Q_4,$$

$$Y_3 = X_3 \cdot X_4 \cdot Q_3 \cdot Q_4,$$

$$Y_4 = X_4 \cdot Q_4,$$

$$Y_5 = X_1 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_7,$$

$$Y_6 = X_2 \cdot X_4 \cdot Q_2 \cdot Q_4 \cdot Q_6,$$

$$Y_7 = X_4 \cdot Q_4 \cdot Q_7,$$

$$Y_8 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_8,$$

$$Y_9 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_9,$$

$$Y_{10} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_8 \cdot Q_{10},$$

$$Y_{11} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_9 \cdot Q_{11},$$

$$Y_{12} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_8 \cdot Q_{10} \cdot Q_{12},$$

$$Y_{13} = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6 \cdot Q_7 \cdot Q_9 \cdot Q_{11} \cdot Q_{13}.$$

Стани S_i	Перелік перевірок Π_j												
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_6	Π_7	Π_8	Π_9	Π_{10}	Π_{11}	Π_{12}	Π_{13}
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
S_2	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
S_3	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_5	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
S_6	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
S_7	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
S_8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
S_9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
S_{10}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
S_{11}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
S_{12}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
S_{13}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Бінарна таблиця несправностей

Пошук несправностей системи за вихідними ДП

Таблиця несправностей

П№	Стани S_i												
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}
П12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
П13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

Таблиця симптомів несправностей

П№	Симптоми несправностей	Несправний блок	$q, \%$
П12	Не спрацьовує паливна форсунка (неможливість пуску ДВЗ)	$Q1 \dots Q8, Q10, Q12$	77
П13	Не спрацьовує регулятор холостого ходу (нестійка робота ДВЗ на ХХ)	$Q1 \dots Q7, Q9, Q11, Q13$	77

Таблиця ознак несправностей

Ознаки несправностей	Несправний пристрій	$q, \%$
Не спрацьовують обидва виконавчі пристрої	$Q1 \dots Q7$	54
Не спрацьовує тільки паливна форсунка	$Q8, Q10, Q12$	23
Не спрацьовує тільки регулятор холостого ходу	$Q9, Q11, Q13$	23

Пошук несправностей системи за вихідними ДП на рівні апаратного елементу

Таблиця симптомів несправностей

П№	Симптоми несправностей	Несправний блок	q, %
П12	Не спрацьовує паливна форсунка (неможливість пуску ДВЗ)	$Q1...Q3, Q_{\text{ЕБК}}, Q12$	83
П13	Не спрацьовує регулятор холостого ходу (нестійка робота ДВЗ на ХХ)	$Q1...Q3, Q_{\text{ЕБК}}, Q13$	83

Таблиця ознак несправностей

Ознаки несправностей	Несправний пристрій	q, %
Не спрацьовують обидва виконавчі пристрої	$Q1...Q3, Q_{\text{ЕБК}}$	66
Не спрацьовує тільки паливна форсунка	$Q_{\text{ЕБК}}, Q12$	33
Не спрацьовує тільки регулятор холостого ходу	$Q_{\text{ЕБК}}, Q13$	33

Визначення діагностичних тесттів

Таблиця несправностей за структурними ДП

Стани S_i	Перелік перевірок Π_j									
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_5	Π_7	Π_8	Π_9	Π_{10}	Π_{11}	Π_{12}
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
S_2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
S_3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_5	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
S_6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
S_7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S_8	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
S_9	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
S_{10}	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
S_{11}	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
S_{12}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
S_{13}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблиця несправностей
формат **13П/14S**



Таблиця покриттів
формат **13П/67SS**



МДТ[**П1, П2, П3, П5, П7, П8, П9, П10, П11, П12**]



ТН (**10П/11S**)

Методи визначення ймовірностей відмов

2.3.3 Встановлення розподілу ймовірностей пошкоджень елементів системи

$$\sum_{i=1}^m k_i = 100\%$$

$$\sum_{i=1}^m P_i = 100\%$$

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^m k_j}{m}$$

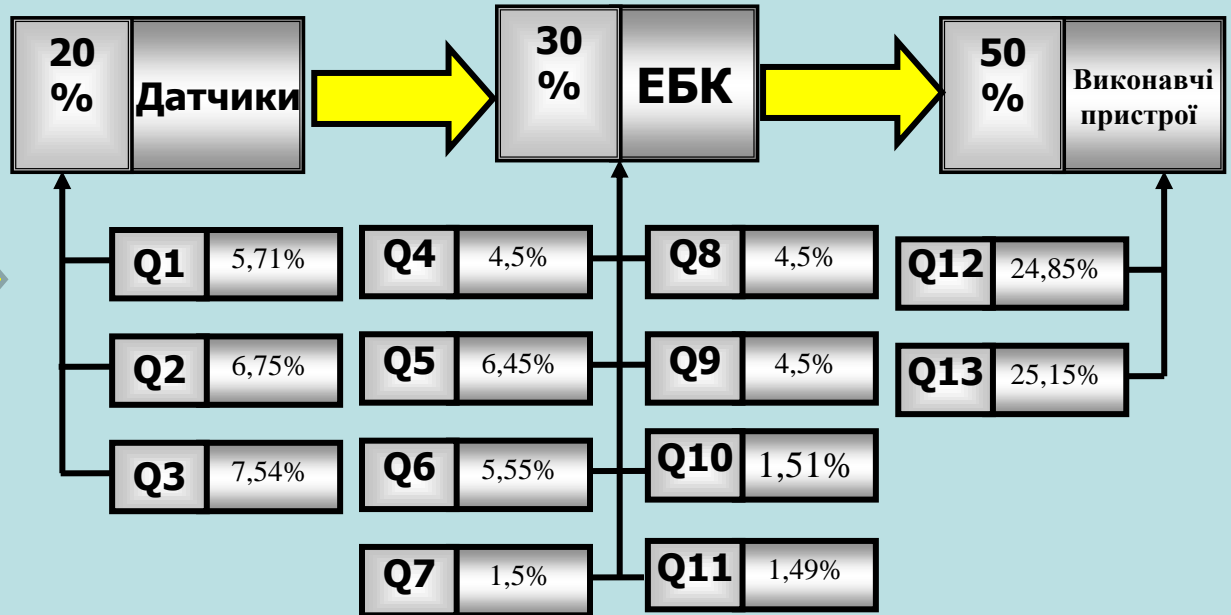
$$\bar{t}_i = \frac{k_i}{\sum_{j=1}^n k_j}$$

$$P_i = \frac{\frac{1}{\bar{t}_i} \Delta}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\bar{t}_j}}$$

$$k_{\bar{t}_i} = \exp(-0,02n_{\bar{t}_i})$$

$$P_{\bar{t}_i} = \frac{n_{Q_i} \Delta_{\bar{t}_i} \Delta_{\bar{t}_i}}{100n_Q}$$

$$P_{\bar{t}_x} = \frac{n_{Q_x} \Delta_{\bar{t}_x} \Delta_{\bar{t}_x}}{100n_Q}$$



2.3.4. Визначення вартостей перевірок

Операції перевірок

Загальні монтажні операції:

підключення та відключення конектору.

Підготовчі операції: підкл. та налаштування мультиметру; вмикання живлення; комутація електричних кіл; перекриття магістралей; роз'єднання механічних зв'язків.

Активізація датчиків: примусове провертання КВ, коліс; вмикання живлення; запуск двигуна стартером, встановлення потрібного режиму роботи ДВЗ.

Вимірювання ДП: спостереження та реєстрація показань мультиметра і КВП; аналіз значень ДП; постановка діагнозу.

$$C_{\text{АІ}} .j = S_{\text{АІ}} \left(P_{\text{Е}} n_{\text{Е}} t_{\text{І}} .j + P_{\text{Е}} t_{\text{Е}.j} k_{\text{І}} \right)$$



$$\tilde{N}_{\text{АІ}} .j = \frac{A_{\text{АІ}} .j S_{\text{АІ}} .j}{100 N_{\text{ДІ}} \text{А} n_{\text{А}}}$$

$$\tilde{N}_{\text{Қ}} .j = t_{\text{І}} .j S_{\text{АІ}} \text{А}$$



$$C_{\text{І}} .j = \ddot{O}_{\text{І}} V_{\text{І}} .j$$



$$\tilde{N}_j = \tilde{N}_{\text{Қ}} .j + \tilde{N}_{\text{АІ}} .j + \tilde{N}_{\text{АІ}} .j + \tilde{N}_{\text{І}} .j$$

$$\tilde{N}_{\text{Қ}} = \frac{t_{\text{Қ}} S_{\text{АІ}} \text{А}}{60}$$



Статті витрат	Перелік перевірок П _і							
	П1	П2	П7	П27	П28	П29	П30	П31
Заробітна платня, грн.	8,95	10,37	12,15	5,43	4,2	4,2	7,9	7,9
Витрати ел.енергії, Втг	544	644	289	129	100	100	188	188
Витрати на ел.енергію, грн.	0,38	0,45	0,2	0,09	0,07	0,07	0,13	0,13
Амортизаційні відрахування	1,4	1,4	0,72	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Вартість перевірок, грн.	10,7	12,2	13,0	5,7	4,5	4,5	8,3	8,3

Визначення пріоритетів перевірок

Таблиця несправностей в обсязі МДТ

Стан S_i	Перелік перевірок за сигналами C_j							$P_{д.}$ %
	C2	C4	C12	C17	C18	C22	C23	
S2	0	1	1	0	1	1	1	7,58
S3	1	1	1	0	0	0	1	7,04
S4	1	0	1	1	1	1	1	8,08
S5	1	1	1	1	1	1	1	9,09
S6	1	1	1	1	1	0	0	8,86
S7	1	1	1	1	1	0	1	7,54
S8	1	1	1	1	0	0	0	9,47
S9	1	1	1	1	1	1	0	9,09
S10	1	1	1	0	1	1	1	8,86
S11	1	1	1	0	0	0	0	8,32
S12	1	1	0	1	1	1	1	7,50
Пріоритет C_j	2	1	2	3	3	4	4	
Показник p_j	84,84	83,84	85,0	36,48	50,34	17,54	28,52	100
Показник l_j	10	10	10	7	8	6	7	

Функції переваги

$$F_{\hat{A}} = \frac{1}{C_j}$$

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

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

$$F_{DC} = \frac{1}{p_j C_j}$$

$$F_{DCI} = \frac{1}{p_j C_j l_j}$$

Показники пріоритетів

$$l_j = |n1_j - n0_j|$$

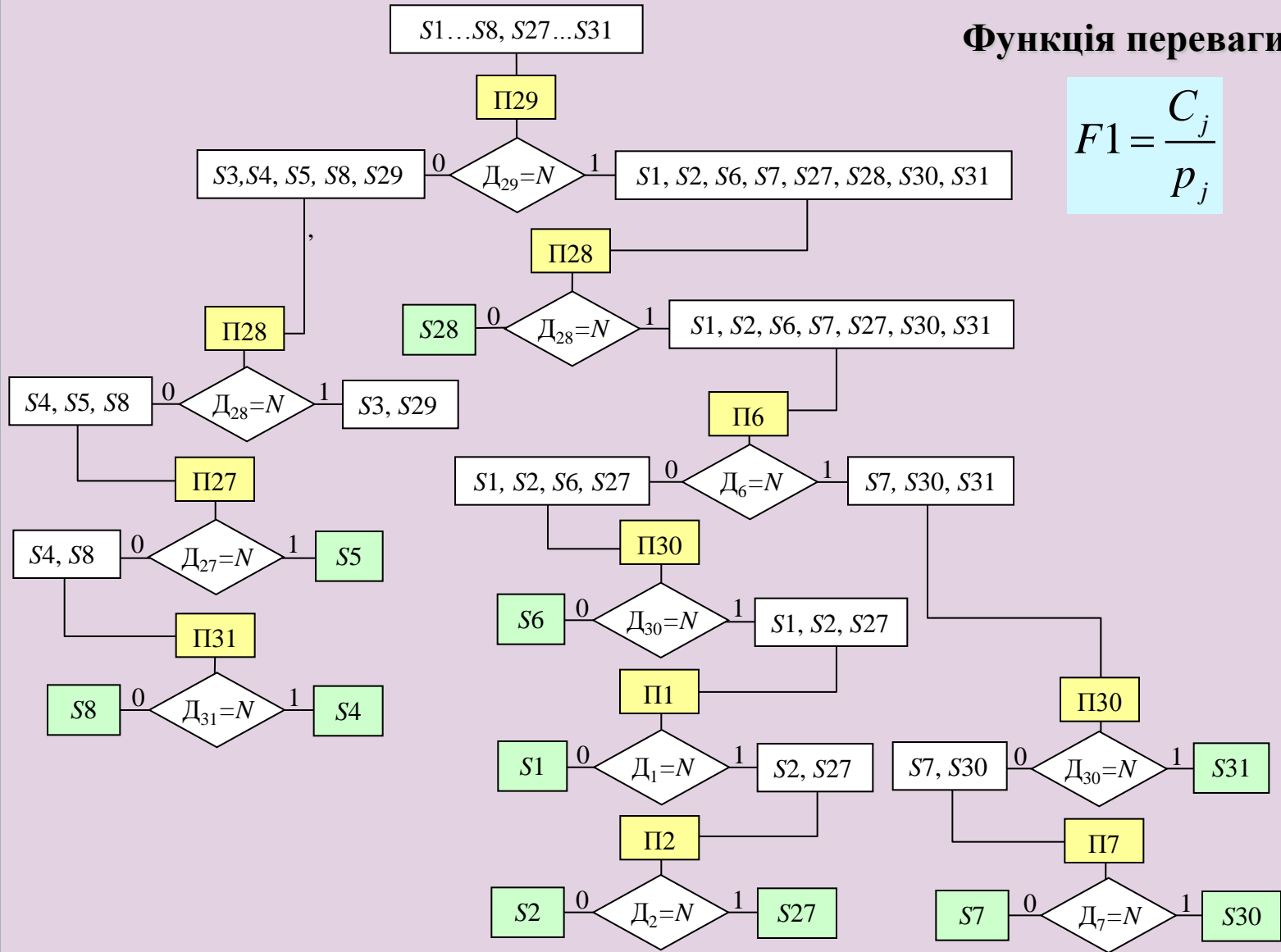
$$p_j = \left| \sum P1_j - \sum P0_j \right|$$

Пріоритет критерію	Критерій оптимізації	Перелік перевірок C_j						
		C2	C4	C12	C17	C18	C22	C23
Перший	За вартістю	2	1	2	3	3	4	4
Другий	За ймовірністю	6	5	7	3	4	1	2
Третій	За інформативністю	4	4	4	2	3	1	2
Загальний пріоритет		2	1	3	4	5	6	7

Алгоритм діагностування системи керування

Функція переваги

$$F1 = \frac{C_j}{P_j}$$



2.3.6 Оцінка ефективності впровадження алгоритмів діагностування

Загальна кількість перевірок
 $11 / 7 = 1,57$

Тривалість постановки діагнозу
 $124 / 75,5 \text{ хв.} = 1,64$

Сумарна вартість перевірок
 $66,31 / 48,69 \text{ грн.} = 1,36$

Вартість локалізації окремого несправного датчика

$$C_{Si} = \sum_{j=1}^n C_j$$

Середня вартість постановки діагнозу з використанням АД

$$\ddot{O}_{\ddot{A}\ddot{A}} = \tilde{N}_{\ddot{C}} + C_{\ddot{A}\ddot{I}} + \sum_{i=1}^n C_{Si} P_i = 29,8 \text{ \textasciitilde{d}\textasciitilde{I} .}$$

Прибуток від використання алгоритму діагностування

$$\ddot{I}_{\text{D}\ddot{E}} = 0,5 N_{\text{D}\ddot{I}} \frac{T_{\ddot{I}1}}{T_{\ddot{I}2}} (\tilde{N}_{\ddot{C}} - \ddot{O}_{\ddot{A}\ddot{A}}) = 10792,4 \text{ \textasciitilde{d}\textasciitilde{I} .}$$

Економічний ефект від використання алгоритму діагностування

$$\mathring{A}_{\text{D}\ddot{E}} = \ddot{I}_{\text{D}\ddot{E}} - \frac{0,02 \hat{A}_{\ddot{A}}}{N_{\ddot{A}}} = 10744 \text{ \textasciitilde{d}\textasciitilde{I} .}$$