

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Ю.М. Бороденко, А.В. Гнатов

**ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

**розділ «Мехатронні системи автомобіля комбінованої структури»
для студентів спеціальності 141**

конспект лекцій

Затверджено кафедрою
автомобільної електроніки
протокол № 10 від 20.05 2022

Харків
ХНАДУ
2022

УДК 629.3.03: 621.38 (075)

Рецензент: *Шуклінов С.М.*, д-р техн. наук, професор
(Національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ)).

Бороденко Ю.М. Електричні системи і комплекси транспортних засобів: розділ «Мехатронні системи автомобіля комбінованої структури». / Ю.М. Бороденко, А.В. Гнатов: конспект лекцій. – Харків: ХНАДУ, 2022. – 60 с.

Дана загальна характеристика систем керування автомобілем, які поєднують мехатронні системи його силової і ходової частин на алгоритмічному рівні. Розглянуто шинні структури комбінованих систем керування, що дозволяють інтегрувати функції систем динамічної стійкості, допомоги водієві та безпеки руху автомобіля, включаючи можливості автопілотів.

Призначений для студентів електромеханічних спеціальностей навчальних закладів автотранспортного спрямування, корисний для інженерно-технічних працівників у сфері проектування систем автомобільної електроніки та обслуговування автомобілів.

Іл. 38. Бібліогр. 23 найм.

УДК 629.3.03: 621.38 (075)

Бороденко Ю.М., А.В. Гнатов
Харківський національний
автомобільно-дорожній
університет, 2022

ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій складено у відповідності до робочої програми навчальної дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» для підготовки бакалаврів в галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Конспект містить дві теми третьої частини курсу загальним обсягом 12 години та разом з розділами [1, 2, 3] складають лекційний матеріал для вивчення мехатронних систем автомобіля різного призначення та принципу будови, протягом двох навчальних семестрів. Надані теми містять поновлений матеріал, що стосується устрою та функціонування мехатронних систем комбінованої структури. Матеріал даного конспекту складено за оглядом інформації навчальної літератури, наукових досліджень та Інтернет сторінок провідних автомобілебудівників.

Зміст матеріалу орієнтований на фахівців електромеханіків та для його опанування потрібні певні знання з спеціальних дисциплін (розділів), що передують за навчальним планом: устрій автомобіля, двигуни внутрішнього згорання, електрообладнання автомобілів, дискретні пристрої автоматики, теорія автоматичного керування, мехатронні системи силового приводу автомобіля, мехатронні системи шасі автомобіля.

Методологія викладення матеріалу передбачає послідовність інформації: призначення та класифікація систем і їх складових; устрій компонентів; структура та функціонування систем; приклади сучасних систем промислових зразків; концептуальні технічні рішення з використанням сучасних технологій.

Для кращого засвоєння матеріалу, в конспекті наводяться структурні схеми та ілюстрації натуральних об'єктів. Текст конспекту супроводжується посиланнями на первинні та додаткові джерела інформації. Після кожної теми надано перелік контрольних запитань складених у форматі екзаменаційної ате-стації. Наприкінці конспекту наведено перелік прийнятих скорочень.

ЗМІСТ

Тема 1. Системи контролю динаміки руху автомобіля.....	5
1.1. Використання інформаційних шин зв'язку.....	5
1.2. Структура систем стабілізації курсу та динамічної стійкості автомобіля.....	13
1.3. Програмні опції асистентів руху.....	21
1.4. Інтегрування систем керування ходовою частиною.....	24
<i>Контрольні запитання за темою 1</i>.....	33
Тема 2. Системи допомоги водію та безпеки руху.....	34
2.1. Призначення та класифікація.....	34
2.2. Характеристика компонентів телематичних систем.....	39
2.3. Особливості структури паркувальних систем і систем круїз-контролю.....	44
2.4. Структура та функції комплексних систем асистентів руху...	49
<i>Контрольні запитання за темою 2</i>.....	56
Прийняті скорочення.....	56
Іноземні аббревіатури та терміни.....	57
Перелік посилань.....	59

Тема 1. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

1.1. Використання інформаційних шин зв'язку

Системи керування (СК) комбінованої структури за визначенням включають кілька функціональних або комплексних систем керування (суміжних систем) за призначенням (об'єктами керування). Об'єктами керування на автомобілі є його агрегати та вузли. Зв'язок між окремими ЕБК комбінованих систем здійснюється по інформаційних колах датчиків (вхідним сигналам ЕБК суміжних систем) і виконавчих пристроїв (вихідним сигналам ЕБК суміжних систем). Тому, особливостями структури комбінованих СК є наявність шинних інформаційних зв'язків (бортової інформаційної інфраструктури). Застосування комбінованих СК в мехатронних системах автомобіля дозволяє вирішувати завдання комплексного характеру: комфорту водіння (допомоги водієві); зниження експлуатаційних витрат; підвищення безпеки руху.

Назви деяких систем містять слова, схожі за змістом (стійкість, стабілізація). При цьому, системи з конкуруючими назвами виконують схожі функції, але реалізують керуючі впливи по-різному. Щоб систематизувати інформацію про системи цього класу, наведемо класифікацію, орієнтуючись на ознаки складу структури (ступінь інтеграції) і виду впливів, що збурюють автомобіль.

У міру розвитку, СК комбінованої структури можна представити поколіннями (класифікація за ступенем інтеграції).

1. СК силовими агрегатами (ДВЗ+КПП=DME, DDE) – силою тяги.
2. Системи стабілізації курсу (DME+ABS= ASC, MSR) – сила тяги + реакція гальмування = поздовжня динаміка.
3. Системи динамічної стійкості (MSR+AS+EDC=ESP, DSC) – поздовжня динаміка + поперечна динаміка (рульове керування, датчики прискорення).
4. СК динамікою ходової частини (інтегровані) ICM=DSC+AL+VDM).
5. Телематичні системи безпеки та допомоги водієві (KAFAS, ADAS) – докладніше у наступній темі.

Шинна структура сучасного автомобіля представляє сукупність послідовних інформаційних інтерфейсів і ліній (шин) зв'язку різного системного призначення [4]. (рис. 1.1).

На рисунку позначено: МД – мехатронні датчики; ЕБК – електронні блоки керування; МЖ – модулі живлення фар; ЕД – електродвигуни; ZU – звукові сигналізатори; ВОС – вимикач охоронної сигналізації; А – антенні модулі; ДР – діагностичне рознімання; CD, TT, TV, PC, GPS – пристрої мультимедіа та телеметрії; ДІ – діагностичний інтерфейс; ZGM – модуль міжмережевого обміну (узгодження шин). Для інформаційного розвантаження та відокремлення шин за потрібною швидкістю передачі даних, застосовуються декілька однотипних ліній. Так, на борту автомобіля А6 Avant використовується п'ять CAN шин різного призначення: 1 – комбінації приладів; 2 – системи діагностики; 3 – силових агрегатів; 4 – системи комфорту; 5 – адаптивного круїз-контролю. Прокоментуємо призначення кореспондентів тільки шини силових агрегатів CAN-3:

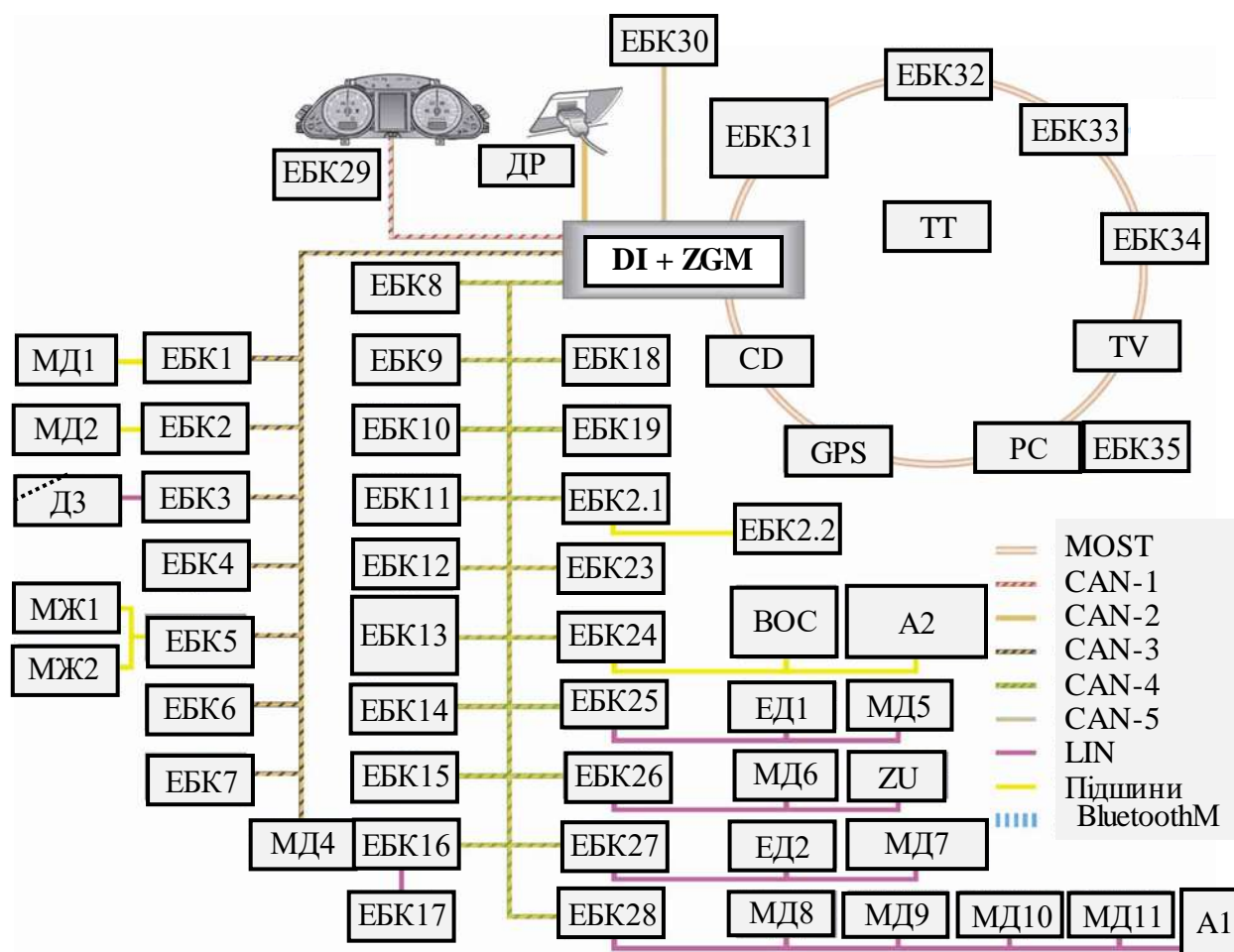


Рис. 1.1. Шинна структура системи керування автомобіля А6 Avant

ЕБК1 – двигуном з датчиком змісту NO_x у відпрацьованих газах МД1;

ЕБК2 – системами ABS/EDS з датчиком DSC МД2;

ЕБК3 – подушками безпеки з датчиком навантаження сидіння МД3;

ЕБК4 – автоматичної коробки передач;

ЕБК5 – нахилом фар з модулями живлення МЖ1, 2;

ЕБК6 – електроприводу стоянкових гальм;

ЕБК7 – керуванням кузова;

МД4 – датчик кутового положення рульового колеса.

Інформаційні шини різних типів відрізняються по устрою комунікаційної лінії, способу підключення кореспондентів, формату кадру повідомлення та швидкості передачі даних. Інформаційні інтерфейси ЕБК можуть виступати як джерела передачі даних або приймачів повідомлень, або здійснювати двосторонній зв'язок між собою (трансівери) [5, 6].

Мережевий інтерфейс CAN (Controller Area Network) забезпечує підключення будь-яких пристроїв, які можуть одночасно приймати і передавати цифрову інформацію. Лінія зв'язку є крученою парою, що дозволяє знизити вплив зовнішніх електромагнітних полів (пара-фазне придушення перешкод).

Інформація по шині CAN передається у цифровій формі за спеціальним протоколом. Всі кореспонденти (ЕБК) з'єднані по CAN лінії паралельно.

Швидкість передачі даних по CAN-шині може досягати до 1 Мбіт/с, при цьому швидкість передачі інформації між ЕБК (двигуна, трансмісії, ABS, систем безпеки) становить до 500 кбіт/с (швидкий канал), а для систем комфорту та інформаційно-командної системи обмежується до 100 кбіт/с (повільний канал). На рис. 1.2 показано структуру CAN-шини легкового автомобіля.

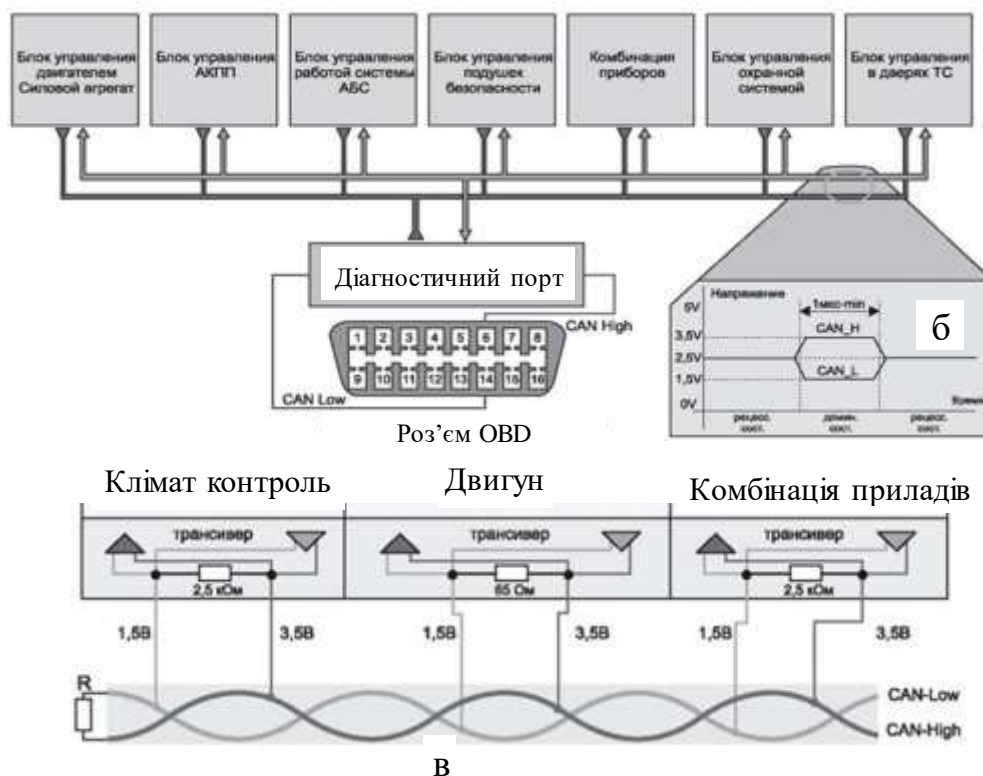


Рис. 1.2. Структура CAN-шини:

а – топологія; б – форма сигналів; в – розподіл навантаження у лініях

При передачі інформації з ЕБК, сигнали в ньому посилюються трансівтером до необхідного рівня. Кожен підключений до CAN-шини блок має певний вхідний опір. У результаті утворюється загальне навантаження шини CAN, опір якої залежить від кількості підключених ЕБК-кореспондентів.

Системи та блоки керування автомобіля мають не тільки різні навантажувальні опори, але й швидкості передачі даних, все це може перешкоджати обробці різнотипних сигналів. Для поєднання різних навантажувальних опорів і швидкостей передачі даних окремих кореспондентів, використовується *міжмережевий інтерфейс*.

Для передачі повідомлення у CAN шину генерується кадр даних певного формату. Формат кадру даних включає сім послідовних зон (рис. 1.3). Для підвищення оперативності передачі даних CAN система дозволяє упаковувати в один кадр кілька повідомлень малої ємності.



Рис. 1.3. Формат кадру по шині CAN

На даний момент до CAN-шин автомобіля додалися: однопровідна шина LIN (Local Interconnect); оптоволоконна шина MOST (Media Oriented System Transport); бездротова шина Bluetooth.

На автомобілі використовуються шини даних різного призначення:

- PT-CAN (C) – двигуна, трансмісії та ходової частини;
- K-CAN (B) – кузовна (загальне електрообладнання);
- D-CAN(D) – діагностика автомобіля (системні функції);
- Flex Ray - системи керування динамікою руху;
- MOST – інформаційно-комунікаційні системи;
- Ethernet – швидкий доступ до програмування та кодування.

До шинної структури можуть входити підшини: BSD, K-Bus, LIN, Local-CAN. Підшини забезпечують обмін даними в межах однієї функціональної групи для передачі відносно невеликих обсягів даних в рамках окремих систем без сполучення в модулі обміну.

Датчики підключаються до того блоку керування, який насамперед потребує інформації в рамках логічної схеми або за принципом актуальності. Однак дана інформація також може бути надана іншим ЕБК.

Центральний модуль міжмережевого обміну (центральний інтерфейс ZGW) забезпечує зв'язок між усіма основними шинами (швидкість передачі даних, структура шини):

- D-CAN – 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- Ethernet – 100 Мбіт/с, лінійна, двопровідна;
- FlexRay – 10 Мбіт/с, змішана топологія, двопровідна;
- K-CAN – 100 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- K-CAN 2 – 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- MOST – 22,5 Мбіт/с, кільцева, оптоволоконна;
- PT-CAN – 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна;
- BSD – інтерфейс передачі даних послідовним двійковим кодом, 9,6 кбіт/с, лінійна, однопровідна;
- LIN – локальна мережа, 9,6/19,2/20,0 кбіт/с, лінійна, однопровідна;
- Local-CAN – локальна 500 кбіт/с, лінійна, двопровідна.

Передача даних в CAN системі здійснюється тоді, коли має місце подія (подієво-керована передача даних). При великому накопиченні подій, це може спричинити затримки передачі даних, що неприпустимо для окремих систем швидкого реагування (ABS, ESP). Вирішення проблеми CAN системи – застосування детермінованої передачі в системі Flex Ray.

Шина Flex Ray – нова комунікаційна система для мережевої взаємодії не тільки вже існуючих, але і майбутніх інноваційних функцій автомобіля. У системі використовується протокол, що забезпечує високу швидкість передачі (до 10 Мбіт/с) для окремих систем автомобіля. У форматі цієї системи передбачено фрагментацію поточної інформації заданого формату в реальному часі та її запис у фрагментах даних, орієнтованих на події (рис. 1.4).

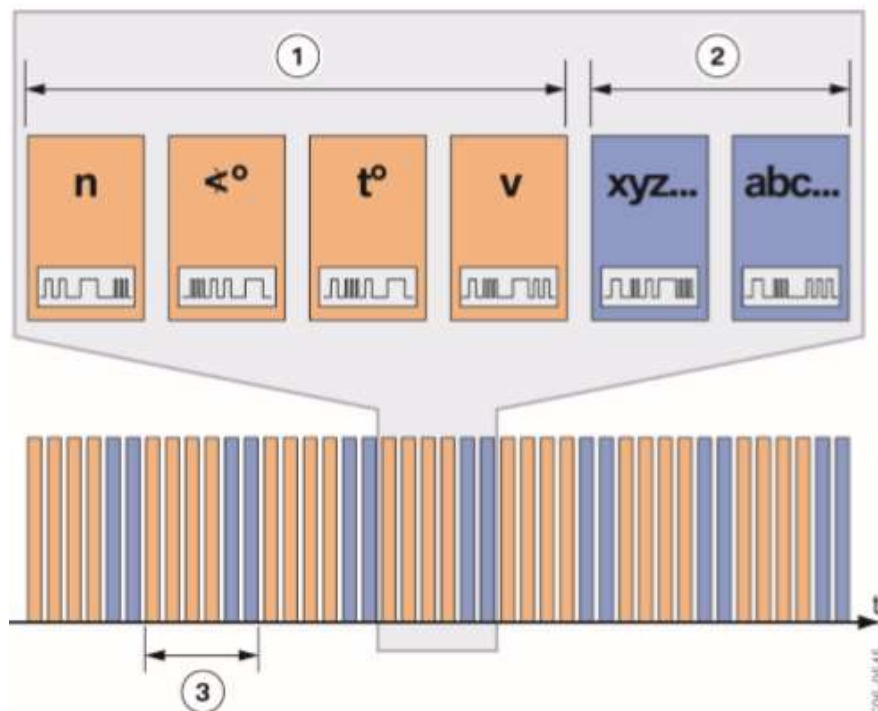


Рис. 1.4. Формат передачі даних по шині Flex Ray:

1 – керований за часом діапазон циклічної передачі; 2 – подієво-керований діапазон циклічної передачі; 3 – цикл передачі

Завдяки цьому, в шинній системі Flex Ray передача важливої періодичної інформації здійснюється у суворій відповідності з незмінним тимчасовим растром фрагментів, що виключає інформаційне перевантаження Flex Ray. Інші, менш термінові повідомлення надсилаються в подієво-керованому діапазоні.

Однопровідна шина LIN (Local Interconnect) застосовується в мережі керування блоками, які знаходяться в межах одного умовно обмеженого (локального) простору. Алгоритм роботи шини LIN дозволяє здійснювати обмін даними між одним блоком керування LIN, його називають Master, і підлеглими блоками Slave (сателітами). Блоки керування Master пов'язані з шиною даних CAN та виконують майстер-функції керування сателітами Slave. Основні функції блоку Master:

- контролює передачу даних у шині LIN та швидкість обміну;

- відправляє посилки-телеграми в шину LIN (закладено цикл якого сателіту, коли, як часто і які посилки-телеграми відправляти);
- сполучає сателіти шини LIN з шиною даних CAN;
- забезпечує процес діагностики блоків Slave.

Структура мехатронного модуля сателіту, у загальному випадку включає: датчик, інтерфейс, мікроконтролер, драйвер, виконавчий пристрій. Сателіти виконують функції контролю та керування роботою окремих виконавчих пристроїв (до 16 поз.).

Блок керування LIN Master опитує сателіти (надсилає телеграму) і отримує інформацію про фактичний стан виконавчих пристроїв. Кожен блок LIN Slave має свою адресу. Адреса передається в заголовку посилки-телеграми і його пізнає сателіт, за яким закріплено цю адресу, тобто відбувається ідентифікація звернення. З'єднання LIN Slave з LIN Master здійснюється по однопровідній лінії за допомогою одно-контактного роз'єму, одного на всі сателіти.

Швидкість шини LIN приблизно в 5 разів менша за швидкість шини CAN і становить до 20 кбіт/сек. Розмах цифрових сигналів визначається рівнем напруги живлення (0 – 12 В). Якщо, по шині LIN не відбувається передача телеграм або передається рецесивний біт (логічний «0»), рівень сигналу буде високий (12 В), якщо буде переданий домінуючий біт (інформаційний імпульс – логічна «1»), то передавач замикає шину на масу (виключає перешкоди на інформаційному рівні) і рівень буде близький до нуля (рис. 1.5 а).

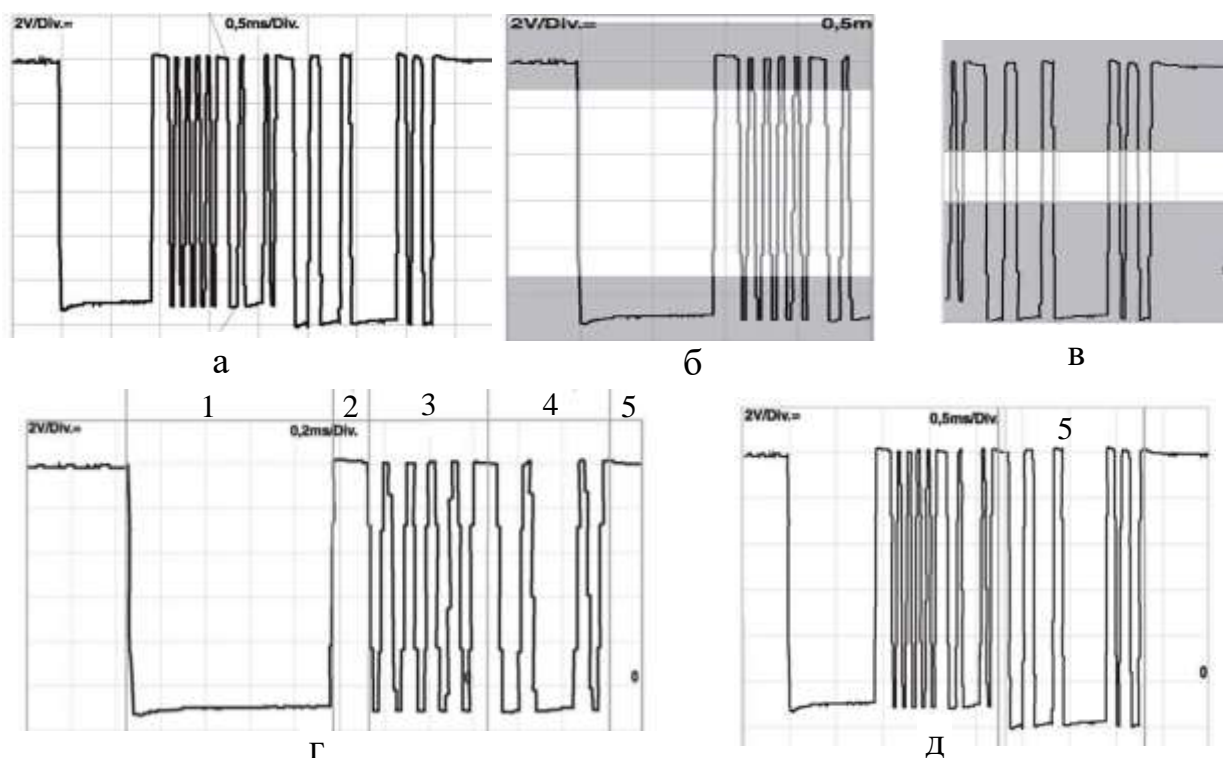


Рис. 1.5. Формати інформаційних сигналів шини LIN:

- а – рівні; б – діапазон напруги під час передачі; в – діапазон напруги прийому;
г – осцилограма заголовка телеграми

Послідовність доміантних і рецесивних бітів становить телеграму, за допомогою якої блок керування Master обмінюється інформацією з блоками Slave. Для підвищення завадостійкості, розрізнення рівнів переданих сигналів встановлюється в гарантованому інтервалі (рис. 1.5, б), а прийом сигналів забезпечується при відхиленнях розмаху до 40 % (рис. 1.5, в).

Алгоритм LIN-зв'язку побудований в такий спосіб. Блок керування Master посилає телеграму блоку Slave в заголовку якої передається код операції (що саме потрібно зробити). Наприклад, необхідно переслати показання датчиків, що вимірюють швидкість обертання вентилятора (телеграма – опитування). У відповідь блок Slave пересилає телеграму з вимірними величинами (телеграма – відповідь). Блок Master аналізує показання датчиків, переслані від блоку Slave і посилає телеграму керуюча із вказівками змінити швидкість обертання.

Заголовок (Header) складається з чотирьох частин: 1 – пауза в синхронізації; 2 – закінчення синхронізації; 3 – поле синхронізації; 4 – поле ідентифікатора (рис. 1.5, г). Далі йде поле даних (Data fields) 5, яке містить 10 біт інформації. Перший біт – домінуючий стартовий, далі байт (8 біт) даних, останній – стоповий рецесивний біт (рис. 1.5, д).

Під-шина LIN на автомобілі забезпечує різні з'єднання між: модулем у просторі для ніг та блоком перемикачів у двері водія; модулем у просторі для ніг та зовнішніми дзеркалами; функціональним центром у даху та датчиками дощу, світла, сонячного освітлення та запотівання; блоком керування системи ІНКА і 16-ма серводвигунами. Основною областю застосування на автомобілях є мехатронні вузли (сателіти).

Шина MOST – це технологія шини передачі даних для зв'язку мультимедійних додатків, розроблена, в першу чергу, для використання на автомобілях. Скорочення MOST означає «Multimedia Oriented System Transport» (система передачі між медійними засобами). Передача даних шиною MOST здійснюється за допомогою світлових імпульсів. Шина має кільцеву структуру. Передача даних по кільцю відбувається лише в одному напрямку (рис. 1.6).

Важливою відмінною рисою мультимедійної мережі MOST є те, що по ній передаються не тільки сигнали від блоків керування та датчиків (як по шинах CAN і LIN). Мультимедійна мережа може також передавати аудіо та відео-сигнали, графічні зображення, а також повідомлення телекомунікаційних служб. Відмінні особливості MOST:

- висока швидкість передачі даних до 22,5 Мбіт/с;
- синхронна та асинхронна передача даних;
- MOST упорядковує вузли блоків керування в шині;
- для передачі даних використовується оптоволокно;
- кільцева структура.

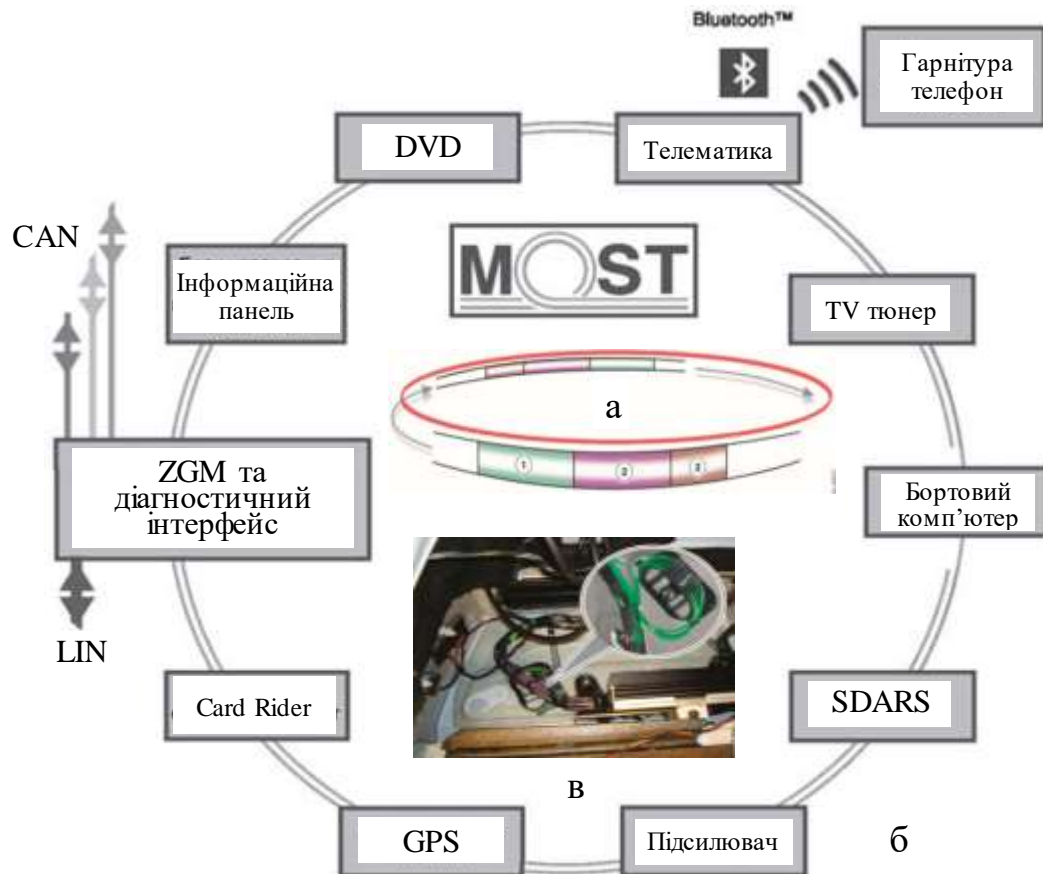


Рис. 1.6. Застосування оптоволоконної шини MOST

Синхронний канал 1 використовується переважно для надсилання аудіо сигналів. По асинхронному каналу 2 передаються дані системи навігації, що відображаються, а по каналу керування 3 пересилаються керуючі сигнали (гучності звуку, вибору каналу) і дані для діагностики (рис. 1.6, а).

У кільцеву топологію шини MOST, крім центрального модуля міжмережевого обміну ZGM, можуть підключатися: підсилювач Top-HiFi; бортовий комп'ютер CIC; DVD чейнджер; комбінація приладів КОМБИ; розважальна система RSE; супутниковий радіоприймач SDARS; блок керування телематичними системами TCU; інтерфейсний модуль ULF-SBX; відео модуль VM (рис. 1.6, б).

Для програмування блоків керування в мережі MOST використовуються канал керування і асинхронний канал, адаптовані до прямого доступу по шині MOST. Залежно від комплектації встановлюються один або два з'єднувальні блоки (рис. 1.6, в). До першого з'єднувального блоку підключаються встановлені на заводі блоки керування. До другого, зазвичай, підключаються комплекти під додаткове обладнання.

Шина Ethernet – універсальна провідна мережева технологія локального зв'язку. Назва «Ethernet» («ефірна мережа» або «середовище мережі») відображає початковий принцип роботи цієї технології: все, що передається одним вузлом, одночасно приймається рештою. Підключення кореспондентів відбува-

ється через комутатори (Switch), так що кадри, які відправляються одним вузлом, доходять лише до адресата – це підвищує швидкість роботи і безпеку мережі. Відмінні риси Ethernet:

- висока швидкість передачі даних – 100 Мбіт/с;
- запуск системи після встановлення зв'язку і присвоєння адрес протягом менше 3 секунд, перехід у стан спокою менш ніж за секунду;
- доступ до системи тільки через зазначені системи програмування.

Функції Ethernet: прискорене програмування автомобіля службою сервісу; обмін даними, що зберігаються на носії, між бортовим комп'ютером СІС (Car Information Computer) та розважальною системою для задніх пасажирів RSE (рис. 1.7 а).

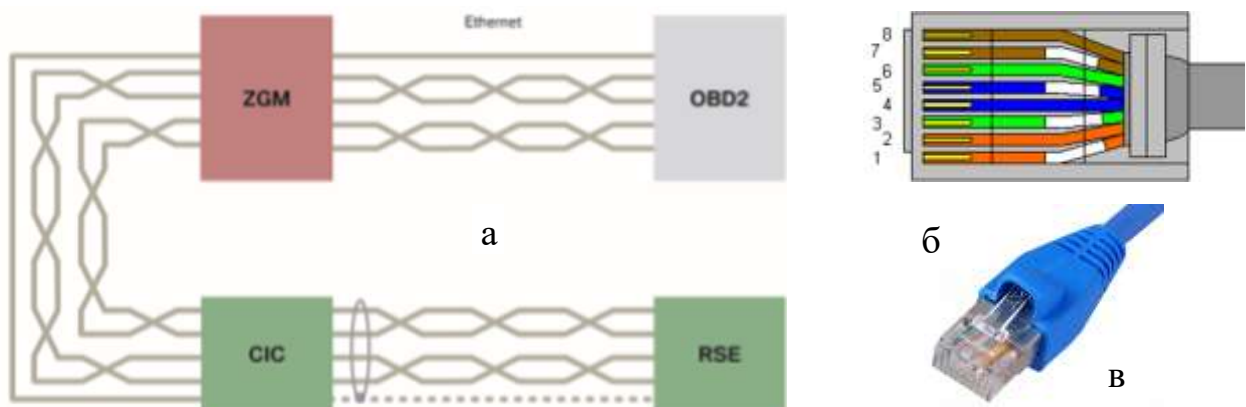


Рис. 1.7. Структура шини Ethernet:

а – мережеве підключення на BMW F10; б, в – конструкція кабелю RJ45

Зв'язок шини Ethernet з діагностичним роз'ємом зовнішнього підключення OBD2 здійснюється через центральний модуль міжмережевого обміну ZGM. У шині Ethernet, у загальному випадку, можуть використовуватися до чотирьох кручених пар (рис. 1.7, б, в). Формат кадру аналогічний шині CAN.

Під-шина BSD передачі даних послідовним двійковим кодом забезпечує з'єднання між системою керування двигуном і підсистемами: регулятора напруги, датчика стану масла, електричного насоса охолоджуючої рідини. Під лінією зв'язку *K-Bus* розуміють ряд підшин, об'єднаних за протоколом обміну даними. Ці підшини використовуються для різних цілей. *Під-шина Local-CAN* служить для передачі великих обсягів даних від зовнішніх датчиків в ЕБК (наприклад, від радарів в телематичних системах).

Бездротова шина Bluetooth узгоджує протоколи обміну різних систем цифрового зв'язку.

1.2. Структура систем стабілізації курсу та динамічної стійкості автомобіля

Стабілізація руху та динамічна стійкість автомобіля досягається декількома способами:

- підгальмовуванням певних коліс (ABS);

- зміною крутного моменту двигуна (EML, Motronic);
- розподілом крутного моменту по колесах (ATTS);
- зміною кута повороту передніх коліс (AL);
- зміною ступеню демпфування амортизаторів (CDC);
- зміною положення кузова (Airmatic, ARS).

У системах стабілізації курсу факторами, що збурюють автомобіль, є сила тяги і реакція гальмування. Класифікацію комбінованих систем стабілізації курсу можна представити як інтегруючу структуру (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Функціональна структура систем стабілізації курсу

Принципова відмінність систем стабілізації курсу від систем ABS полягає в тому, що перші узгоджують прискорення/сповільнення автомобіля за бажанням водія, вираженим в натисканні педалі акселератора, в той час як другі включаються тільки при гальмуванні (натисканні педалі гальма).

До переліку систем стабілізації курсу АТЗ можна віднести цифрові системи, побудовані на базі комплексних систем керування двигуном (DME – Digital Motor Electronic), в яких реалізуються додаткові функції керування автомобілем: ASC (курсовою стабільністю), MSR (тяговим моментом ДВЗ), EML (потужністю ДВЗ). Така комбінована система узгоджує задану водієм (бажану) потужність ДВЗ з допустимим режимом руху автомобіля. Для прикладу, розглянемо систему DME-M (DME-Motronic), яка використовується на автомобілі BMW моделі M-70 з дворядним 12-ти циліндровим ДВЗ (рис. 1.9).

Система автоматичного керування стабільністю ASC (Automatic Stability Control) призначена для підтримки курсового положення під час рушання автомобіля з місця при надмірному натисканні на педаль акселератора. За командою від ASC, система EML за сигналами ABS оцінює зчеплення колеса з дорогою і впливає на положення дросельних заслінок, обмежуючи крутний момент.

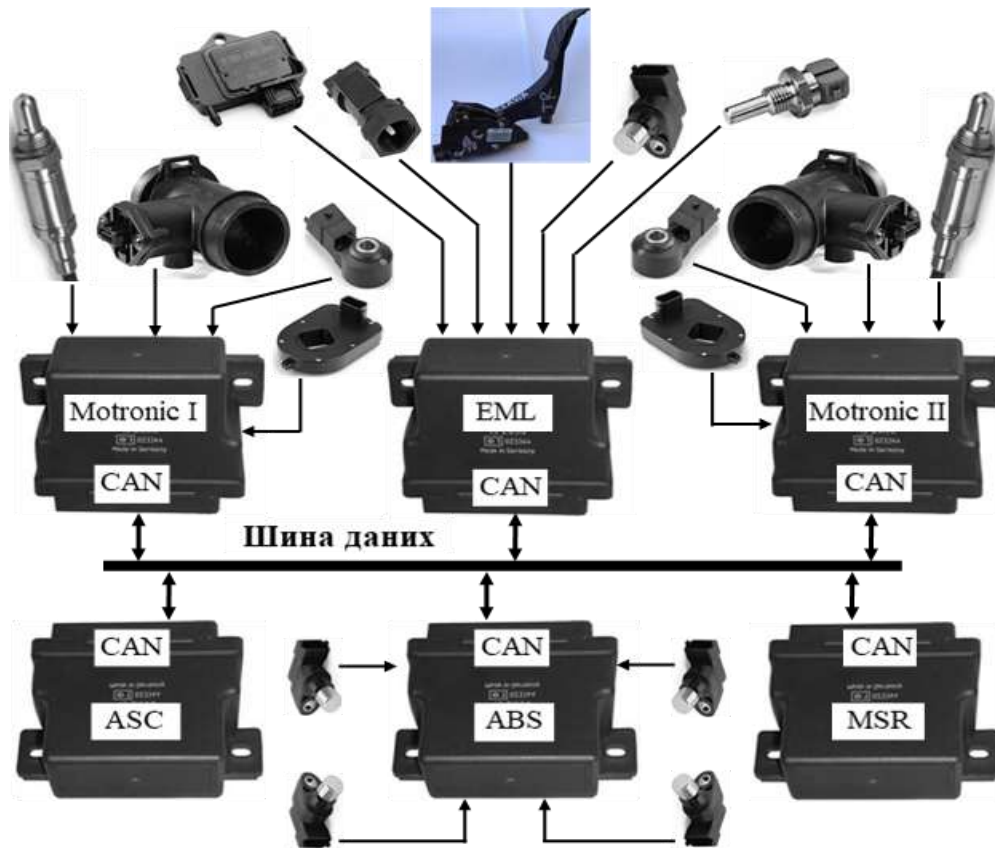


Рис. 1.9. Структура комбінованої системи керування з використанням CAN-інтерфейсу обміну даними

Система ASC порівнює швидкості обертання передньої і задньої колісних пар і коліс правого та лівого бортів через колісні датчики ABS. У разі виникнення різниці між швидкостями обертання коліс, система EML прикриває дросельні заслінки і через системи Motronic забезпечує більш пізній момент запалювання. Таким чином, в системі ASC задіяні системи EML, Motronic і ABS.

Система регулювання тягового моменту ДВЗ MSR (Motor Schlepptomment Regelung) також призначена для підтримки курсового положення автомобіля, тільки під час скидання потужності ДВЗ, викликаного різким відпусканням педалі акселератора. При цьому, повідні колеса обертаються повільніше ніж вільні і виникає ймовірність руху автомобіля юзом. Щоб запобігти цьому, реалізується зворотна функція ASC (через EML додається газ). При цьому, спростовується режим примусового холостого ходу та забезпечується раннє запалення. До наведеного прикладу комбінованої системи DME-M можна додати системи аналогічного призначення, які реалізуються іншим способом.

Протиобсувальні системи DTC (Dynamic Traction Control), TCS, ASR призначені для запобігання втраті зчеплення коліс із дорогою за допомогою контролю за буксуванням провідних коліс. Колісні датчики ABS відстежують швидкість обертання коліс при розгоні автомобіля. При різкому зростанні швидкості обертання одного з повідних коліс (початок буксування), ЕБК зни-

жує тягу ДВЗ і гальмує це колесо. Для зниження тяги (залежно від реалізації системи) можуть використовуватися такі методи:

- припинення іскроутворення в одному або кількох циліндрах двигуна;
- зменшення подачі палива в один або кілька циліндрів;
- прикриття дросельної заслінки (якщо до неї підключено електронне керування);
- зміна кута випередження запалювання.

Одночасно, для відновлення зчеплення з дорогою, а також збільшення крутного моменту на протилежному відносно диференціала колесі, проводиться короткочасне підгальмовування колеса, яке втратило зчеплення. Система використовує ті ж датчики і деякі механізми ABS і системи допомоги при екстреному гальмуванні BAS (Brake Assist System), тому автомобілі, обладнані протибуксувальною системою, також обладнані і цими системами.

Система антипробуксування повідних коліс ASR (Antriebs Schlupf Regelung) аналогічного призначення за алгоритмом керування поєднує функції систем ASC та TCS. На відміну від ASC у системі ASR поруч із впливом на положення дросельної заслінки, крутний момент ДВЗ обмежується шляхом скорочення тривалості відкритого стану форсунок.

Система допомоги при спуску DBC (Downhill Brake Control), HDC, DAC, DDS полегшує рівномірний спуск транспортного засобу з крутих ухилів, автоматично утримуючи швидкість на фіксованій позначці без натискання педалі гальм (автоматично). Система є програмним розширенням системи ABS і використовує конструктивні елементи гідравлічної системи.

Принцип роботи системи заснований на підтримці постійної швидкості при спуску за рахунок підгальмовування коліс, а також керування настройками двигуна. На підставі сигналів датчиків ЕБК аналізує поточну дорожню ситуацію і в разі необхідності включає насос зворотної подачі системи ABS. Впускні клапани та клапани високого тиску ABS відкриваються, а випускні та перемикаючі клапани при цьому закриті. Далі в гальмівній системі нагнітається необхідний тиск, який забезпечує зниження швидкості до певного значення. Воно залежить від початкової швидкості машини та включеної передачі (звичайно в межах 5 – 15 км/год). Причому, гальмування відбувається дуже акуратно, щоб уникнути зносу і можливого перевероту автомобіля. У разі потреби цикл роботи системи повторюється наново. При цьому, алгоритм керування системи спрацьовує за певних умов: автомобіль заведений, педалі газу і гальма відпущені, швидкість руху менше 20 км/год, долається ухил більше 20%.

Автомобілі з АКП можуть мати функцію гальмування двигуном. Електронний блок АКП самостійно розпізнає режим гальмування двигуном (зазвичай на крутих затяжних спусках) і примусово включає знижену передачу (третьою при чотириступінчастій АКП) при досягненні заданої швидкості, не перевантажуючи трансмісію та двигун. Для зняття режиму гальмування достатньо поставити ногу на педаль газу, при цьому АКП відразу перейде на підвищену передачу (впадуть оберти двигуна).

Електронна система розподілу гальмівних зусиль EBD (Electronic Brake Distribution) працює у комплексі з чотирьоканальною ABS та є її програмним доповненням. Вона дозволяє більш ефективно розподіляти гальмівне зусилля на колесах залежно від завантаження автомобіля та забезпечує більш високу керованість та стійкість при гальмуванні.

При екстреному гальмуванні центр ваги автомобіля зміщується у передню частину, зменшуючи навантаження на задню вісь. Якщо, гальмівні зусилля на всі колеса будуть однаковими, задні колеса можуть бути повністю заблоковані. Це призводить до втрати курсової стійкості під впливом бічних сил, а також до занесення і втрати керованості. Також регулювання гальмівних сил необхідно при завантаженні автомобіля пасажирями або багажем.

У випадку, коли гальмування виконується в повороті (при цьому центр тяжкості переноситься на колеса, які йдуть по зовнішньому радіусу) або вільні колеса потрапляють на поверхні з різним зчепленням (наприклад, на лід), дії однієї системи ABS може бути недостатньо. Система EBD взаємодіє з кожним колесом окремо, вирішуючи такі задачі:

- визначення ступеню прослизання коліс на дорожньому покритті;
- зміна тиску робочої рідини в гальмівних механізмах і розподіл гальмівних зусиль залежно від зчеплення коліс з дорогою;
- збереження курсової стійкості при впливі бічних сил;
- зниження ймовірності занесення автомобіля в процесі гальмування та повороту.

Система стабілізації гальмування в повороті CBC (Corner Brake Control) керує гальмівними тисками таким чином, щоб створити на колесах гальмівний момент, який компенсує момент розгортання автомобіля.

При екстреному гальмуванні в повороті автомобіля без системи CBC автомобіль зміщується із занесенням передньої осі до зовнішнього краю повороту. У автомобілях з CBC при появі недостатньої повертаності, система зменшує гальмівний тиск для передніх коліс, забезпечуючи їх здатність сприймати керуючі зусилля і зберігати заданий напрямок руху автомобіля.

Система CBC цілком базується на компонентах ABS та є її програмним розширенням. Особливість CBC полягає в тому, що вона здатна розпізнавати небезпечні ситуації при гальмуванні в повороті без датчиків повороту або бічного прискорення, тільки на підставі даних про кутову швидкість обертання коліс. При виявленні прослизання коліс, якого ще недостатньо для включення ABS, спрацьовує CBC. При подальшому аналізі цих даних, блок керування ABS може розпізнати появу недостатньої або надмірної повертаності і відповідним чином відкоригувати гальмівні тиски.

Система розподілу крутного моменту EDS (Elektronische Differenzialsperrte) призначена для запобігання пробуксовуванню повідних коліс при русі автомобіля з місця, розгоні на слизькій дорозі, руху по прямій і в поворотах за рахунок підгальмовування повідних коліс. Система здійснює електронне блокування міжколісного диференціала при прослизанні одного з повідних коліс і підгальмовує колесо, яке прокручується. За рахунок цього на ньому збільшується крутний момент. Так як ведучі колеса з'єднані симетричним ди-

ференціалом, на іншому колесі (з кращим зчепленням) крутний момент також збільшується.

На відміну від системи ABS, в конструкції EDS передбачена можливість самостійного створення тиску в гальмівній системі. Для реалізації цієї функції використовується насос зворотної подачі і два електромагнітні клапани (на кожне з повідних коліс), включені в гідравлічний блок ABS. Це перемикаючий клапан та клапан високого тиску. Керування системою здійснюється за допомогою відповідного програмного забезпечення у блоці керування ABS.

Система активного розподілу крутного моменту ATTS (Active Torque Transfer System) використовує активні диференціали з електронним керуванням вектору тяги. Електронне блокування диференціала, як правило, є складовою частиною антибуксувальної системи і працює в діапазоні швидкостей від 0 до 80 км/год.

Принципова відмінність систем динамічної стійкості від систем стабілізації курсу полягає в тому, що перші безперервно слідують за відповідністю прискорень автомобіля бажанням водія, вираженим в повороті рульового колеса, в той час як другі включається тільки при розгоні (підвищенні потужності ДВЗ) та гальмуванні (скиданні потужності ДВЗ).

В системах динамічної стійкості автомобіля, крім колісних датчиків ABS, використовуються датчики: повороту рульового колеса; поперечного прискорення та обертання автомобіля (рискання) навколо вертикальної осі. Конструкція гідроелектричного блоку аналогічна модулю ABS і відрізняється програмним наповненням ЕБК. Класифікацію комбінованих систем керування можна скласти за ознакою інтегрування окремих систем стабілізації курсу з надбудовою функціональних мехатронних підсистем пов'язаних з органами керування [7]. (рис. 1.10).

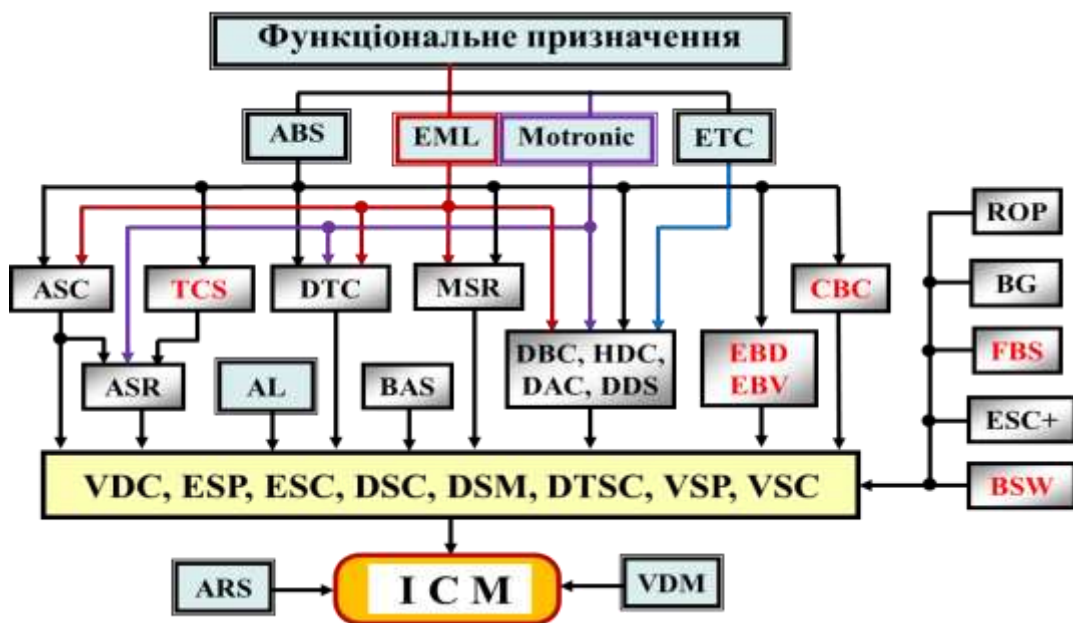


Рис. 1.10. Функціональна структура систем динамічної стійкості

Система динамічної стабілізації VDC (Vehicle Dynamic Control) призначена для мінімізації кутового відхилення від напрямку руху. Для інформування ЕБК в системі використовуються датчики: швидкості обертання коліс, тиску гальмівної рідини, положення керма, кутового і поперечного прискорення автомобіля щодо напрямку руху. Система формує сигнали керування електронасосом та модуляторами тиску гальмівної рідини систем ABS та ASR, а також підсилювачем екстреного гальмування BAS (Brake Assist System) [8].

Для виключення юза передніх коліс, система VDC автоматично знімає газ і пригальмовує внутрішнє заднє колесо, утримуючи тим самим автомобіль від занесення у зовнішній кювет.

Якщо при різкому повороті керма виникає прослизання задніх коліс, система пригальмовує відповідне переднє колесо і стабілізує рух автомобіля в потрібному напрямку. Система VDC використовується на автомобілях Infiniti, Nissan, Subaru. Системи аналогічної побудови, залежно від виробника, отримали різні назви:

- ESP (Electronic Stability Programmer) у Європі та Америці;
- ESC (Electronic Stability Control) на автомобілях Honda, Kia, Hyundai;
- DSC (Dynamic Stability Control) на автомобілях BMW, Jaguar, Rover;
- DSM (Dynamic Stability Management) на автомобілях різних марок;
- DTSC (Dynamic Stability Traction Control) на автомобілях Volvo;
- VSA (Vehicle Stability Assist) на автомобілях Honda, Acura;
- VSC (Vehicle Stability Control) на автомобілях Toyota;

Алгоритм роботи системи залежить від режиму руху АТЗ. Система визначає бажаний напрямок руху по куту повороту рульового колеса, а датчики на колесах вимірюють швидкість їх обертання. На основі цих даних ЕБК обчислює фактичну траєкторію руху, яка кожні 0,05 секунди порівнюється з бажаним напрямком. Керування автомобілем із системою ESP враховує три ступені свободи автомобіля на площині дороги (поздовжній, поперечний напрямки та поворот навколо вертикалі). Якщо, блок керування ESP обчислює, що прискорення при розгоні автомобіля досягло критичних значень і виникли умови для втрати стійкості АТЗ (занесення) і бічного ковзання коліс передньої та/або задньої осей, система включає підгальмовування коліс, які пробуксовують. Склад системи ESP та призначення її компонентів показано на [7] (рис. 1.11).

Апаратна структура гідроелектричного модуля системи ESP повторює структуру модуля чотириканальної ABS (рис. 1.12).

На рис. 1.12, а позначено: 1 – компенсційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик педалі гальма; 4 – датчик тиску; 5 – ЕБК ESP; 6 – насос зворотної подачі; 7 – акумулятор тиску; 8 – демпфуюча камера; 9, 11, 13, 15 – впускні ЕК; 10, 12, 14, 16 – випускні ЕК; 17, 19, 21, 23 – гальмівні циліндри; 18, 20, 22, 24 – колісні датчики; 25 – перемикаючий ЕК; 26 – ЕК високого тиску; 27 – шина обміну даними.

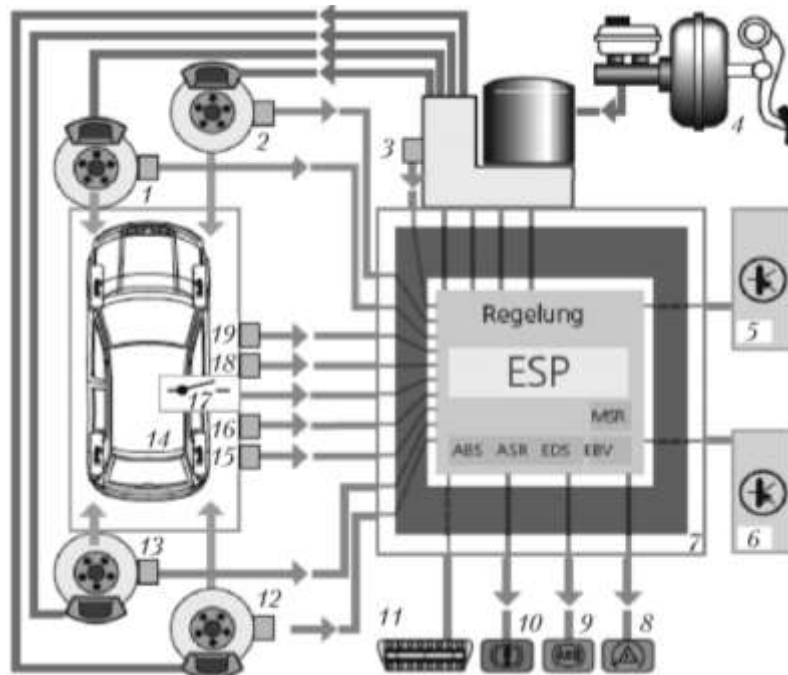


Рис. 1.11. Структура електронної системи курсової стійкості:

1, 2, 12, 13 – колісні датчики; 3 – датчик тиску в гальмівній системі; 4 – активний підсилювач гальмівної системи; 5 – ЕБК ДВЗ; 6 – ЕБК АКП; 7 – гідравлічний блок з блоком керування; 8, 9, 10 – контрольні лампи TCS/ESP, ABS, двоконтурної гальмівної системи та гальма стоянки; 11 – діагностичний роз'єм; 14 – салон; 15 – вимикач стоп-сигналу; 16 – датчик кута повороту рульового колеса; 17 – вимикач систем TCS/ESP; 18 – датчик ризику; 19 – датчик бічного прискорення

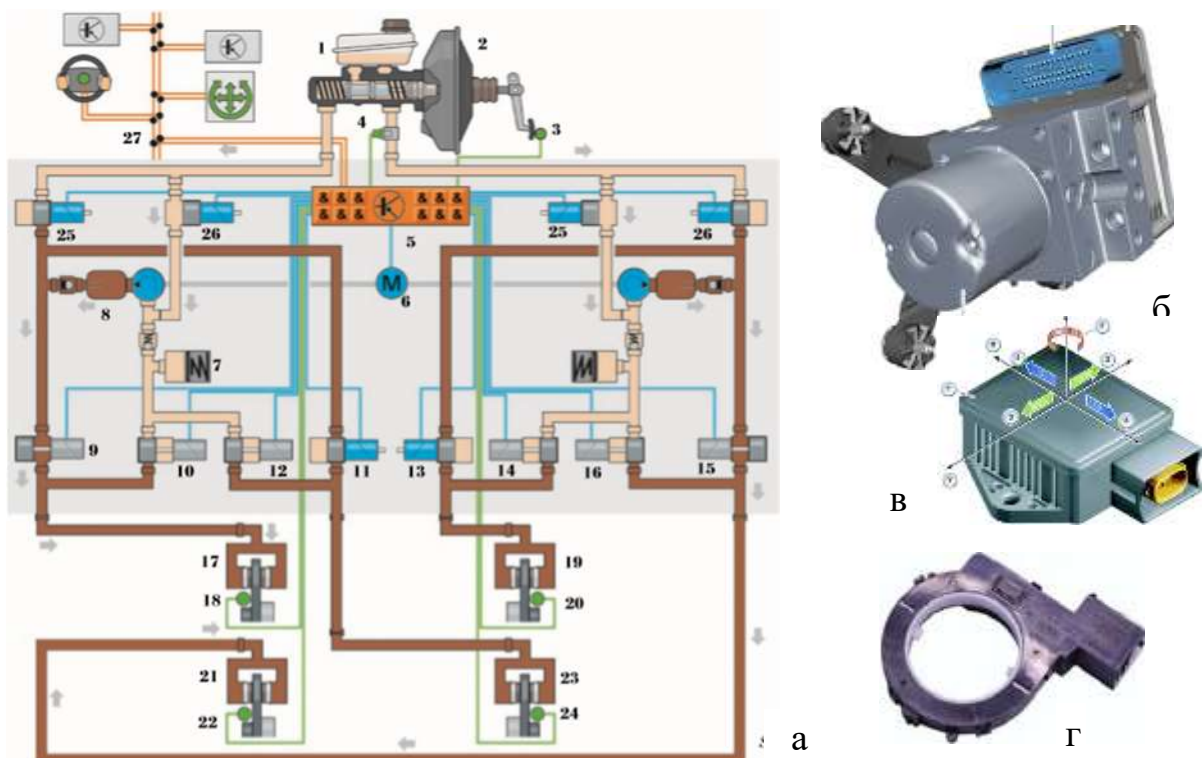


Рис. 1.12. Влаштування системи курсової стійкості автомобіля:
 а – устрій гідравлічної частини; б – конструкція модуля;
 в – комбінований датчик прискорень; г – датчик повороту рульового колеса

У системах курсової стійкості можуть бути реалізовані додаткові функції (підсистеми ROP, BG, ESC+, FBS, BSW). Ці системи, в основному, не мають своїх конструктивних елементів, а є програмним розширенням системи ESP.

Система запобігання перекиданню ROP (Roll Over Prevention) стабілізує рух автомобіля при загрозі перекидання. Запобігання перекиданню досягається за рахунок зменшення поперечного прискорення шляхом підгальмовування передніх коліс і зниження крутного моменту двигуна. Додатковий тиск у гальмівній системі створюється за допомогою активного підсилювача гальм.

Система стабілізації автопоїзда ESC+ (TSA – Trailer Stabilization Assistant) може бути реалізована в автомобілі, обладнаному тягово-зчіпним пристроєм. Система запобігає ризиканню причепа при русі автомобіля, яке досягається за рахунок підгальмовування коліс або зниження крутного моменту ДВЗ. Гальмування здійснюється всіма колесами, у тому числі і гальмом накату та коліс причепа.

1.3. Програмні опції асистентів руху

Функції або системи підтримки водія (асистенти) призначені для допомоги водієві при виконанні певних маневрів або у певних ситуаціях. Таким чином, вони підвищують зручність керування автомобілем та безпеку його руху. Такі системи, на відзнаку від систем екстреної дії, втручаються в керування не тільки під час критичних ситуацій, а включені постійно і можуть за бажання бути відключені [9].

Асистент руху на спуску HDC (Hill Descent Control) допомагає водієві при русі по гірських дорогах. Сила скочування діє на автомобіль постійно, незалежно від швидкості автомобіля. Внаслідок цього, автомобіль, який скочується по похилій площині, буде весь час прискорюватися. Асистент HDC задіється при виконанні певних умов, що характеризують скочування: швидкість руху менше 20 км/год; ухил перевищує 20 градусів; двигун працює; педалі газу та гальма не натиснуті. Якщо, ці умови виконані і дані свідчать про збільшення швидкості скочування автомобіля (ДППА, ДЧО, ДК), система починає підгальмовувати, підтримуючи обмежене значення швидкості руху. При цьому, задіється гідравлічний блок системи ESP у циклічному режимі (див. рис. 1.12, а). Розглянемо алгоритм функціонування мехатронної системи асистента HDC по каналу керування переднім лівим колесом.

Швидкість автомобіля, яка підтримується залежить від швидкості, з якої було розпочато рух на спуску, і включеної передачі. Асистент включає насос зворотної подачі тиску 6. При цьому, клапан високого тиску 26 і впускний клапан 9 відкриваються, а випускний 10 і перемикаючий 25 клапани закриваються. У гальмівному циліндрі коліс 17 створюється гальмівний тиск, і автомобіль сповільнюється. Коли швидкість автомобіля знизиться до зазначеного рівня, асистент припиняє гальмування коліс і знову знижує тиск в гальмівній системі. Якщо, після цього швидкість відновлюється (при натиснутій педалі акселератора), асистент ідентифікує ситуацію прискорення руху автомобіля по спуску і знову активізує підгальмовування.

Асистент рушання на підйомі ННС (Hill Hold Control) також базується на системі ESP. Блок датчиків ESP доповнюється датчиком поздовжнього прискорення, що розпізнає стан автомобіля. Асистент ННС включається коли: автомобіль нерухомий; величина підйому перевищує певний ухил; двері водія зачинені; двигун працює; увімкнено ножні гальма стоянки. При цьому, асистент ННС працює завжди в напрямку рушання вгору, у тому числі заднім ходом. Асистент при рушанні уповільнює зменшення гальмівного тиску у гідравлічній системі, запобігає скочуванню автомобіля назад, поки сила тяги ще недостатня для компенсації сили скочування. Роботу асистента рушання на підйомі можна поділити на 4 фази.

На першій фазі створюється гальмівний тиск. Водій зупиняє або утримує автомобіль натисканням педалі гальма. Процес натискання на педаль гальма пояснюється на рисунку 1.13, а.

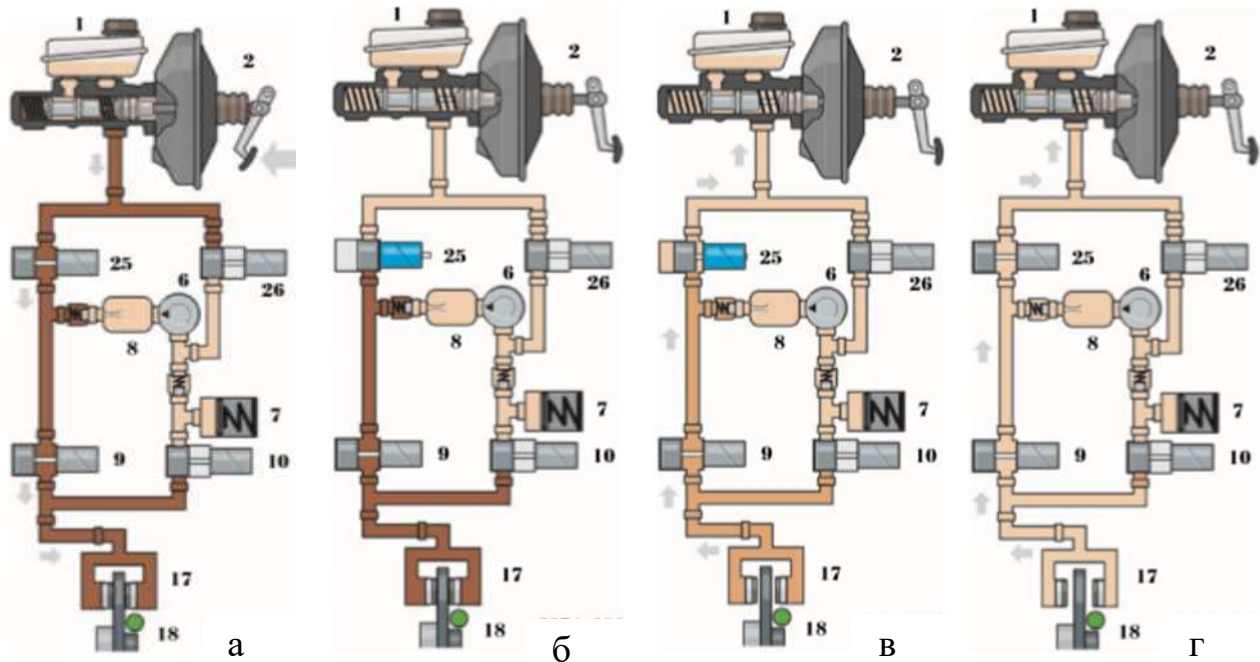


Рис. 1.13. Функціонування системи ННС:
а – перша; б – друга; в – третя; г – четверта

Перемикаючий клапан 25 відкритий, клапан високого тиску 26 закритий. Впускний клапан 9 відкритий, випускний клапан 10 закритий, в гальмовому циліндрі створюється необхідний тиск.

На другій фазі гальмівний тиск підтримується, автомобіль нерухомий. Водій знімає ногу з педалі гальма, щоб перенести її на педаль акселератора. Асистент протягом двох секунд зберігає гальмівний тиск на тому ж рівні, щоб запобігти скочуванню автомобіля, педаль гальма більше не натиснута. Клапан перемикаючого 25 закривається, у гідравлічних контурах коліс утримується гальмівний тиск (рис. 1.13, б).

На третій фазі відбувається дозоване зменшення гальмівного тиску, автомобіль все ще нерухомий. Водій натискає педаль акселератора. У міру того,

як водій збільшує передаваний до коліс крутний момент, асистент зменшує гальмівний момент таким чином, щоб автомобіль не скочувався назад, і при тому не заважав подальшому прискоренні в напрямку руху на підйом. Впускний клапан 9 відкритий, перемикаючий клапан 25 дозовано відкривається і забезпечує поступове зниження тиску (рис. 1.13, в).

На четвертій фазі гальмівний тиск скидається, момент тяги достатній для рушання і подальшого прискорення автомобіля. Асистент зменшує гальмівний тиск до нуля і автомобіль рушає. Клапан перемикання 25, при цьому, повністю відкритий, тиск у гальмівних контурах відсутній (рис. 1.13, б).

Динамічний асистент рушання DAA (Dynamischer Anfahr Assistent), призначений для автомобілів з електромеханічним стоянковими гальмами, спрощує рушання при включеному гальмі стоянки і рушання на підйомі. Функція асистента є програмним розширенням (опцією системи EPB).

При зупинках на світлофорі включення гальма стоянки скасовує необхідність постійно тримати педаль гальма натиснутою. При рушанні на підйомі у водія відпадає необхідність відпускати гальма стоянки. Гальма стоянки автоматично вимикається тільки тоді, коли тяговий момент автомобіля перевищує розраховану ЕБК силу скочування.

Система функціонує так. Автомобіль нерухомий, EPB включено. Водій вирішує рушати, включає 1-шу передачу, і натискає педаль акселератора. При цьому, перевіряються дані:

- кут нахилу автомобіля (ДПП);
- крутний момент ДВЗ (ДПДЗ, ДЧО);
- положення педалі акселератора (ДППА);
- положення педалі зчеплення (або важеля включеної передачі);
- бажаний напрямок руху (положення важеля включеної передачі або вимикача ліхтарів заднього ходу).

На підставі цих даних блок керування EPB обчислює діючу на автомобіль силу скочування і оптимальний момент відключення EPB, так щоб автомобіль міг рушити без скочування назад. Динамічний асистент рушання виконує свої функції, не задіяючи, при цьому, гідравлічні гальмівні механізми, він усього лише використовує інформацію, що надається датчиками системи ESP [9].

Асистент рульової корекції DSR (Driver-Steering Rekommandation), є додатковою функцією ESP, що забезпечує стабілізацію автомобіля в критичній ситуації (при гальмуванні на дорожньому покритті з нерівномірним зчепленням або при різкому поперечному маневрі). На автомобілі з DSR підсилювач рульового керування створює на кермовому колесі зусилля, які «підказують» водієві, коли, куди і на скільки потрібно його повернути. При цьому, фіксується різниця гальмівних тисків окремих коліс. Далі, за допомогою систем контролю зчеплення з дорогою, збираються дані, на підставі яких, асистент розраховує додатковий момент, який повинен спричинити підсилювач керма [9].

1.4. Інтегрування систем керування ходовою частиною

Інтегрована система керування ходовою частиною автомобіля поєднує функції керування динамікою автомобіля у поздовжньому [10]. (системи стабілізації курсу), поперечному [11]. (системи динамічної стійкості) та вертикальному [12] (системи підвісок) напрямках.

Стратегія керування інтегрованої системи: зібрати сигнали з органів керування та датчиків поведінки автомобіля, провести проміжні розрахунки для оцінки ситуації (динамічного стану), розподілити керуючі впливи по системах координатної корекції з певним ступенем їх участі в реалізації завдання по збереженню стійкості та безпеки руху автомобіля [13].

Вихідними даними для обчислювання параметрів динамічного стану автомобіля є: повздовжнє прискорення та уклін автомобіля відносно напрямку руху (кут місця) 1; поперечні прискорення та кут обертання навколо вертикальної осі (кут ристання) 2; вертикальні прискорення та кут обертання навколо повздовжньої осі (кут крену) (рис. 1.14, а).

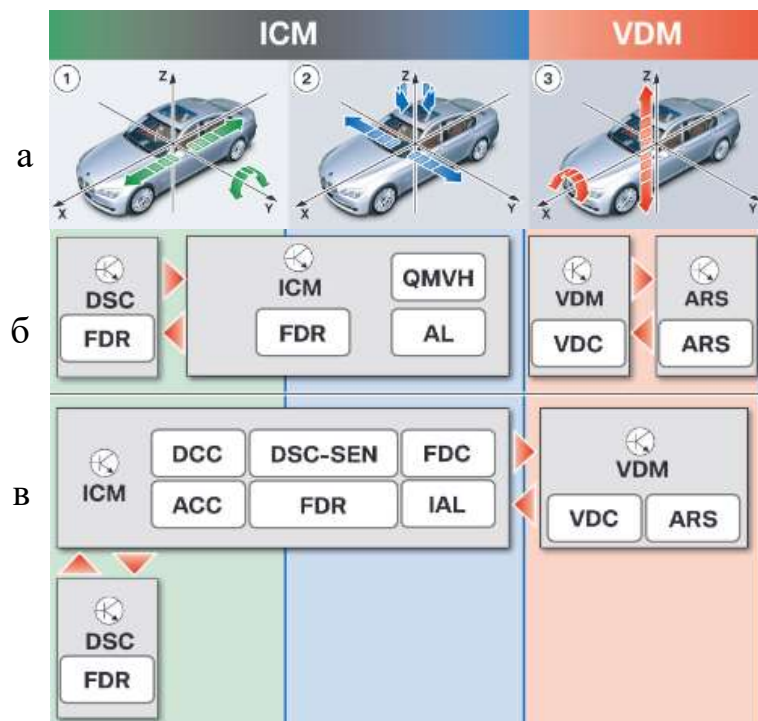


Рис. 1.14. Архітектура комбінованої системи керування ходовою частиною:
 а – координатні фактори збурення автомобіля; б – система з незалежним впливом вертикальних збурень; в – система пов'язаних збурень

Розглянемо варіанти інтеграції систем керування на прикладі автомобілів BMW. В першому варіанті, система (електронний блок) ICM (Integrated Chassis Management) поєднує функції регулювання поперечної динаміки FDR, реакція якої втілюється в розподіл крутного моменту по колесах задньої осі системи керування заднім диференціалом QMVH та активне керування кермом AL. При цьому, функція регулювання повздовжньої динаміки FDR, реалізується окремим алгоритмом в електронному блоці DSC. Вертикальна динаміка, в цьому випадку, незалежно підтримується двома блоками VDM і ARS, які реалізують

відповідні алгоритми керування підвіскою VDC та стабілізацією при крені ARS Dynamic Drive (рис. 1.14, б).

В наступному варіанті блок ICM поєднує алгоритми керування повздожньою та поперечною динамікою:

- динамічним круїз-контролем DCC;
- активним круїз контролем ACC;
- регулюванням динаміки FDR;
- керуванням динамікою FDC;
- керуванням інтегральним активним кермом.

При цьому, в блок ICM безпосередньо надходить інформація з датчиків акселерометрів DSC-SEN. Для прийняття рішення (формування сигналу, що реалізує керуючий вплив) ICM кореспондує одночасно з блоками керування повздожньою DSC та вертикальною VDM динамікою (рис. 1.14, в).

Засоби активізації ICM, показані на (рис. 1.15, а).

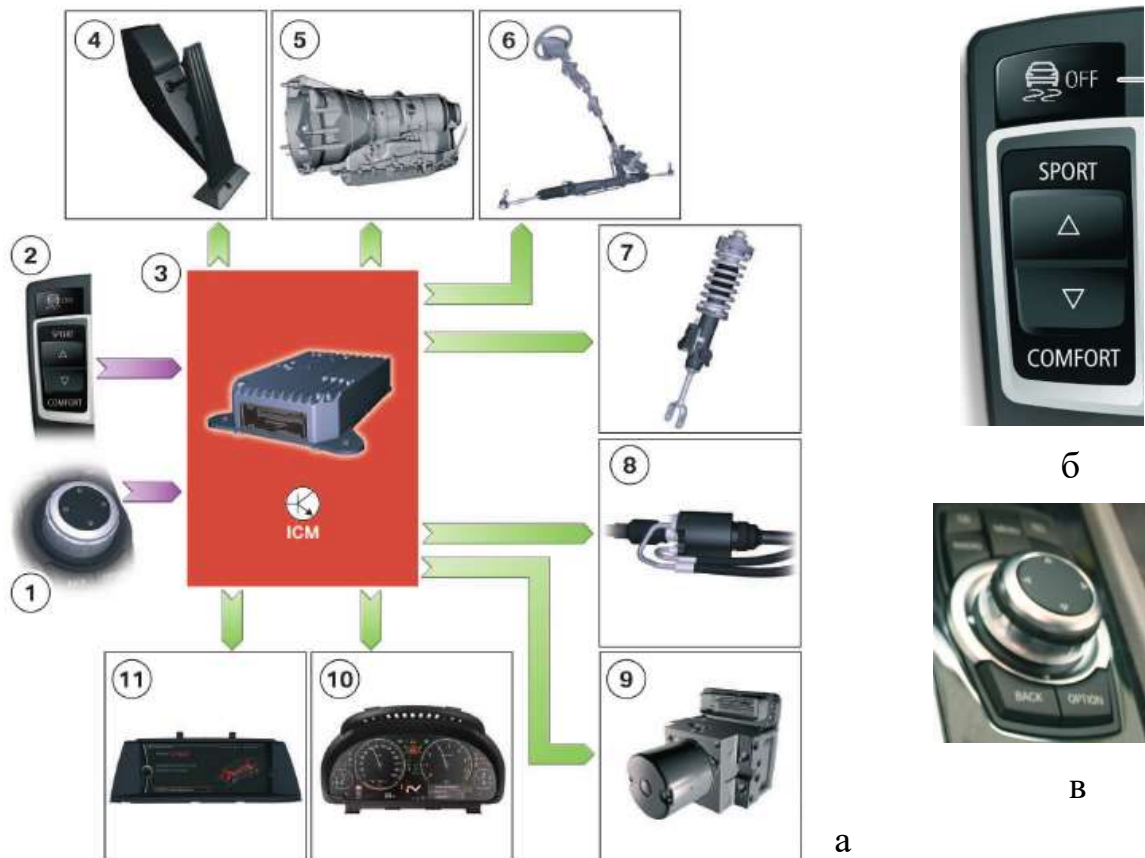


Рис. 1.15. Активізація функцій керування динамікою:

1 – джойстик контролера; 2 – перемикач режимів динаміки та клавіша DTC; 3 - інтегрована система керування ходовою частиною; 4 – педаль акселератора; 5 – автоматична коробка передач; 6 – кермо 7 – керування вертикальною динамікою з електронним регулюванням жорсткості амортизаторів; 8 – активна система стабілізації при крені; 9 – система динамічної стійкості; 10 – комбінація приладів; 11 – центральний інформаційний дисплей

Перемикач режимів динаміки (два двопозиційні перемикачі) дозволяє водієві вибирати з чотирьох основних режимів: Comfort, Normal, Sport, Sport+. При цьому, змінюється передатна характеристика педалі акселератора 4. Клавіша DTC дає ще два режими: Traction, DSC off. Події водія відображаються на індикаторах панелі приладів (рис. 1.15, б).

За допомогою перемикачів 2 водій може вибрати таку динамічну характеристику, яка найбільш оптимально підходить до тієї чи іншої траси або мети поїздки.

Джойстик контролера 1 (натискання, обертання, вибір напрямків перегляду) включає живлення системи контролю (дисплей), дозволяє вибирати пункти меню, налаштувати опції (рис. 1.15, в).

Блок ICM приймає сигнали зовнішніх (виносних) датчиків різних базових систем (ABS, кермо, підвіска) та комбінованих датчиків DSC, які інтегровані в конструкцію блоку. Після обробки вхідних сигналів блок ICM формує командні сигнали для блоків (вбудованих функцій) окремих мехатронних систем (DSC – динамічного контролю стабільності, AL – активного рульового керування, HSR – регулювання кута бокового виводу заднього мосту, VDM – керування вертикальною динамікою. Іншими словами, програма ICM виступає менеджером або посередником між інформаційними сигналами та керуючими алгоритмами.

Центральна функція регулювання динаміки FDR у блоці ICM спочатку оцінює поточний режим руху та бажання водія. Далі враховується, які системи керування динамікою є в автомобілі, і приймається рішення про те, наскільки відчутним має бути їх вплив на динаміку автомобіля. Досконалі системи керування динамікою м'яко і майже непомітно починають втручатися вже тоді, коли лише намітилася тенденція, наприклад, до недостатньої повертаності. Координуючий пристрій стежить за тим, щоб при цьому був задіяний найбільш придатний виконавчий пристрій. При одночасному залученні кількох виконавчих пристроїв, особлива увага приділяється тому, щоб їхнє втручання було гармонійним. Інтегрована система керування ходовою частиною виконує функції:

- допомоги водієві;
- регулювання динаміки та рульового керування (центральна);
- обробки та видачі сигналів зовнішніх датчиків;
- керування динамікою.

Основний датчик DSC у блоці керування ICM вимірює поздовжнє та поперечне прискорення, а також кутову швидкість рискання. Резервний датчик DSC – все теж, крім поздовжнього прискорення. Блок керування ICM розраховує поточний режим руху за означеними сигналами. Для оптимізації динаміки відповідним системам керування необхідно знати бажання водія. Воно параметрується сигналами:

- ступеню натискання педалі акселератора;
- передатному числі АКП;
- ступеню натискання педалі гальма та поточному гальмівному тиску;

- кута повороту коліс (рульового колеса) та швидкості його зміни.

Всередині ICM одержувачем сигналів є центральна функція регулювання динаміки FDR. Зовнішніми отримувачами є блоки керування динамікою базових систем (по шині Flex Ray). Втручання систем регулювання FDR та керування FDC динамікою, націлене на покращення прийнятись автомобіля та зчеплення його коліс з дорогою при збереженні стійкості автомобіля. Центральна функція регулювання динаміки FDR в ICM порівнює бажання водія з фактичним режимом руху автомобіля та визначає, чи потрібне втручання систем керування динамікою і якщо потрібно, то яке. Вихідним параметром, з яким працює центральна функція регулювання динаміки FDR, є кутова швидкість рискання (рис. 1.16).

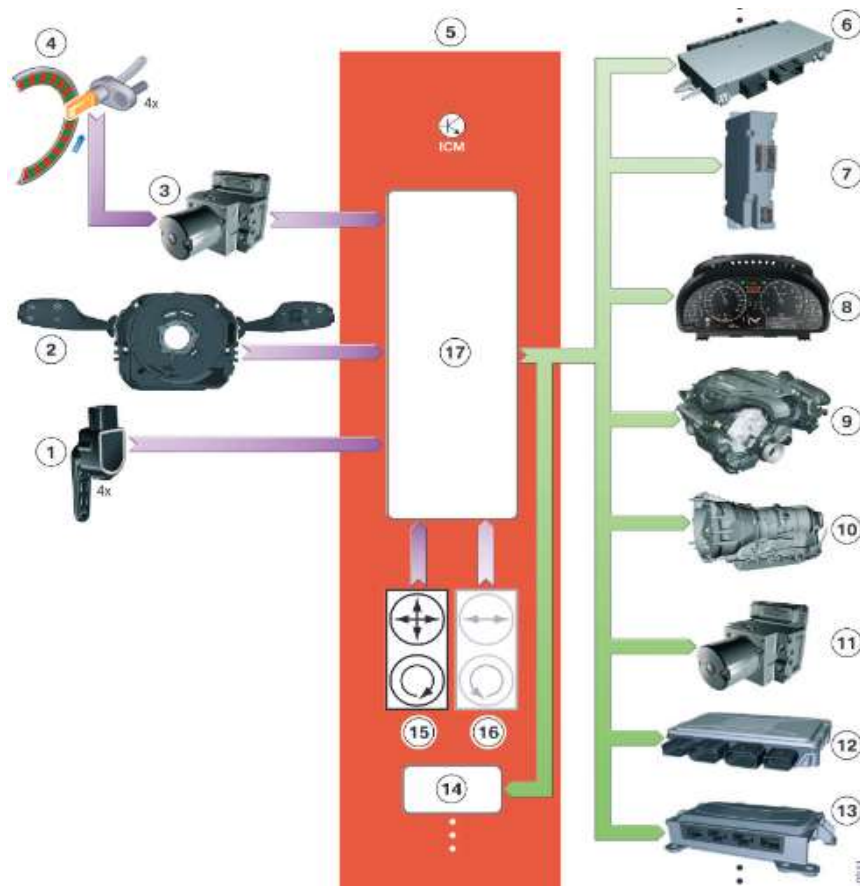


Рис. 1.16. Формування сигналів блоком ICM:

- 1 – датчики дорожнього просвіту; 2 – комутаційний центр у рульовій колонці з датчиком кута повороту рульового колеса; 3, 11 – система динамічного контролю за стабільністю;
- 4 – датчики кутової швидкості коліс; 5 – інтегрована система керування ходовою частиною;
- 6 – модуль у просторі для ніг; 7 – блок керування KAFAS; 8 – комбінація приладів;
- 9 – система керування двигуном; 10 – електронна система керування коробкою передач;
- 12 – блок керування AL; 13 – блок керування HSR; 14 – функції керування динамікою у блоці керування ICM; 15 – датчик DSC у блоці керування ICM; 16 – резервний датчик DSC у блоці керування ICM; 17 – функція обробки сигналів

Система ICM задіює системи керування динамікою ще до того, як згадані відхилення будуть виявлені, тобто раніше, ніж у динаміці автомобіля з'явиться

хоч якась нестабільність. Це стало можливим завдяки дуже точним розрахунковим моделям та новим алгоритмам (ШНМ).

Інтерфейс між ІСМ і системою динамічного контролю стабільності кореспондує сигнали зворотніх зв'язків від виконавчих пристроїв (рис. 1.17).

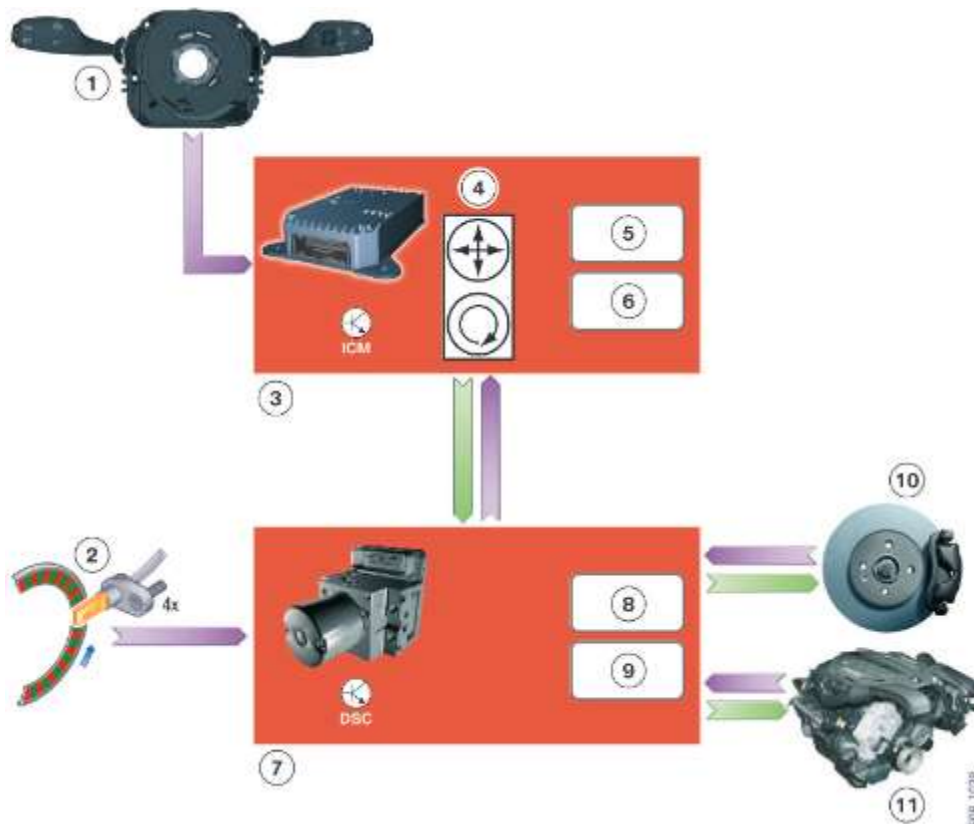


Рис. 1.17. Взаємодія ІСМ та DSC:

- 1 – комутаційний центр у рульовій колонці з датчиком кута повороту рульового колеса;
 2 – датчики кутової швидкості коліс; 3 – вбудоване керування ходовою частиною; 4 – датчик DSC у блоці керування ІСМ; 5 – функція регулювання динаміки в ІСМ; 6 – функція координації виконавчих пристроїв; 7 – система динамічного контролю за стабільністю; 8 - функція регулювання динаміки в блоці керування DSC; 9 – функція активації виконавчих пристроїв; 10 – гальмівний механізм колеса; 11 – двигун та трансмісія

В ІСМ можуть бути інтегровані дві функції допомоги водієві, що впливають на подовжню динаміку автомобіля:

- круїз-контроль з функцією гальмування (DCC);
- активний круїз-контроль з функцією Stop & Go (ACC Stop & Go).

До складу ACC Stop&Go входить функція адаптивного гальмівного асистента, яка раніше реалізовувалася в блоці LDM, тепер втілена в блоці керування ІСМ [14]. (рис. 1.18). Параметри для виконання функції DCC раніше розраховувалися системою динамічного контролю стабільності, тепер у блоці керування ІСМ [15]. (рис. 1.19).



Рис. 1.18. Системи допомоги водієві, що впливають на поздовжню динаміку:

1 – радар ближньої дії SRR; 2 – радар далекої дії LRR; 3 – модуль в просторі для ніг;
 4 – панель керування функціями допомоги водієві; 5 – комутаційний центр у рульовій колонці; 6 – панель керування DCC або клавіші ACC Stop & Go на кермі; 7 – інтегрована система керування ходовою частиною; 8 – двигун та трансмісія; 9 – система динамічного контролю за стабільністю; 10 – комбінація приладів; 11 – функція DCC; 12 – функції ACC Stop & Go та адаптивний гальмівний асистент



Рис. 1.19. Координація виклику вібрації на кермі:

1 – датчик радіолокації сигналізації перебудови SWW; 2 – блок керування KAFAS; 3 – камера сигналізації огляду смуги руху; 4 – модуль у просторі для ніг; 5 – панель керування функціями допомоги водієві; 6 – інтегрована система керування ходовою частиною; 7 – комутаційний центр у рульовій колонці; 8 – електронний блок LRE та вібродвигун у рульовому колесі; 9 – індикація сигналізації перебудови у зовнішньому дзеркалі; 10 – комбінація приладів; 11 – функція координації виклику вібрації на кермі

Структура блоку керування ІСМ незалежно від комплектації автомобіля містить:

- два мікропроцесори;
- один контролер FlexRay;
- вихідні каскади для активації клапанів рульового керування;
- вбудовані датчики параметрів динаміки DSC.

Один із мікропроцесорів відповідає, насамперед, за розрахунок параметрів регулювання, організацію функціональних зв'язків та за активацію вихідних каскадів. Основне завдання другого процесора полягає у контролі важливих для безпеки функцій та їх відключення у разі несправності.

Для апаратної частини автомобільних систем комбінованої структури характерне застосування:

- комплекту ЕБК функціональних та комплексних систем різного призначення;
- комунікаційних засобів обміну даними між ними (інтерфейси зв'язку у структурі ЕБК, кабельні лінії шин даних, центральний міжмережевий перетворювач, адаптери підключення інформаційних ліній);
- мехатронних модулів (сателітів систем керування приводами склопідйомників, люка, дверних замків та ін.);
- комбінованих датчиків.

Використання нано-технологій дозволяє реалізувати комбіновані датчики мініатюрного та мікросхемного виконання [16, 17] (рис. 1.20).



Рис. 1.20. Інтегральні комбіновані датчики автомобільних систем:
а – датчик кутового прискорення; б – модуль SMI540; в – мікросхема SD787

Фірмою Bosch представлений комбінований сенсор модульного типу SMI, що об'єднує датчик бічного прискорення та датчик кутової швидкості ризикання (рис. 1.20, б). Комбіновані датчики в мікросхемному виконанні типу SD, розроблені для автомобільних застосувань, об'єднують в одному корпусі одноосьовий гіроскоп і трьохосьовий акселерометр (рис. 1.20, в).

Мікросхемні датчики, на відміну від датчиків DSC корпусної конструкції, інтегруються безпосередньо в корпусі ЕБК (рис. 1.21).

Поєднання (інтегрування) системи керування динамікою (блоку ІСМ) з іншими системами (ЕБК) демонструє шинна структура автомобіля BMW F10 [18], (рис. 1.22).

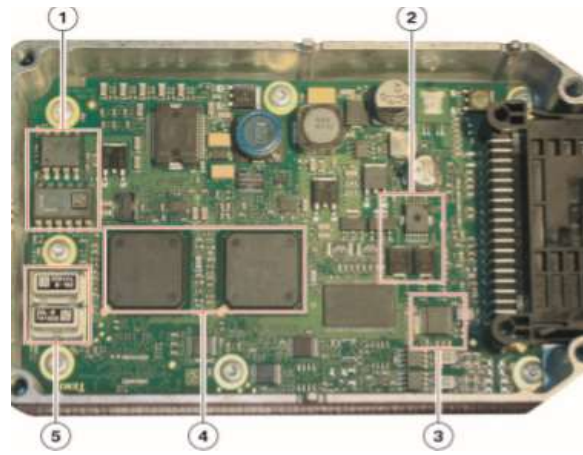


Рис. 1.21. Компонування елементів електронного блоку ІСМ:
 1 – датчики поздовжнього та поперечного прискорення; 2 – вихідні каскади клапанів сервотроніка; 3 – інтерфейс Flex Ray; 4 – два мікропроцесори; 5 – датчики обертання автомобіля навколо вертикальної осі

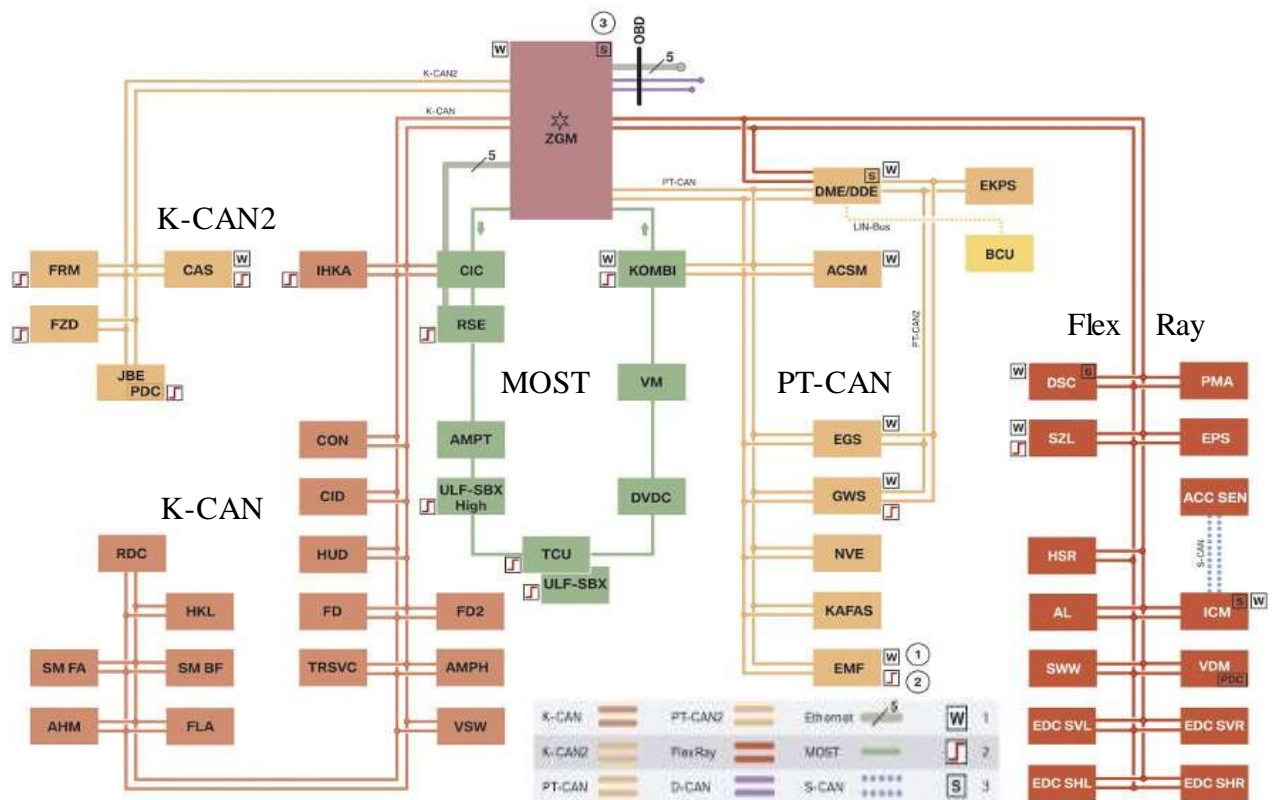


Рис. 1.22. Шинна структура комбінованої системи керування

На схемі позначено символами та номерами: 1 – блоки керування, що активуються; 2 – блоки керування, що активують систему шин; 3 – вузлові блоки керування запуском та синхронізацією шини Flex Ray. Перелік елементів шинної структури можна надати трьома групами – основні модулі, комунікаційні засоби обміну даними.

Основні модулі: ACSM – модуль безпеки під час зіткнення; АНМ – модуль причепа; AL – активне кермо; BCU – зарядний блок для додаткової АКБ; CID – центральний інформаційний екран; CON – контролер; DDE/DME – цифрова система керування ДВЗ; DSC – система динамічного контролю стійкості; EDC SHL/SHR/SVL/SVR – сателіти електронної системи регулювання жорсткості амортизаторів; EGS – електронна система керування АКП; ЕКПС – ЕБК паливним насосом; EMF – електромеханічні стоянкові гальма; FLA – система керування далеким світлом фар; HSR – регулювання кута бокового відведення коліс задньої осі; ICM – інтегральна система керування ходовою частиною; КОМБІ – комбінація приладів; PDC – сигналізація аварійного зближення під час паркування; RDC – система контролю тиску у шинах; SWW – попередження про небезпеку при перебудові; SZL – комутаційний центр у рульовій колонці; TRSVC – ЕБК відеокамерами заднього виду та бокового вигляду; VDM – система керування вертикальною динамікою.

Комунікаційні засоби обміну даними: BSD – інтерфейс передачі послідовним двійковим кодом; D-CAN – діагностична шина CAN; Ethernet – кабельна система локальної інформаційної мережі; Flex Ray – шина систем керування ходовою частиною; K-Bus, K-CAN, K-CAN2 – кузовні шини CAN 2; LIN-Bus – шина; Local-CAN – локальна шина CAN; MOST – система передачі даних між медійними засобами; MOST port – пряме виведення шини; PT-CAN – шина CAN двигуна та трансмісії; PT-CAN2 – шина CAN 2 двигуна та трансмісії; OBD – роз'єм; ZGM – центральний міжмережевий перетворювач.

Інші засоби додаткових систем: KAFAS – система допомоги водієві на базі відеокамер; AMPH/T – підсилювачі Hi-Fi; CAS – система доступу до автомобіля; CIC – бортовий комп'ютер; DVD – DVD-чейнджер; FD, FD2 – задні дисплеї; FRM – модуль у просторі для ніг; FZD – функціональний центр у даху; GWS – перемикач передач; HKL – автоматичний привід кришки багажника; HUD – віртуальний екран; ІНКА – вбудована автоматична система опалення та кондиціонування; JBE – електронний блок JBE; NVE – електронний блок нічного бачення; RSE – розважальна система у задній частині салону; SDARS – супутниковий радіо; SMBF – модуль сидіння переднього пасажира; SMFA – модуль сидіння водія; TCU – блок керування телематичними системами; ULF-SBX – універсальний зарядно-переговорний пристрій, інтерфейсний блок (Bluetooth-телефонія); VM – відеомодуль; VSW – відеокомутатор.

Контрольні запитання за темою 1

1. Перелічить види шин даних, які використовуються на борту автомобіля.
2. Дайте загальну характеристику CAN-шин даних, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
3. Дайте загальну характеристику MOST-шин даних, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
4. Дайте загальну характеристику локальних шин даних LIN, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.

5. Дайте загальну характеристику шин даних Flex Ray, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
6. Дайте загальну характеристику шин даних Ethernet, що до їх використання в системах керування, швидкодії, фізичної реалізації та виду сигналів.
7. Поясніть формат надання інформації по CAN-шинам даних.
8. Поясніть формат надання інформації по LIN-шинам даних.
9. Поясніть формат надання інформації по шинам даних Flex Ray.
10. Наведіть структуру мехатронного модуля локальної шини LIN – сателіт.
11. Наведіть особливості апаратної структури комбінованих систем керування.
12. Визначить поняття мехатронної системи автомобіля комбінованої структури.
13. Перелічить функціональні системи, які утворюють комбіновані системи керування силовими агрегатами та поясніть їх взаємодію.
14. Перелічить функціональні системи, які утворюють комбіновані системи стабілізації курсу автомобіля та поясніть їх взаємодію.
15. Перелічить функціональні системи, які утворюють комбіновані системи динамічної стійкості автомобіля та поясніть їх взаємодію.
16. Які системи та підсистеми розглядаються у структурі інтегрованої системи керування ходовою частиною ІСМ?
17. Поясніть стратегію реалізації керуючих впливів в інтегрованій системі керування ходовою частиною ІСМ.
18. Назвіть способи реалізації керуючих впливів в системах стабілізації курсу.
19. Які датчики оригінального призначення та конструкції використовуються в системах динамічної стабілізації ходової частини автомобіля.
20. Назвіть способи реалізації керуючих впливів в системах динамічної стійкості.

Тема 2. СИСТЕМИ ДОПОМОГИ ВОДІЮ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ

2.1. Призначення та класифікація

У загальному сенсі системи допомоги водієві (СДВ) це системи, які допомагають водієві керувати автомобілем, знижуючи його стомлюваність, і сприяють безпеці руху в транспортних режимах (старт, розгін/уповільнення, маневрування, гальмування, паркування). Системи цієї групи впливають на засоби керування автомобілем і органи сприйняття водія.

З огляду на велику різноманітність додаткових систем забезпечення безпеки і підтримки роботи водія складно запропонувати одну послідовну і логічну систему їх класифікації. Одні системи жорстко пов'язані між собою в «ієрархії» керування, інші являють різні ступені розвитку однієї системи, а треті базуються на вузлах і компонентах інших систем, або є програмним розширенням наявних в них функцій [19]. Системи допомоги можна класифікувати за низкою загальних ознак (рис. 2.1).

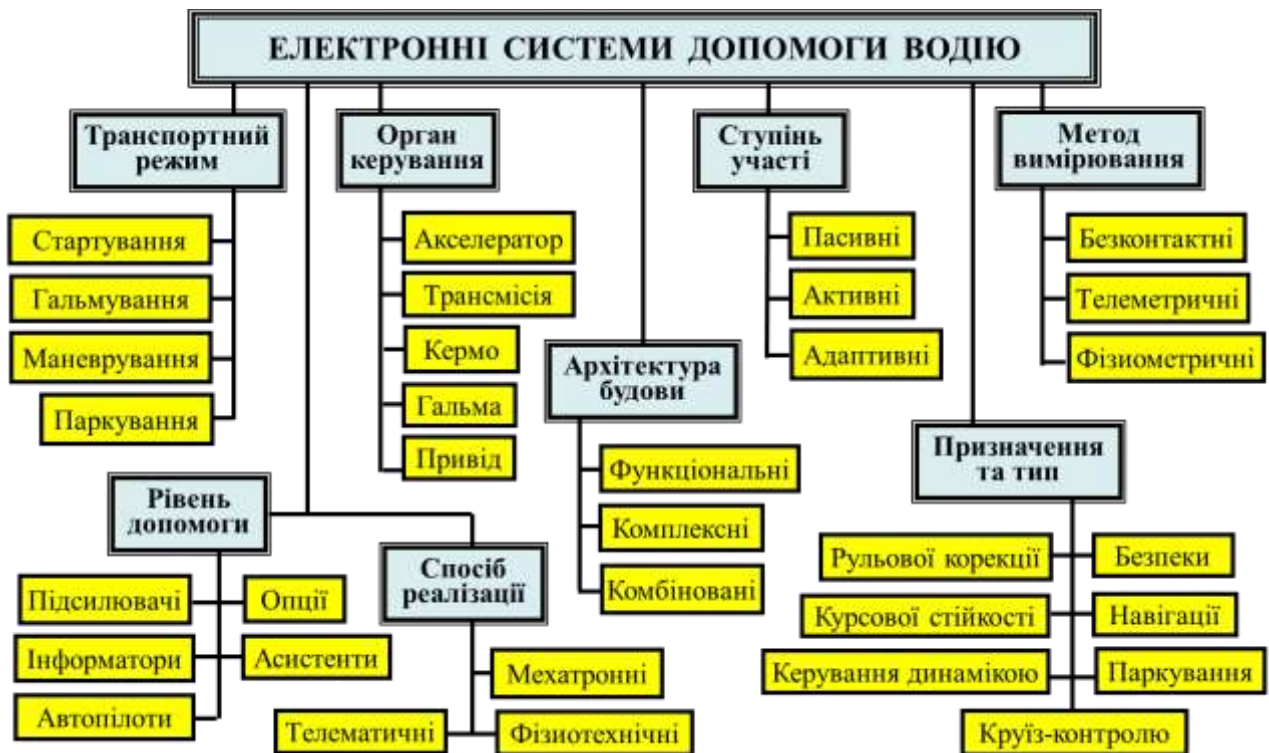


Рис. 2.1. Класифікаційна структура систем допомоги водію

Відповідно до такої класифікації можна віднести всі електронні системи автомобіля, що функціонують в напівавтоматичному режимі, де в контур керування включені керуючі дії водія. Крім того, де-які активні СДВ (автопілот) припускають і автоматичний режим функціонування.

Класифікацію допоміжних систем керування динамікою руху автомобіля зручніше регламентувати за режимом руху, в якому вони активні: початок руху, рух, гальмування. На початку руху задіюються системи:

- блокування диференціала EDS (Elektronische Differenzial Sperre);
- антибуксувальна ASR (Antriebs Schlupf Regelung);
- гальмування двигуном M-ABS (Motoreingriff Antiblockier System);
- асистент рушання на підйомі HHC (Hill Hold Control);
- автоматичного включення гальма стоянки AHA (Auto-Hold);
- асистент рушання з місця DAA (Dynamische Anfahrasistent);
- асистент рушання на підйомі HSA (Hill Start Assistent);

Під час руху підключаються системи:

- адаптивний круїз-контроль ACC (Adaptive Cruise Control);
- антибуксувальна ASR (Antriebs Schlupf Regelung);
- курсової стійкості ESP (Elektronisches Stabilisierungs Programm);
- підсушування гальм RBS (Rain Brake Support);
- запобігання перекиданню ROP (Roll Over Programm);
- стабілізації автопоїзда TSA (Trailer Stabilisation Assistent);
- асистент руху на спуску HDC (Hill Descent Control);
- асистент гальмування двигуном MSR (Motor Schleppmoment Regelung);
- асистент рульової корекції DSR (Driver Steering Recommendation);
- гальмування двигуном M-ABS;

При гальмуванні вступають в дію системи:

- антиблокувальна ABS;
- розподілу гальмівних зусиль EBV (Elektronische Bremskraft Verteilung);
- стабілізації гальмування при повороті CBC (Corner Brake Control);
- розширена антиблокувальна ABS-plus;
- система впливу на розвернення GMB (Giermo Ment Beeinflussung);
- система сповільнення задніх коліс HVV (Hinterachse Voll Verzögerung);
- підсилювач гальм HBV (Hydraulische Bremskraft Verstärkung);
- гідравлічний гальмівний асистент HBA (Hydraulischer Brems Assistent);
- підтримання курсової стійкості ESP;
- сканування простору перед автомобілем FSA (Front Scan Assist).
- підвищення ефективності гальм при нагріві FBS (Fading Brake Support).

З позицій організації зв'язків на борту автомобіля, ці ж системи можна класифікувати за ознакою архітектури побудови. В одну групу увійдуть додаткові системи, що керують тільки роботою гальм (функціональна структура), а в іншу – комбіновані системи, які використовують і керування двигуном і коробою передач (рис. 2.2).

Всі системи контролю зчеплення з дорогою побудовані на базі антиблокувальної системи ABS. Системи EBV, EDS, CBC, ABS-plus і GMB є розширеннями системи ABS, або на рівні ПЗ, або з додаванням компонентів. Система ASR являє собою подальший розвиток системи ABS. Крім активного керування гальмами вона дозволяє також керувати роботою двигуна. До систем гальмування, які працюють тільки за рахунок керування двигуном, відносяться системи M-ABS і MSR.

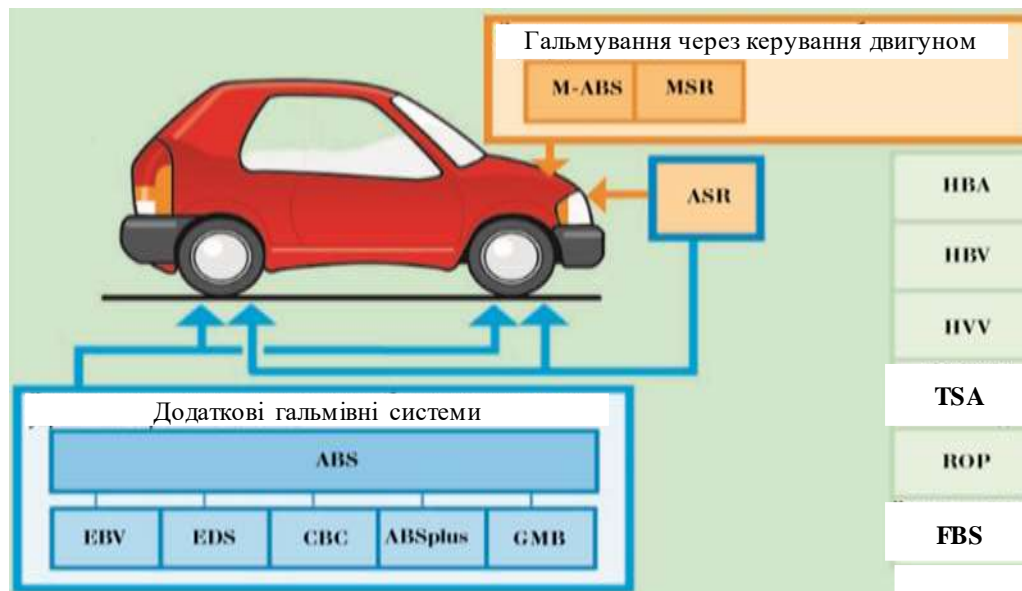


Рис. 2.2. Структура комбінованих систем допомоги водію

Якщо, в автомобілі встановлена система підтримки курсової стійкості ESP, то робота всіх систем контролю зчеплення з дорогою підпорядковується їй. При відключенні функції ESP, системи контролю зчеплення з дорогою продовжують свою роботу самостійно. Система ESP самостійно вносить корективи в динаміку автомобіля, коли електроніка фіксує відхилення фактичного руху автомобіля від бажаного. Таким чином, вона виконує функцію координуючого центру.

До переліку згаданих, слід додати системи і функції аналогічного призначення за ознакою типу і виробника:

- запобігання перекидання ARP (Active Rollover Protection);
- адаптивного круїз-контролю ADR (Automatische Distanz Regelung);
- скорочення гальмівного шляху AWW (Anhalte Weg Verkürzung);
- електромеханічного гальма стоянки EPB (Elektrische Park Bremse) і EFB (Elektromechanische Feststelle Bremse);
- розширена антиблокувальна EABS (Erweitertes Anti-Blockier System);
- стабілізації гальмування при повороті ESBS (Erweitertes Stabilität Brems System);
- компенсації падіння ефективності гальм при нагріванні OB (Over Boost);
- впливу на розвертання GMA (Giermo Ment Aufbauverzögerung);
- асистент руху на спуску BFA (Bergab Fahr Assistent);
- асистент рухання на підйомі BFA (Bergan Fahr Assistent);
- підсушування гальм BSW (Brems Scheiben Trocknung);
- попередньої підготовки до гальмування RAB (Ready Alert Brake) і Prefill;
- функція стабілізації автопоїзда GSR (Gespann Stabilisiere Rung).

У більшості СДВ використовуються безконтактні методи вимірювання на базі датчиків неелектричних величин. У дистанційних системах, застосовуються методи телеметрії. У системах безпеки можна виділити пристрої та системи пильності, які, з одного боку, здатні оцінити фізіологічний стан водія (фізіометрія), з іншого – впливати на стан водія (фізіотехнічні системи).

Телематичні системи поєднують засоби телеметрії і автоматики. Ознакою таких систем на автомобілях є наявність радарів, відеокамер, тепловізорів, моніторів і телекомунікацій, що забезпечують периферійний огляд навколо автомобіля [20] (рис 2.3).

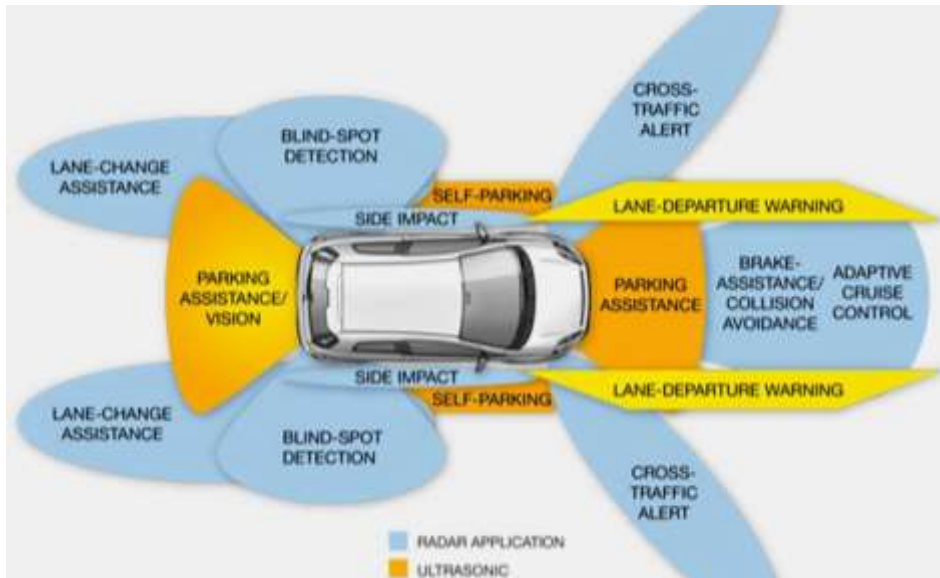


Рис. 2.3. Зони огляду телематичних систем автомобіля

На рисунку 2.3 позначені зони контролю систем, що використовують лазерну (Radar Application) і ультразвукову (Ultrasonic) телеметрію з метою безпеки і комфорту водіння:

- допомоги при зміні смуги LCA (Lane Change Assistance);
- асистент паркування PA (Parking Assistance);
- асистент гальмування BA (Brake Assistance);
- виявлення небезпеки в сліпих зонах BSD (Blind Spot Detection);
- адаптивного круїз-контролю ACC (Adaptive Cruise Control);
- уникнення зіткнення CA (Collision Avoidance).
- оповіщення про перехресний рух CTA (Cross Traffic Alert);
- виявлення бічної перешкоди SI (Side Impact);
- самостійної парковки SP (Self-Parking);
- паркувального огляду PV (Parking Vision);
- попередження про зміну смуги руху LDW (Lane Departure Warning);

До переліку перерахованих телематичних систем, слід додати системи аналогічного призначення:

- виявлення пішоходів PVD (Pedestrian Vehicle Detection);
- допомоги руху по смузі LKA (Lane Keeping Assistance);

- попередження про лобове зіткнення FCW (Forward Collision Warning);
- розпізнавання дорожніх знаків TSLR (Traffic Sign & Light Recognition);
- запобігання засинанню водія DDW (Drowsy Driving Warning);
- проєкції на лобове скло HUD (Head-Up Display);
- навколишнього огляду SVM (Surround View Monitor).
- відео система допомоги водієві KAFAS (Kamerobazierende Fahrecas Assistance Systems).

Сучасні системи допомоги водієві, покликані підвищити безпеку керування автомобілем, об'єднані поняттям комплексу ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

Спосіб реалізації керуючих впливів СДВ відрізняється за об'єктом керування. У мехатронних і телематичних системах об'єктом керування виступає механічний агрегат, а в фізіотехнічних – людський організм. У якості керуючих впливів в фізіотехнічних системах розглядаються збудники органів почуттів і сприйняття водія.

Рівень допомоги СДВ визначається ступенем їх автоматизації і способом реалізації. Перетворювачі зусилля (підсилювачі керма, педалі, куліси) функціонують в напівавтоматичному режимі. Опціональні системи являють програмні розширення основних функціональних систем або не штатні апаратні комплектації. Інформатори – пасивні СДВ, які можуть бути побудовані на базі традиційних засобів виміральної техніки (датчики, покажчики, сигналізатори) або як телеметричні системи.

Автопілот це активні телематичні СДВ, в яких реалізується автоматичний режим функціонування на різному рівні керування [21] (рис. 2.4).

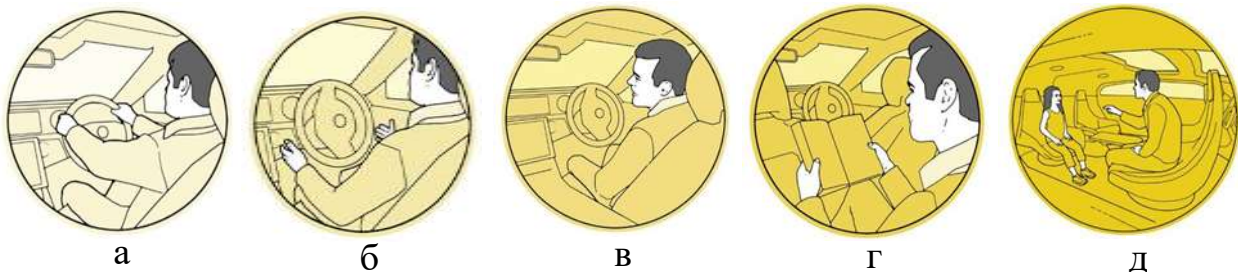


Рис. 2.4. Рівні системи автопілоту із заміщенням функцій водія:
а – «без ніг»; б – «без рук»; в – «без очей»; г – «без уваги»; д – «без водія»

Автопілот першого рівня «без ніг» встановлено на автомобілях, що мають систему адаптивного круїз-контролю з функціями попередження виїзду зі смуги або допомоги при паркуванні. Автоматика не тільки повідомляє водія, а і втручається в керування, надаючи допомогу. Дані системи надають допомогу, але не позбавляють водія від необхідності управління. Автопілот другого рівня «без рук» контролюють поведінку машини, здійснюючи прискорення, гальмування і рульове управління. Автопілот третього рівня «без очей» в певних ситуаціях бере на себе повну відповідальність за управління машиною. По суті, це вже застосування не тільки радарів, камер і датчиків, а й штучного інтелек-

ту. Однак, періодичний контроль людини все одно обов'язковий. Автопілот четвертого рівня «без уваги» передбачає самостійне пілотування машини на протяжних однорідних ділянках дороги (трасі). У більш складних ситуаціях (місто, пробка) управління має переходити до людини. Автопілот п'ятого рівня «без водія» (проекти) теоретично припускають відсутність органів керування та участі людини в управлінні машиною (маршрутні таксі, кемпери, авточовники). Підґрунтям для побудови повністю пілотованих автомобілів є телематичні системи навігації та моніторингу дорожньої ситуації.

Наведемо (продемонструємо), як приклад, класифікаційний аналіз систем пильності (клас безпеки).

Система BA Plus (тип системи) або *Distronic* (клас круїз-контролю) контролює відстань до автомобіля, що рухається попереду, за допомогою радарів (клас телеметрична). Якщо відстань мала і існує небезпека зіткнення проводиться візуальне і звукове попередження водія (клас пасивна фізіотехнічна). Якщо водій гальмує недостатньо (клас гальмування) ефективно система догальмовує за нього (клас напівавтоматична). Якщо, водій не реагує на ситуацію, система гальмує в автоматичному режимі.

Система запобігання зіткненню BG (Braking Guard) може бути реалізована в автомобілі, оснащеному адаптивним (клас активна) круїз-контролем. Система запобігає зіткненню за допомогою візуальних і звукових сигналів (клас пасивна фізіотехнічна), а в критичній ситуації, – шляхом нагнітання тиску (напівавтоматична мехатронна) в гідропідсилювачі (клас перетворювач зусилля) гальмівної системи (клас гальмування).

Система запобігання сну за кермом (клас пильності) будує свою роботу на розрізненні стилів водіння. У водія, який засинає спостерігається відсутність активності кілька секунд, потім раптовий різкий поворот вправо або вліво. Бортовий комп'ютер постійно контролює дії водія і якщо стиль водіння порушується, видається попереджувальний сигнал і проводиться вібрація сидіння (клас пасивна фізіотехнічна).

2.2. Характеристика компонентів телематичних систем

Телематичні системи поєднують засоби телеметрії і автоматики. В телеметричних системах можуть використовуватися різні діапазони коливань робочого середовища: звукові коливання; радіо-хвильові спектри; світлове випромінювання. У телеметричних системах допомоги водієві застосовуються приймально-передавальні пристрої (компоненти), що одержали назви: ультразвукові датчики-радары; інфрачервоні лідари і тепловізори; автомобільні відеокамери.

Ультразвуковим датчиком-радаром називається сенсорний пристрій, що перетворює електричну енергію в ультразвукові хвилі (механічні вібрації з частотою понад 20 кГц) і навпаки. Принцип роботи ультразвукового датчика схожий на радар і визначає, чи існують цілі (об'єкти) на основі інтерпретації відбитого від них сигналу. Вважаючи швидкість звуку постійною, визначається

відстань до об'єкту, яка відповідає інтервалу часу між відправкою сигналу й надходженням його відлуння.

Ультразвуковий датчик має ряд обмежень, що визначають область застосування даного пристрою. Серед них виражена спрямованість сигналів, невелика дальність дії, невисока швидкість поширення хвиль. Основна перевага ультразвукових датчиків це порівняно низька ціна. В автомобілях ультразвукові датчики використовуються в різних паркувальних системах. Ультразвукові датчики зі збільшеною дальністю дії застосовуються в системах допомоги при перестроюванні для контролю «сліпих» зон.

Основа ультразвукового датчика складає перетворювач, який поєднує активний елемент і діафрагму. Перетворювач працює як передавач і як приймач. Активний елемент генерує короткий імпульс і приймає його відлуння від перешкоди. Він виготовляється з п'єзоелектричного матеріалу. Алюмінієва діафрагма є контактною поверхнею датчика і визначає його акустичні характеристики. Перетворювач має пружну підставу, що поглинає вібрації. Всі елементи ультразвукового датчика поміщені в пластмасовий корпус з роз'ємом для підключення (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Конструкції ультразвукових датчиків:
а, б, в – спрямованої дії; г – електронно-скануючий радар ESR Delphi

Основними технічними характеристиками ультразвукового датчика є дальність виявлення перешкоди, частота сигналу, швидкодія (швидкість визначення перешкоди). Сучасні паркувальні датчики мають дальність виявлення до 4,5 м, частоту сигналу 40 кГц і швидкодію близько 0,1 с.

Незважаючи на незаперечні переваги, ультразвуковий датчик парковки має серйозні функціональні обмеження. Працездатність датчика і відповідно точність показань знижуються в поганих погодних умовах і при забрудненні. Сенсор може пропустити дрібні предмети і поверхні, що мають низьку відбивну здатність. Датчик може невірно працювати при русі автомобіля по крутому схилу, коли поверхня землі сприймається як перешкода. Помилки в показаннях спостерігаються при зустрічі з гладкою похилою поверхнею.

Розширення області зору ультразвукового радара можна отримати двома способами – механічним або електронним скануванням. Перший спосіб має обмеження по точності вимірювань і надійності, пов'язані з експлуатаційними чинниками. Перспективним є другий спосіб – застосування технології електронно-скануючого радара (рис. 2.5, г).

Крім загальних переваг електронного сканування в порівнянні з механічним, Delphi ESR характеризується широкою областю огляду на середній і да-

лекій відстані, а також забезпечує два вимірювальних режими одночасно. На середній відстані, ESR ідентифікує автомобілі і пішоходів, а на далекій – забезпечує точне детектування діапазону і даних швидкості з дискримінацією до 64 цілей на шляху автомобіля [17].

Для підвищення чутливості і точності вимірювань на далеких дистанціях розроблені радары з інфрачервоним (лазерним) діапазоном випромінювання (довжина хвилі 800 нм). Такі радары отримали назву лідари LIDAR (Light Detection And Ranging). У лідара на лазерний діод подаються короткі імпульси струму, що збуджують випромінювання через спеціальну програму. Відбитий сигнал приймається оптикою з урахуванням напрямку і подається на фотодіод для подальшої обробки в ЕБК. Прийнятий сигнал дискредитується в АЦП на частоті 50 МГц. Для визначення положення об'єктів, щодо автомобіля, і формування сектора огляду використовується скануючий механізм в випромінюючій і приймаючій оптиці. Зазвичай, це рухливі дзеркала або обертові ширми.

У США, Японії і Європейському співтоваристві у якості датчиків відстані й відносної швидкості використовуються радары міліметрового діапазону, що працюють на частоті 77 ГГц. До того моменту, коли відбитий від перешкоди сигнал повернеться до приймача, частота випромінювача зміниться. Відстань до перешкоди визначається за частотою биття для сигналів випромінювання і відображення. За ефектом Доплера визначається швидкість руху автомобіля.

Лідари отримують слабший відбитий сигнал в порівнянні з міліметровими радары. Вимірювання ефекту Доплера для лідарів на практиці не реалізується. Лідар вимірює тільки відстань до об'єкта, диференціюючи яке, контролер обчислює відносну швидкість. Радары в міліметровому діапазоні дозволяють вимірювати і відстань, і відносну швидкість, але їх роздільна здатність залежить від діаметра випромінювача.

Наступним кроком розвитку радарних систем стало застосування комбінації радарних пристроїв з інтегрованим пристроєм обробки сигналів (чипсетів). Такий чипсет від Freescale являє радар з частотним діапазоном 77 ГГц. З його допомогою забезпечується функціональність моніторингу оточення навколо автомобіля в далекому і середньому діапазонах огляду [17].

Відеокамери широко використовуються в різних системах сучасного автомобіля. Основна область застосування автомобільних відеокамер це системи активної безпеки: автоматичного екстреного гальмування, допомоги руху по смузї, нічного бачення, розпізнавання дорожніх знаків, аварійного рульового керування, виявлення пішоходів кругового огляду, оптичного паркування (рис. 2.6).

Залежно від призначення системи, сигнал відеокамери служить для створення зображення або його подальшої обробки. У сучасних системах ЕБК обробляє зображення та формує попереджувальні сигнали водієві та керуючі сигнали на виконавчі пристрої систем.



Рис. 2.6. Автомобільні відеокамери:
а – відеореєстратора; б – системи допомоги; в – загального застосування;
г – кругового огляду

Кількість і місця установки відеокамер визначаються конкретною системою. Найпоширеніше місце відеокамери – спереду, за салонним дзеркалом заднього виду (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Компонування елементів відіосистем:
а, б – з камерою у внутрішньому дзеркалі заднього виду; в – з автономною камерою

Кольорові відеокамери застосовуються там, де кольорове зображення має принципове значення, а саме в системі розпізнавання дорожніх знаків, оптичної паркувальної системі.

Оснoву цифрової відеокамери становить датчик зображення, який являє собою інтегральну мікросхему (матрицю). Матриця складається з масиву світлочутливих елементів (пікселів). Кількість пікселів в матриці визначає якість зображення. Розрізняють два типи матриць і відповідно два типи відеокамер – CCD (Charged Coupled Device) і CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor). Матриці перших складаються з набору фотодіодів (пікселів), які опитуються послідовно. CCD-матриця забезпечує високу якість зображення, але вимагає значних витрат потужності. У CMOS-матрицях забезпечується одночасне (паралельне) зчитування даних всіх пікселів, що значно підвищує її швидкодію, знижує енергоспоживання, зменшує розміри.

Компонування радарів і відеокамер в одному модулі дозволяє отримати універсальний блок для будови систем повного огляду навколо автомобіля. Одним із прикладів є нова радарна концепція від TRW, що являє собою

сімейство короткодіапазонних масштабованих радарів, яка допускають детектування в секторі 360 град. і реалізацію багатьох функцій безпеки.

Радарні датчики можуть бути також інтегровані з системами екстреного гальмування і системами електричного рульового керування (для допомоги в пробках). Останні розробки Delphi дозволяють поєднати безліч систем безпеки за допомогою одного інтегрованого модуля (радар і камери) зі злиттям даних, що дозволяє знизити системну ціну (рис. 2.8, а).



Рис. 2.8. Радарні концепції:

а – інтегрований модуль Delphi RACam б – стерео-камера від Continental

З метою підвищення роздільної здатності відеокамер розроблені стереосистеми огляду скомпоновані в один конструктив. Інженери Continental розробили стерео-камеру, як інтегрований сенсорний блок на базі двох монокамер, призначений стати частиною системи безпеки для пішоходів і інтегральним елементом системи гальмування (рис. 2.8, б).

Стерео-камера здатна розрізняти зображення в межах одного кадру, а також стаціонарні і рухомі перешкоди. Камера дозволяє використовувати вхідні дані для визначення розміру перешкоди і відстані до неї, що не може бути отримано за допомогою монокамерних вимірювачів [17].

Для допомоги водієві в темний час доби застосовуються *технології теплового зору*. На сьогоднішній день, в автомобільних тепловізорах використовується спеціальна матриця, яка реагує на тепло, що виділяється будь-яким об'єктом. На відміну від перших моделей тепловізорів, такі камери не бояться засвічення і їм не потрібне світло в принципі. Зображення на екрані повністю сформовано на основі тепла, що виділяється об'єктом. Найбільш важливими параметрами у тепловізорів є: частота оновлення кадрів і розмір об'єктива.

Знаходять застосування пасивні і активні системи нічного бачення. Системи Audi Night Vision Assistant відрізняються освітленням виявлених пішоходів і організацією засобів відображення інформації (рис. 2.9).

Система сканує область перед автомобілем за допомогою теплової камери і висвічує пішоходів на відстані до 90 м. Якщо, система визначає, що є ризик зіткнення автомобіля і виявленого пішохода, то колір освітлення стає червоним і видається сигнал застереження. Аналогічна функція підсвічування пішоходів з інфрачервоною камерою дальнього огляду (до 300 м) реалізована в системах нічного бачення BMW Night Vision та інших виробників [17].



Рис. 2.9. Засоби відображення асистентів нічного бачення:

а – теплова камера з захисним кожухом; б – монітор; в – комунікаційні кабелі;
г – компоновка монітора; д – застосування проєкційного дисплею

Сучасні автомобільні тепловізори бачать на відстані до 400 м. В останніх моделях встановлені так звані DSP модулі, які на екрані можуть виділяти людей, тварин і автомобілі. Родоначальником таких тепловізорів є компанія FLIR, яка випустила модель Pathfind IR [20].

2.3. Особливості структури паркувальних систем и систем круїз-контролю

Паркувальна система (Parktronic System) є допоміжною системою активної безпеки автомобіля, що полегшує процес паркування автомобіля. Найбільша ефективність від застосування паркувальної системи реалізується під час руху автомобіля заднім ходом, у темний час доби, при сильному тонуванні скла, а також у обмежених умовах.

Паркувальні системи можна умовно розділити на дві групи – пасивні та активні. *Пасивні паркувальні системи* надають лише необхідну для паркування інформацію, при цьому, керування автомобілем здійснюється водієм. *Активні системи паркування* забезпечують паркування автомобіля в автоматичному або напівавтоматичному режимі. Відомими пасивними паркувальними системами є:

- Parktronic System, PTS на автомобілях Audi;
- Parking Distance Control, PDC на автомобілях BMW;
- Acoustic Parking System, APS на автомобілях Audi;
- Park Assistant на автомобілях Opel;
- Optical Parking System, OPS на автомобілях Audi.

Пасивні паркувальні системи встановлюються на автомобіль при покупці як опція або окремо. На один автомобіль може бути встановлено кілька

пасивних систем паркування. В основу роботи пасивних паркувальних систем покладено контроль відстані до перешкоди та інформування водія про це.

Парктронік (Parktronic) стало загальним ім'ям більшості пасивних паркувальних систем, які встановлюються на автомобілі. Конструктивно Parktronic включає датчики паркування, ЕБК та пристрій індикації.

Як датчики паркування використовуються ультразвукові датчики. Зазвичай встановлюється від 4 до 8 датчиків паркування, у тому числі 4 задніх датчика і, за необхідності, 2 – 4 передніх датчика. Датчики встановлюються, як правило, у передньому та задньому бамперах автомобіля.

Датчик посилає сигнал ультразвукової частоти (порядка 40 кГц) та приймає його відображення від перешкоди. Чим менший час повернення сигналу, тим ближче перешкода. Ефективна робота датчика паркування складає відстані 0,25 – 1,8 м від перешкоди. Електричні сигнали від датчиків надходять до ЕБК. Залежно від значення сигналів, ЕБК формує інформацію для пристрою індикації. Пристрій індикації використовується для відображення інформації про наближення до перешкоди та попередження водія про небезпеку. У пристроях застосовують звукову, світлову, цифрову, або оптичну індикацію.

Робота звукового індикаторного пристрою характеризується подачею звукових сигналів з певною частотою залежно від відстані до перешкоди (переривчастого до безперервного сигналу). У пристроях, обладнаних світловою індикацією, використовується світлова шкала, реалізована за допомогою світлодіодів різного кольору. Залежно від відстані до перешкоди змінюється колір від зеленого до червоного.

Пристрій цифрової індикації показує фактичну відстань до перешкоди. Зазвичай цифрова індикація поєднана зі світловою індикацією. Оптична індикація передбачає наявність рідкокристалічного дисплея, на який виноситься цифрова та кольорова інформація, а також схематичне зображення автомобіля.

З метою покращення заднього огляду та полегшення руху та пакування заднім ходом, в автомобілях може встановлюватися камера заднього виду. Відеокамера знімає те, що відбувається за автомобілем, і передає на інформаційний дисплей. Крім цього, на інформаційний дисплей може виводитися рекомендований напрямок руху (рис. 2.10).

Камера заднього виду є одним із елементів системи кругового огляду. Увімкнення камери здійснюється при увімкненні передачі заднього ходу. По суті, камера заднього виду є різновидом пасивної паркувальної системи. Наступним поколінням розвитку паркувальних систем є активні паркувальні системи.

Різні системи автоматичного паркування допомагають при виконанні паралельного або перпендикулярного паркування. Найбільш поширені системи з паралельним паркуванням. Автоматичне паркування здійснюється за рахунок узгодженого керування кутом повороту рульового колеса та швидкості руху

автомобіля. Відомими інтелектуальними системами допомоги під час паркування є:

- Park Assist на автомобілях Volkswagen;
- Park Assist Vision на автомобілях Volkswagen;



Рис. 2.10. Комплектація системи Parktronic:

а – з дискретними компонентами; б - інтегрована в дзеркало заднього виду

- Intelligent Parking Assist System на автомобілях Toyota, Lexus;
- Remote Park Assist System на автомобілях BMW;
- Active Park Assist на автомобілях Mercedes-Benz, Ford;
- Advanced Park Assist на автомобілях Opel.

Конструкція системи автоматичного паркування включає ультразвукові датчики, вимикач, ЕБК та виконавчі пристрої систем автомобіля.

В інтелектуальній системі допомоги при паркуванні використовуються ультразвукові датчики, аналогічні пасивній системі паркування, але які мають більшу дальність дії (до 4,5 м). Кількість датчиків залежно від різновиду системи відрізняється. Наприклад у системі Park Assist останнього покоління встановлюється 12 ультразвукових датчиків: 4 – попереду, 4 ззаду та 4 з боків автомобіля. Включення системи здійснюється примусово.

Електронний блок керування приймає інформацію від ультразвукових датчиків і перетворює їх у керуючі сигнали для виконавчих пристроїв систем керування автомобілем: курсовою стійкістю, ДВЗ, електропідсилювачем рульового керування, АКП. Взаємодія із зазначеними системами здійснюється через інформаційні шини і відповідні ЕБК.

Необхідна для автоматичного паркування інформація виводиться на інформаційний дисплей та використовується водієм у процесі паркування. Роботу системи автоматичного паркування умовно можна розділити на два етапи: пошук потрібного місця на парковці і виконання паркування.

Пошук місця на парковці проводиться за допомогою ультразвукових датчиків. Наприклад, у конструкції системи Park Assist для цієї мети передбачено чотири бічні ультразвукові датчики – по два з кожного боку автомобіля. При русі автомобіля вздовж ряду паркованих машин з певною швидкістю (до 40

км/год при паралельному паркуванні та до 20 км/год при поперечному паркуванні) датчики фіксують відстань між паркованими автомобілями, що перевищує довжину або ширину автомобіля на гарантовану відстань.

Якщо відстань для паркування є достатньою, система подає сигнал водієві – виводить на інформаційний дисплей автомобіля відповідну інформацію. Паркування транспортного засобу може здійснюватись двома способами – безпосередньо водієм за допомогою запропонованих системою інструкцій або автоматично без участі водія.

Візуальні та тестові інструкції водієві виводяться на інформаційний дисплей. Вони стосуються рекомендацій, щодо повороту рульового колеса на певний кут і напрямок руху. Автоматичне паркування здійснюється шляхом упорядкованого впливу на виконавчі механізми систем автомобіля:

- електродвигун електричного підсилювача рульового керування;
- насос зворотної подачі та клапани гальмівних механізмів системи курсової стійкості;
- електродвигун дросельної заслінки системи керування двигуном;
- електромагнітні клапани автоматичної коробки передач.

З метою безпеки руху, роботу системи можна перевести з автоматичного режиму в ручний. В останніх модифікаціях системи, автоматичне паркування може проводитись при знаходженні водія як в автомобілі, так і за його межами – з ключа.

Круїз-системи дозволяють оптимізувати в автоматичному режимі швидкість руху автомобіля за різними критеріями (мінімізація експлуатаційних витрат, мінімізація часу руху до пункту призначення, комбіновані критерії типу вартість – ефективність). Об'єктом керування в цих системах є педаль акселератора або безпосередньо дросельна заслінка або паливні форсунки. Для здійснення певного алгоритму керування швидкістю руху автомобіля система сприймає інформаційні сигнали від датчиків: частоти обертання колінчастого валу; фази та тривалості впорскування палива; положення селектора коробки передач; положення дросельної заслінки; швидкість руху автомобіля. Розрізняють системи адаптивного та неадаптивного круїз-контролю [22].

Пристрій неадаптивного круїз-контролю складається з:

- панелі керування;
- виконавчого механізму, що керує положенням дросельної заслінки (електродвигун або вакуумний регулятор);
- електронний блок керування.

Система неадаптивного круїз-контролю починає працювати, коли швидкість автомобіля перевищує встановлену швидкість руху і натиснута кнопка «ON» на панелі керування. Коли автомобіль досягає бажаної швидкості, водій натискає кнопку «SET», значення швидкості записується у пам'ять ЕБК. Далі керування швидкістю автомобіля відбувається без участі педаль акселератора, засобами актуатора регулювання положення дросельної заслінки. Водій може змінити швидкість руху, натиснувши кнопку «SET» та утримуючи її, до отримання бажаного результату. Комп'ютер запам'ятає швидкість на момент відпу-

скання кнопки. При обгоні водій може натискати педаль акселератора звичайним чином після відпускання педалі відновиться швидкість, підтримувана системою. При натисканні на гальмівну педаль контролер відключає стабілізацію швидкості автомобіля. Для відновлення колишнього режиму роботи круїз-контролю слід натиснути кнопку «RES».

Для регулювання швидкості в цій системі, що стежить, зазвичай застосовується пропорційно-інтегральний алгоритм (ПІ-регулятор), що дозволяє підтримувати задану швидкість руху автомобіля за допомогою виконавчих механізмів без ривків і коливань.

Системи адаптивного круїз-контролю ACC (Adaptive Cruise Control) телеметричним методом визначають дистанцію до автомобіля, який рухається попереду і відносну швидкість зближення автомобілів. При цьому, система коригує швидкість веденого автомобіля без втручання водія за допомогою засобів автоматики (дросельної заслінки).

Система ACC, як правило, розширює перелік функцій, інших систем електронного керування динамікою автомобіля. Оригінальним є лише датчик для визначення дистанції і відносної швидкості сусідніх автомобілів в потоці, що рухається. Зазвичай використовуються лазерна оптика або міліметрові радіохвилі. Команди від ACC надходять на ЕБК двигуна та систем ABS чи VDC (Vehicle Dynamic Control).

Алгоритм керування ACC полягає в наступному. Якщо автомобіль, що йде попереду, йде зі швидкістю, меншою, ніж та, що задана системою круїз-контролю, ACC автоматично зменшує швидкість свого автомобіля, витримуючи безпечно для даної швидкості дистанцію. Переключення між функціями стабілізації та стеження за «метою» проводиться автоматично. На крутому повороті автомобіль, що переслідується, може не виявлятися радаром ACC, отже, сигнал на відновлення попередньої швидкості повинен під час повороту затримуватися. Система ACC обмежує на поворотах поточну швидкість для комфорту та безпеки до рівнів поперечного прискорення 2 м/сек^2 за високої швидкості та 3 м/сек^2 за низької. Факт повороту визначається відповідним датчиком за різними швидкостями коліс, положенням керма, швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі. Система ACC оптично або акустично інформує водія про необхідність обгону. Може також видаватися сигнал про небезпеку зіткнення.

Сучасні системи ACC не розпізнають стаціонарні об'єкти. Об'єкти зі швидкістю руху менше за 20 км/год або менше 20 % швидкості автомобіля з ACC для програмного забезпечення ACC не видно. Функція «зупинитися перед нерухомим об'єктом» ACC не підтримується через недосконалість датчиків та системи керування.

Функціональні можливості ACC обмежуються також вертикальними і горизонтальними вигинами дороги та важкими погодними умовами. Погіршення працездатності датчиків ACC, при цьому, супроводжується інформуванням водія. Органи керування системи ACC забезпечують:

- вмикання та вимикання системи ACC;

- індикацію статусу АСС;
- встановлення та індикацію обраної швидкості руху;
- статус функції виявлення мети (мети немає, ціль виявлена);
- відключення АСС при гальмуванні водієм;
- вимкнення функцій АСС при натисканні на педаль акселератора.

Відстань вимірюється системою в діапазоні 2 – 150 метрів з похибкою 1 метр або 5%. Відносна швидкість повинна визначатися з погрішністю не більше за 0,5 м/сек (5%).

Датчик повинен розрізняти кілька цілей як на своїй смузі, так і на сусідніх. Датчик визначає відстань до об'єктів за часом, за який сигнал доходить до мети і повертається у вигляді відображення. Для 150 метрів час вимірювання становить близько 1 мкс.

Система контролю дистанції попереджує Front Assist попереджає водія про небезпеку зіткнення, а у разі неминучої аварії самостійно задіяє гальма для мінімізації наслідків зіткнення. До складу системи контролю дистанції попереджує Front Assist входить радарний датчик, що встановлюється у радіаторній решітці. З його допомогою система постійно контролює відстань до транспорту, що йде попереду. Якщо, дистанція занадто скорочується або виникає ймовірність зіткнення, а водій ніяк на це не реагує, система автоматично втручається в процес керування відповідно до одного з чотирьох рівнів:

- візуальне попередження про порушення безпечної дистанції;
- акустичний та візуальний попереджувальні сигнали;
- автоматична вібрація педалі гальма;
- автоматичне гальмування з метою уникнення зіткнення або зменшення

тяжкості ДТП.

Система запобігання зіткнення BG (Braking Guard) реалізується в автомобілі з системою адаптивного круїз-контролю. Система запобігає небезпеці зіткнення за допомогою візуальних і звукових сигналів, а в критичній ситуації – шляхом нагнітання тиску в гальмівній системі (автоматичного включення насоса зворотної подачі).

2.4. Структура та функції комплексних систем асистентів руху

Помічник руху в пробці підтримує користувача при прямолінійному русі і при поперечному русі автомобіля в низькому діапазоні швидкостей (до 60 км/год) на дозволених класах доріг. Поряд із регулюванням відстані та швидкості, автомобіль утримується по центру смуги руху за допомогою комфортних, впливів, що коректують рульове керування.

Поздовжнє регулювання базується на адаптованій системі підтримки заданої швидкості з функцією Stop and Go. Для активного поперечного регулювання використовуються функції *відеосистеми допомоги водієві KAFAS* (Kamerobazierende Fahrecas Assistance Systems).

Для реалізації системи помічника руху в пробці потрібна складна комплексна система з розподілом функцій з інших блоків керування.

Функціональне з'єднання системи асистента руху в пробці на прикладі BMW F10 [22] показано на рис. 2.11.

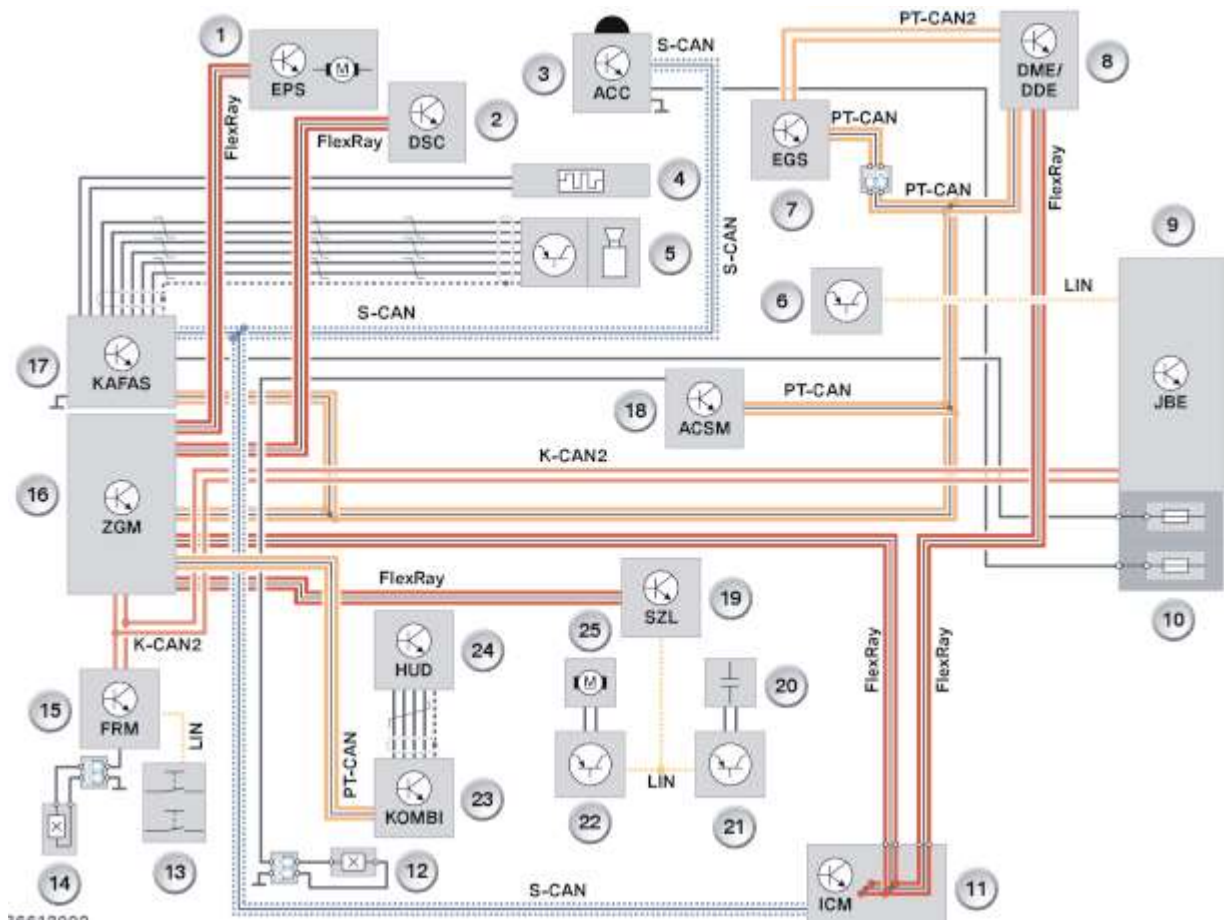


Рис. 2.11. Схема інформаційних зв'язків системи KAFAS:

1 – електромеханічний підсилювач рульового приводу; 2 – система динамічного контролю стійкості; 3 – ЕБК адаптивного круїз-контролю; 4 – обігрів камери; 5 – системи на базі відеокамер; 6 – датчик дощу; 7 – ЕБК коробкою передач; 8 – ЕБК двигуном; 9 – блок Junction Box; 10 – розподільник струму в JBE; 11 – вбудована система керування ходовою частиною; 12 – контакт замку ремня безпеки; 13 – панель керування систем допомоги; 14 – замок дверей водія; 15 – модуль FRM; 16 – модуль міжмережевого перетворювача; 17 – ЕБК системи KAFAS; 18 – модуль безпеки під час зікнення; 19 – комутаційний центр у рульовій колонці; 20 – датчик розпізнавання дотику; 21 – електроніка розпізнавання дотику; 22 – електронний блок у рульовому колесі; 23 – комбінація приладів; 24 – дисплей; 25 – віброгенератор

Система KAFAS адаптується до двох конфігурацій систем керування динамікою ходової частини автомобіля – з блоком керування ICM (Integrated Chassis Management) або блоком SAS (Sonder Ausstattung System).

Якщо, автомобіль оснащений помічником руху в пробці, використовується блок керування ICM у виконанні High. Виконання High відрізняється від базового виконання, серед іншого, дещо великим

мікроконтролером. Для функції помічника руху в пробці інтегрована система керування ходовою частиною ІСМ виконує такі завдання:

- об'єднує дані про об'єкти, отримані від радіолокаційного датчика;
- оцінює об'єкти та обирає серед них істотні для регулювання дистанції;
- обробляє сигнали керування та генерує сигнали індикації;
- регулює швидкість та підтримує дистанцію;
- формує та видає сигнали на виконавчі пристрої систем керування приводом та гальмами по шинам даних;
- перевіряє сигнали з органів керування, реакцію ЕБК та поведінку автомобіля (сигнали датчиків) на помилки чи недостовірні стани.

З блоками керування в комплексній системі блок керування ІСМ обмінюється даними за допомогою шин Flex Ray та S-CAN.

Для комплектації автомобіля блоком SAS доступні такі системні функції:

- запобігання зіткненню та превентивний захист пішоходів;
- попередження про наїзд;
- обмеження швидкості;
- круїз-контроль із впливом на гальмівний механізм;
- відео система підтримки швидкості із функцією «Stop and Go»;
- система допомоги при паркуванні РМА з поздовжнім та поперечним веденням;
- круїз-контроль;
- помічник прогнозу;
- система курсової стійкості під час спуску;
- електронна система регулювання жорсткості амортизаторів (залежно від моделі чи додаткового обладнання).

Записані відеокамерою (названою також камерою KAFAS) світлові точки, кольори освітлення та інтенсивність світла аналізуються блоком керування KAFAS. За допомогою обробки зображення блок керування KAFAS розшукує на зображеннях, записаних відеокамерою, можливу розмітку смуг руху та дорожнього полотна. Після оцінки блоку керування KAFAS видається рекомендація щодо увімкнення або вимкнення.

Вбудована у ніжку внутрішнього дзеркала відеокамера сигналізації уходу зі смуги руху, контролює зону перед автомобілем. Відеокамера реєструє дорожнє полотно до 40 метрів перед і до 5 метрів праворуч та ліворуч від автомобіля. Дані зображення передаються по лінії передачі даних LVDS на ЕБК KAFAS і проходять обробку. За допомогою обробки зображення ЕБК розшукує зображення, записані відеокамерою, наявність розмітки смуг руху і дорожнього полотна.

Датчик та ЕБК АСС є єдиним вузлом. Датчик АСС є датчиком радіолокації, який реєструє дальню область (до 200 метрів) і ближню область (до 60 метрів) перед автомобілем, визначає відстань, кут і швидкість рухомих об'єктів.

Система розпізнавання дотику є складовою асистента руху в пробці. За допомогою ємнісного чутливого елемента система визначає, чи знаходяться

руки водія на ободі рульового колеса. Система складається з датчика та електронного модуля (рис. 2.12).

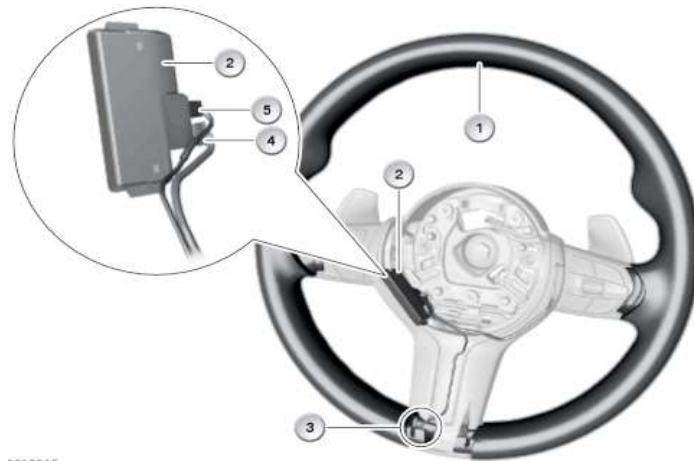


Рис. 2.12. Компонування системи розпізнавання дотику:
1 – датчик розпізнавання дотику; 2 – електроніка розпізнавання дотику;
3 – місце приєднання; 4, 5 – штекерні роз'єми

Датчик розпізнавання дотику складається з мату із чутливим ємнісним елементом. Якщо руки водія не виявлені на ободі рульового колеса, світиться відповідний світловий індикатор і далі додатково включається звуковий сигнал тривоги і деактивується помічник руху в пробці.

Водій може вибрати швидкість та інтервали просування. При цьому, разом зі швидкістю змінюється і відстань до автомобіля, що рухається попереду. Вибрана відстань утримується до переходу в нерухомий стан. Поряд із регулюванням відстані та швидкості, автомобіль утримується по центру смуги руху через впливи на кермо. При цьому, використовуються функції відеосистеми KAFAS (розпізнаються обмежувальні лінії смуги руху і автомобіль, що рухається попереду).

Концепція вдосконаленої системи допомоги водієві ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), в якій об'єднані функції відомих систем допомоги та безпеки руху, пов'язана з використанням телематичних технологій. У таких системах використовуються пристрої телеметрії:

- радары ближньої та далекої дії;
- зовнішні та внутрішні відеокамери;
- паркувальні радары (передні та задні ультразвукові датчики);
- лазерні далекоміри (лідари).

Ці пристрої поєднуються за допомогою блоку керування і дозволяють перекрити огляд у всій околиці автомобіля і перспективи руху (рис. 2.13).

Автомобілі, оснащені ADAS є проміжною ланкою між звичайними автомобілями керованими водієм та безпілотними машинами. У системах нового покоління поєднані відеокамери кругового огляду (Surround View) та ультразвукові датчики безпечного паркування, застосовані тепловізори.

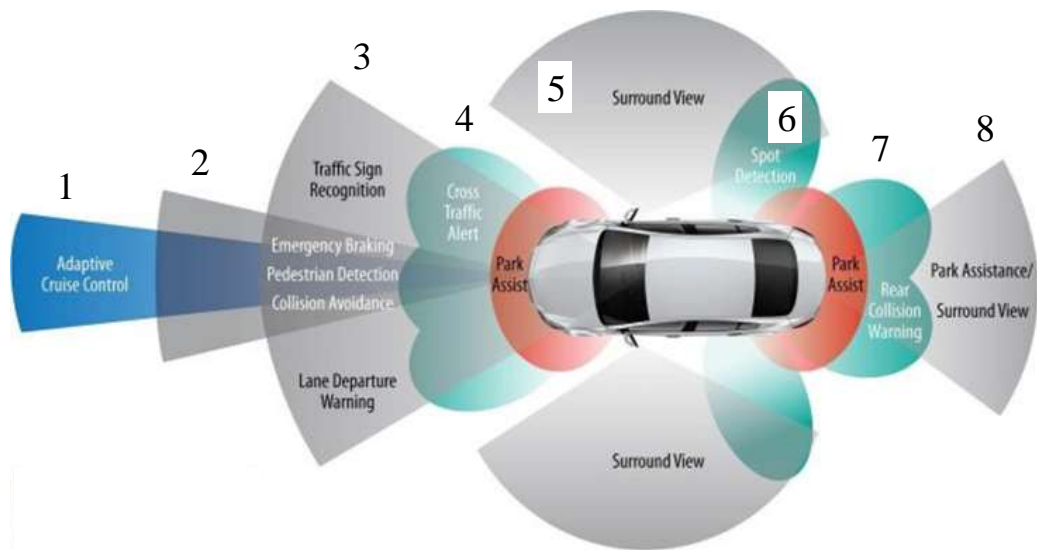


Рис. 2.13. Сектор огляду телеметричних систем автомобіля:

1 – адаптивного круїз-контролю; 2 – запобігання зіткненням; 3 – читання розміток та дорожніх знаків; 4 – допомоги при перестроюваннях; 5, 9 – кругового огляду; 6 – контролю сліпих зон; 7 – допомоги при паркуванні; 8 – попередження про зіткнення

Наведемо перелік систем (функцій), що реалізуються в системі ADAS [20].

Система попередження про сходження зі смуги руху LDW (Lane Departure Warning) повідомляє водія в тих випадках, коли автомобіль може залишити поточну смугу руху без подачі відповідного сигналу. Це виконується шляхом розпізнавання дорожньої розмітки на основі даних зображень, які отримують з передньої або задньої камери.

Система розпізнавання дорожніх знаків TSR (Traffic Sign Recognition) визначає дорожні знаки за допомогою даних зображень, які отримують з передньої монокулярної камери, і відображає розпізнану інформацію на дисплеї. Цю систему можна використовувати для порівняння розпізнаних даних про обмеження швидкості з даними про власну швидкість автомобіля, що отримуються по шині CAN, та подальше повідомлення водія.

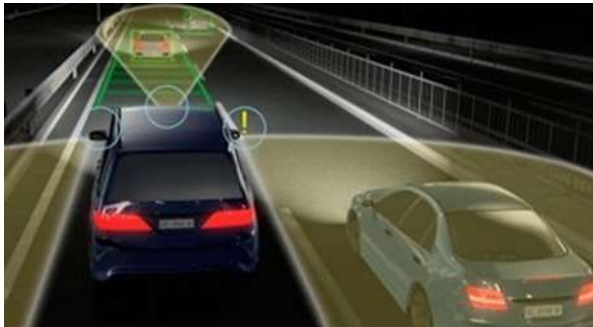
Система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами FCW (Forward Collision Warning), виявляє транспортні засоби попереду автомобіля, використовуючи дані зображень, отриманих зі стерео камери або монокулярної камери. Додатково використовуються дані, отримані з радара міліметрових хвиль, розташованих у передній частині автомобіля. Сигналізатори системи попереджають водія про потенційний ризик зіткнення на підставі оцінки відстані між транспортними засобами та даних про власну швидкість автомобіля.

Система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами, що знаходяться позаду, BCW (Backward Collision Warning) використовує дані зображень, отримані з задньої монокулярної камери.

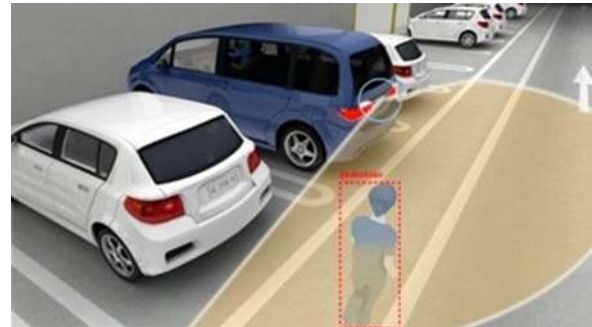
Система допомоги при зміні смуги руху LCA (Lane Change Assistance) виявляє перешкоди, наприклад транспортні засоби, що знаходяться поблизу, під

час зміни смуги руху і попереджає водія про небезпеку зіткнення з ними. Ця система використовує задню монокулярну камеру або дві монокулярні камери, розташовані ліворуч і праворуч у задній частині автомобіля.

Система виявлення перешкод визначає перешкоди (транспортні засоби поруч з автомобілем) і передає дані про них в систему допомоги при зміні смуги руху і систему попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами, що знаходяться попереду. Система використовує три монокулярні камери (одна з них розташована попереду, а решта – праворуч і ліворуч у задній частині автомобіля), (рис. 2.14, а).



а



б

Рис. 2.14. Сектори огляду ADAS:
а – при зміні смуги руху; б – під час руху заднім ходом

Система попередження при повороті ліворуч або праворуч виявляє пішоходів, велосипедистів і мотоциклістів за допомогою камер, змонтованих в лівій і правій частинах автомобіля, і попереджає водія про небезпеку наїзду на них.

Система попередження про можливість зіткнення з перешкодами FPCW (Forward Pedestrian Collision Warning) виявляє пішоходів за допомогою розташованої попереду камери і попереджає про них водія. У нічний час використовується інфрачервона камера (такі системи називають системами нічного бачення).

Аналогічно, можна реалізувати *систему попередження про можливість зіткнення з пішоходами BPCW (Backward Pedestrian Collision Warning)*, що знаходяться позаду. Для цього необхідно встановити камеру в задній частині автомобіля (рис. 2.14, б).

Система стеження за станом водія DSM (Driver State Monitoring) стежить за тим, в якому напрямку повернена особа водія, та сигналізує, якщо водій не дивиться на дорогу.

Система допомоги при паркуванні з видом зверху знімає все, що знаходиться навколо автомобіля, за допомогою камер з ширококутними об'єктивами і перетворює чотири різні зображення на зображення з видом зверху. Потім вона об'єднує отримане зображення і накладає на нього зображення самого автомобіля з видом зверху для надання допомоги під час паркування.

Система перемикання дальнього світла виявляє світло фар зустрічних автомобілів і задніх габаритних ліхтарів попутних автомобілів, щоб автоматично вибрати відповідну дальність дії світла фар головного освітлення.

Функція розпізнавання сигналів світлофора виявляє червоний сигнал світлофора і попереджає водія, якщо є ознаки руху автомобіля на червоне світло.

Функція попередження про зіткнення із загальними стаціонарними об'єктами виявляє загальні перешкоди на дорозі, включаючи об'єкти, що обвалилися, обвали, зсуви і конуси дорожнього огороження, і попереджає водія у разі небезпеки зіткнення. Для реалізації перерахованих систем використовуються засоби телеметрії з різними характеристиками.

Концепти з комплексними системами допомоги поступово трансформуються в *автопілотні транспортні засоби* різного рівня і призначення. Безпілотний електрокар Rinspeed зі змінними кузовами Pod отримав назву Snap [23]. Головне в цьому проекті саме платформа. «Скейтборд» з електромотором на задній осі напханий датчиками, радарами, лідарами і сам переміщається від кузова до кузова. У п'ятиметровій платформі усі колеса поворотні, за рахунок цього вона дуже маневрена, а запас ходу складає 100 км. Модулі передбачені різні: пасажирський, фургон і кіоск. Кожен модуль залишається функціональним в статисти вже без платформи, як капсула-альтанка, сховище або точка продажів. Одна з очевидних ролей безпілота – кемпер (встановивши в мальовничому місці особистий модуль, мандрівник відпускає платформу до переїзду в інше місто). Найцікавіше всередині чотиримісного пасажирського модуля є оточення різних дисплеїв (рис. 2.15).



а



б

Рис. 2.15. Безпілотний автобус-човник Rinspeed Snap:
а – зовнішній вигляд; б – облаштування пасажирського салону

Другий приклад автопілота – електробус e.GO Mover [23]. Втручання водія в процес керування передбачається тільки через електронне рульове колесо і джойстик газу (рис. 2.16, а).

Машина задумана як заміна звичайним маршруткам на 15 пасажирів. До складу концепту входять: електромотор, центральний комп'ютер ProAI, асортимент сенсорних систем, гальмівна система і підвіска.



а



б

Рис. 2.16. Вигляд місця водія:
а – електробуса e.GO Mover; б – автомобіля Mercedes-Benz Vito

Ще один концепт – електрифікований Mercedes-Benz Vito без педалей і рульового колеса. На торпедо у нього три великих інформаційних дисплея і ще один, трохи менший на центральній консолі. Єдиний механізм керування – багатофункціональний джойстик [23] (рис. 2.16, б).

Контрольні запитання за темою 2

1. За якими загальними ознаками класифікують системи допомоги водію?
2. Які функції допомоги водію забезпечуються системами стабілізації курсу?
3. Назвіть рівні асистентів руху за шкалою автопілоту.
4. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без ніг»?
5. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без рук»?
6. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без ніг і рук»?
7. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без уваги водія»?
8. За допомогою яких мехатронних систем реалізується функція автопілоту «без водія»?
9. Які компоненти оригінального призначення та конструкції використовуються в телематичних системах безпеки та допомоги водію.
10. Поясніть улаштування і функціонування пасивних паркувальних систем.
11. Поясніть улаштування і функціонування активних паркувальних систем.
12. Поясніть улаштування і функціонування систем круїз-контролю.
13. Поясніть улаштування і функціонування систем адаптивного круїз-контролю.
14. Поясніть структуру і перелічите функції системи асистентів руху FACAS.
15. Назвіть зони телеметричного контролю системи безпеки ADAS.
16. Назвіть функції телематичної системи безпеки ADAS.
17. Поясніть способи реалізації функцій допомоги та безпеки руху на рівні мехатронних, телематичних та фізіотехнічних систем.
18. Дайте загальну характеристику автомобільних радарів різного призначення.

19. Дайте загальну характеристику автомобільних камер спостереження різного застосування.
20. Дайте загальну характеристику автомобільних тепловізорів.

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АКП – автоматична коробка передач;
 АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
 АТЗ – автотранспортні засоби;
 ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;
 ДК – датчик кутової швидкості колеса;
 ДПДЗ – датчик положення дросельної заслінки;
 ДПП – датчик провздожнього прискорення автомобіля;
 ДППА – датчик положення педалі акселератора;
 ДППГ – датчик положення педалі гальма;
 ДТП – дорожньо-транспортна пригода;
 ДЧО – датчик частоти обертання;
 ДША – датчик швидкості автомобіля;
 ЕБК – електронний блок керування;
 ЕК – електроклапан;
 МД – мехатронний датчик;
 МЖ – модуль живлення;
 ПІ – пропорційно-інтегруючий (регулятор);
 СДВ – система допомоги водієві;
 СК – система керування;
 ШНМ – штучні нейронні мережі;

ІНОЗЕМНІ АБРЕВІАТУРИ ТА ТЕРМІНИ

ABS (Antilock Braking System) – анти-блокувальна система гальм;
 ACC (Adaptive Cruise Control) – система адаптивного круїз-контролю;
 ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) – розширена система допомоги водієві;
 AL (Aktiv Lenkung) – система активного рульового керування;
 AS (Assisted Steering) – система допомоги рульового керування;
 ASC (Automatic Stability Control) – система автоматичного керування стабільністю;
 ASR (Antriebs Schlupf Regelung) – система анти-пробуксовки ведучих коліс;
 ATTS (Active Torque Transfer System) – система розподілу крутного моменту;
 BA (Brake Assist) – система екстреного гальмування з вакуумним підсилювачем;
 BAS (Brake Assist System) – система екстреного гальмування з вакуумним підсилювачем;
 BCW (Backward Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами, що знаходяться позаду;
 BG (Braking Guard) – система запобігання зіткненню;
 BSD (Berkeley Software Distribution) – система розповсюдження програмного забезпечення в початкових кодах;
 BPCW (Backward Pedestrian Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з пішоходами;
 CAN (Controller Area Network) – шина послідовних даних;
 CBC (Cornering Brake Control) – система контролю гальмування в поворотах;
 CCD (Charged Coupled Device) – матриця відеокамери з зарядовим зв'язком;
 CD (Compact Disc) – дисковий носій зовнішньої пам'яті (оптичний);

CDC (Continuous Damping Control) – електроклапанна технологія побудування амортизаторів;

CIC (Basic Car Information Computer) – бортовий комп'ютер;

CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) – технологія матриці відеокамери метал-оксид-напівпровідник

DAA (Dynamischer Anfahre Assistent) – динамічний асистент рушання;

DAC (Downhill Assist Control) – система допомоги при спуску;

DBC (Downhill Brake Control) – система допомоги при спуску;

DBC (Downhill Brake Control) – система допомоги при спуску;

DCC (Dynamic Cruise Control) – система динамічного круїз-контролю;

DME (Digital Motor Electronic) – цифрова електроніка двигуна;

DDE (Digital Dyzel Electronic) – цифрова електроніка дизеля;

DDS (Downhill Drive Support) – система допомоги при спуску;

DSC (Dynamic Stability Control) – електронна система/датчик контролю стійкості автомобіля;

DSM (Dynamic Stability Management) – система динамічної стійкості автомобіля;

DSM (Driver State Monitoring) – система стеження за станом водія;

DSR (Driver-Steering Recommendation) – асистент рульової корекції;

DTC (Dynamic Traction Control) – антибуксувальна система;

DTSC (Dynamic Stability Traction Control) -

DVD (Digital Video Disc) – диск зовнішньої пам'яті (оптичний);

EBD (Electronic Brake Distribution) – система електронного розподілу гальмівного зусилля;

EDC (Electronic Dampfer Control) – підвіска з електроклапанними амортизаторами;

EDS (Elektronische Differenzialsperre) – система розподілу крутного моменту;

EML (Elektronische Motor Leistungsregelung) – система керування дросельними заслінками;

EPB (Electromechanical Parking Brake) – електромеханічна система паркувальних гальм;

гальм;

ESC (Electronic Stability Control) – система підтримання курсової стійкості.

ESP (Electronic Stability Position) – система стабілізації курсу;

FCW (Forward Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з транспортними засобами;

FDR (Funktion Dynamische Regelung) – функції регулювання поперечної динаміки;

FDC (Funktion Dynamische Control) – функція керування динамікою;

FPCW (Forward Pedestrian Collision Warning) – система попередження про можливість зіткнення з перешкодами

FRM (Fußraummodul) – модуль у просторі для ніг;

GPS (Global Position Satellite) – супутникова система навігації;

HDC (Hill Descent Control) – система допомоги при спуску;

HHC (Hill Hold Control) – програма асистента рушання на підйомі;

ICM (Integrated Chassis Management) – інтегрована система керування шасі;

KAFAS (Kamerobasierende Fahrecas Assistance Systems) – відео система допомоги водієві;

LCA (Lane Change Assistance) – система допомоги при зміні смуги руху;

LDM блок в якому реалізовано асистент гальмування;

LDW (Lane Departure Warning) – система попередження про сходження зі смуги руху;

LIDAR (Light Detection And Ranging) – лазерний радар;

LIN (Local Interconnect) – шина даних локального з'єднання;

LRR (Long Range Radar) – радар далекої дії;

MOST (Media Oriented System Transport) – система передачі між медійними засобами;

MSR (Motor Schleppmoment Regelung) – система регулювання тягового моменту ДВЗ;
 PC (Personal Computer) – персональний комп'ютер;
 ROP (Roll Over Prevention) – система запобігання перекиданню;
 RSE (Rear Seat Entertainment) – розважальна система для задніх сидінь;
 TCS (Traction Control System) – електронна система анти-пробуксовки.
 TCU (Telematic Control Unit) – блок керування телематичними системами;
 TSA (Trailer Stabilization Assistant) – система стабілізації автопоїзда;
 TSR (Traffic Sign Recognition) – система розпізнавання дорожніх знаків;
 TV (Television) – телевізор;
 VDC (Vehicle Dynamic Control) – система динамічної стабілізації;
 VSA (Vehicle Stability Assist) – система стабілізації автомобіля;
 VSC (Vehicle Stability Control) – система стабілізації автомобіля;

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бороденко, Ю. М. Електричні системи і комплекси транспортних засобів: розділ "Мехатронні системи приводу автомобілів": конспект лекцій [Електронний ресурс] / Ю. М. Бороденко; М-во освіти і науки України, ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 121 с. Посилання ftp://194.44.189.147/libfulltxt/UCHLIB/KL/2019/KL_Borodenko.pdf
2. Бороденко, Ю. М. Електричні системи і комплекси транспортних засобів: конспект лекцій: розд. "Мехатронні системи автомобільних ДВЗ": для студентів спеціальності 141 [Електронний ресурс] / Ю.М. Бороденко, Щ.В. Аргун; М-во освіти і науки України, ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 106 с. Посилання: ftp://194.44.189.147/libfulltxt/UCHLIB/KL/2021/KL_Borodenko_el_syst_21.pdf
3. Бороденко, Ю. М. Електричні системи і комплекси транспортних засобів: конспект лекцій: розд. "Мехатронні системи автомобіля комбінованої структури": для студентів спеціальності 141 [Електронний ресурс] / Ю.М. Бороденко. М-во освіти і науки України, ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ, 2022. – 60 с. Посилання: ftp://194.44.189.147/libfulltxt/UCHLIB/KL/2021/KL_Borodenko_el_syst_21.pdf
4. Электрооборудование Audi A6 Avant модели 2005 года. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: https://autoholding.net/679_elektrooborudovanie_Audi_AVI_Avant_modeli_POOV_goda.html
5. Что собой представляет CAN-шина в автомобиле. <https://drivertip.ru/osnovy/chto-takoe-can-shina-v-avtomobile.html> .
6. Электронные шины в автомобиле. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: https://www.radioradar.net/repair_electronic_technics/autoelectronic_repair/electric_car_tire.html .
7. Система динамического контроля устойчивости. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: <https://www.newtis.info/tisv2/a/ru/fl0-520d-lim/wiring-functional-info/chassis-suspension/traction-control-system/XctE8X6> .
8. Bas вспомогательная система торможения. / Матеріали сайту – 2021. – Режим доступу: <https://autochrome.ru/raznoe/bas-vspomogatel'naya-sistema-tormozheniya.html> .
9. Системы контроля сцепления с дорогой и поддержки водителя. [Електронний ресурс]. – [2019]. – Режим доступу: http://www.help4auto.com/download/ssp/374_Sistemy%20kontrolya%20vizheniya.pdf .
10. Технический тренинг. Информация о продукте. Системы управления продольной динамикой на F01/F02. [Електронний ресурс]. – [2021]. – Режим доступу: <https://docplayer.ru/35200300-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte-sistemy-upravleniya-prodolnoy-dinamiko-y-na-f01-f02.html> .

11. Технический тренинг – Информация о продукте. Системы управления поперечной динамикой на F01/F02. [Электронный ресурс]. – [2021]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/33371493-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte-sistemy-upravleniya-poperechnoy-dinamiko-y-na-f01-f02.html> .
12. Технический тренинг. Информация о продукте. Системы управления вертикальной динамикой на F01/F02. [Электронный ресурс]. – [2021]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/31074161-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte-sistemy-upravleniya-vertikalnoy-dinamiko-y-na-f01-f02.html> .
13. Технический тренинг Информация о продукте Системы управления динамикой на F01/F02. [Электронный ресурс]. – [2021]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/31238272-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte-sistemy-upravleniya-dinamiko-y-na-f01-f02.html> .
14. Технический тренинг – Информация о продукте DCC, ACC на F01/F02. [Электронный ресурс]. – [2021]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/53843223-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte.html>
15. Технический тренинг – Информация о продукте KAFAS на F01/F02. [Электронный ресурс]. – [2021]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/57258910-Tehnicheskij-trening-informaciya-o-produkte-kafas-na-f01-f02.html>
16. Конрад Райф. Датчики в автомобиле: BOSCH Автомобильная техника. Перевод с немецкого. – М.: Изд-во За рулем. – 2012. – 167 с.
17. Светлана Сысоева. Интеллектуальные автомобильные ассистенты и датчики. Компоненты и технологии. № 1, 2012. [Электронный ресурс]. – [2019]. – Режим доступа: https://kit-e.ru/assets/files/pdf/2012_01_7.pdf.
18. Технический тренинг. Информация о продукте. Служба сервиса BMW. Системы помощи водителю F10. [Электронный ресурс]. – [2021]. – Режим доступа: http://static.e92.ru/upload/file/25229/53956a451fe62/Opisanie_sistemy-pomoschi-voditelyu_BMW5_F10.pdf
19. Системы активной безопасности авто. [Электронный ресурс]. – [2019]. – Режим доступа: <https://kz.pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/cistemy-aktivnoy-bezopasnosti-avto/>
20. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). [Электронный ресурс]. – [2019]. – Режим доступа: http://www.uzbuka.ru/electric/ADAS_uaz.html .
21. Беспилотные автомобили: коротко и внятно о пяти уровнях автопилота. [Электронный ресурс]. – [2019]. – Режим доступа: <https://www.autocentre.ua/news/bespilotnye-avtomobil-korotko-i-vnyatno-o-pyati-urovnyah-avtopilota-605997.html> .
22. Круиз-контроль. [Электронный ресурс]. – [2019]. – Режим доступа: <https://www.newtis.info/tisv2/a/ru/f10-520d-lim/wiring-functional-info/body/operation/multifunction-steering-wheel/1VnXMZcV6k>
23. Технологии будущего: беспилотники плюс электрификация. [Электронный ресурс]. – [2019]. – Режим доступа: <http://5koleso.ru/avtopark/tehnologii-budushchego-bespilotniki-plyus-elektrifikaciya> .