

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Автомобільний факультет
Кафедра автомобільної електроніки

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістра

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ НА ТЕМУ «ДОСЛІДЖЕННЯ
СТРУКТУРИ І ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ГАЛЬМІВНИХ
СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ»

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

Нормоконтролер ас.

Керівник канд. фіз.-мат. наук, доцент

Консультант канд. економ. наук, доцент

Студент гр. АЕ-61-24

А.В. Гнатов

Н.В. Григоренко

Ю.М. Бороденко

О.С. Мордовцев

М.В. Пшеничний

Харків – 2025

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Автомобільний факультет
Кафедра Автомобільної електроніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____ АЕ _____

проф. Гнатів А.В. _____

" _____ " _____ 2025 року.

ЗАВДАННЯ**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТА****Пшеничного Микити Вадимовича**

1. Тема роботи: Розробка лабораторного практикуму на тему «Дослідження структури і характеристик електромеханічних гальмівних систем автомобіля».
керівник роботи Бороденко Юрій Миколайович, канд. фіз.-мат. наук, доцент
затверджена рішенням Вченої Ради АФ протокол №2/25 від 06.10.2025, наказ № 155 від 8.10.2025.
2. Термін подання студентом роботи 07 грудня 2025 року.
3. Вихідні дані до роботи: навчальна та довідкова література; Інтернет сторінки; тематичні відеоролики; питання, щодо устрою та функціонування електромеханічних гальмівних систем автомобіля
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:
 - загальні відомості про системи ЕРВ;
 - базова конфігурація приводу ЕМВ;
 - конструкції тросикових стоянкових гальм;
 - конструкції супортних гальмівних приводів;
 - схеми систем керування ЕРВ;
 - стратегія керування системою ЕРВ;
 - реалізація програмного розширення Auto Hold;
 - розробка методичного забезпечення;
 - охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях;
 - оцінка економічної ефективності та конкурентоспроможності прийнятого рішення.
5. Перелік демонстраційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - класифікація електричних гальм автомобіля;
 - будова електромеханічної гальмівної системи;
 - результати патентних досліджень;
 - архітектура системи керування ЕМВ;
 - устрій приводів ЕРВ;
 - стратегія керування системами ЕРВ;
 - відеоконтент до лабораторного практикуму.
 - результати техніко-економічного аналізу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
4	Бороденко Ю.М. канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри автомобільної електроніки		
5	Мордовцев О.С. канд. екон. наук, доцент кафедри економіки та підприємництва		

7. Дата видачі завдання _____ 15 вересня 2025 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Найменування етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи
1	- Загальні відомості про системи ЕРВ;	20.09.2025
2	- Базова конфігурація приводу ЕМВ;	24.09.2025
3	- Конструкції тросикових стоянкових гальм;	28.09.2025
4	- Конструкції супортних гальмівних приводів;	30.09.2025
5	- Схеми систем керування ЕРВ;	02.10.2025
6	- Стратегія керування системою ЕРВ;	08.10.2025
7	- Реалізація програмного розширення Auto Hold;	15.10.2025
8	- Розробка методичного забезпечення;	25.11.2025
9	- Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях;	28.11.2025
10	Оцінка економічної ефективності та конкурентоспроможності прийнятого рішення	01.12.2025
11	Оформлення ілюстративного матеріалу та підготовка доповіді	05.12.2025

Студент _____ Пшеничний М.В.

Керівник роботи _____ Бороденко Ю.М.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 88 с, 33 рис., 2 табл., додаток, 19 джерел.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ГАЛЬМА, ХИТНА ШЕСТЕРНЯ, ГВИНТОВА ПЕРЕДАЧА, ПРИВІД ГАЛЬМІВНОГО МЕХАНІЗМУ, AUTO HOLD.

Об'єкт дослідження – процеси керування гальмуванням автомобіля.

Предмет дослідження – електромеханічні стоянкові гальмівні системи.

Мета роботи – підвищення ефективності навчального процесу в умовах дистанційного навчання з дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобів».

Метод дослідження – використання технологій мультимедіа.

Зроблено класифікаційний аналіз гальмівних систем з електричним керуванням за призначенням і принципом дії. Проведено патентний пошук за темою дослідження. Розглянуто конструкції і характеристики електромеханічних стоянкових гальм (ЕРВ) з різним типом приводу гальмівного механізму. Досліджено функціонування систем керування ЕРВ на рівні функціональних схем і схем кореспонденцій по лініям зв'язку з іншими мехатронними системами силової і ходової частин автомобіля. Визначена стратегія керування системою ЕРВ в автоматичних режимах під керуванням алгоритмів програми Auto Hold (Stop & Go, Hill Hold, Hill Descent, Automatic parking). Розроблено методичні вказівки до виконання практичного заняття та двох лабораторних робіт за темою дослідження. Визначено показники конкурентоспроможності та економічної і соціальної ефективності впровадження розробленого лабораторного практикуму.

Результати роботи передбачено використовувати в навчальному процесі у якості методичного забезпечення з дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобів».

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Конструктивні рішення електро механічних гальмівних систем.....	7
1.1 Загальні відомості про системи ЕРВ.....	7
1.2 Базова конфігурація приводу ЕМВ.....	10
1.3 Конструкції тросикових стоянкових гальм.....	18
1.4 Конструкції супортних гальмівних приводів.....	21
2 Дослідження функціональної структури систем керування ЕРВ.....	24
2.1 Схеми систем керування ЕРВ.....	24
2.2 Стратегія керування системою ЕРВ.....	29
2.3 Реалізація програмного розширення Auto Hold.....	37
3 Розробка методичного забезпечення.....	43
3.1 Практичне заняття на тему «Визначення технічного стану системи ЕРВ на борту автомобіля.....	43
3.2 Лабораторна робота на тему «Вивчення устрою і функціонування супортних приводів ЕРВ».....	49
3.3 Лабораторна робота на тему «Вивчення устрою і функціонування блоку ЕРВ з гвинтовою передачею».....	53
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	58
4.1 Характеристика робочого місця.....	58
4.2 Небезпечні фактори, які впливають на здоров'я людини.....	58
4.3 Вимоги до приміщення за санітарними нормами.....	59
4.4 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	61
5 Оцінка економічної ефективності та конкурентоспроможності прийнятого рішення.....	63
5.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки.....	63
5.2 Визначення конкурентоспроможності прийнятого рішення.....	64

5.3 Визначення витрат на реалізацію лабораторного практикуму.....	65
5.4 Економічний та соціальний ефект від впровадження проектного рішення.....	67
Висновки.....	69
Перелік посилань.....	70
Додаток А Ілюстративний матеріал.....	72

ВСТУП

У даній роботі розглянуто електромеханічну гальмівну систему EPB (Electromechanical Parking Brake). Ця система широко використовується у сучасних автомобілях та має багато різних виконавчих механізмів та алгоритмів. Вона замінила систему звичайних механічних стоянкових гальм і ще дозволила реалізувати додаткові функції в автоматичному режимі: «Динамічний помічник рушання»; «Динамічне екстрене гальмо»; функції «AUTOHOLD» [1].

Впровадження віртуального лабораторного практикуму замість реальних занять в фізичних аудиторіях, дозволяє отримати не тільки економічний ефект, а ще й підвищити інформативність засвоєння теоретичного матеріалу і оперативність проведення практичної частини робіт та виключити фактори небезпеки. Таким чином, впровадження комп'ютерних технологій під час проведення занять стає особливо актуальним в умовах дистанційного навчання [2].

Метою роботи є підвищення ефективності навчального процесу в умовах дистанційного навчання з дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобів». Як об'єкт дослідження розглядаються процеси керування гальмуванням автомобіля. Предметом дослідження виступають електромеханічні стоянкові гальмівні системи.

Робота носить навчальний характер на рівні методичної розробки. Для виконання роботи вирішується декілька задач:

- розглянути і проаналізувати структуру та конструкції приводів електромеханічних систем гальмування автомобіля;
- дослідити алгоритми функціонування та експлуатаційні характеристики стоянкових електромеханічних систем гальмування автомобіля;
- скласти методичні вказівки за означеною темою з використанням тематичного відеоконтенту для занять в умовах дистанційного навчання;
- визначити техніко-економічні показники проектного рішення.

1 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ

1.1 Загальні відомості про системи ЕРВ

Системи електричних стоянкових гальм ЕРВ (Electric Position Break) дозволяють: утримувати транспортний засіб (АТЗ) на стоянці; здійснювати аварійне гальмування при виході з ладу робочої гальмівної системи; запобігати відкату автомобіля при старті на підйомі; контролювати АТЗ при спуску з гори.

В системах з електрично керованими гальмами автомобіля використовується так звана технологія DBW (drive-by-wire – керування по проводах) [3, 4]. При цьому, в загальному випадку проєктуються і робочі (основні) гальмівні системи, і системи стоянкових гальм ЕРВ.

Умовно системи ЕРВ можна поділити на три групи – системи тросового натягу, електрогідравлічні системи супортів і повністю електричні системи керування (електромоторні супортні), рисунок 1.1.

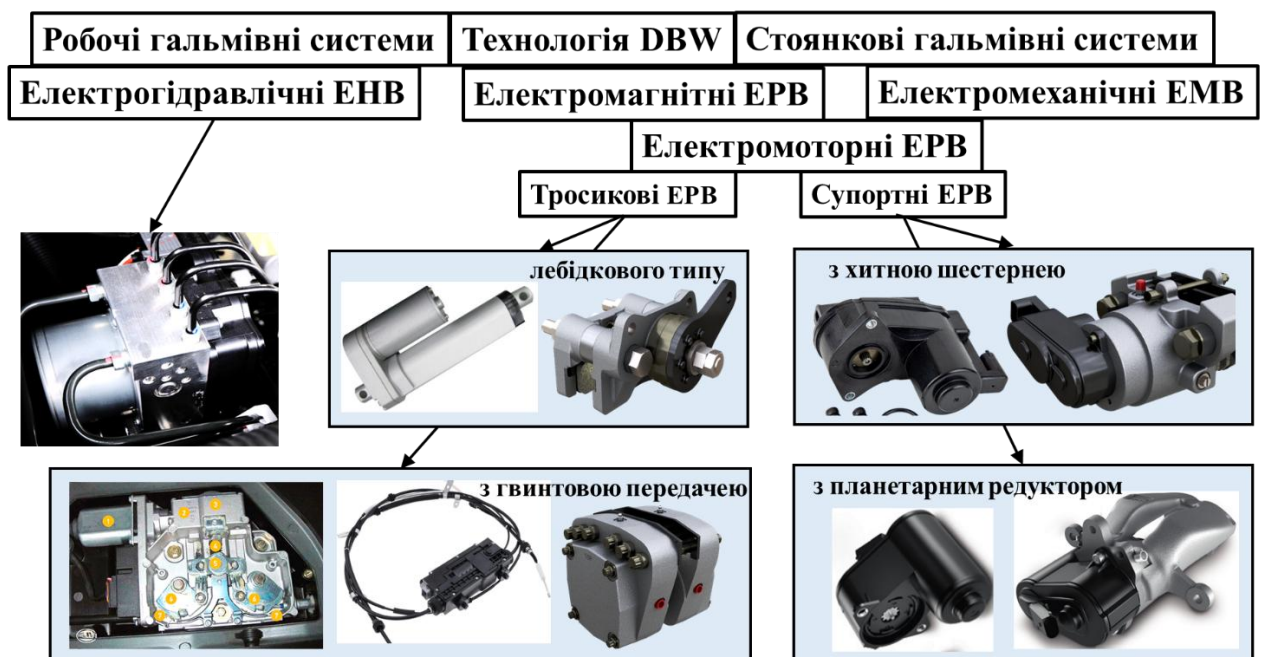


Рисунок 1.1 – Класифікація електричних гальм автомобіля

Система тросового натягування є просто розвитком традиційного методу з важелем і тросом. Під час роботи вимикача електродвигун (ЕД) натягує трос, намотуючи його на барабан (лебідкового типу) або використовуючи шестерню з внутрішньою різьбою на спіралі, прикріпленій до тросів, що керують супортами (з гвинтовою передачею).

Електрогідравлічні системи супортів зазвичай використовуються як частина більшої системи керування, такої як електронна програма стабілізації ESP. Коли водій натискає перемикач, щоб активувати стоянкове гальмо, блок ESP автоматично створює тиск у гальмівній системі та притискає гальмівні колодки до диска. Потім супорти фіксуються в положенні за допомогою електромагнітного клапана. Супорт залишається заблокованим без потреби в гідравлічному тиску. Щоб відпустити гальмо, ESP знову короткочасно створює тиск, трохи більший, ніж було потрібно для блокування супорта, і клапан відпускається.

В електричних системах супортних ЕРВ використовується ЕД та редуктор для створення тиску на колодки, а отже, і на диск. Ключовим компонентом, в цьому випадку, є фіксатор стоянкового гальма. Він схожий на храповий механізм і запобігає обертанню ЕД тиском на поршень ступиці, і таким чином утримує гальма в натиснутому стані. В деяких конструкціях супортних ЕРВ застосовують електромагнітні фіксуючі підпори. Приводи сучасних систем супортних ЕРВ не потребують підпору ЕД і розрізняються за типом редуктора – з планетарним редуктором або з ремінною передачею та хитною шестернею.

В робочих електрогідравлічних системах DBW, гідравлічна рідина не надходить безпосередньо до гальмівних супортів. Натомість, вбудовані датчики зчитують, наскільки сильно, швидко і глибоко натиснута педаль гальм. Ці дані передаються до електронного блоку керування (ЕБК), який контролює різні системи, і в даному випадку вирішує, яка сила гальмування потрібна для кожного колеса. Після отримання інформації від водія, ЕБК надсилає сигнали або до електричних виконавчих механізмів, або, в деяких випадках, до електрогідравлічної помпи. Цей агрегат потім приводить у дію гальма кожного колеса в

герметичному, замкнутому контурі, без потреби у будь-якому механічному зв'язку. Комп'ютер контролює кожне колесо незалежно, модулюючи силу гальмування залежно від швидкості, зчеплення з дорогою, навантаження та стабільності автомобіля [4].

Електрогідравлічна система DBW особливо ефективна у гібридних автомобілях та електромобілях завдяки можливості використання рекуперативного гальмування. Ця функція дозволяє електромотору автомобіля спочатку сповільнювати транспортний засіб, перетворюючи кінетичну енергію назад в електричну, перш ніж активувати традиційні фрикційні гальма. Це значно подовжує термін служби гальмівних колодок та дисків, особливо якщо рекуперативне гальмування безперервно координується з механічними гальмами. Натискаючи на педаль, ви відчуваєте силу гальмування, але іноді гальмівні диски навіть не задіяні взагалі.

Застосування електромеханічних гальмівних систем в порівнянні з гідравлічними і пневматичними, має декілька переваг:

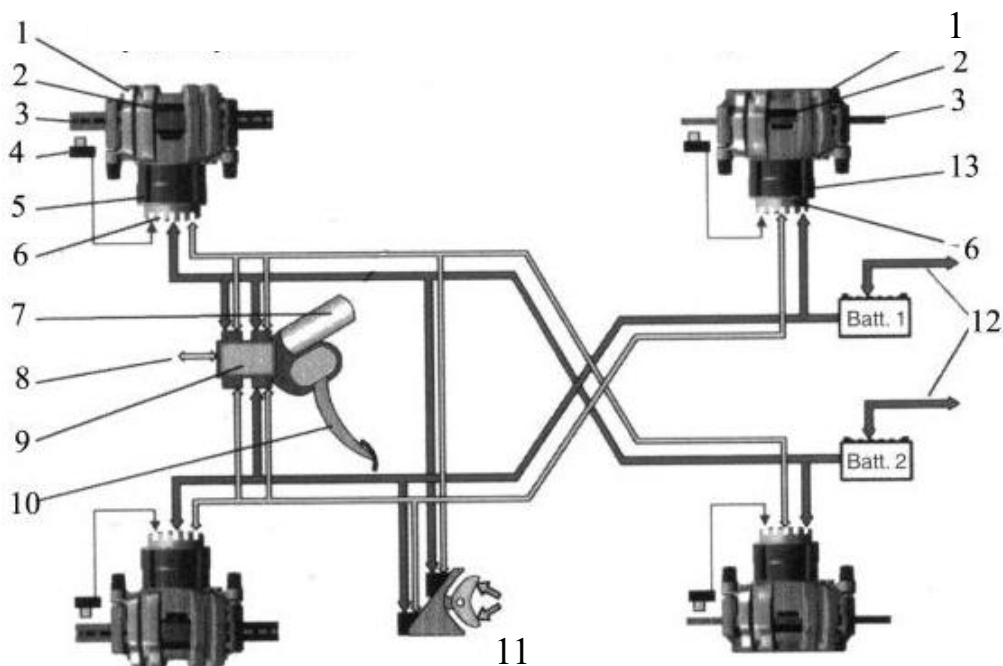
- оптимальне співвідношення гальмівних сил і стабілізація стійкості автомобіля під час руху;
- оптимальна чутливість педалі гальма, що зменшує гальмівний і зупинний шлях;
- безшумний привід і відсутність вібрацій педалі;
- безпечне переміщення педального модуля при ДТП;
- відсутність вакуумного підсилювача для приводу гальмівної системи;
- в порівнянні з гідравлічними системами є більш екологічними.

Поряд з цим система EPB має два основних недоліка: висока ціна виробу та ремонту. Крім того, в разі відключення (зникнення) електроживлення, виникають проблеми з розблокуванням гальм.

Електромеханічні гальмівні системи можуть виконувати функції ABS, систем курсової стійкості, антибуксувальних систем і т.і.

1.2 Базова конфігурація приводу ЕМВ

Електромеханічна гальмівна система складається з ЕБК 9, який має зв'язок з датчиками і виконавчими механізмами, гальмівної педалі 10 з імітатором чутливості гальмування 7, приводних механізмів коліс 5 і 13. У приводних механізмах задніх коліс вмонтовані механізми стоянкового гальма, який керується вмикачем 11 з салону автомобіля [1], рисунок 1.2.

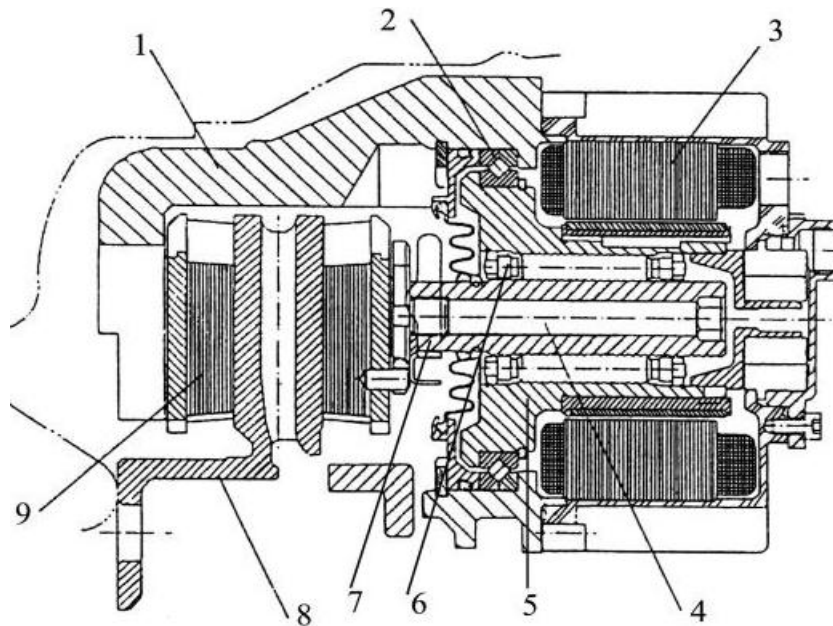


1 – супорт; 2 – фрикційна накладка; 3 – гальмівний диск; 4 – датчик частоти обертання колеса; 5 – приводний механізм; 6 – електрична колодка; 7 – імітатор чутливості гальмування; 8 – під'єднання бортової електричної мережі; 9 – центральний процесор і контроль АКБ; 10 – гальмівна педаль; 11 – вмикач гальмівної системи; 12 – бортова електрична мережа; 13 – приводний механізм з вбудованим механізмом гальма стоянки

Рисунок 1.2 - Електромеханічна гальмівна система

Гальмівна система приводиться в дію псевдо педаллю (інтенсивність і ступінь натискання) з відповідним датчиком положення. В ЕБК надходять сигнали, які параметрують режиму рух, координатну орієнтацію та характер процесу гальмування. На підставі цієї інформації розраховуються оптимальні значення

електричних параметрів сигналів керування приводними механізмами гальмування коліс [5]. Устрій гальмівного механізму колеса показаний на рисунку 1.3.



1 – кулак; 2 – підшипник; 3 – статор ЕД; 4 – ходовий гвинт; 5 – ротор ЕД; 6 – сателітна шестерня; 7 – сонячна шестерня; 8 – гальмівний диск; 9 – гальмівні колодки

Рисунок 1.3 - Конструкція приводу електромеханічної гальмівної системи

Гальмівний механізм являє собою вмонтований в привід колеса електродвигун, що складається зі статора 3 і ротора 5, встановленого на підшипниках. Внутрішня частина ротора є коронною шестернею, яка зачеплена з сателітними шестернями 6, що приводять в обертання сонячну шестерню 7. В середині ротора 5 встановлений ходовий гвинт 4. При подачі живлення на статорні обмотки ЕД, його ротор починає обертатися, і ходовий гвинт пересувається з різною швидкістю, на різну відстань (залежно від сили струму), а також може змінювати напрямок руху (залежно від напрямку струму). Ходовий гвинт 4, з'єднаний з колодкою 9. Залежно від дорожніх умов і характеру гальмування, гвинт впливає на гальмівну колодку, притискаючи або відводячи її від гальмівного диска 8.

Як показують результати патентних досліджень дисковий привід ЕМВ, запропонований Mando розділений на кілька модулів, серед яких модуль робочого гальма використовується для реалізації основної операції гальмування. Робочий

модуль складається з двигуна, механізму підсилення зусилля, механізму перетворення руху та притискного компонента [6], рисунок 1.4.

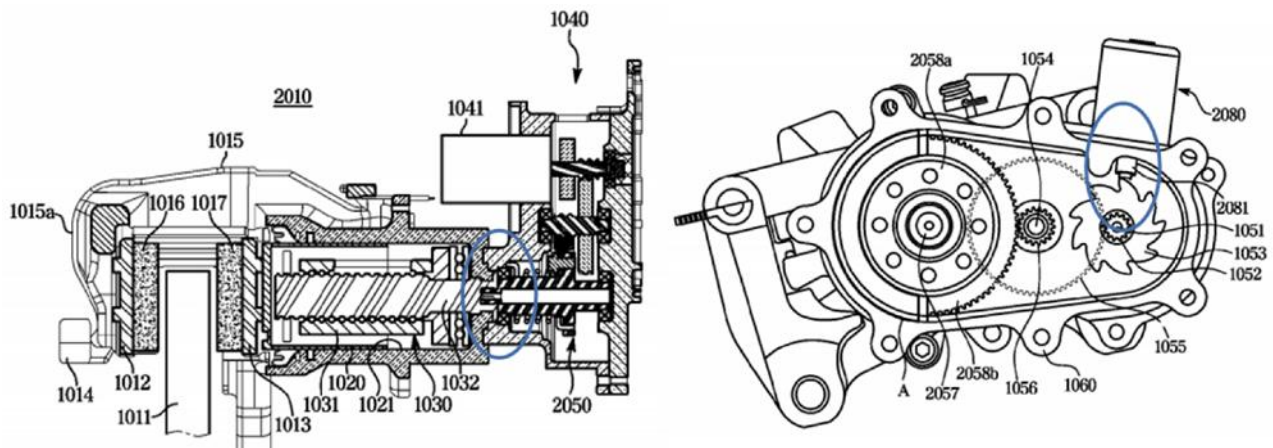


Рисунок 1.4 – Базова конструкція приводу EMB Mando

Під час гальмування двигун 1041 приводить у рух шпindel 1032 для обертання через косозубу зубчасту передачу 1050 (механізм підсилення зусилля). Обертальний рух шпindеля 1032 потім перетворюється на поступальний рух гайки 1031 через кульковий гвинт 1030 (механізм перетворення руху), таким чином рухаючи поршень 1020 (притискний компонент) з гальмівною колодкою 1013 для натискання на гальмівний диск 1011. На кінці валу вхідної косозубої передачі до привідного механізму додано модуль стоянкового гальма. Модуль стоянкового гальма складається з приводного компонента, рухомого компонента та блокувального компонента.

Коли потрібне паркування, сила стоянкового гальма спочатку досягається за допомогою робочого гальмівного модуля, потім подається живлення на соленоїд 2080 (рушійний компонент), і штовхач 2081 (рухомий компонент) переміщується на певну відстань, щоб заблокувати храповий механізм (блокувальний компонент), щоб транспортний засіб міг підтримувати достатню гальмівну силу при відключенні живлення. Крім того, привід також оснащений модулем швидкого повернення на кінці валу вихідної косозубої шестерні, тобто торсійною пружиною 2090. Один кінець торсійної пружини закріплений на корпусі, а інший

кінець – на вихідній косозубій шестерні. Торсійна пружина накопичує пружну енергію завдяки крутильній деформації, яку можна використовувати для швидкого відпускання гальма.

Окрім трьох вищезгаданих модулів, виконавчий механізм ЕМВ може також включати модуль компенсації гальмівного зазору для компенсації зносу гальмівних накладок та модуль датчика для виявлення сигналів, таких як сила при тискання, для точного керування гальмівною силою. Схема виконавчого механізму ЕМВ показана на рисунку 7 з п'ятьма розділеними модулями: модуль робочого гальма 1, модуль стоянкового гальма 2, модуль компенсації гальмівного зазору 3, модуль швидкого повернення 4 та модуль датчика 5, рисунок 1.5.

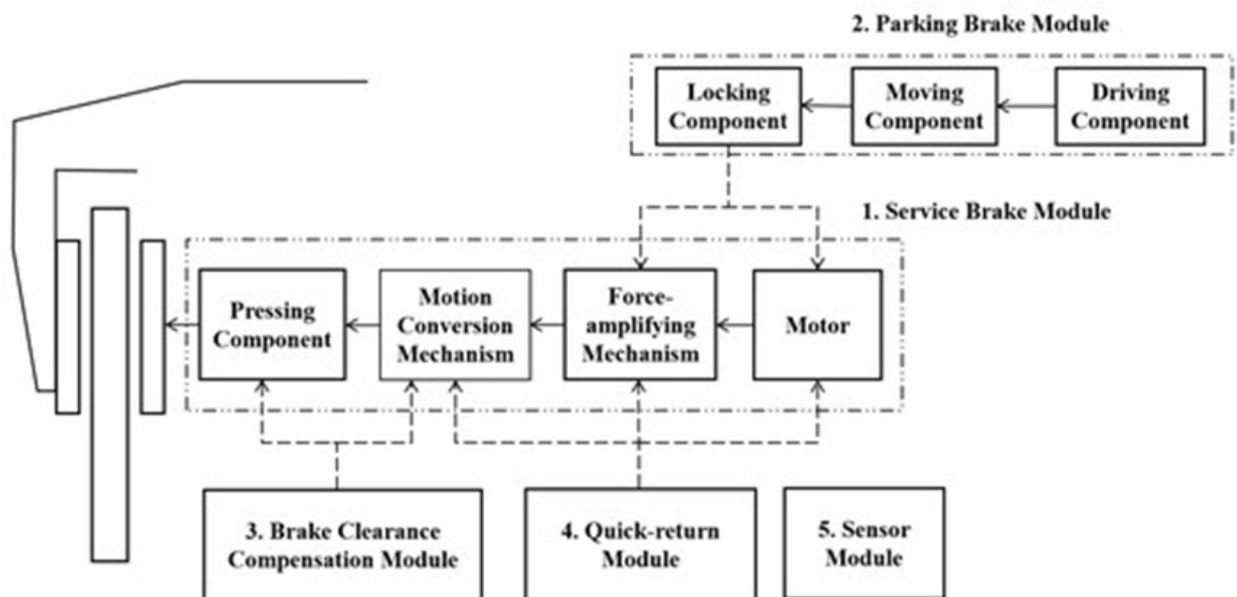
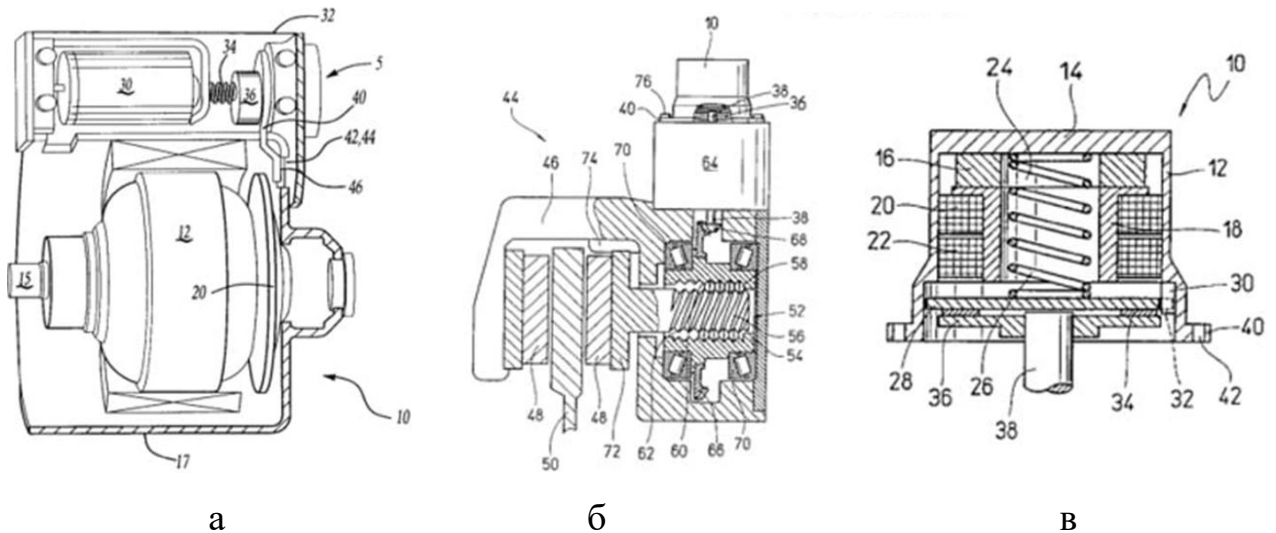


Рисунок 1.5 – Схема функціональна приводу ЕМВ

Оскільки двигун має вхідну потужність для приводу ЕМВ, він повинен мати можливість працювати в режимі заблокованого ротора протягом тривалого часу з великим крутним моментом. Крім того, він також повинен мати невеликий розмір, низьку вартість та добру термостабільність. Типи двигунів, що зазвичай використовуються в приводі ЕМВ, наведено в [6].

Для стоянкового гальма з електроприводом зазвичай потрібен додатковий двигун. Як показано на рисунку 1.6, а, Delphi використовує двигун 30 для приведення в рух гайки 36, яка рухається через гвинт 34, а важіль 40 натискає на фрикційний диск 20, тим самим запобігаючи обертанню валу двигуна 15 та забезпечуючи роботу стоянкового гальма.



а – моторизоване стоянкове гальмо Delphi; б – стоянкове гальмо Bosch;
в – електромагнітний підпір Bosch

Рисунок 1.6 – Варіанти технічних рішень приводу ЕМВ

Паркувальний двигун отримує сигнал гальма від блоку керування, а потім точно контролює відстань подачі рухомого компонента. Порівняно зі схемою з соленоїдним приводом, це може зменшити знос компонентів, спричинений надмірним або недостатнім живленням рухомого компонента.

Електромагнітні обмотки використовуються в соленоїдному стоянковому гальмі для зміни розподілу магнітного поля, тим самим керуючи відповідними компонентами для досягнення блокування гальма. Соленоїдний компонент повинен мати бістабільні характеристики, тобто він може підтримувати два стабільні стани блокування та відпускання, коли живлення вимкнено.

Bosch використовує схему стоянкового гальма з соленоїдним приводом, рисунок 1.6, б, в. Соленоїд 10 отримує живлення для створення зворотного магнітного поля для звільнення диска якоря 28. Під дією сили пружності гвинтової

пружини 26 диск якоря 28 притискається до з'єднувального диска 36, тим самим блокуючи вал двигуна 38 та підтримуючи силу стоянкового гальма.

Датчики, що зазвичай використовуються в приводі ЕМВ, включають такі типи: датчики тиску, крутного моменту, кутового зміщення та осьового зміщення для контролю сили притиску; датчики зносу колодок та контактні датчики для виявлення зносу гальмівного диска; датчики температури для визначення робочої температури приводу. Датчики, що зазвичай використовуються в виробниках, наведено в [6].

Датчики тиску зазвичай встановлюються між двома деталями, що передають силу натискання, такими як шпindel і корпус, гайка і корпус, шпindel і гальмівна колодка, а також поршень і гальмівна колодка. Деякі з них також встановлюються на напрямному кронштейні. Датчики кутового переміщення зазвичай встановлюються на кінці обертової частини, наприклад, на кінці шпинделя, гайки та вихідного валу двигуна. Датчики зносу та контакту колодок зазвичай встановлюються поблизу зовнішньої гальмівної накладки. Більшість датчиків значно залежать від високої зовнішньої температури. Тому датчики слід розташовувати подалі від гальмівного диска або додавати шар теплоізоляції між датчиком і гальмівним диском.

Що стосується компонування блоків керування і архітектури системи в цілому, то меншість систем відмовляються від контролера самого виконавчого механізму ЕМВ та інтегрують керування в централізований дуплексний модуль, а більш поширеними є системи, які використовують чотири блоки керування виконавчими механізмами. Три типові архітектури системи ЕМВ з різними компонуваннями ЕБК наведено на схемах. Схема 1 використовує головний ЕБК для керування ЕБК виконавчих механізмів передньої та задньої осі відповідно через два ЕБК осей. Ця схема має два джерела живлення з Н-подібним розташуванням та чотири лінії зв'язку як резервні резервовані копії. У разі відмови головного ЕБК або ЕБК осі він може гарантувати 100 % та 50 % гальмівної здатності відповідно, рисунок 1.7.

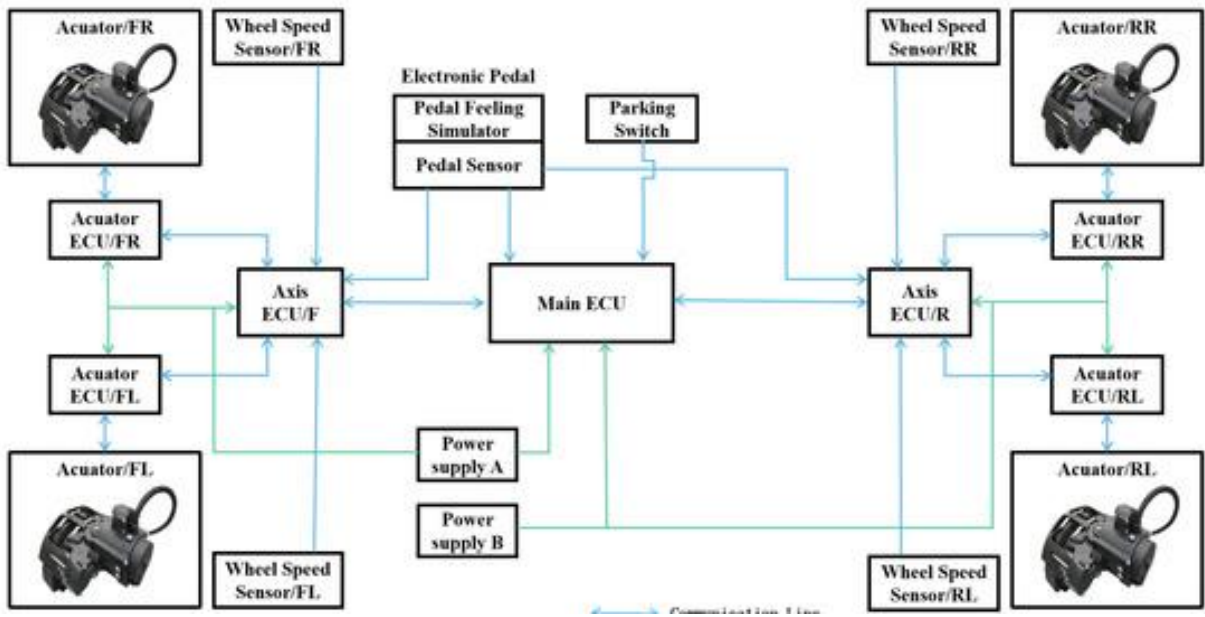


Рисунок 1.7 – Архітектура поєднаної системи керування за схемою 1

Схема 2 використовує один головний ЕБК для керування чотирма ЕБК виконавчих механізмів та має два джерела живлення з повним резервуванням та дві лінії зв'язку. У разі відмови головного ЕБК електронна педаль безпосередньо керує двома або чотирма виконавчими механізмами, щоб забезпечити 50 % або 100 % гальмівної здатності, рисунок 1.8.

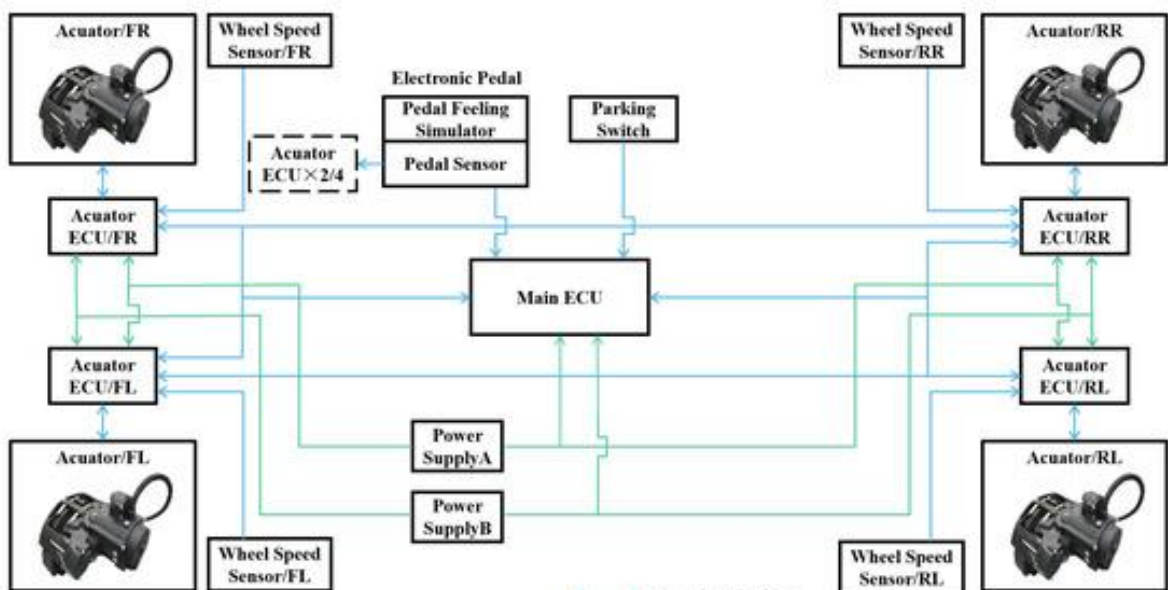


Рисунок 1.8 – Архітектура поєднаної системи керування за схемою 2

Схема 3 використовує головний ЕБК для отримання та аналізу вимоги до гальмування, контролю стану двигуна та подачі команди гальмування, тоді як допоміжний ЕБК безпосередньо отримує сигнал педалі гальма та сигнал швидкості обертання колеса для керування ЕБК виконавчого механізму. У цій схемі передбачено два джерела живлення з Х-подібним розташуванням та дві лінії зв'язку, рисунок 1.9.

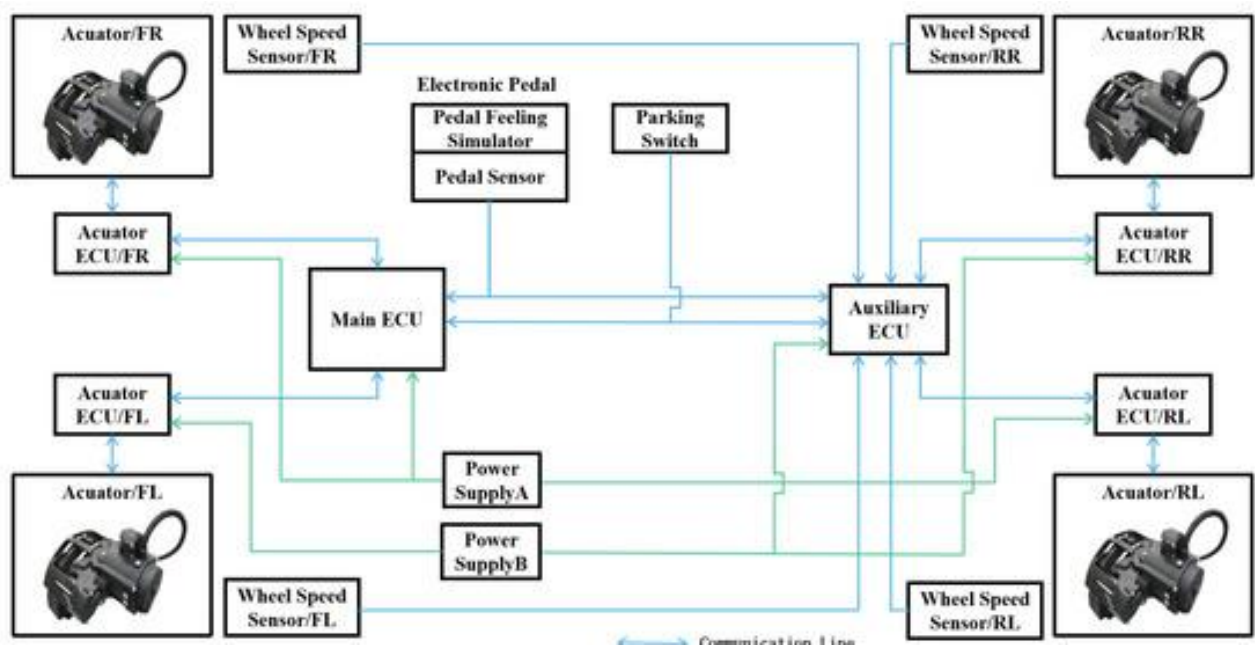
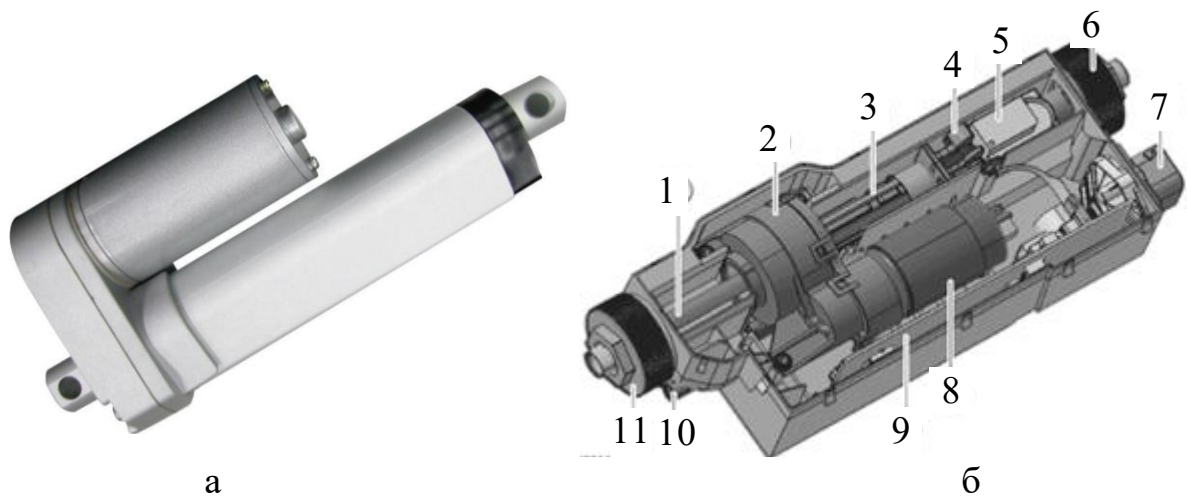


Рисунок 1.9 – Архітектура поєднаної системи керування за схемою 3

У разі відмови головного або допоміжного ЕБК, 50 % гальмівної здатності все ще може бути гарантовано. Окрім трьох вищезазначених схем, деякі схеми також можуть використовувати схему компонування ЕБК за схемою «2/3 основних ЕБК + 4 ЕБК виконавчих механізмів». Для живлення використовуються два джерела живлення з розташуванням у формі Х або Н та повністю резервне джерело живлення для досягнення потрібного резервування. Порівняння різних схем наведено в [6].

1.3 Конструкції тросикових стоянкових гальм

Тросикові стоянкові електромеханічні гальма реалізуються за трьома принциповими варіантами приводу гальмівних колодок від електродвигуна у вигляді: лебідкового натягувача тросу, гвинтової передачі натягу, передачі з балансирним коромислом [1]. У першому варіанті, трос гальмівного механізму заднього колеса накручується електродвигуном на вал редуктора, який закріплено через фланці, рисунок 1.10, а.



а – лебідкового типу; б – з гвинтовою передачею

Рисунок 1.10 – Приводи натягу троса стоянкового (паркувального) гальма

Робочий хід тросу контролюється двома кінцевими датчиками, які розташовані в циліндричному корпусі та активізуються через черв'ячну пару.

У другому варіанті, троси від гальмівних механізмів утягуються до корпусу привода осьовою гвинтовою передачею, рисунок 1.10, б. На рисунку позначено: 1 – шпindel; 2 – коробка передач; 3 – шліцевий вал; 4 – механізм аварійного розблокування; 5 – датчик зусилля; 6 – накидна гайка правого приводного тросу; 7 – електричне рознімання; 8 – електродвигун; 9 – плата ЕБК; 10 – під'єднання тросу приводу механізму аварійного розблокування; 11 – накидна гайка лівого приводного тросу.

Сигнал про значення зусилля, яке утримує, надходить до ЕБК від датчика

5. Ця інформація необхідна для забезпечення достатнього зусилля гальмування. Датчик зусилля вимірює хід втулки (дискретний датчик Холла) при стисненні буферної пружини, яка розташована між ведучим валом і кріпленням тросів приводу механізму гальм.

Третій варіант виконавчого модуля аналогічний попередньому, але має конструктивні особливості будови механізму перетворення (редуктору) [7], рисунок 1.11.

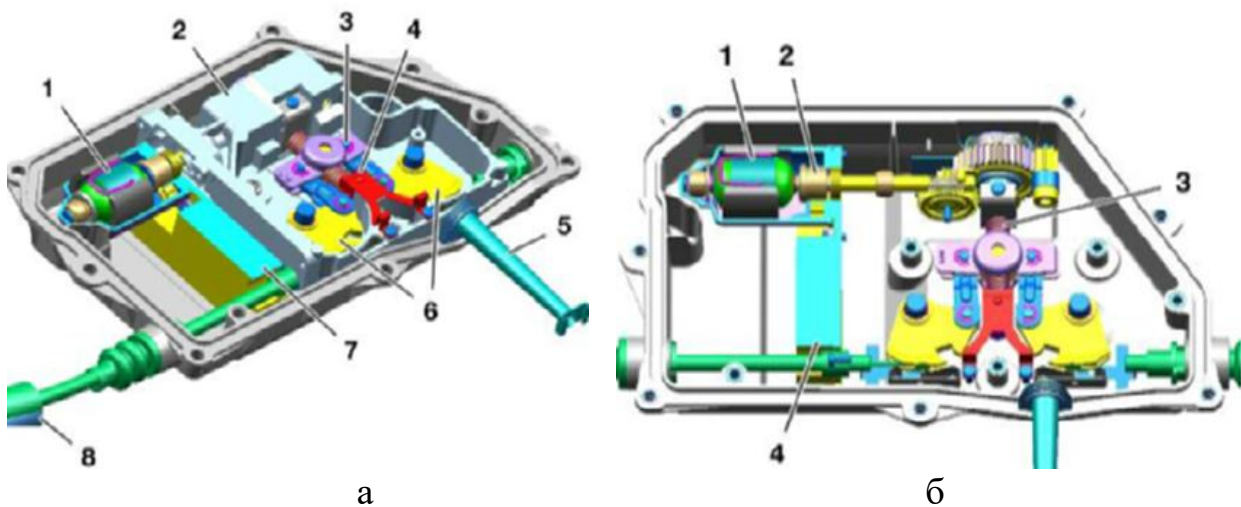


Рисунок 1.11 – Конструкція виконавчого модуля

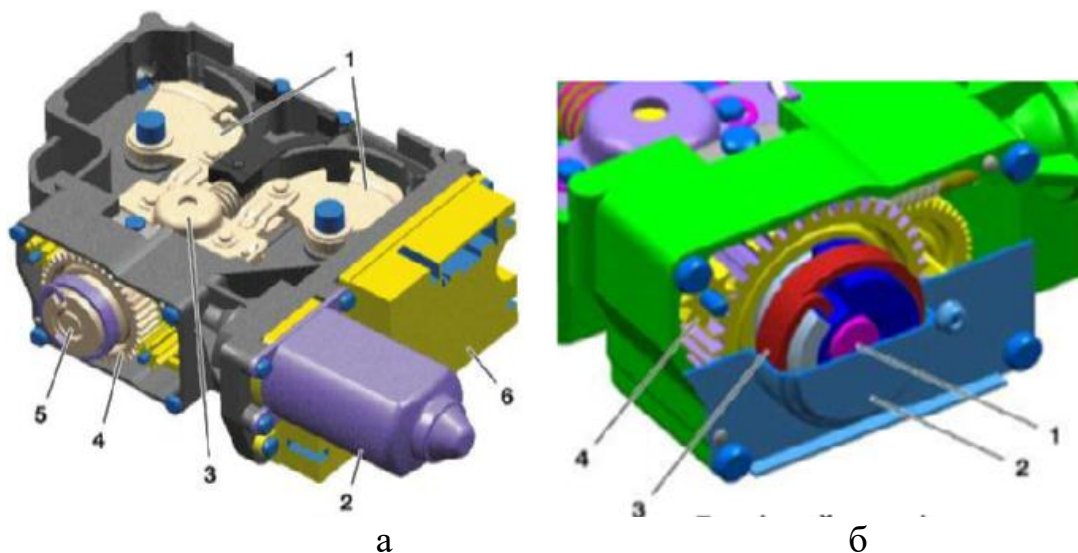
На рисунку 1.11, а позначено позиції: 1 – актуатор (мотор з двома датчиками Холла); 2 – редукторний механізм; 3 – балансове коромисло; 4 – кінцевий упор; 5 – трубка для аварійної роботи; 6 – тросиковий модуль; 7 – блок керування; 8 – трос Боудена (один з двох).

На рисунку 1.11, б позначено: 1 – електричний двигун; 2 – датчики Холла; 3 – шпindel (черв'як); 4 – блок керування.

Кінцевий упор є «нульовою точкою» для початкового положення, необхідного для встановлення троса стоянкового гальма (випуск без натягу). Під час першого відпускання гальма при включеному запалюванні балансир спирається на кінцевий упор.

Датчики Холла встановлені на електродвигуні для визначення швидкості та положення. Блок керування визначає кінцевий упор за збільшенням струму двигуна приводу та зниженням швидкості двигуна (датчики Холла).

При активації шпindelь обертається двигуном за допомогою механізму приводу зубчастої передачі для застосування стоянкових гальм. Балансир тягнеться шпинделем (черв'яком) і компенсує невелику різницю в довжині кабелю. Балансир з'єднаний з'єднувальними важелями, щоб тягнути шкиви троса всередину в напрямку обертання шпинделя. Троси прикріплені до тросових шківів, які втягуються, щоб увімкнути стоянкові гальма. Після досягнення положення утримання черв'ячна передача шпинделя забезпечує натяг троса і не відпускається без обертання шпинделя, рисунок 1.12, а.



а – привід у зборі; б – привідний механізм
Рисунок 1.12 – Компонівка виконавчого модулю

На рисунку 1.12, а позначено позиції: 1 – тросовий шків; 2 – електродвигун приводу; 3 – балансове коромисло; 4 – зубчастий механізм приводу; 5 – шпindelь; 6 – блок керування.

Привідний механізм із спіральною пружиною розроблений як триступеневий (редукторний) зубчастий механізм, що складається з черв'яка, прямозубої

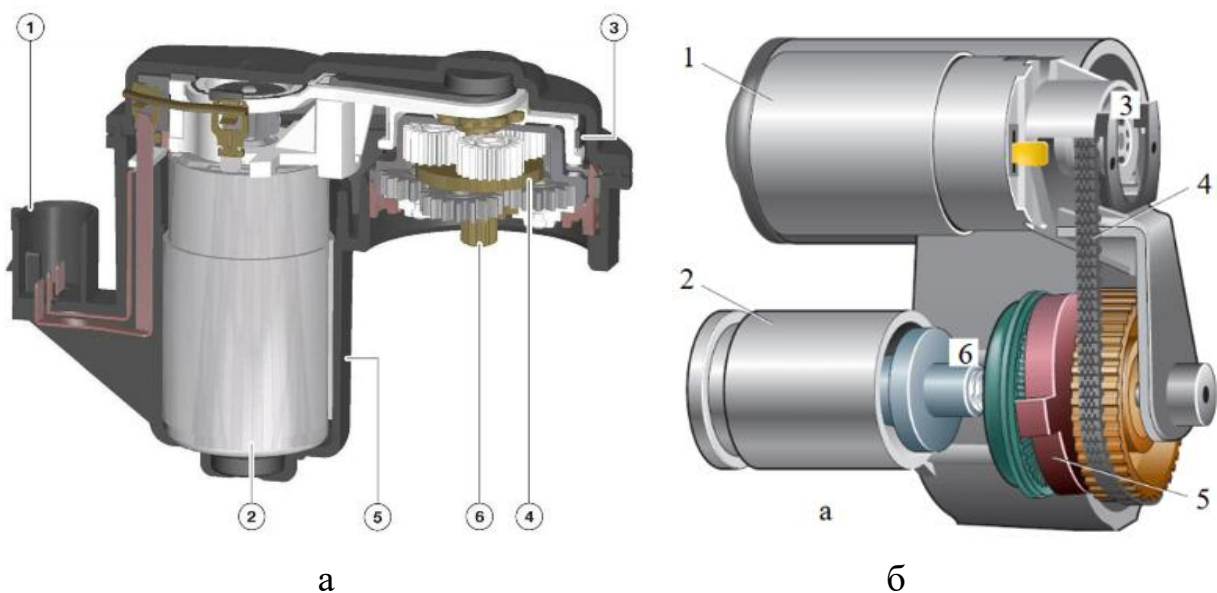
шестерні та шпинделя. Зусиллю утримання стоянкового гальма сприяє гвинтова пружина, встановлена на кінці шпинделя.

На рисунку 1.12, б позначено позиції: 1 – шпиндель; 2 – кришка гвинтової пружини; 3 – гвинтова пружина; 4 – привід аварійного розблокування.

При відпусканні гальма шпиндель повертається двигуном і приводним механізмом шестерні в протилежну сторону. Балансир, сполучні важелі та шків тросу висувуються назовні шпинделем (черв'яком). Троси також висувуються «назовні», щоб відпустити стоянкові гальма. Щоб полегшити розблокування, у вузлах стоянкового гальма всередині гальмівних дисків встановлено зворотні пружини.

1.4 Конструкції супортних гальмівних приводів

В сучасних автомобілях використовуються ступичні електромоторні стоянкові гальма, в яких застосовано один з двох типів передачі потужності електродвигуна [6, 7], рисунок 1.13.



а – з планетарним редуктором; б – з хитною шестернею

Рисунок 1.13 – Конструкції електромоторних приводів ЕРВ

На рисунку 1.13, а позначено: 1 – штепсельне підключення; 2 – електродвигун; 3 – привідний ремінь; 4 – планетарний редуктор; 5 – корпус; 6 – підключення до шпинделя. Зусилля передається через електродвигун 2 і привідний ремінь 3 на двоступеневу планетарну передачу 4. Шпиндель поршня супорта приводиться в рух шпиндельним з'єднанням 6. Шпиндель поршня накручений на гайку з фіксатором проти прокручування у гальмівному поршні забезпечує ефект самоблокування (на рисунку не показано). Зусилля передається через шпиндель і гайку шпинделя з фіксатором проти прокручування на гальмівний поршень. Як і в системах з гідравлічним приводом, гальмівний поршень діє на гальмівні колодки, які притискаються до гальмівного диска. Завдяки самоблокувальному ефекту шпинделя в гайці шпинделя з блокуванням проти прокручування, натяг зберігається, і транспортний засіб міцно утримується, навіть якщо не подається напруга.

Електромоторний привід з хитною шестернею також закріплюється на супорті гальма та керується дистанційно за технологією brake-by-wire. Згідно рисунку 1.13, б, обертання електродвигуна 1 перетворюється в поступальний рух поршня 2 за допомогою декількох передаточних механізмів: планетарного редуктора 3 ремінної передачі 4 хитної шестерні 5 гвинтової пари 6.

Хитна шестерня монтується на маточині веденого шківу під деяким кутом, з можливістю гойдатися та передавати обертаючий момент на вихідний вал через ведену шестерню. Зона нахилу хитної шестерні обмежується двома повідцями (на рисунку не показано). За рахунок різниці в кількості зубів шестерень, зачеплення між ними не повне.

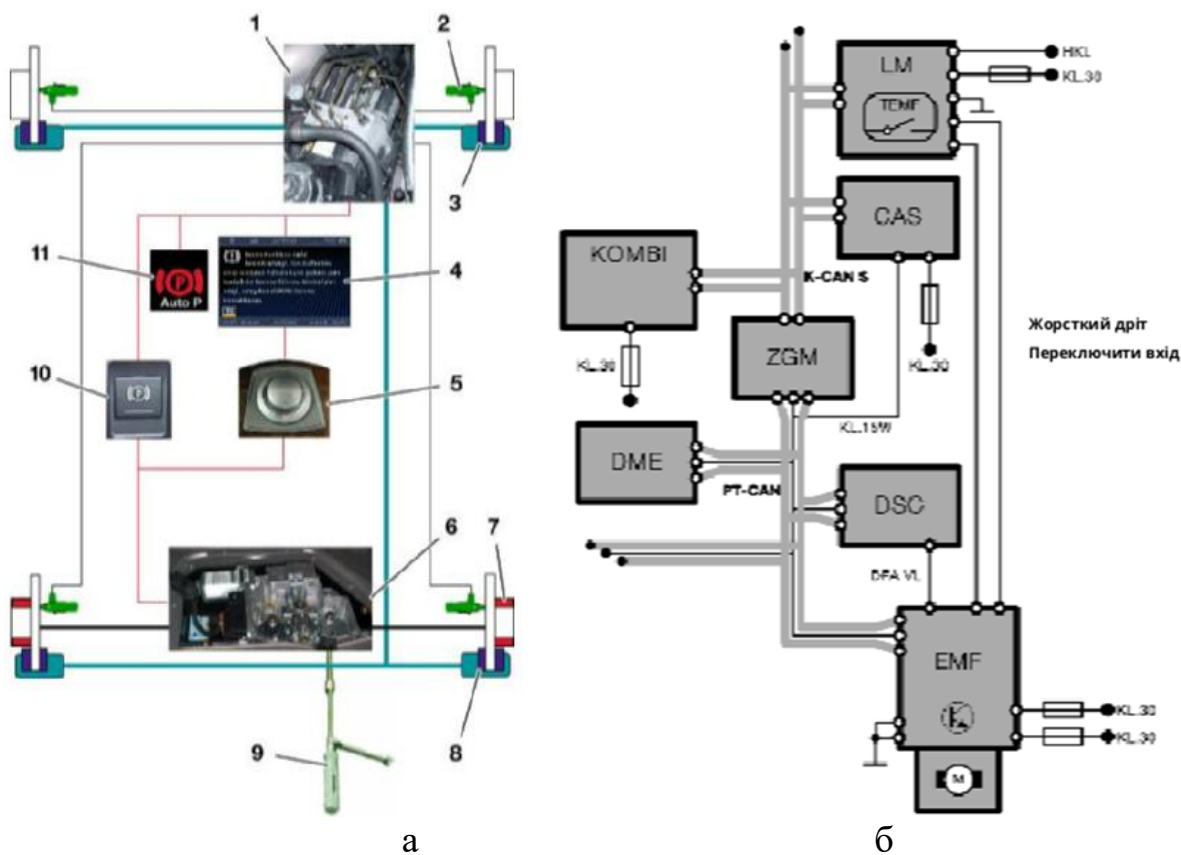
Аналогічно попередньому варіанту, поршень супорта зі спеціальною гвинтовою парою перетворює обертання веденої шестерні в поступальний хід штока за рахунок гвинтової пари, утвореної шпинделем та натискною гайкою. Шток тисне на поршень, який переміщує колодки у бік колісного диска. Переміщення штока (поршня приводу) через ходовий гвинт розраховується по числу обертів ЕД (інкрементний датчик Холла). Створюване зусилля тиску визначається ЕБК

електромеханічного автомобільного гальма, виходячи з показань сили споживаного системою електричного струму. Електродвигун приводу відключається, коли сила струму досягає запрограмованого значення. Якщо, машину зняти з виставленого раніше «ручника», ЕД стане обертатися у зворотному напрямку і відведе шток, прибираючи гальмівне зусилля.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕРВ

2.1 Схеми систем керування ЕРВ

Розглянемо по чергову структурні схеми систем керування ЕРВ різних типів. Спочатку прокоментуємо схеми системи керування приводів електромоторних тросикових ЕРВ. Комплектація системи гальм комбінованої структури показана на рисунку 2.1.



а – мехатронна; б – електричних підключень
Рисунок 2.1 – Схеми стоянкових гальм

На рисунку 2.1, а позначено позиції: 1 – модуль DSC; 2 – датчики обертів коліс; 3 – робочі гальма переднього моста; 4 – контрольний дисплей; 5 – контролер; 6 – блок керування EPS; 7 – стоянкове гальмо; 8 – робочі гальма заднього

моста; 9 – механічні інструменти аварійного розблокування; 10 – кнопка стоянкового гальма; 11 – дисплей на панелі приладів.

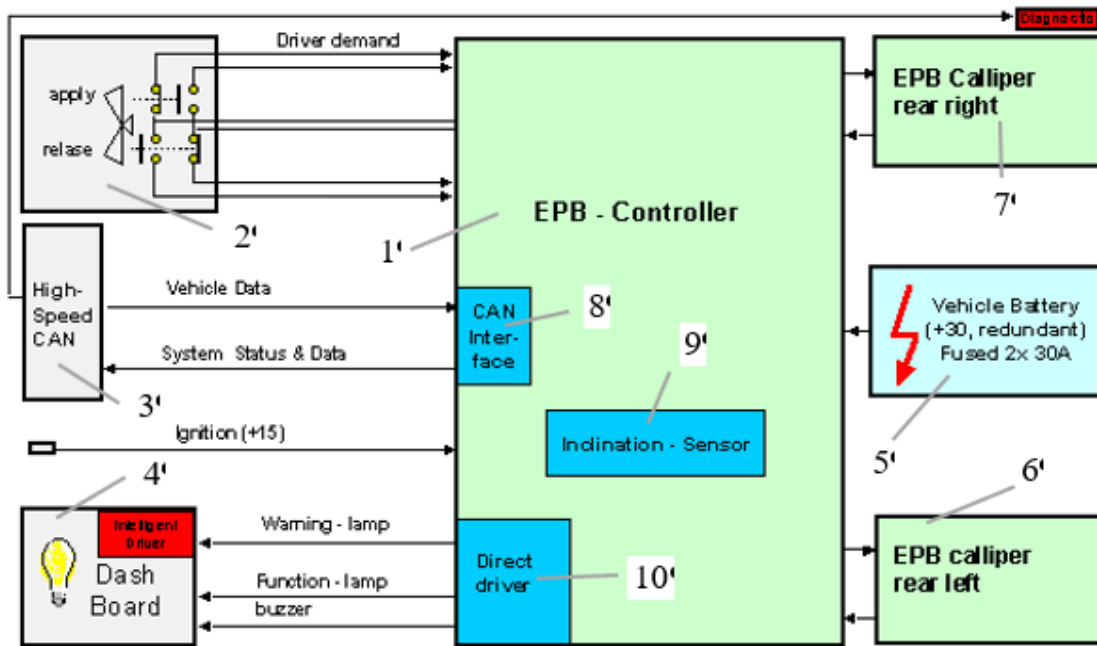
Модуль керування стоянковим гальмом (інтегрований в EPB) кореспондує з іншими блоками керування мехатронними системами автомобіля через шину зв'язку за PT-CAN і K-CAN. Діагностичний зв'язок забезпечується через модуль узгодження ZGM і шину PT-CAN. Коли при працюючому двигуні натискається кнопка стоянкового гальма, гідравлічний блок DSC створює фіксований гальмівний тиск, який подається на робочі гальма, рисунок 2.1, б.

На рисунку 2.1, б позначено: LM – світловий модуль; DSC – динамічний контроль стійкості; TEMF – кнопка стоянкового гальма; CAS – система доступу в автомобіль; ZGM – центральний шлюзовий модуль; DFA VL – сигнал швидкості (окремий жорсткий резервний провід), EMF/EPB – блок керування стоянковим гальмом колеса.

Зусилля, що прикладається до шпинделя, розраховується в модулі керування стоянковим гальмом. Модуль керування спочатку визначає силу струму приводного двигуна з урахуванням температури котушки двигуна (опір впливу). Датчики Холла встановлені на двигуні для визначення швидкості та положення коліс. Приводна сила EPB розраховується шляхом оцінки зниження швидкості двигуна (швидкість є функцією крутного моменту).

Далі розглянемо узагальнену структурну схему системи керування приводами електромоторної супортної EPB. Два приводи, які встановлені на гальмівному супорті, керуються через окремий ЕБК. Блок ЕБК підключається до джерела живлення через дві лінії з запобіжниками 30 А. Усі сигнали надходять від мережі CAN [8], рисунок 2.2.

Керування відбувається за допомогою кнопки EPB, яка підключається до блоку керування. Через високошвидкісний CAN до інтерфейсу CAN подаються дані автомобіля, а з інтерфейсу виходять дані про стан системи. Панель приладів отримує інформацію від функції сповіщення водія, також можливе керування контрольною лампою.



1 – контролер EPB; 2 – кнопка EPB; 3 – високошвидкісний CAN; 4 – панель приладів;
 5 – автомобільний акумулятор; 6 – Супорт EPB задній лівий; 7 – Супорт EPB задній правий;
 8 – інтерфейс CAN; 9 – індикація-датчик ; 10 – сповіщення водія
 Рисунок 2.2 – Схема структурна системи керування супортними приводами

Коли водій натискає кнопку стоянкового гальма EPB, блок керування отримує потрібний сигнал та проводить аналіз, якщо всі умови застосування системи стоянкових гальм виконанні, тоді спрацьовують два електромеханічні приводи EPB на задніх гальмівних супортах.

Блок-схема електронного блоку керування цієї системи, більш докладніше розглянута на рисунку 2.3 [8].

Процесор HC08 від Motorola з 60 Кб флеш-пам'яті широко використовується. Кожен двигун перемикається через польовий транзистор. Зміна напрямку обертання здійснюється за допомогою двох реле. Фактичні потоки струму вимірюються за допомогою одного шунта, як і рівень напруги та полярність. Блок керування може містити до чотирьох ступенів живлення для прямого керування індикаторними лампами. При включеному запалюванні блок керування знаходиться в активному режимі і постійно проводить самотестування.

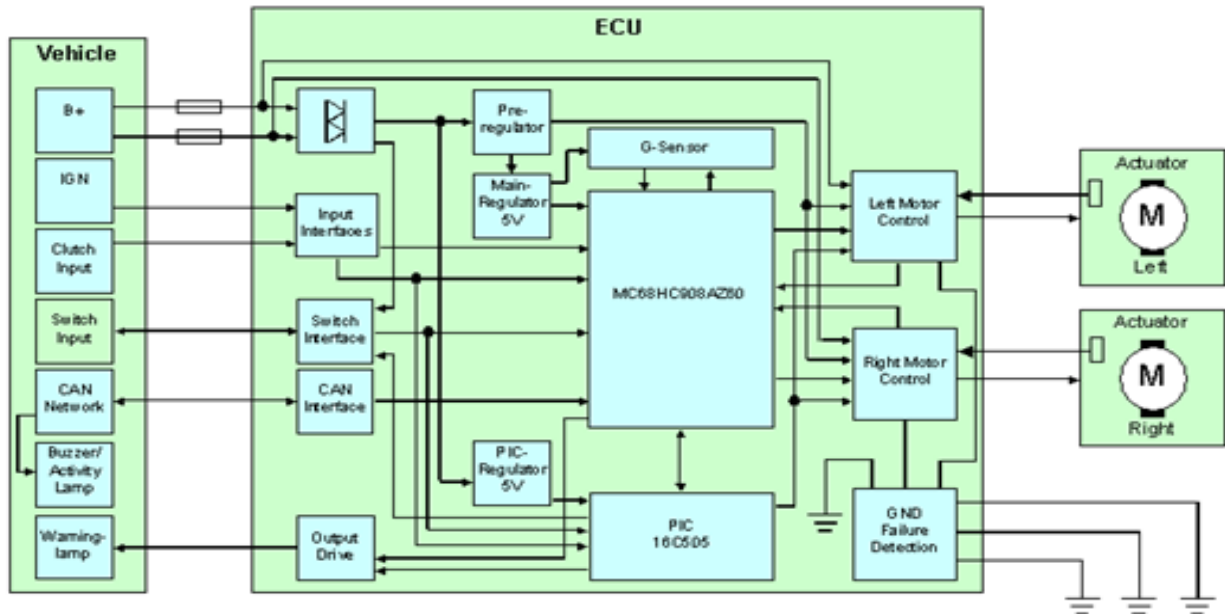
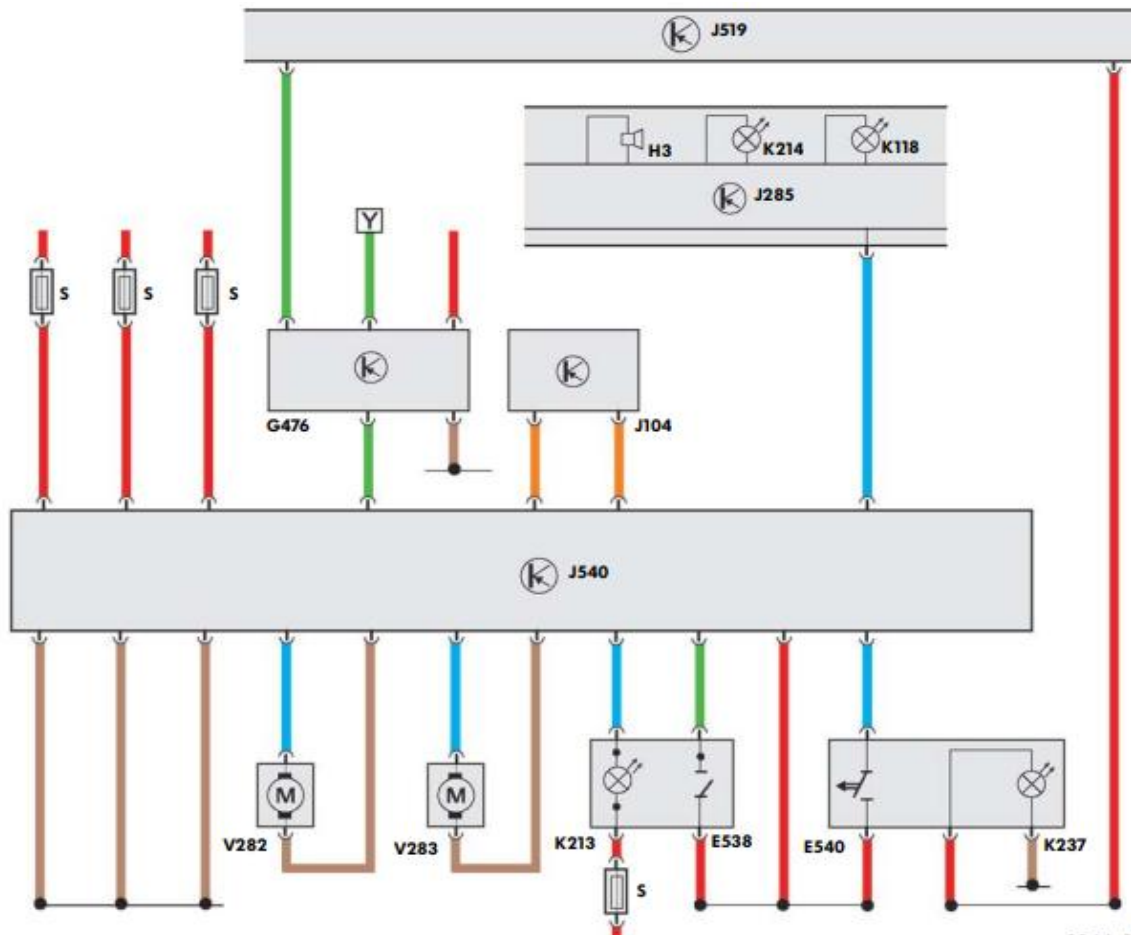


Рисунок 2.3 – Схема структурна ЕБК супортними приводами ЕРВ

Після вимкнення запалювання та періоду підтримки напруги блок керування переходить у режим сну, що заощаджує струм до $200 \mu\text{A}$, з якого він пробуджується або натисканням перемикача, або ввімкненням запалювання. Це контролюється другим процесором, який одночасно виконує функцію моніторингу та може блокувати каскади живлення незалежно від основного процесора. Конфігурація та діагностика кінця (End) лінії (Line) виконуються через CAN зв'язок. Для автомобілів з інтегрованою системою допомоги при запуску, в блок керування додатково встановлюється датчик нахилу. Якщо він встановлений, можна розрізнити статичний і динамічний режими, аналізуючи коливання автомобіля під час руху, навіть якщо сигнали швидкості коліс на шині CAN відсутні.

Прокоментуємо загальну послідовність подій під час, коли ЕРВ отримує команду на ввімкнення гальмів, на прикладі бортової мережі конкретного автомобіля [9, 10], рисунок 2.4.

На схемі кольори електричних кіл визначають їх статус: зелений – вхідні сигнали; блакитний – вихідні сигнали; червоний – позитивні сигнали; коричневий – заземлення; помаранчевий – шина даних CAN.



E538 – кнопка активізації EPB; E540 – кнопка активізації AUTOHOLD; G476 – датчик положення зчеплення; H3 – зумер; J104 – блок керування ABS; J285 – блок керування з дисплеєм у комбінації приладів; J519 – блок керування бортовою мережею; J540 – блок керування EPB; K118 – контрольна лампа гальмівної системи; K213 – контрольна лампа EPB; K214 – контрольна лампа несправності EPB; K237 – контрольна лампа AUTOHOLD; S – запобіжник; V282 – електродвигун лівого EPB; V283 – електродвигун правого EPB

Рисунок 2.4 – Схема електричних підключень системи керування EPB

Опорна напруга надсилається назад до модуля ABS, коли водій переводить перемикач стоянкового гальма в положення APPLY. Модуль ABS перевіряє, чи є умови для спрацьовування EPB, а потім надсилає живлення та заземлення до двигунів приводу стоянкового гальма. Після повного затягування стоянкового гальма модуль ABS надсилає повідомлення до контролера салону (IPC), в результаті чого загоряється червоний індикатор BRAKE (гальмівна система) або індикатор EPB.

Коли водій переводить перемикач стоянкового гальма в положення ВІДПУСК, опорна напруга надсилається назад до модуля ABS, що вказує на запит

на ВІДПУСК. Модуль ABS перевіряє, чи є умови для розблокування ЕРВ правильні, а потім надсилає струм зворотної полярності та заземлення до двигунів приводу стоянкового гальма. Після повного відпускання стоянкових гальм модуль ABS надсилає повідомлення до ІРС, що вимикає індикатор попередження ЕРВ.

Модуль ABS перевіряє мережу, щоб переконатися, що всі умови правильні, перш ніж дозволити ввімкнення електронної гальмівної системи (ЕРВ). Робоче гальмо має бути задіяне, датчик положення дросельної заслінки (TPS) має повідомляти про закритий стан дросельної заслінки, а коробка передач має бути в положенні PARK (паркування).

2.2 Стратегія керування системою ЕРВ

Електромеханічне стоянкове гальмо ЕРВ надає можливість реалізувати і використовувати наступні функції [8]:

- стоянкового гальма;
- динамічного помічника рушання;
- динамічного екстреного гальма;
- автоматичного керування AUTOHOLD.

Загалом, розрізняють статичний режим (швидкість автомобіля менше 7 км/год) та динамічне гальмування (швидкість автомобіля більше 7 км/год) залежно від швидкості автомобіля.

У статичному режимі стоянкове гальмо вмикається та відпускається електромеханічно. У разі динамічного гальмування автомобіль гальмує за допомогою ABS/ESP, що означає, що всі колеса гальмуються гідравлічними системами.

Електромеханічна система ЕРВ (функція стоянкового гальма) забезпечує надійне утримання автомобіля під час паркування на схилі до 30 відсотків. Вмикання та вимикання електромеханічного стоянкового гальма здійснюється натисканням кнопки електромеханічного стоянкового гальма.

Електро механічне стоянкове гальмо можна задіяти будь-коли, навіть коли запалювання вимкнено. Якщо стоянкове гальмо активовано, коли запалювання вимкнено, в кнопці електро механічного стоянкового гальма засвітиться контрольна лампа електро механічного стоянкового гальма, а також контрольна лампа гальм на комбінації приладів.

Якщо електро механічне стоянкове гальмо натиснуте і запалювання вимкнено, обидві контрольні лампи засвітяться лише приблизно 30 секунд, перш ніж згаснуть.

Відпускання електро механічного стоянкового гальма можливе лише при ввімкненому запалюванні. Електро механічне стоянкове гальмо відпускається одночасним натисканням педалі гальма та натисканням кнопки електро механічного стоянкового гальма.

Коли водій пристібає ремінь безпеки, зачиняє двері та запускає двигун, електро механічне стоянкове гальмо автоматично відпускається при натисканні педалі акселератора.

Таким чином, точка відпускання розраховується залежно від кута нахилу та крутного моменту двигуна. Контрольні лампи в кнопках та на комбінації приладів гаснуть.

Динамічний асистент рушання дозволяє рушати з місця без поштовхів або скочування, коли натиснуте електро механічне стоянкове гальмо, навіть на схилах. Ця функція активна лише тоді, коли:

- двері водія зачинені;
- ремінь безпеки пристебнутий;
- двигун працює.

Момент відпускання електро механічного стоянкового гальма залежить від таких параметрів:

- кут нахилу розраховується в блоці керування електро механічного стоянкового гальма на основі сигналу датчика поздовжнього прискорення;
- крутний момент двигуна;

- положення педалі акселератора;
- вмикання зчеплення (для трансмісії з механічною коробкою передач);
- бажаний напрямок руху;

Остання позиція визначається на автомобілях з автоматичною коробкою передач за допомогою вибору напрямку руху, а на автомобілях з механічною коробкою передач, за допомогою перемикача ліхтарів заднього ходу.

При використанні функції динамічного асистента рушання автомобіль не потрібно утримувати на світлофорі, наприклад, використовуючи педаль гальма. Щойно педаль акселератора натиснути, стоянкове гальмо автоматично вимикається, і автомобіль починає рух.

Робота водія полегшується під час рушання в гору, наприклад:

- при поступовому відпусканні стоянкового гальма;
- при одночасному натисканні педалей зчеплення та газу;
- при пошуку правильної точки для приєднання до потоку руху.

Небажане зворотне качання усувається, оскільки стоянкове гальмо не вимикається, доки крутний момент автомобіля не стане більшим за силу, що тягне автомобіль назад (як визначається блоком керування).

Якщо педаль гальма втрачає свою функцію або блокується, транспортний засіб можна різко загальмувати за допомогою функції динамічної екстреної зупинки. Ця функція також доступна, коли запалювання вимкнено. Натисканням та утриманням кнопки електромеханічного стоянкового гальма гальмування транспортного засобу, який рухається відбувається зі швидкістю уповільнення приблизно 6 м/с^2 . Спрацьовує звуковий попереджувальний сигнал і вмикаються стоп-сигнали.

Функція динамічної екстреної зупинки здійснюється за допомогою створення гідравлічного гальмівного тиску на всіх 4 колесах, якщо швидкість транспортного засобу перевищує 7 км/год . Маневр гальмування контролюється залежно від дорожньої ситуації функцією ABS/ESP. Таким чином, забезпечується стійкість транспортного засобу під час гальмування.

Якщо, кнопку електромеханічного стоянкового гальма натиснути, коли транспортний засіб рухається зі швидкістю менше ніж 7 км/год, стоянкове гальмо вмикається електромеханічним способом (дивись функцію стоянкового гальма). Якщо швидкість транспортного засобу після динамічної екстреної зупинки перевищує 7 км/год, гальмо вимикається шляхом відпускання електромеханічної кнопки паркування або натискання педалі акселератора. Після зупинки транспортного засобу необхідно вимикати стоянкове гальмо, як описано для функції стоянкового гальма.

Функція AUTOHOLD призначена для допомоги водієві, коли автомобіль нерухомий та під час руху (вперед або назад). Функція AUTOHOLD поєднує такі допоміжні субфункції [9, 10]: асистент рушання на підйомі; асистент зупинки та рушання; автоматичне паркування, рисунок 2.5

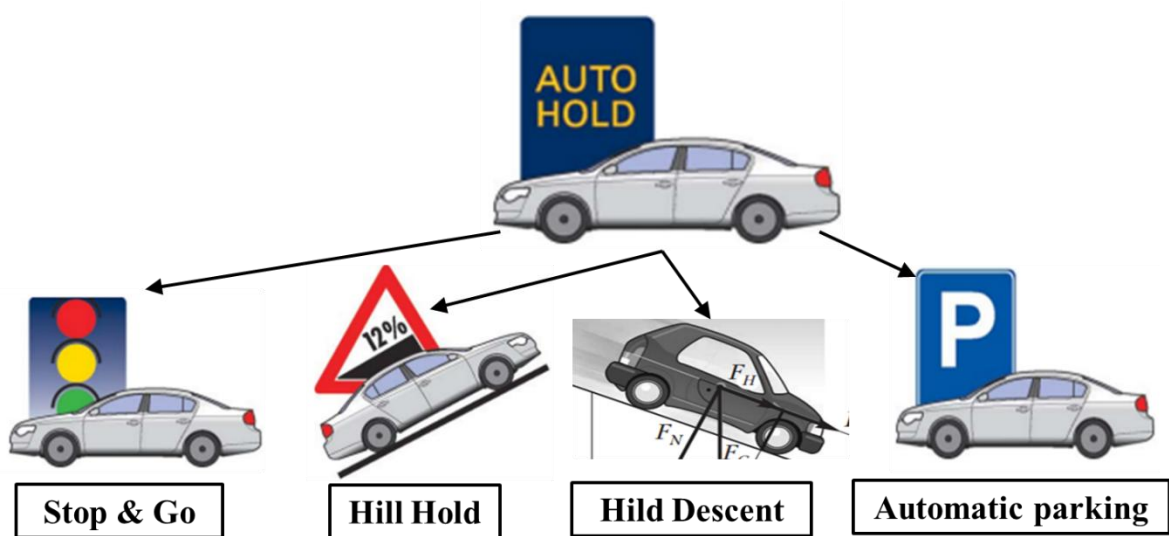


Рисунок 2.5 – Функції програми AUTOHOLD

Використання субфункції Stop & Go полегшує дії водія оскільки більше не потрібно тримати автомобіль на педалі гальма у повільному русі. Асистент рушання на підйомі (Hill Hold) автоматизує процедуру утримання та рушання автомобіля в гору, запобігаючи небажаному скочуванню. Асистент рушання з гори Hill Descent автоматично запобігає надмірному довільному прискоренню автомобіля під час руху під ухилу. Цю функцію можливо реалізувати тільки для

автомобілів, в яких основна гальмівна система виконана як електромеханічна (EMB). Автоматичне паркування (Automatic Parkin) відбувається якщо автомобіль припарковано з увімкненою функцією AUTOHOLD і відчинено двері водія, відстебнута ремінь безпеки або вимкнено запалювання.

Натискаючи кнопку AUTOHOLD на центральній консолі, водій може скористатися функцією AUTOHOLD. Активація відображається за допомогою попереджувальної лампи, що загоряється в кнопці. Щоб вимкнути функцію AUTOHOLD, потрібно знову натиснути кнопку AUTOHOLD. Попереджувальна лампа в кнопці гасне.

Функцію AUTOHOLD можна активувати лише за умов динамічного асистента рушання: двері водія зачинені; ремінь безпеки пристебнутий; двигун працює. Щойно одна з трьох ситуацій зміниться, функція AUTOHOLD вимкнеться. Її потрібно повторно активувати щоразу, коли запалювання вмикається, натискаючи кнопку AUTOHOLD.

Треба додати, що функції активної допомоги при підйомі HSA (Hill Start Assist) та спуску HDC (Hill Descent Control), які автоматично запобігають небажаному скочуванню автомобіля назад або його надмірному прискоренню під час ухилу, також реалізуються в гідроелектричних гальмівних системах на базі блоків ABS/ESP.

Функція допомоги при старті на похилій HSA поверхні розроблена з метою запобігання мимовільному руху автомобіля назад на початку руху на ухилі [11]. Така система встановлюється як додаткова опція на ряд моделей легкових автомобілів. У різних виробників ця система отримала власні фірмові назви:

- Hill Hold Control (HHC) – Volkswagen;
- Hill Holder – Subaru та Fiat;
- Hill-Start Assist Control (HAC) – Toyota;
- Up hill Start Support (USS) – Nissan.

Коли автомобіль зупинений на ухилі, на нього діє сила, яка прагне зрушити його вниз по похилій площині. Якщо зараз відпустити гальмо, автомобіль почне

назад. Тиск у колісних циліндрах зберігається, виключаючи передчасне ослаблення гальмівної дії, рисунок 2.6, б.

Поки автомобіль не рухається, відбувається плавне зменшення тиску. Натискання на акселератор ініціює зростання тягового моменту і система синхронно знижує гальмівне зусилля, дозволяючи автомобілю стартувати без ривка і без відкату назад. У цей момент впускний клапан знову відкрито, рисунок 2.6, в.

Як тільки тяга, що розвивається, стає достатньою для впевненого торкання і прискорення, гальмівний тиск повністю зникає, і автомобіль продовжує рух самостійно, рисунок 2.6, г.

Важливо враховувати, що функція активна незалежно від напрямку руху: вона ефективна як при старті переднім, так і заднім ходом під час руху вгору схилом.

Якщо водій не натискає педаль гальма і автомобіль знову починає рух з зупинки, функція ESP активується. Виконується процедура гідравлічного накачування. Це означає, що тиск у гальмах створюється за допомогою насоса ABS. Після трьох хвилин утримання автомобіля відбувається перемикання з гідравліки ESP на електромеханічне стоянкове гальмо.

Система допомоги під час спуску HDC призначена для підтримки водія під час руху автомобіля вниз схилом, забезпечує запобігання мимовільному збільшенню швидкості транспортного засобу. Залежно від марки машини, виробники називають цю функцію по-різному:

Hill Descent Control (HDC) – використовується брендами Volkswagen, BMW та іншими;

Downhill Assist Control (DAC) – застосовується компанією Toyota;

Downhill Drive Support (DDS) – фірмова назва системи у Nissan.

На похилій поверхні на автомобіль діє сила тяжіння, яка розкладається на дві складові: перпендикулярну до поверхні і спрямовану вздовж схилу. Остання – це сила, що прагне змусити машину скотитися вниз, що позначається F_H .

У разі, якщо під час руху вниз додатково діє і власна тягова сила автомобіля F_A , вона підсумується з компонентом F_H , збільшуючи загальне прискорення автомобіля. Важливо розуміти, що сила, яка скочує, присутня незалежно від швидкості машини, через що без додаткових заходів машина буде розганятися, чим довше триває спуск. Щоб уникнути неконтрольованого прискорення, водієві доводиться вручну задіяти гальмо або вмикати знижену передачу, прибравши ногу з педалі газу. Система допомоги під час руху вниз активується лише за дотримання певних умов:

- швидкість руху автомобіля не перевищує 20 км/год;
- кут нахилу поверхні перевищує 20 %;
- двигун запущений та працює стабільно;
- педалі гальма та акселератора не натиснуті водієм.

Якщо всі перераховані вище параметри виконуються, система аналізує поточну ситуацію, орієнтуючись на частоту обертання двигуна, швидкість коліс і положення педалі акселератора. Якщо швидкість перевищує допустиму для безпечного спуску, система робить висновок про рух похилою вниз і активує гальмівну систему. Підтримка стабільної швидкості забезпечується за рахунок автоматичного підгальмовування, рівень якого залежить від початкових умов початку руху та обраної передачі.

Для гальмування працює насос зворотної подачі, а компоненти ABS переходять в активний режим: відкриваються впускні і клапани високого тиску, одночасно з цим випускні клапани ABS закриваються. Це призводить до створення тиску в гальмівних циліндрах коліс. Всі ці дії реалізуються через гідромодулятор, який відповідає за формування потрібного рівня гальмівного зусилля.

Як тільки автомобіль сповільнюється до безпечної швидкості, система знижує тиск у контурі та тимчасово відключає гальмування. Однак якщо рух по нахилу продовжується без натискання на педаль газу, помічник знову починає втручання. Таким чином, забезпечується стабільний рух у межах контрольованої та безпечної швидкості, що робить керування на спуску значно простіше та

надійніше. Така функція може реалізуватися на автомобілі з основною електро-механічною гальмівною системою на базі приводів ЕМВ.

Припинення роботи системи відбувається або вручну (повторним натисканням на кнопку активації) або автоматично. Автоматичне відключення спрацьовує при натисканні на будь-яку з педалей – газу або гальма, або при зменшенні нахилу дороги до значення менше 12 %.

2.3 Реалізація програмного розширення Auto Hold

Система ЕРВ може забезпечуватися функцією автоматичного утримання Auto Hold [1]. Це програмне розширення логіки дії електромеханічного гальма, яке дозволяє стискати гальмівні колодки навіть після відпускання педалі гальма за певних умов. У своїй роботі ця система спирається на показання датчиків:

- аналізатора ухилу, на якому розташований автомобіль;
- положення педалі зчеплення (для ручних коробок) або акселератора (для АКП);
- оцінки швидкості відпускання педалі гальма;
- оцінки швидкості руху машини, якщо вона рухається.

Все це потрібно для своєчасного включення і відключення гальма ЕРВ . У загальному випадку, система працює так:

- водій вичавлює педаль гальма і натискає кнопку Auto Hold. При цьому, ЕБК активує систему і переходить в стан очікування;

- коли автомобіль повністю зупиняється, система переходить в активний режим, і навіть при відпусканні гальмівної педалі, транспортний засіб не рухається. В автомашинах концерну Фольксваген Auto Hold має кілька субфункцій:

- асистент старту з місця;
- асистент руху в режимі Stop-and-Go;
- автоматичної активації електромеханічного гальма.

Блок керування стоянковими гальмами кореспондує з ABS гідравлічної

робочої системи гальм. При відпусканні педалі гальм, тиск в гальмівному механізмі продовжує зберігатися в автоматичному режимі. Якщо, ABS розпізнає рух по схилу (зчитуються датчики нахилу, кочення і т.і.), вона дає команду на збільшення тиску, поки не відбудеться зупинка. Потім, коли водій включає зчеплення (для «механіки») або додає газу (для «автомата»), Auto Hold прибирає зусилля гальмування.

В режимі стоянки система перемикається з гідравлічних гальм на електро-механічну частину через 3 хвилини після початку утримання машини або при від'єднанні ременя, або виключенні запалення двигуна або відкриванні дверей.

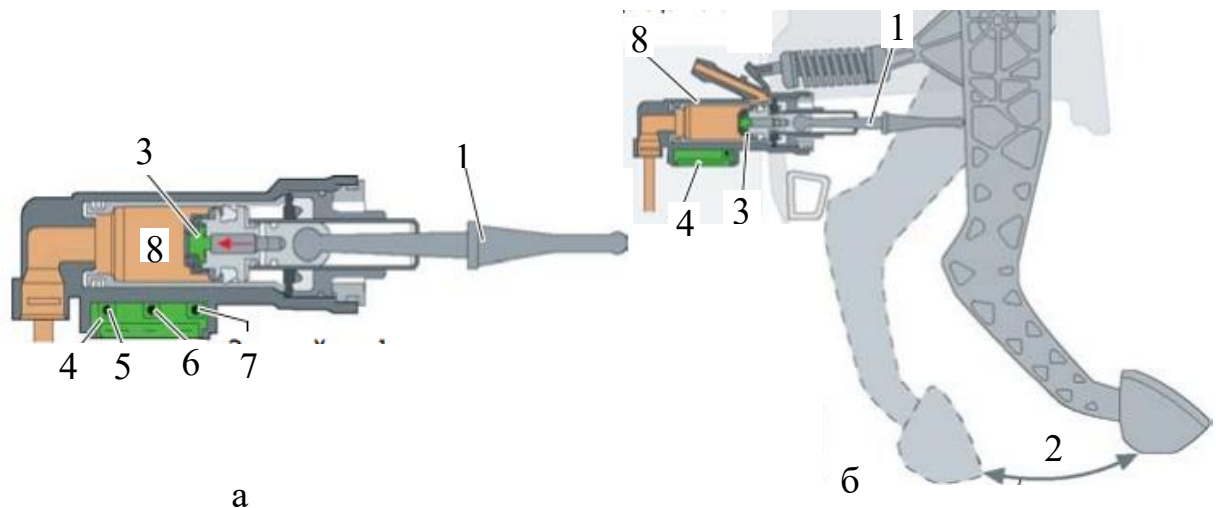
Таким чином, ЕБК стоянкового гальма з функцією Auto Hold у складі комбінованої структури системи керування шасі кореспондує з ЕБК декількох мехатронних систем різного призначення:

- дроселем ДВЗ (датчики положення педалі акселератора та частоти обертання колінчастого валу);
- ABS (датчики кутової швидкості коліс);
- рульового керування (датчик кута повороту керма);
- динамічної стійкості (датчики повздовжнього нахилу);
- приводу AWD (муфта Haldex).

Оригінальним за призначенням і конструкцією для системи ЕРВ з функцією Auto Hold є датчик положення педалі зчеплення, який реєструє її поточне положення і швидкість відпускання [1], рисунок 2.7.

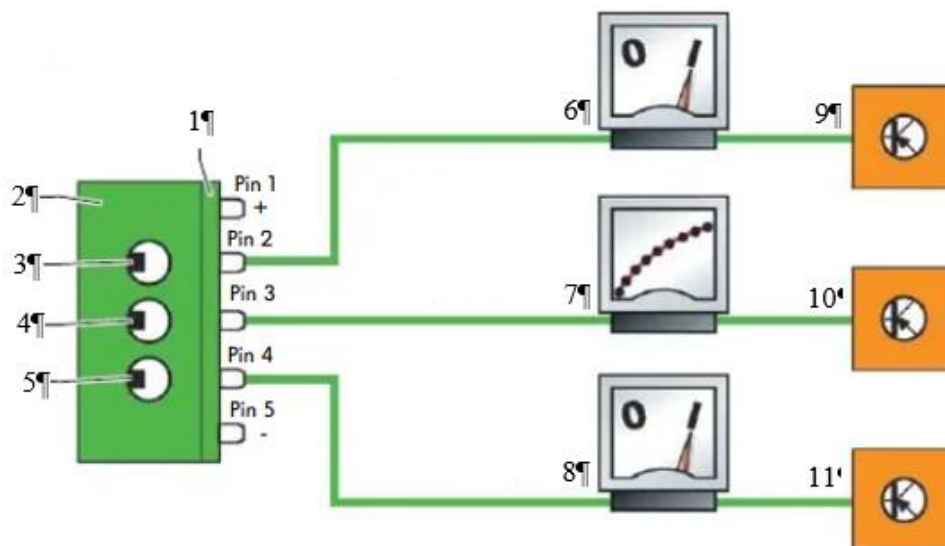
Штовхач 1, переміщуваний педаллю 2, наближає поршень гідравлічної системи зчеплення (гідроциліндр) із закріпленим на ньому магнітом 3, до триступеневого датчика переміщення 4 (датчики Холла 5 – 7 на друкованій платі). При відключенні гальма, ЕБК аналізує кут нахилу автомобіля, положення педалі акселератора (або зчеплення) і швидкість відпускання зчеплення. При цьому, розраховується оптимальний час для розблокування гальмівних дисків.

Педаль зчеплення пересуває штовхач, який переміщує плунжер до трьох ступеневого датчика положення педалі зчеплення.



а – модуль датчика; б – композиція педалі
Рисунок 2.7 – Устрій датчика положення педалі зчеплення

На гідравлічному поршні розташований постійний магніт, який переміщується поруч з трьома датчиками Холла, які встановленні у датчику педалі зчеплення. Коли гідравлічний поршень з постійним магнітом рухається, тоді датчики Холла відправляють сигнали до відповідних блоків керування, рисунок 2.8 [12].



1 – вихідний роз'єм; 2 – корпус; 3 – перший датчик Холла; 4 – другий датчик Холла;
5 – третій датчик Холла; 6 – сигнал напруги до блоку керування двигуном; 7 – сигнал до блоку
електромеханічних стоянкових гальм; 8 – сигнал напруги до блоку бортової мережі;
9 – блок керування двигуном; 10 – блок керування електромеханічним стоянковим гальмом;
11 – блок керування бортової мережі живлення

Рисунок 2.8 – Датчик положення педалі зчеплення

Датчики Холла, які розташовані на датчику положення педалі зчеплення потрібні для виконання наступних дій:

- датчик Холла 1 – цифровий датчик, який призначений для того, щоб відправляти данні до блоку керування двигуном. Через цей сигнал система круїз-контролю вимикається;

- датчик Холла 2 – це аналоговий датчик. Блок електромеханічного стоянкового гальма отримує від нього модульований сигнал про ширину імпульсу (сигнал ШІМ). Таким чином визначається точне положення педалі зчеплення. На основі цих даних ЕБК визначає оптимальний час для зниження гальмівного зусилля;

- датчик Холла 3 – цифровий датчик, який відправляє свій сигнал до блоку керування бортової мережі. За допомогою цього сигналу, блок керування визначає, що педаль зчеплення повністю натиснута та можливий запуск двигуна [12].

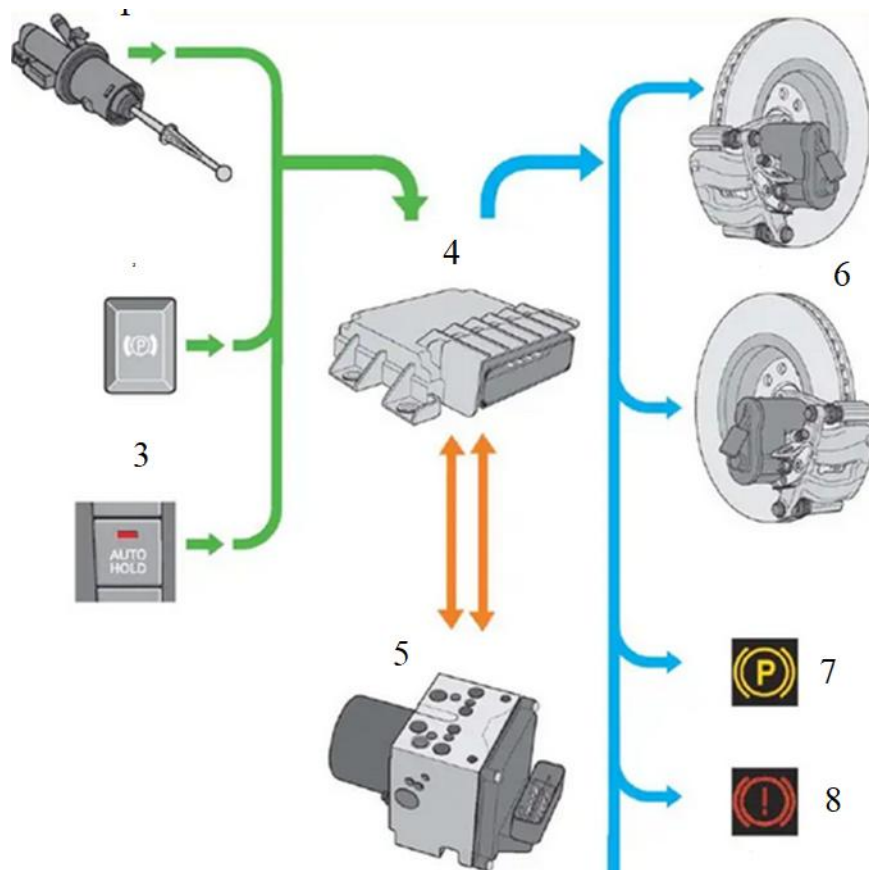
Розташування елементів системи електромеханічних стоянкових гальм з функцією Auto Hold на борту автомобіля показано на рисунку 2.9.



1 – блок ABS; 2 – блок керування EPB; 3 – електромеханічний гальмівний привід; 4 – датчик положення педалі зчеплення; 5 – кнопка EPB; 6 – перемикач функції Auto Hold.

Рисунок 2.9 – Апаратна реалізація системи EPB з функцією Auto Hold

Схема обміну даними системи електромеханічних гальм з функцією автоматичного утримування та блоком ABS наведено на рисунку 2.10 [12].



1 – датчик зчеплення; 2 – кнопка ЕРВ; 3 – кнопка функції Auto Hold; 4 – блок ЕРВ;
5 – блок ABS; 6 – електромеханічний привід; 7 – індикатор ЕРВ; 8 – індикатори гальмівної системи, помилки ЕРВ, активізації функції Auto Hold

Рисунок 2.10 – Схема функціональна комунікацій системи ЕРВ/Auto Hold

Електронний блок керування перевіряє данні про поточне положення кузова автомобіля, також аналізує результати датчика положення педалі зчеплення та швидкість відпускання. На основі цих даних система розраховує оптимальний час зняття зусилля з гальмівних дисків [1].

Таким чином, блок керування ЕРВ з функцією автоматичного утримування, постійно виконує обмін даними з іншими ЕБК та датчиками системи:

- блок ABS;

- датчики кутової швидкості коліс;
- датчик повздовжнього нахилу;
- датчик положення педалі акселератора;
- датчик положення педалі зчеплення та швидкості її відпускання [1].

Система електромеханічних гальм з додатковим розширенням Auto Hold має низку істотних плюсів:

- автовласник відчуває менші навантаження при експлуатації АТЗ (особливо це важливо в міському режимі їзди, з пробками і частими циклами розгону-зупинки, адже більше не потрібно постійно тримати гальма вичавленим);
- програма допомагає зупинятися і починати рух на ухилах, машина не скочується;
- підтримка блоку керування автоматично утримує машину на одному місці, при цьому немає різниці, чому автомобіль зупинився;
- запрограмований режим включення електричного гальма при відкритті дверей водія, від'єднанні ременю безпеки, заглушеному двигуні;
- включення забезпечується зручною кнопкою;
- електричні гальма не потребують регулювання в процесі експлуатації;
- система вимикається автоматично.

Але є і деякі суттєві недоліки:

- не можна контролювати ступінь зусилля гальма;
- якщо акумулятор повністю розрядився, зняти машину з електричного ручного гальма неможливо до поновлення заряду.

3 РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1. Практичне заняття на тему «Визначення технічного стану системи ЕРВ на борту автомобіля»

Методичні вказівки до практичних занять містять структурні компоненти: мету роботи; перелік устаткування; теоретичні відомості про агрегат системи; порядок проведення роботи; зміст звіту та висновки по результатах роботи; перелік контрольних запитань; перелік використаних джерел інформації.

Мета заняття: вивчити конструкцію, особливості функціонування і технічні характеристики системи електромеханічних стоянкових гальм, а також отримати практичні навички з діагностики та локалізації її несправностей.

Лабораторне устаткування:

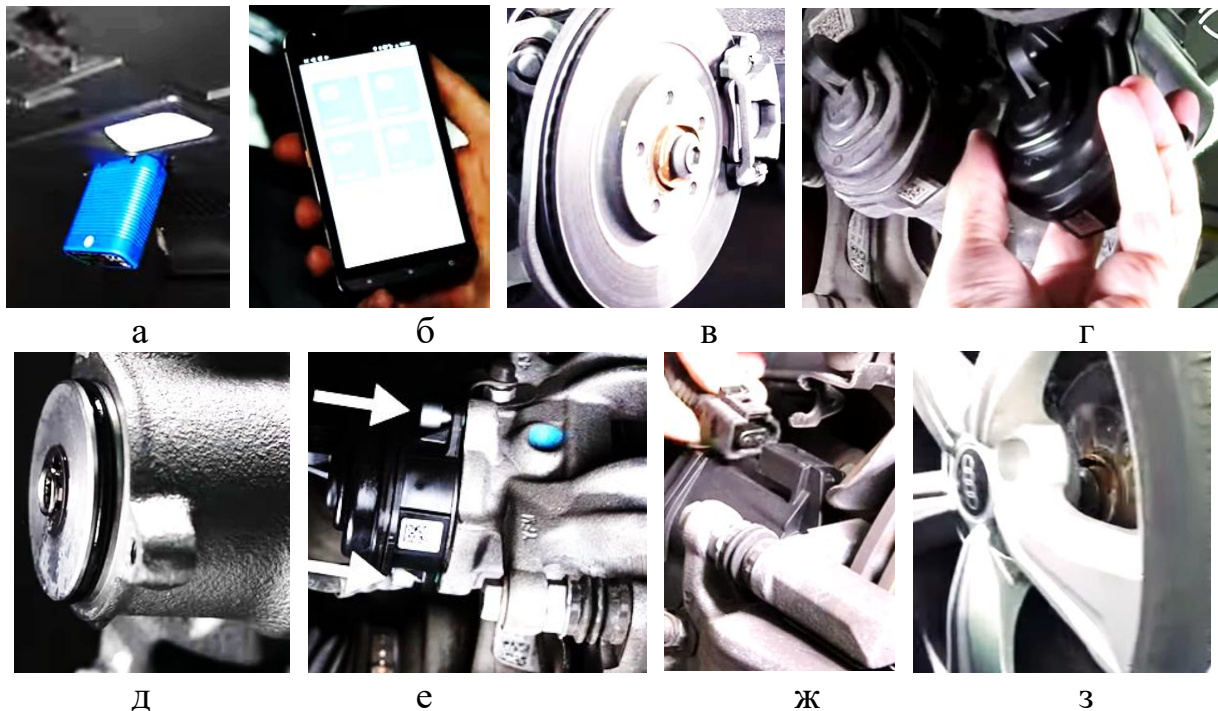
- автомобіль Hyundai I40;
- сканер Launch PAD-V/VII;
- інструмент для демонтажу;
- монтажні проводи і з'єднувальні трубопроводи;

Теоретичні відомості. Інформація про устрій і алгоритми функціонування системи електромеханічних стоянкових гальм ЕРВ наведені в першій і другій главах.

За сценарієм, проведення занять у віртуальній майстерні, як і у традиційних методичних вказівках, передбачено розглядати теоретичну і практичну частину практикуму по кожній темі.

Для закріплення лекційного матеріалу, в теоретичній частині заняття, передбачається передивитися тематичний ролик, який покроково демонструє процес заміни приводу ЕРВ [13]. Це дає повне уявлення про технологію усунення пошкоджень, рисунок 3.1.

У ролику продемонстровано усі операції, що виконуються під час відновлення системи ЕРВ. Керуючий поршень показано зі знятим сервоприводом.



а, б – встановлення зв'язку зі сканером; в – зняття колеса; г – перевірка ідентичності заміни;
 д – поршень приводу гальмівних колодок; е – кріплення нового сервоприводу;
 ж – підключення електричного рознімання до супорту; з – встановлення колеса на місце
 Рисунок 3.1 – Операції заміни приводу

Додатково приділено увага заміні резинових комплектуючих в обсязі технічного обслуговування.

Практична частина занять проводиться в умовах майстерні на реальному автомобілі. При цьому, використовується мультимарочний мультисистемний (універсальний) сканер лінійки Launch X-431, рисунок 3.2.



а – PAD-V; б – PAD-VII;

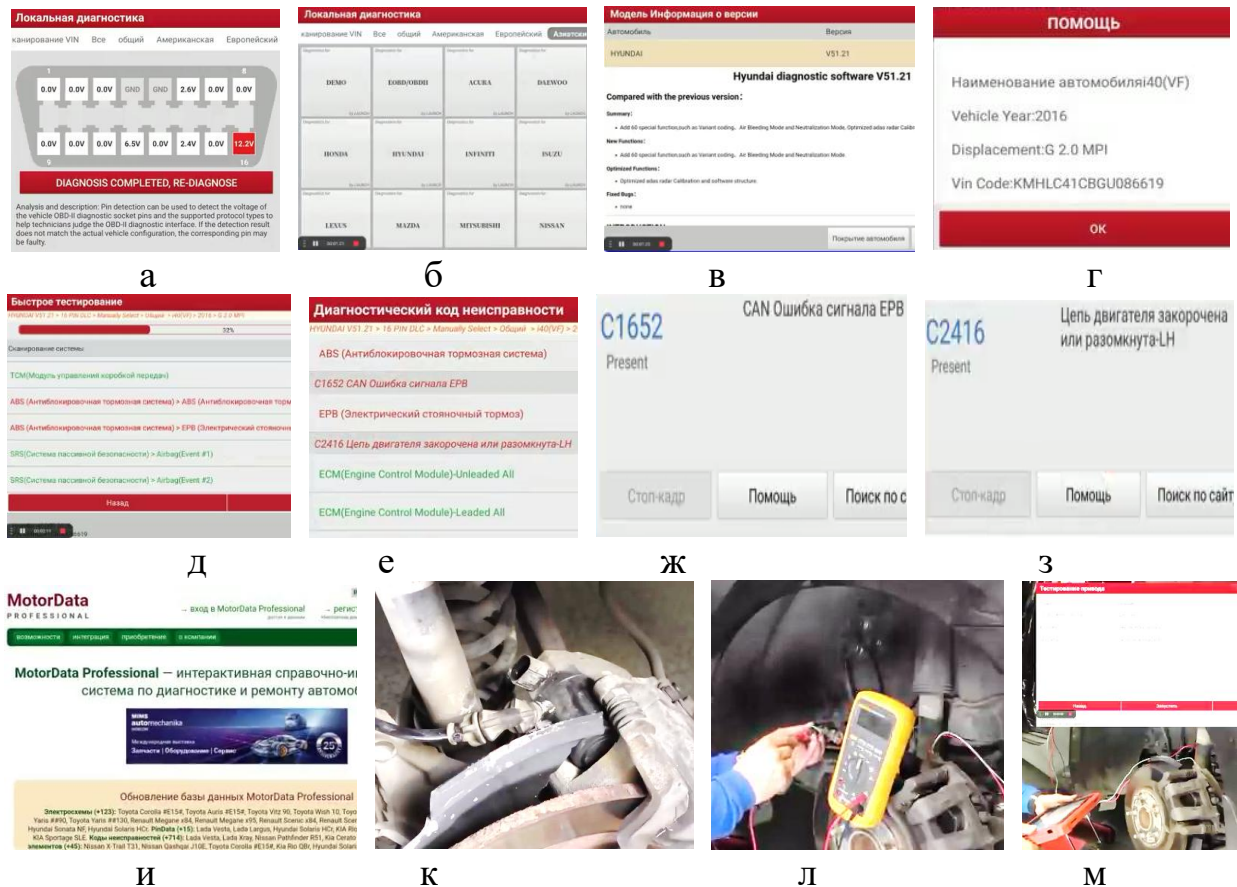
Рисунок 3.2 – Діагностичні сканери лінійки Launch X-431 PAD

Сканер PAD-V – увібрав у себе досвід попередників і новітні технологічні рішення, включаючи on-line програмування та підтримку протоколу J2534. Підтримує 26 програм сервісних функцій, рисунок 3.2, а.

Сканер PAD-VII – новинка 2021 року і на сьогоднішній день просунутий мультимарочний сканер, рисунок 3.2, б. Максимально потужний з усіх X-431, коли-небудь випущених компанією LAUNCH. Сучасна платформа та найпередовіші технології, включаючи віддалену діагностику Smart Link, онлайн програмування та підтримку додаткових модулів розширення роблять PAD VII незамінним помічником для фахівців автосервісу. Сканер виконує наступні функції:

- Vin scan для автоматичного визначення моделі а/м;
- топологічна карта;
- History для ведення журналу звітів;
- Quick test для автоматичного читання DTC;
- читання та стирання кодів несправностей;
- ідентифікація блоків керування;
- читання поточних параметрів систем;
- активація виконавчих механізмів;
- адаптація блоків керування;
- кодування блоків керування;
- 33 програми сервісних функцій RESET;
- онлайн програмування та кодування;
- віддалена діагностика Smart Link;
- ведена діагностика VAG;
- підтримка додаткових модулів;
- підтримка протоколів: DOIP/CANFIJ/RP1210/D-PDU/J2534;
- можливість докупити вантажний комплект адаптерів та ПЗ.

Для отримання практичних навичок, в другій частині заняття, передбачено передивитися тематичний ролик за технологією «Чужими руками», який наочно демонструє операції виконання практичного завдання [14], рисунок 3.3.



а – потенціальна карта діагностичного рознімання; б – вибір марки автомобіля; в – вибір моделі автомобіля; г – дані по обраному автомобілю; д – індикація несправних систем; е – тлумачення кодів несправностей; ж, з – підтвердження кодів несправностей; и – вікно бази даних; к – електричне рознімання приводу; л – перевірка кабелю; м – підтвердження відновлення сканером

Рисунок 3.3 – Процес діагностики і локалізації несправності системи EPB

Згідно завдання на практичне заняття треба виконати наступні операції.

1. Встановити зв'язок між сканером і автомобілем одним з двох способів – контактним або Bluetooth (за вказівкою викладача);
2. Перевірка рознімання діагностики. Натиснути зафіксувати рівні напруг на виводах – CAN-шина 6 і 14 пін, рисунок 3.3, а.
3. Перейти на азіатський ринок, обрати Hyundai V.51.21, рисунок 3.3, б, в.

4. Натиснути клавішу «Автоматичне визначення». Зафіксувати модель автомобіля рік випуску та об'єм ДВЗ, рисунок 3.3, г.

5. Активізувати режим «Швидке тестування», отримати інформацію про несправні системи (ABS і EPB) відзначено червоним, рисунок 3.3, д.

6. Зчитати помилки (тлумачення кодів несправностей) - (ABS – помилка сигналу ЕПБ і EPB – коло електродвигуна закорочено або розімкнуто ЛН лівий борт), рисунок 3.3, е.

7. Зайти в блок ABS, зчитати код несправності, рисунок 3.3, ж.

8. Зайти в блок EPB, зчитати код несправності, рисунок 3.3, з.

9. Зайти в базу даних Motor Date і отримати більш детальну (Help) інформацію про локалізацію пошкоджень, рисунок 3.3, и.

10. Зробити навігацію по меню бази даних: автомобіль (марка – модель) гальмівна система – блок системи ABS – читання кодів.

11. Натиснути обраний код ABS і зчитати можливі причини і місця несправностей: 1 – обрив шини CAN; 2 – стоякові гальма EPB.

12. Повторити навігацію до блока EPB. Натиснути обраний код EPB і зчитати можливі причини і місця несправностей: 1 – блок керування EPB, 2 – коротке замикання у колі живлення від блока керування до сервоприводу (проводка); 3 – електропривод (високий опір в розніманні сервоприводу).

13. За допомогою сканера (режим «Керування EPB») послідовно виконати дві активізації – зчепити розчепити. На слух оцінити спрацьовування сервоприводу.

14. Якщо відгуку немає перейти до локалізації пошкоджень безпосередньо на борту автомобіля

15. Демонтувати заднє колесо непрацюючого борта та розстикувати електричне рознімання EPB на супорті, рисунок 3.3, к.

16. Відключити рознімання від блоку керування EPB (під сидінням водія) і продзвонити кабель з'єднання мультиметром

17. Якщо, кабель обірваний, визначити місце пошкодження. Для цього, знайти під заднім сидінням солону рознімання подовжувача кабелю і локалізувати несправну ділянку кабелю. Зробити заміну пошкодженої ділянки.

18. Якщо, кабель справний, продзвонити опір між контактами рознімання збоку супорта, рисунок 3.3, л. При справному електродвигуні опір повинен дорівнювати значенням паспортних даних (близько 1,5 Ом). Якщо, спостерігається обрив, – несправність в модулі супорта. Зробити заміну.

19. Після усунення несправності, перевірити відсутність кодів помилок за допомогою сканера, рисунок 3.3, м.

Зміст звіту. Звіт про виконання практичного завдання повинен включати: назву та мету заняття; перелік використаного устаткування; результати перевірок; звіт про технічний стан системи ЕРВ; відповіді на контрольні запитання.

Запитання для самоконтролю:

1. Які основні функції керування ЕРВ виконує програма Auto Hold?
2. З яких структурних компонентів складається система ЕРВ супортного типу?
3. З яких конструктивних компонентів складається привод ЕРВ супортного типу?
4. Які два типи редукторних механізмів розрізняють в моделях супортного приводу ЕРВ?
5. З якими системами кореспондує ЕБК ЕРВ в режимах Auto Hold?
6. Перелічить операції діагностування системи ЕРВ за допомогою сканера.
7. Перелічить операції діагностування системи ЕРВ за допомогою мультиметра.
8. Назвіть експлуатаційні несправності, які характерні для системи ЕРВ з супортними приводами.

Джерела інформації. Перелік посилань наведено в кінці пояснювальної записки.

3.2 Лабораторна робота на тему «Вивчення устрою і функціонування супортних приводів ЕРВ»

Мета заняття: вивчити конструкцію, особливості функціонування і технічні характеристики блоків супортних електромеханічних стоянкових гальм, а також отримати практичні навички з локалізації структурних несправностей.

Лабораторне устаткування:

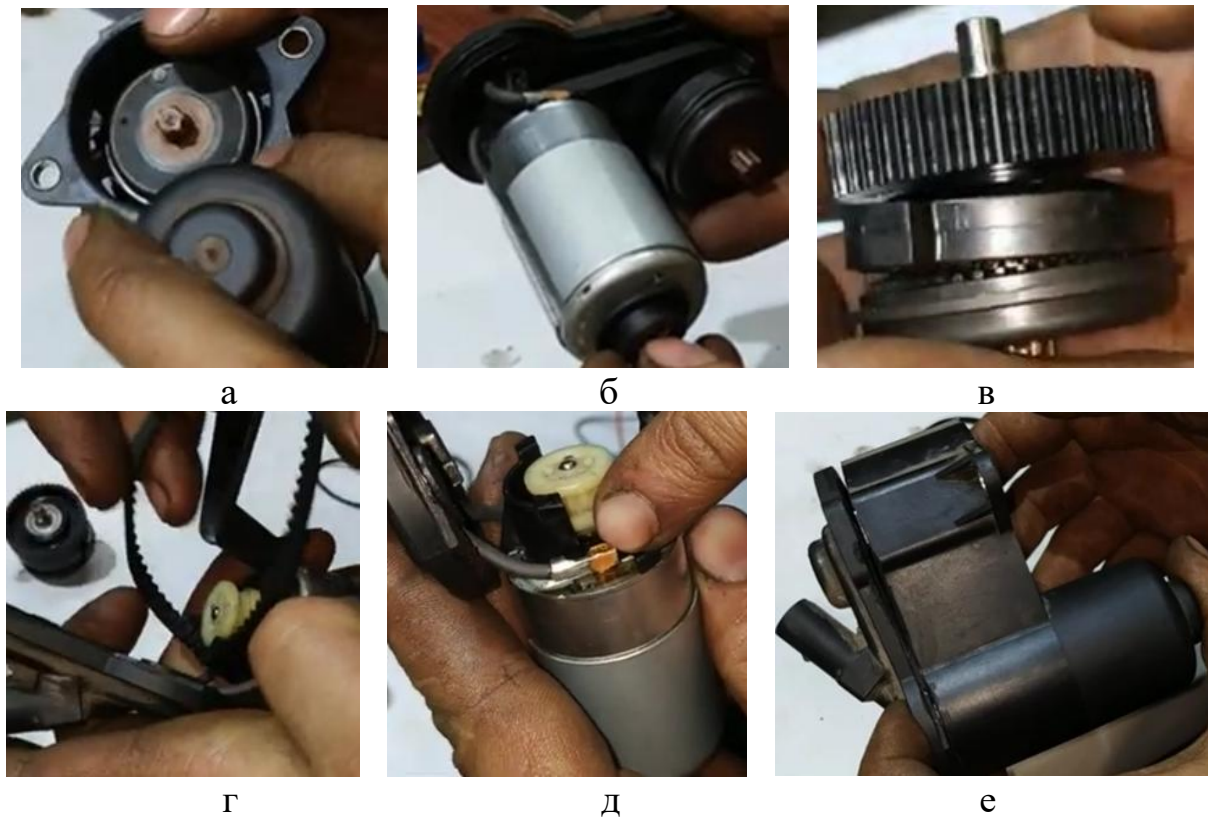
- блок приводу ЕРВ автомобіля VW B6, Tiguan;
- блок приводу ЕРВ автомобіля VW B6, Passat;
- мультиметр;
- джерело постійної напруги;
- інструмент для демонтажу і монтажні проводи.

Теоретичні відомості. Інформація про устрій і алгоритми функціонування системи електромеханічних стоянкових гальм ЕРВ наведені в першій главі. Що стосується інформації експлуатаційного характеру додамо наступне.

В супортних блоках ЕРВ з хитною шестернею найчастішими зустрічаються порушення електричного кола живлення електродвигуна в середині блока і обрив зубчастого ременю передачі обертання на вал редуктора. В блоках приводів з планетарним редуктором поряд з переліченими несправностями виникають проблеми в шліцьовій частині осьового переміщення редуктора (зношення шліців, перекіс та заклинювання редуктора).

Порядок виконання роботи. Для отримання практичних навичок, в другій частині заняття, передбачається передивитися тематичний ролик за технологією «Чужими руками», який наочно демонструє операції виконання практичного завдання [15], рисунок 3.4.

Якщо, привід ЕРВ з гальмівного супорту – несправний, треба зняти його з автомобіля і продовжити локалізацію несправності в агрегатному стані в наступній послідовності.



а – привід у зборі; б – електродвигун; в – механізм редуктору з хитною шестернею;
 г – зубчастий ремінь передачі; д – затискачі електродвигуна;
 е – електричне рознімання приводу;

Рисунок 3.4 – Процес демонтажу приводу ЕРВ з хитною шестернею

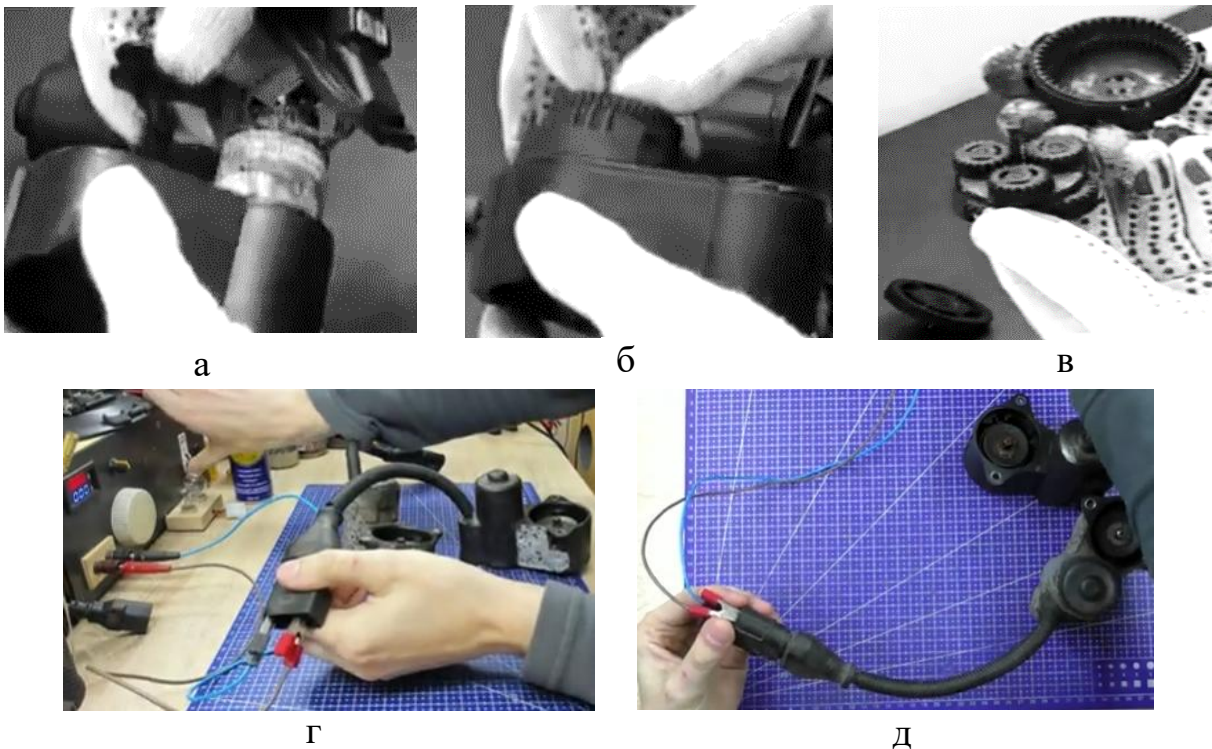
1. Виміряти опір на розніманні приводу за допомогою мультиметра. Опір повинен становити близько 1,5 Ом.
2. Якщо опір на розніманні блоку вказує на коротке замикання або обрив кола, розпакувати корпус привода і зняти редуктор з хитною шестернею, рисунок 3.4, а, б.
3. Апробувати вільну редукцію, нахилиння зчіпної шестерні і переміщення механізму по направляючим стакана, рисунок 3.4, в.
4. Звільнити електродвигун і ремінь передачі. Апробувати вільне обертання валу електродвигуна, рисунок 3.4, г.
5. Виміряти опір безпосередньо на затискачах електродвигуна при його примусовому обертанні, рисунок 3.4, д.

6. Якщо, опір в такому разі відповідає справному стану і вал обертається, – обірвані проводи підключення.

7. Якщо, опір не відповідає справному стану або вал чинить опір, – несправний електродвигун (засмічення, зношення щіток, пошкоджено контактні кільця або обмотки, руйнування магнітів).

8. Зібрати блок ЕРВ до первинного вигляду. Зробити висновки про технічний стан зразка, рисунок 3.4, е.

Розглянемо другий варіант електромеханічного приводу. Він має інший тип редукторного механізму, який не має підшипника. Для демонтажу редуктора виконуються операції аналогічні попередньому варіанту: зняти кришку корпусу; демонтувати механізм привода; відокремити електродвигун і механізм редуктора, рисунок 3.5 а, б [16].



а – виймання з електродвигуна з корпусу; б – виймання редуктора;
в – планетарний редуктор; г, д – апробація привода під напругою

Рисунок 3.5 – Демонтаж приводу ЕРІ з планетарним редуктором

Для того, щоб розібрати механізм редуктора потрібно від'єднати три фіксатори за допомогою викрутки. Роз'єднати механізм та розкрити конструкцію планетарного редуктора, рисунок 3.5, в.

Перевірити цілісність і працездатність планетарного редуктора та надійність шліцьового з'єднання. Зробити висновки про технічний стан агрегату.

Зібрати привід з планетарним редуктором. Апробувати обидва варіанти привода ЕРВ під напругою, рисунок 3.5, г, д.

Зміст звіту. Звіт про виконання лабораторної роботи повинен включати: назву та мету роботи; перелік використаного устаткування; результати перевірок; звіт про технічний стан приводів ЕРВ; відповіді на контрольні запитання.

Запитання для самоконтролю:

1. Які два типи редукторних механізмів розрізняють в моделях супортного приводу ЕРВ?

2. З яких конструктивних компонентів складається привод ЕРВ супортного типу з хитною передачею?

3. З яких конструктивних компонентів складається привод ЕРВ супортного типу з планетарним редуктором?

4. Назвіть експлуатаційні несправності, які характерні для блоків ЕРВ з хитною передачею.

5. Назвіть експлуатаційні несправності, які характерні для блоків ЕРВ з планетарною передачею.

6. Перелічить операції діагностування блоків ЕРВ за допомогою мультиметра.

7. Перелічить засоби перевірки працездатності блоків супортних ЕРВ.

Джерела інформації. Перелік посилань наведено в кінці пояснювальної записки.

3.3 Лабораторна робота на тему «Вивчення устрою та функціонування блоку ЕРВ з гвинтовою передачею»

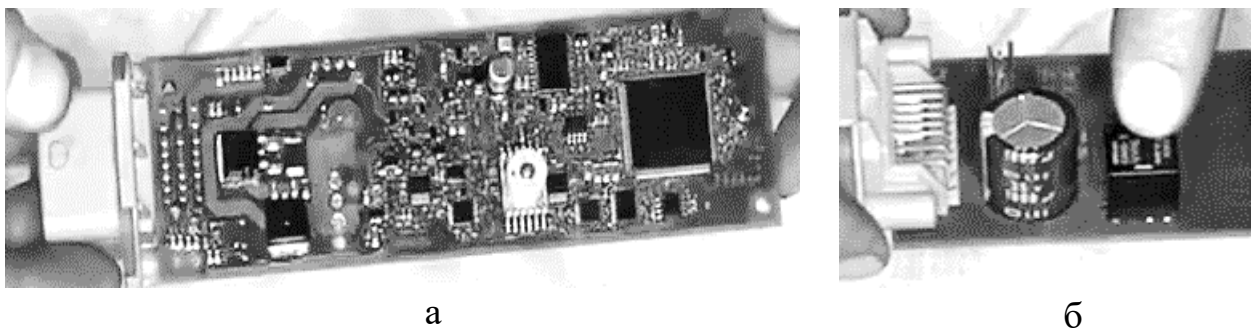
Мета роботи: вивчити конструкцію, особливості функціонування і технічні характеристики тросикового стяжного блоку електромеханічних стоянкових гальм з гвинтовою передачею, а також отримати практичні навички з локалізації його структурних несправностей.

Лабораторне устаткування:

- блок приводу ЕРВ автомобіля Renault Laguna 3;
- мультиметр;
- джерело постійної напруги;
- інструмент для демонтажу і монтажні проводи.

Теоретичні відомості. Інформація про устрій і алгоритми функціонування системи електромеханічних стоянкових гальм ЕРВ наведені в першій главі. Що стосується інформації експлуатаційного характеру додамо наступне.

Блок стоянкового гальма керується за допомогою плати, рисунок 3.6, а.



а – плата блоку керування; б – реле керування електродвигуном;

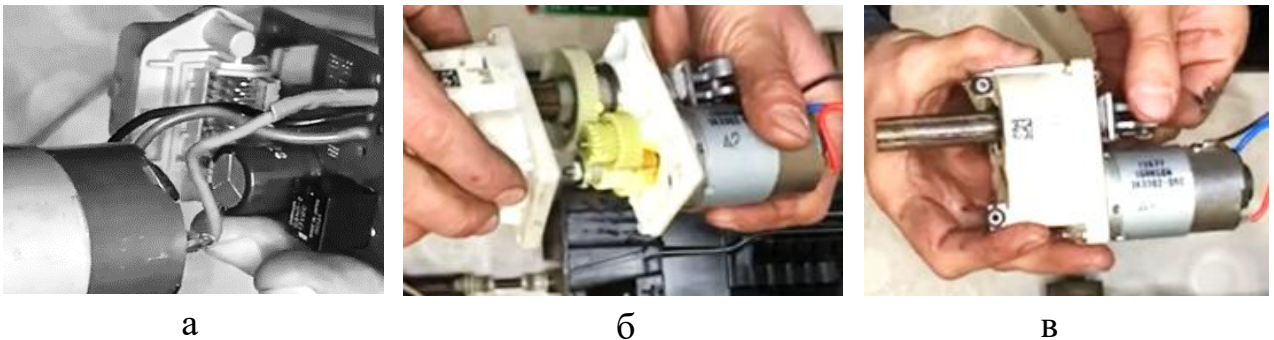
Рисунок 3.6 – Заміна реле керування електродвигуном та перевірка електромеханічного приводу

Найпоширеніша проблема, яка виникає у блоці стоянкового гальма у автомобілі Renault Laguna 3, це вихід з ладу реле керування електродвигуном, рисунок 3.6, б. Причина через яку відбувається перегорання реле, це те, що

електродвигун довго працює, наприклад у режимі затискання. У свою чергу двигун не припиняє свою роботу, через те, що несправний датчик зусилля і з нього не надходить потрібна інформація для зупинки процесу зтягування стоянкового гальма. При розборці блоку керування одразу можна побачити реле, яке вийшло з ладу, воно буде розплавлене або контакти будуть перегорілі.

Порядок виконання роботи. Для отримання практичних навичок, в другій частині заняття, передбачається передивитися тематичний ролик за технологією «Чужими руками», який наочно демонструє операції виконання лабораторної роботи [17]. Дослідний зразок приводу надається в розібраному стані.

1. Перевірити надійність припаювання контактів електродвигуна і електричного рознімання до плати (візуально і мультиметром), рисунок 3.7, а.



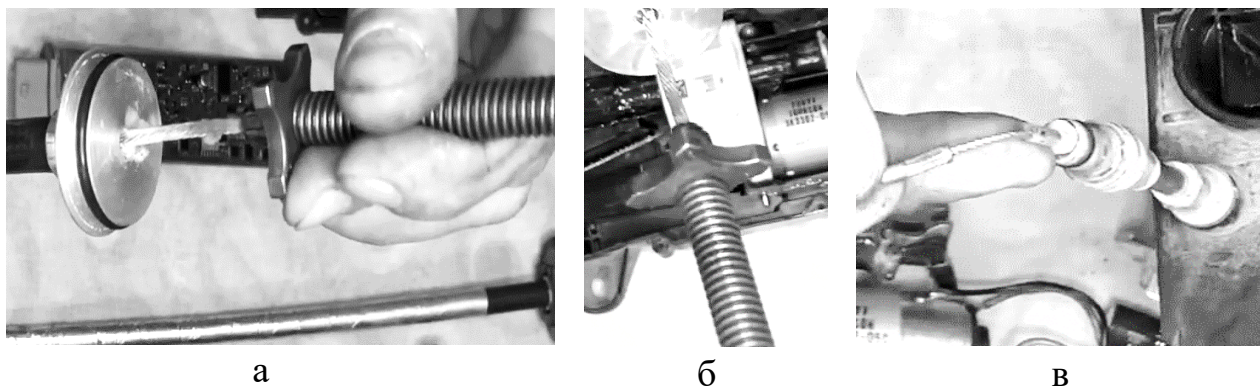
а – підключення електродвигуна; б – електродвигун з редуктором;
в – електропривід з редуктором і штоком гвинтової передачі

Рисунок 3.7 – Компоненти електроприводу

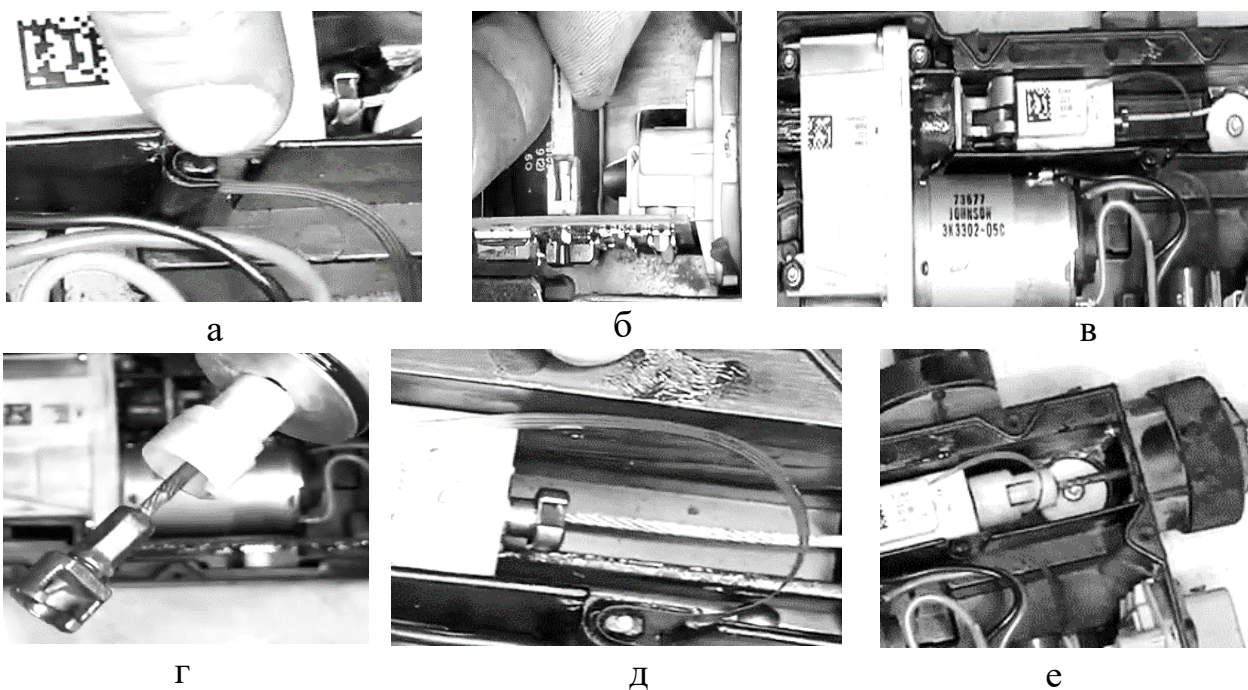
2. Перевірити стан електромеханічного приводу, він має бути добре змащеним мати опір обмотки електродвигуна близько 1,5 Ом та плавно працювати при підключенні до нього напруги живлення.

3. Переконатися у справності та змащені гальмівних тросів, штоку приводу і тросу аварійного зняття з стоянкового гальма, рисунок 3.8.

4. Закласти трос аварійного зняття стоянкового гальма та перевірити його працездатність. Після чого встановлювати датчик гальмівного зусилля і під'єднати його фішку до відповідного роз'єму на платі, рисунок 3.9, а, б.



а – трос стоянкових гальм; б – гвинтова пара; в – трос аварійного вимкнення стоянкових гальм
Рисунок 3.8 – Компоненти гвинтової передачі



а – датчик гальмівного зусилля; б – фішка та роз'єм для під'єднання датчика;
в – загальна компоновка; г – кріплення троса; д – гальмівний трос на датчику;
е – загальна компоновка

Рисунок 3.9 – Установка датчика гальмівного зусилля

5. З'єднати датчик зусилля з штифтом приводу за допомогою відповідних кріплень, рисунок 3.9, в.

6. Під'єднати гальмівний трос безпосередньо до датчика зусилля за допомогою спеціального кріплення з фіксуючою гайкою, рисунок 3.9, г – д.

7. Вкрутити гвинт тросу в штифт з іншого боку електромеханічного приводу. Перед початком закручування потрібно перевести весь механізм у крайнє положення та почати вкручувати болт до поки він не перестане заважати шайбі з ущільнюючим гумовим кільцем.

8. Закріпити корпус електромеханічного приводу і друкованої плати в основному корпусі трьома болтами Torx, рисунок 3.10.

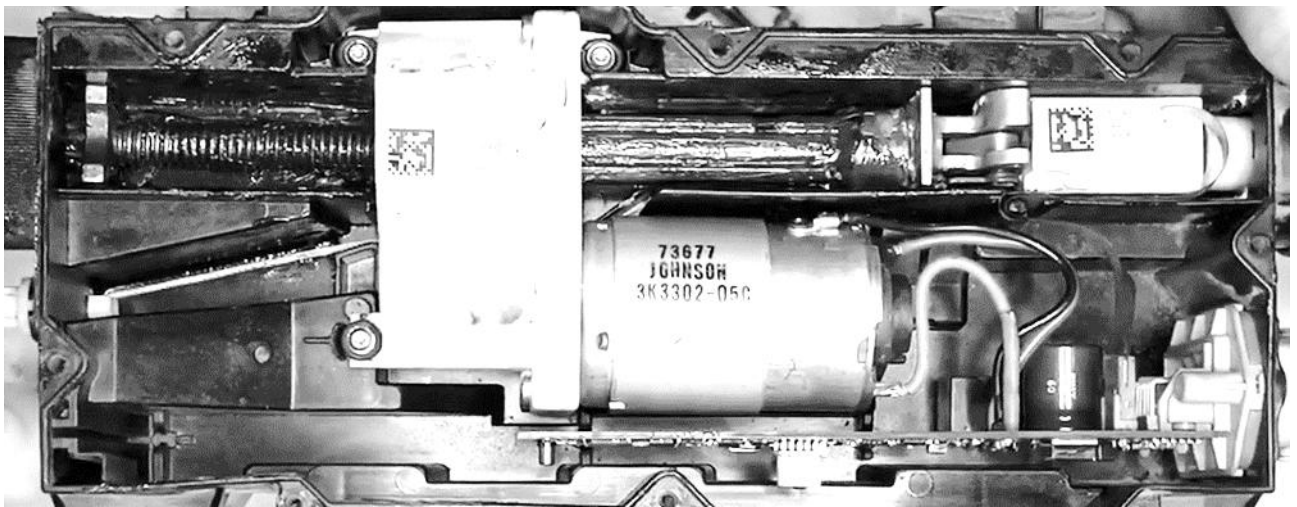


Рисунок 3.10 – Загальна компоновка блоку стяжного приводу EPB

9. Переконайтеся, що механізм правильно зібраний та перебуває у повній працездатності. Для цього, перевірити люфти та збирати у стані, коли троси відпущенні. При встановленні на автомобіль та під'єднанні тросів до супорту і натисканні кнопки EPB електромеханічний привід має натягнути троси та створити потрібний гальмівний затиск.

10. Зробити висновки про технічний стан блоку стяжного приводу EPB.

Зміст звіту. Звіт про виконання лабораторної роботи повинен включати: назву та мету роботи; перелік використаного устаткування; результати перевірок; звіт про технічний стан приводу EPB; відповіді на контрольні запитання.

Запитання для самоконтролю:

1. Перелічить апаратні складові (комплектацію) системи EPB тросикового типу з гвинтовою передачею.

2. Назвіть операції установки системи ЕРВ тросикового типу з гвинтовою передачею на автомобілі.

3. З яких конструктивних компонентів складається електропривод блоку ЕРВ тросикового типу з гвинтовою передачею?

4. З яких конструктивних компонентів гвинтова передача блоку ЕРВ тросикового типу з гвинтовою передачею?

5. Назвіть експлуатаційні несправності, які характерні для блоків ЕРВ тросикового типу з гвинтовою передачею?

6. Перелічить операції діагностування блоків ЕРВ тросикового типу з гвинтовою передачею за допомогою мультиметра.

7. Перелічить засоби перевірки працездатності блоків ЕРВ тросикового типу з гвинтовою передачею.

Джерела інформації. Перелік посилань наведено в кінці пояснювальної записки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Характеристика робочого місця

В даній роботі проведено теоретичні дослідження структури і характеристик електромеханічних гальмівних систем автомобіля. Основне робоче місце, це приміщення у якому розташований персональний комп'ютер, який потрібний для знаходження та обробки відповідної інформації за допомогою пошукових систем його, які надає інтернет. Тобто для забезпечення відповідних умов перебування у приміщенні потрібно ретельно обирати його основні параметри такі, як розташування ПК, вентиляція та освітлення приміщення. Робоче місце має класифікацію користувача ПК. Тому розглянемо основні шкідливі чинники при роботі з ПК та способи їх усунення.

При роботі із ПК може виникнути небезпечна ситуація, яка може завдати шкоди здоров'ю людини. Під цими ситуаціями розуміються випадки, які виникають у приміщенні через відхилення параметрів безпеки. Через це людина може отримати травми та захворювання.

4.2 Небезпечні фактори, які впливають на здоров'я людини

4.2.1 Загроза поразки людини електричним струмом. Як джерело небезпеки розглядаються: ПК, освітлювальні прилади, кондиціонери. Фактор небезпеки – підвищене значення напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини. Вплив електричного струму на людину носить різний характер: біологічний (викликає скорочення м'язів); термічний (викликає нагрівання тканин); електролітичний (змінюється хімічний склад рідин у тілі людини).

4.2.2 Аномальний мікроклімат. Джерело небезпеки – середовище усередині приміщення. Фактори небезпеки – підвищена або знижена температура

повітря, підвищена або знижена вологість повітря, підвищена рухливість повітря. При порушенні теплової рівноваги «включаються» захисні системи людини: хімічної теплорегуляції (змінюються обмінні процеси) й фізичної теплорегуляції (змінюється стан поверхня шкіри, температура верхнього шару шкіри й ін.). Людина відчуває дискомфорт, працездатність знижується.

4.2.3 Шум. Джерела небезпеки: ПК; принтери; кондиціонери; люди. Фактори небезпеки: підвищений рівень шуму на робочому місці та як наслідок перенапруга слухових аналізаторів; підвищені рівні інфразвукових коливань і ультразвук. Вплив шуму на організм людини залежить від рівня шуму, часу впливу, індивідуальної чутливості до шуму, функціонального стану вегетативної нервової системи й інших факторів.

4.2.4 Недостатнє освітлення. Джерело небезпеки – світлове середовище усередині приміщення, дисплей. Фактори небезпеки: відсутність або недолік природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; підвищена пульсація світлового потоку; перенапруга зорових аналізаторів. Можливі наслідки аномального освітлення:

- фізіологічні (при недостатнім освітленні розвиваються стомлення й короткозорість, а при надмірної освітленні – осліплення, роздратування й різь в очах, запаморочення, зниження зору);
- психологічні (невдоволення й роздратування);
- ініціюючі, що сприяють виникненню нещасних випадків внаслідок слабкої освітленості об'єктів уваги).

4.3 Вимоги до приміщення за санітарними нормами

4.3.1 Вимоги до освітлення. Приміщення повинні мати природне й штучне освітлення. Загальні вимоги для природного й штучного освітлення:

- необхідно обмежувати відбиті прямі відблиски шляхом вибору типів світильників і розміщенням робочих місць відносно джерел природного й штучного

освітлення. Яскравість відблисків на екрані дисплея не повинна перевищувати 40 кд/м^2 , яскравість стелі при застосуванні системи освітлення, що відбиває, не повинна перевищувати 200 кд/м^2 ;

- необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, що працюють із дисплеєм, при цьому відношення значень яскравості робочих поверхонь не повинне перевищувати 3:1, а робочих поверхонь і навколишніх предметів (стіни, устаткування) – відповідно 5:1;

- необхідно очищати вікна й світильники не рідше ніж 2 рази на рік і вчасно проводити заміну перегорілих ламп.

4.3.2 Вимоги протипожежної безпеки. Приміщення, у яких розташовуються ПК і дисплейні зали, повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними оповісниками й переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м^2 площі приміщення з обліком гранично припустимих концентрацій вогнегасної речовини.

4.3.3 Вимоги до розташування робочих місць. Розміщення робочих місць користувачів ПК повинне відповідати ДСанПіН 3.3.2.-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» затверджених МОЗ України 10.12.98.

Робочі місця, щодо світлових прорізів, повинні розташовуватися так, щоб природне світло падало з боку, переважно ліворуч. При необхідності високої концентрації уваги під час виконання робіт з високим рівнем напруженості суміжні робочі місця з ПК необхідно відокремлювати одне від іншого перегородками висотою від 1,5 м до 2 м.

Висота робочої поверхні стола повинна бути в межах від 680 мм до 800 мм, а ширина повинна забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менш 450 мм, глибиною на рівні витягнутої ноги – не менш 650 мм.

Робочий стіл, як правило, повинен бути обладнаний підставкою для ніг шириною не менше 300 мм; глибиною не менше 400 мм, з можливістю регулювання по висоті в межах 150 мм і кута нахилу опорної поверхні у межах 20 градусів; мати рифлену поверхню, і бортик на передньому краї висотою 10 мм.

Застосування підставки для ніг тими, у кого ноги не дістають до підлоги, коли робоче сидіння перебуває на висоті, необхідної для забезпечення оптимальної робочої пози є обов'язковим.

Під час перерви необхідно покинути своє робоче місце й приміщення, де перебувають комп'ютери. Потрібно не дивитись на екран, слухові аналізатори не повинні сприймати шумовий вплив, що має місце при роботі системних блоків і принтерів ПК та кондиціонерів.

У розділу були розглянуті рекомендації до заходів з охорони праці людини та навколишнього середовища. Заходи спрямовані на підвищення якості охорони здоров'я та підвищення трудової активності робітника.

4.4 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайною ситуацією, що може виникнути в приміщенні комп'ютерного залу можна вважати виникнення пожежі в наслідок коротких замикань в електричній проводки або електричних приладах (ПК, принтери; кондиціонери, вентилятори, обігрівачі). В такому випадку, кожний робітник чи службовець зобов'язаний негайно сповістити про це по телефону пожежну охорону та керівників (організації, підрозділу) і прийняти заходи щодо евакуації людей та гасіння пожежі. Керівник організації по прибуттю на місце пожежі зобов'язаний:

- припинити роботи в приміщеннях та на території організації;
- організувати евакуацію співробітників;
- перевірити, чи викликана пожежна охорона;
- відключити електроенергію, перекрити газові комунікації, зупинити системи вентиляції;

- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони;
- організувати евакуацію матеріальних цінностей.

У розділу були розглянуті рекомендації до заходів з охорони праці людини і навколишнього середовища та дії співробітників і керівника організації (підрозділу) у випадку виникнення пожежі. Заходи спрямовані на підвищення якості охорони здоров'я, підвищення трудової активності робітника та мінімізації негативних наслідків у випадку надзвичайних ситуацій.

5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРИЙНЯТОГО РІШЕННЯ

5.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки

В роботі, запропоновано матеріали лабораторного практикуму (ЛП) з використанням дистанційної технології проведення занять, шляхом використання відео контенту в теоретичній і практичній частинах самостійної роботи. В такому разі, передбачається проведення експерименту у віртуальній майстерні (ВМ) або «своїми руками» або «чужими руками» [2]. Такі можливості забезпечуються завдяки використанню прикладних програм (моделювання об'єктів і процесів) або тематичного відео-контенту. Результати проведених досліджень дозволяють зробити висновки про доцільність використання віртуальної лабораторії при проведенні занять з дисципліни ЕСКТЗ за темою «Побудування електромеханічних гальмівних систем» [1].

Як прототип дистанційних занять у віртуальній лабораторії, розглядається традиційна форма аудиторних занять в фізичній майстерні (ФМ). При виконанні віртуального лабораторного практикуму:

- не потрібні вимірювальні прилади та досліджувані пристрої, що можуть коштувати занадто дорого;
- термін часу, що потрібен студентові на виконання роботи менший, ніж час, що потрібен для постановки натурального експерименту;
- при виконанні роботи можна створити умови (ситуацію), які при дослідженні реального кола (пристрою) досягти й реалізувати неможливо або дуже складно.

Отже, за час виконання лабораторної роботи можна вивчити й проаналізувати значно більшу кількість режимів роботи, в тому числі й аварійних, які неможливо реалізувати в реальних умовах, але які можуть виникнути. Такі передумови дозволяють:

- знизити витрати на лабораторне устаткування і електроенергію;
- підвищити інформативність проведення лабораторних робіт;
- поліпшити санітарні умови і безпеку проведення лабораторних робіт.

Таким чином, запропоноване проектне рішення дозволяє отримати економічний, навчальний і соціальний ефект [18].

5.2 Визначення конкурентоспроможності прийнятого рішення

Для порівняння двох альтернативних технологій проведення лабораторних робіт в ВМ і ФМ, обираємо тільки основні показники оцінки і вважаємо, що прототип по всіх показниках характеризується коефіцієнтом порівняння (дорівнює 1). Таким чином, виходячи з перелічених міркувань, можна провести експертний аналіз експлуатаційних (споживчих та економічних) показників порівнювальних варіантів у відносних коефіцієнтах [19], таблиця 5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення показників конкурентоспроможності

Показник	Коефіцієнти ваги показника, a_i	Коефіцієнт порівняння (проекту), Π_i
Якість отримання практичних навичок	0,4	0,5
Продуктивність навчання	0,1	4,0
Соціальний рівень	0,1	2,0
Вартість лабораторного устаткування	0,2	0,1
Витрати на енергозабезпечення	0,15	0,1
Витрати на розробку методичного забезпечення	0,05	2,0

Перші три параметра n_a характеризують якісь навчального процесу, а останні три n_e – відносимо до економічних показників, оскільки зниження їх значень підвищує конкурентоспроможність. Значення коефіцієнтів ваги обраних показників a_i визначаємо з міркувань актуальності. Тоді груповий показник конкурентоспроможності за першими трьома показниками становить

$$K_{\text{ПС}} = \sum_{i=1}^4 a_i \Pi_{\text{Я},i} / n_{\text{Я}} = (0,4 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2) / 3 = 0,267 . \quad (5.1)$$

Показник конкурентоспроможності за економічним параметром визначаємо згідно експертній оцінці аналогічним способом

$$K_{\text{ПЕ}} = \sum_{i=1}^2 a_i \Pi_{\text{Е},i} / n_{\text{Е}} = (0,2 \cdot 0,1 + 0,15 \cdot 0,1 + 0,05 \cdot 2) / 3 = 0,045 . \quad (5.2)$$

Інтегральний показник відносної конкурентоспроможності визначаємо через співвідношення групового споживчого показника і економічного показника конкурентоспроможності

$$K_{\text{ПК}} = K_{\text{ПС}} / K_{\text{ПЕ}} = 0,267 / 0,045 = 5,93 . \quad (5.3)$$

Оскільки інтегральний показник перевищує одиницю (майже у шестеро), запропоноване проектне рішення є конкурентоспроможним.

5.3 Визначення витрат на створення лабораторного практикуму

Як основні статті витрат на створення лабораторного практикуму розглядаються абсолютні значення економічних показників для порівнювальних варіантів ФМ і ВМ: вартість лабораторного устаткування; витрати на енергозабезпечення; витрати на розробку методичного забезпечення. Дані про вартість лабораторного устаткування для ФМ по двом темам лабораторних робіт, наведені в таблиці 5.2.

Таким чином, сумарні витрати на придбання лабораторного устаткування для аудиторних (ФМ) занять, становлять $C_{\text{ЛУ}}=45637$ грн.

Таблиця 5.2 – Витрати на лабораторне устаткування

Перелік лабораторного устаткування	Ціна, грн.
Сканер Launch PAD-V/VII	37000
Блок приводу ЕРВ автомобіля VW B6, Tiguan;	2100
Блок приводу ЕРВ автомобіля VW B6, Passat	1700
Блок приводу ЕРВ автомобіля Renault Laguna 3	1150
Джерело електричного живлення (30 В, 5 А)	2418
Мультиметр	629
Комплект інструменту для демонтажа	640
Усього	45637

Відповідно, витрати за цією статтею (оплата послуг Інтернету) у випадку створення ВМ будуть на порядок меншими, грн

$$C_{\text{лy}}^{\text{ВМ}} = \Pi_i \cdot C_{\text{лy}}^{\text{фл}} = 0,1 \cdot 45637 = 4563,7 . \quad (5.4)$$

Витрати електроенергії і відповідна їх вартість для забезпечення навчального процесу, за базовим варіантом ФМ, визначаються потужністю лабораторного електроустаткування і приладів освітлення, часом і режимом їх роботи, а також тарифом на електроенергію T_w . Основна доля електроенергії, в нашому випадку, витрачається на освітлення приміщення, яке забезпечується $n_{\text{л}} = 10$ лампами потужністю $P_{\text{л}} = 30$ Вт кожна. Тоді, за час проведення занять $t_{\text{л}} = 12$ годин (3 роботи по 4 години), вартість за цією статтею складе, грн

$$C_{\text{еє}}^{\text{фм}} = n_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} \cdot t_{\text{л}} \cdot T_w = 10 \cdot 30 \cdot 12 \cdot 0,012 = 43,2 . \quad (5.5)$$

Для проектного рішення ВМ, енергетичні показники враховуються через еквівалентну потужність сервера, потрібну для обслуговування певної кількості користувачів. Середня потужність сервера, обумовлена одним користувачем в

режимі дистанційного навчання, становить приблизно $P_k = 2$ Вт. Тривалість проведення трьох лабораторних робіт $t_{лр}$ – скорочена удвічі. Вважаємо, що кількість студентів при максимальному відвідуванні занять становить $n_k = 100$ (три групи). Тоді загальні витрати на енергозабезпечення двох робіт лабораторного практикуму за технологією ВМ, складуть, грн.

$$C_{ес}^{ВМ} = n_k \cdot P_k \cdot t_{лр} \cdot T_w = 100 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 0,012 = 14,4 . \quad (5.6)$$

Витрати на розробку методичного забезпечення лабораторного практикуму враховуємо через заробітну платню викладача $ЗП_{міс}$ і витрачений час на підготовку матеріалів. Для базового варіанту ФМ, витрати часу на підготовку методичних вказівок становлять $H_{лр} = 20$ год. Вважаємо, що фонд робочого часу викладача на місяць становить $H_{міс} = 176$ год. Тоді, витрати за цією статтею, підраховуються за формулою, грн

$$C_{зп}^{фМ} = ЗП_{міс} \cdot 3 \cdot H_{лр} / H_{міс} = 16000 \cdot 3 \cdot 20 / 176 = 5454,54 . \quad (5.7)$$

Для проектного рішення ВМ, витрати часу на підготовку теоретичної і практичної частин практикуму з додаванням відео-контенту, збільшуються за рахунок Інтернет-пошуку та створення продуктів мультимедіа. Ці витрати враховуємо інтегрально, через коефіцієнт порівняння Π_i (дивись таблицю 5.1), грн

$$C_{зп}^{ВМ} = \Pi_i \cdot C_{зп}^{фМ} = 2 \cdot 5454,54 = 10909,08 . \quad (5.8)$$

5.4 Економічний та соціальний ефект від впровадження проектного рішення

Для оцінки економічного ефекту від впровадження запропонованого рішення, підсумуємо прибуток від скорочення вартості статей витрат, грн

$$P_{\text{злр}} = (C_{\text{лу}}^{\text{фм}} - C_{\text{лу}}^{\text{вм}}) + (C_{\text{еє}}^{\text{фм}} - C_{\text{еє}}^{\text{вм}}) + (C_{\text{зп}}^{\text{фм}} - C_{\text{зп}}^{\text{вм}}), \quad (5.9)$$

$$P_{\text{злр}} = (45637 - 4563,7) + (43,2 - 14,4) - (10909,08 - 5454,54) = 35647,56.$$

Що стосується щільності надання інформації (кількості об'єктів або способів дослідження протягом лабораторного заняття) можна сказати наступне. Завдяки використанню відео-контенту, що демонструє процес дослідження у фрагментальному вигляді, вдається розглянути декілька варіантів об'єктів або способів їх дослідження з використанням різного лабораторного устаткування. Таким чином продуктивність лабораторних робіт зростає в декілька разів.

Соціальний ефект від впровадження віртуального лабораторного практикуму (на дистанції) пояснюється факторами безпеки студентів (виключення ймовірності травмування технічними об'єктами, ураження електричним струмом, порушення санітарних норм у приміщенні).

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі систематизовано інформацію, щодо створення лабораторного практикуму за темою «Електромеханічні гальмівні систем автомобіля» з дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобі». За результатами виконаної роботи вирішені наступні завдання.

В теоретичній частині роботи зроблено класифікаційний аналіз гальмівних систем з електричним керуванням за призначенням і принципом дії (електрогідравлічні, електромагнітні, електромеханічні). Проведено патентний пошук за темою дослідження. Розглянуто конструкції і характеристики електромеханічних стоянкових гальм (ЕРВ) з різним типом приводу гальмівного механізму (тросикові – лебідкові та з гвинтовою передачею, супортні – з хитною шестернею та з планетарним редуктором).

Досліджено функціонування систем керування ЕРВ на рівні функціональних схем і схем кореспонденцій по лініям зв'язку з іншими мехатронними системами силової і ходової частин автомобіля. Визначена стратегія керування системою ЕРВ в автоматичних режимах під керуванням алгоритмів програми Auto Hold (Stop & Go, Hill Hold, Hill Descent, Automatic parking).

В практичній частині роботи розроблено методичні вказівки до виконання практичного заняття та двох лабораторних робіт за відповідними темами «Визначення технічного стану системи ЕРВ на борту автомобіля» та «Вивчення устрою і функціонування супортних приводів ЕРВ», і «Вивчення устрою і функціонування блоку ЕРВ з гвинтовою передачею».

В заключній частині роботи, визначено показники конкурентоспроможності ($K_{ПК} = 5,93$) та економічної ($\Pi_{ПЗ} = 35647,56$ грн) і соціальної ефективності впровадження розробленого методичного забезпечення. Зазначено підвищення інформативності сприйняття матеріалу теоретичної і продуктивності проведення практичної частин лабораторного практикуму з використанням тематичного відео-контенту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бороденко Ю. М. Мехатронні системи автомобіля : підручник [Електронний ресурс] / Ю. М. Бороденко, А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків : Мачулін, 2024. – Ч. 2 : Ходова частина. – 228 с.
2. Бороденко Ю. Віртуальні методи лабораторного практикуму в умовах дистанційного навчання / Ю. Бороденко // Механізми трансформації освітніх технологій в умовах інтеграції України до європейського простору : колект. монографія / за ред. О. Дубініної. – Люблін : Видавництво Полігмнія, 2024. – С. 30–48. – ISBN 978-83-7847-900-0.
3. Electric Parking Brake (EPB). Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: <https://learnmech.com/electric-parking-brake-epb-components-working-principle-and-types/> .
4. Електронні гальма: як працює Brake-by-wire і чим небезпечна її поломка. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: <https://news.blog.net.ua/2025/08/brake-by-wire-explained-what-is-it-do-cars-have-them-now/> .
5. Electromechanical Brake (EMB) of Continental Teves. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: <https://www.euromotor.org/mod/resource/view.php?id=21752> .
6. Review of Electro-Mechanical Brake (EMB) System: Structure, Control and Application. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/5/4514>
7. Parking Brake EMF Rolls-Royce Phantom. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: <https://carfixlib.com/parking-brake-emf-rolls-royce-phantom/> .
8. Ralf Leiter. Design and Control of an Electric Park Brake. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/296664252_Design_and_Control_of_an_Electric_Park_Brake .
9. Push-button parking: electronic parking brake operation and diagnosis. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: <https://www.vehicleservicepros.com/service->

- [repair/undercar/article/21290213/push-button-parking-electronic-parking-brake-operation-and-diagnosis](http://www.volkspage.net/repair/undercar/article/21290213/push-button-parking-electronic-parking-brake-operation-and-diagnosis) .
10. The electromechanical parking brake. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_346.pdf .
 11. Системи допомоги при спуску та підйомі автомобіля. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: <https://extxe.com/18592/sistemy-pomoshhi-pri-spuske-i-podeme-avtomobilja/> .
 12. Service Training Self-study program 346 The electromechanical parking brake. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: https://www.scribd.com/document/39418684/Passat-Eletric-Parking-Brake?language_settings_changed .
 13. How to replace a defective electric parking brake actuator. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=q13fZQ-nbPk&t=87s> .
 14. Електронний ручник не працює: горять індикатори ЕРВ и AUTO HOLD. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=ky5wCbufWqs&t=24s> .
 15. Ремонт електроприводу ручника VW (B6, Tiguan) OPEL. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=jUfuZhjwJvU> .
 16. Volkswagen Passat B6./The handbrake electric motor. Service. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=kAjfDiw3tIM> .
 17. Рено лагуна 3 ремонт блоку стоянкового гальма. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=QvGNWLi2qMA> .
 18. Бороденко Ю.М., Волобуєв Д.С. Економічні та соціальні аспекти віртуалізації лабораторного практикуму в електротехнічних дисциплінах. Наук. праці Міжнародної наук. - практ. конф. – Х.: ХНАДУ, 2023. – С. 227 – 229.
 19. Конкурентоспроможність і базові поняття конкурентного аналізу: сучасні напрями наукових досліджень. Матеріали сайту – 2025. – Режим доступу: https://econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/30_69_5/30_69_5_1/13.pdf

ДОДАТОК А

Ілюстративний матеріал

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет
Кафедра автомобільної електроніки

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

магістра

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ НА ТЕМУ «ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ І ХАРАКТЕРИСТИК
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ»

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

Нормоконтролер ас.

Керівник канд. фіз.-мат. наук, доцент

Консультант канд. економ. наук, доцент

Студент гр. АЕ-61-24

А.В. Гнатов

Н.В. Григоренко

Ю.М. Бороденко

О.С. Мордовцев

М.В. Пшеничний

Харків – 2025

Мета, об'єкт, предмет і задачі дослідження

Мета роботи – підвищення ефективності навчального процесу в умовах дистанційного навчання з дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» .

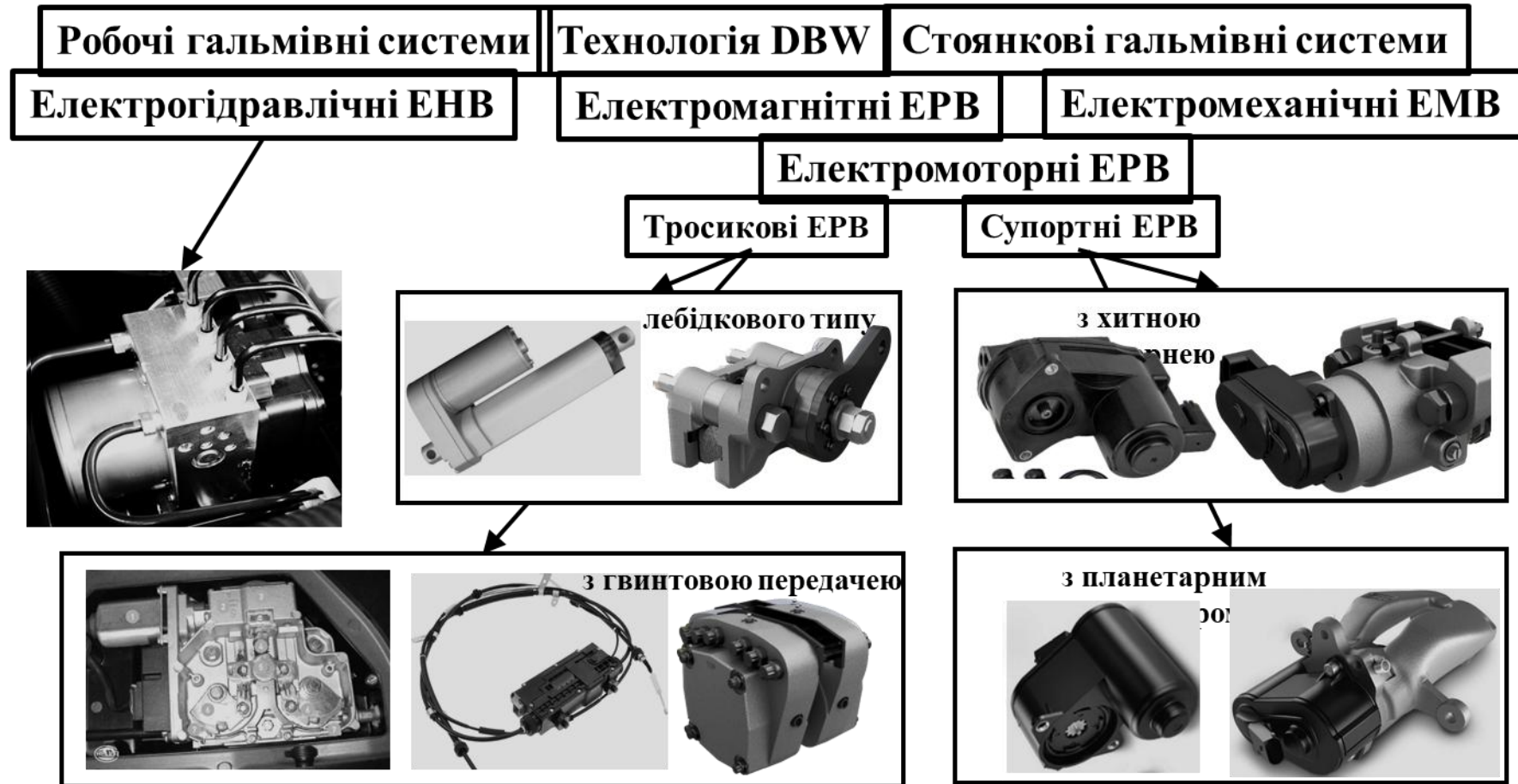
Об'єкт дослідження – процеси керування гальмуванням автомобіля.

Предмет дослідження – електромеханічні стоянкові гальмівні системи.

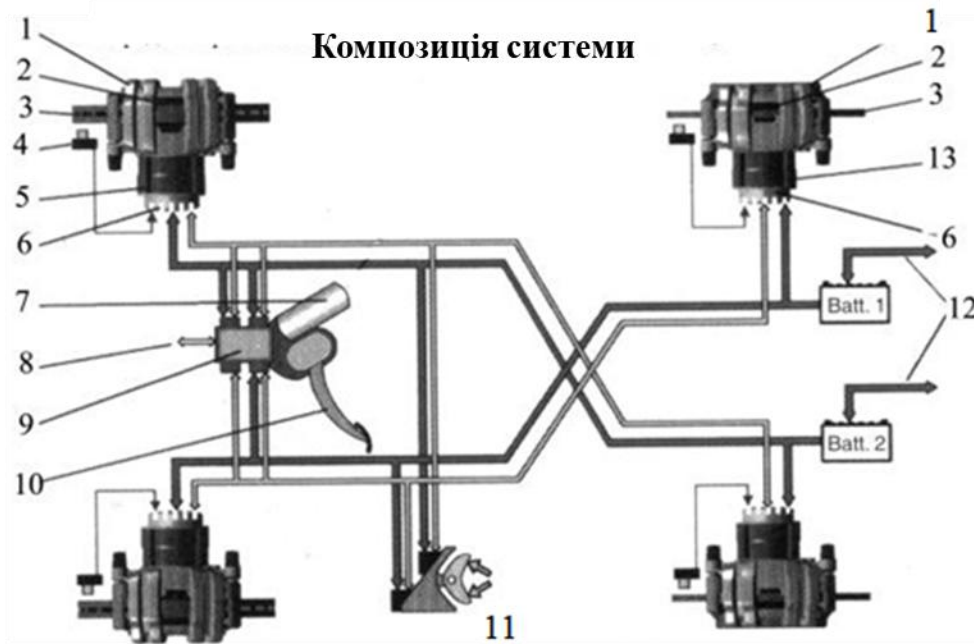
Задачі дослідження:

- Розглянути і проаналізувати структуру та конструкції приводів електромеханічних систем гальмування автомобіля.
- Дослідити алгоритми функціонування та експлуатаційні характеристики стоянкових електромеханічних систем гальмування автомобіля.
- Скласти методичні вказівки за означеною темою з використанням тематичного відеоконтенту для занять в умовах дистанційного навчання.
- Визначити техніко-економічні показники проектного рішення.

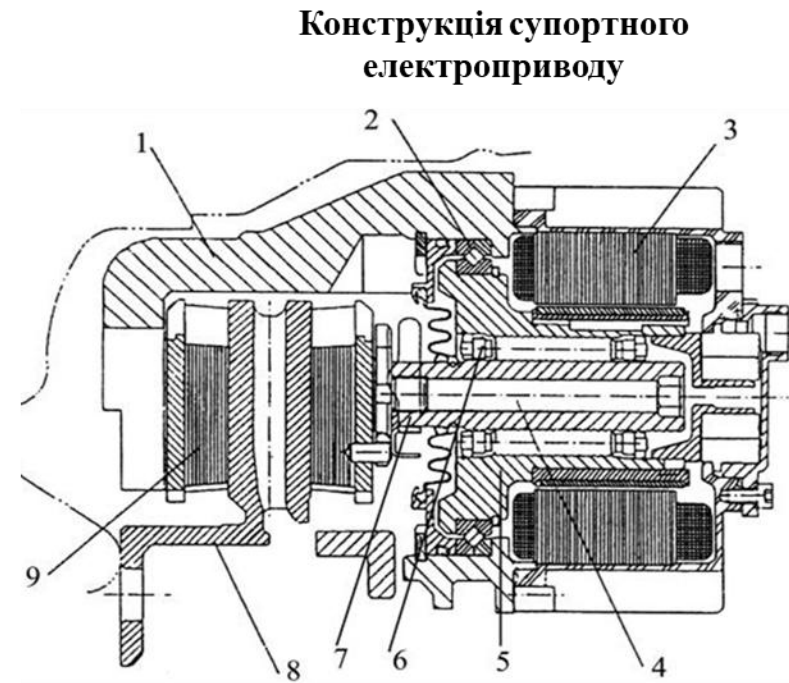
КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ГАЛЬМ АВТОМОБІЛЯ



БУДОВА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ



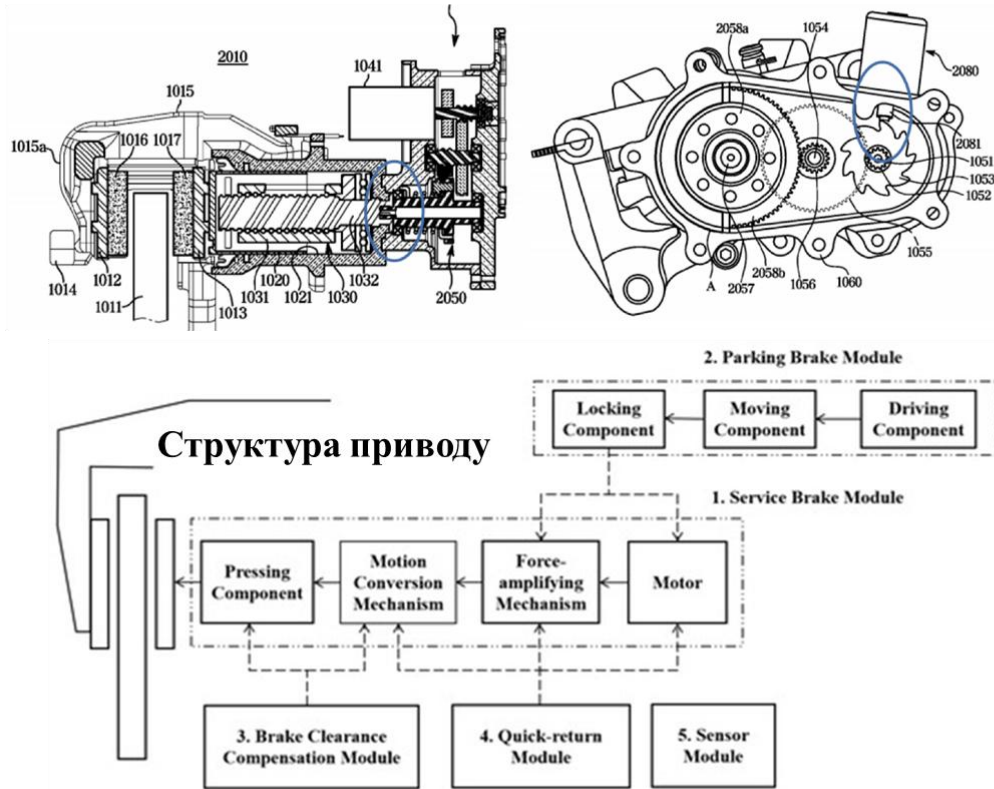
- 1 – супорт; 2 – фрикційна накладка; 3 – гальмівний диск; 4 – датчик частоти обертання колеса; 5 – приводний механізм; 6 – електрична колодка; 7 – імітатор чутливості гальмування; 8 – під'єднання бортової електричної мережі; 9 – центральний процесор і контроль АКБ; 10 – гальмівна педаль; 11 – вмикач гальмівної системи; 12 – бортова електрична мережа; 13 – приводний механізм з вбудованим механізмом гальма стоянки



- 1 – кулак; 2 – підшипник; 3 – статор ЕД; 4 – ходовий гвинт; 5 – ротор ЕД; 6 – сателітна шестерня; 7 – сонячна шестерня; 8 – гальмівний диск; 9 – гальмівні колодки

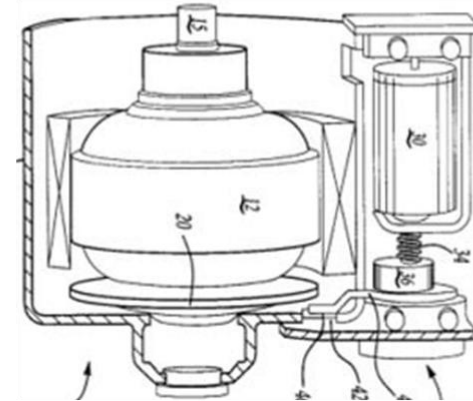
РЕЗУЛЬТАТИ ПАТЕНТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Базова конфігурація приводу ЕМВ Mando

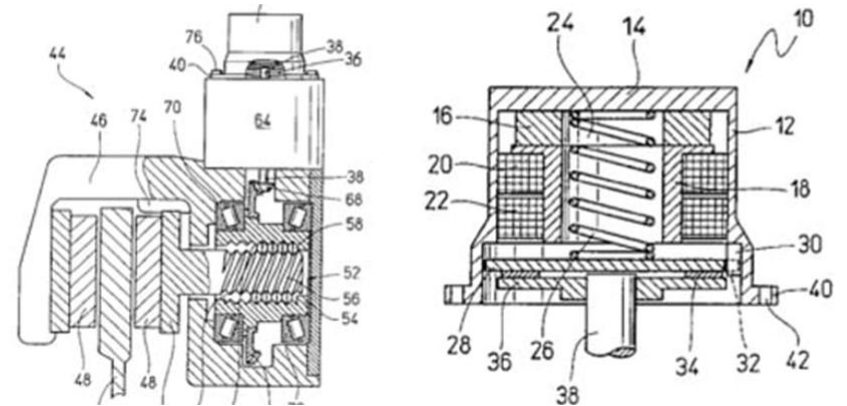


1 – модуль робочого гальма; 2 – модуль стоянкового гальма; 3 – модуль компенсації гальмівного зазору; 4 – модуль швидкого повернення; 5 – модуль датчика

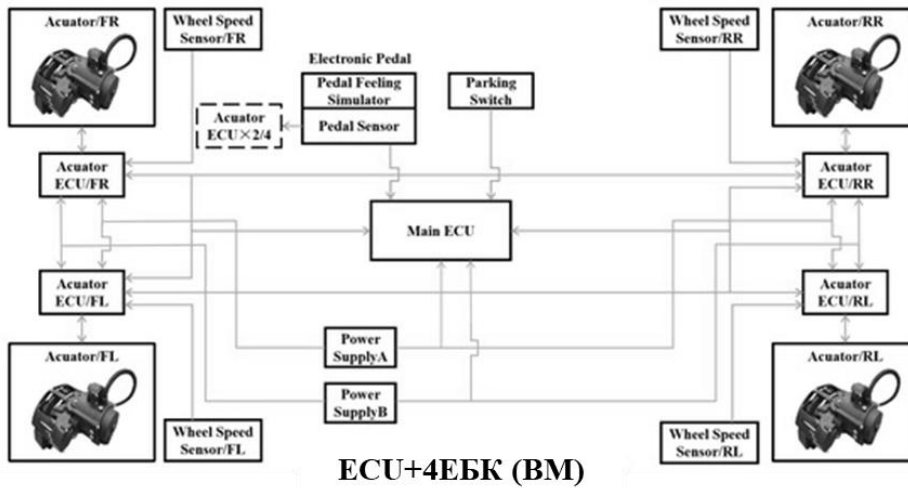
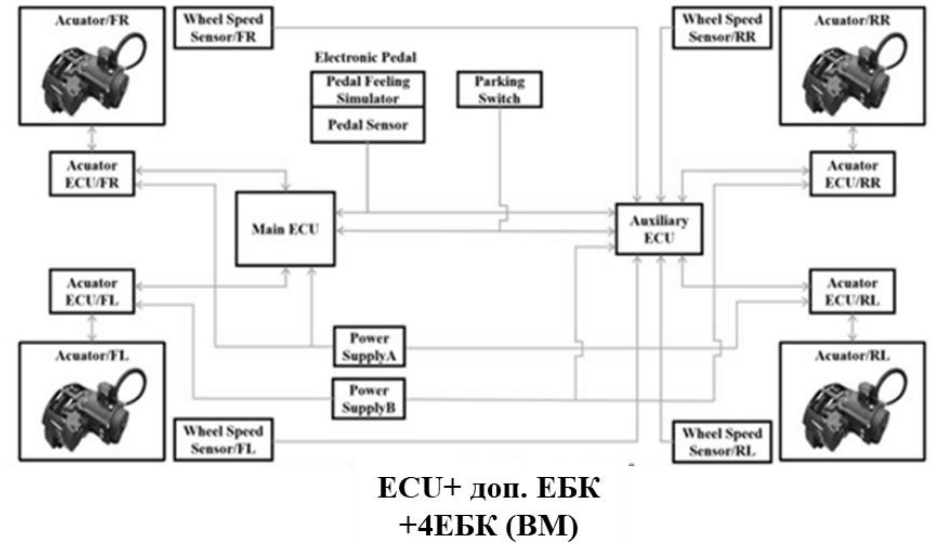
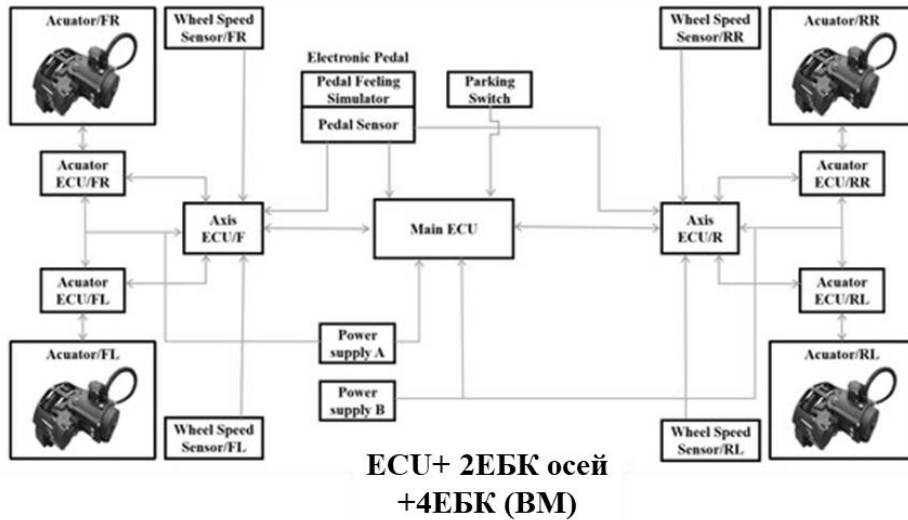
Стоянкові ЕМВ з електродвигаторним підпором



Стоянкові ЕМВ з електромагнітним підпором



АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕМВ

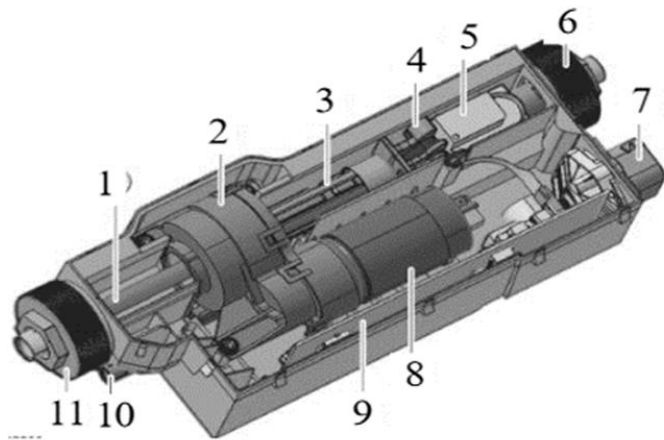


Склад системи керування

- 1 – основний ЕБК; 2 – додатковий ЕБК 3 – ЕБК осей;
- 4 – ЕБК виконавчого механізму супорту;
- 5 – датчики швидкості обертання коліс;
- 6 – електронна педаль гальма;
- 7 – симулятор опору педалі гальма;
- 8 – джерела електричного живлення;
- 9 – кнопка вмикання стоянкового гальма;
- 10 – актуатори гальмівного механізму;

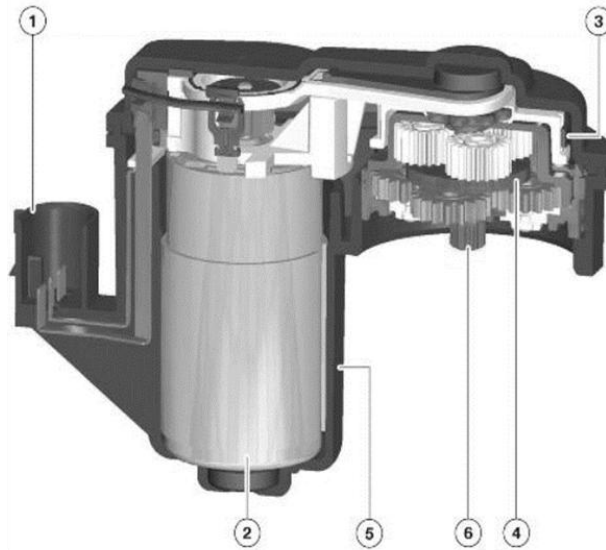
УСТРІЙ ПРИВОДІВ ЕРВ

Привід з гвинтовою передачею



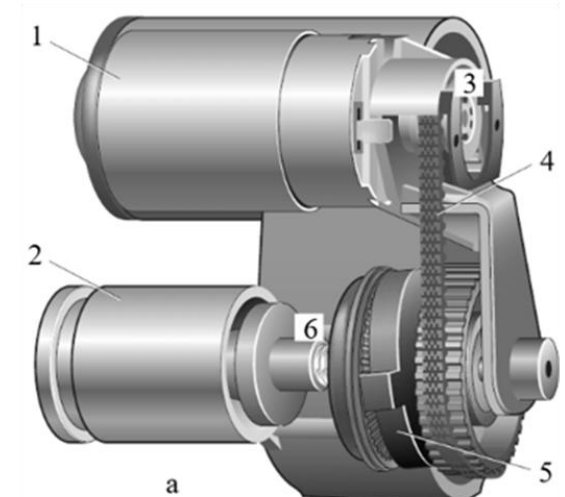
- 1 – шпindelь; 2 – коробка передач;
- 3 – шлицевий вал; 4 – механізм аварійного розблокування; 5 – датчик зусилля;
- 6 – накидна гайка правого приводного тросу;
- 7 – електричне рознімання;
- 8 – електродвигун; 9 – плата ЕБК;
- 10 – під'єднання тросу приводу механізму аварійного розблокування;
- 11 – накидна гайка лівого приводного тросу

Привід з планетарним редуктором



- 1 – штепсельне підключення;
- 2 – електродвигун;
- 3 – привідний ремінь;
- 4 – планетарний редуктор;
- 5 – корпус;
- 6 – підключення до шпинделя.

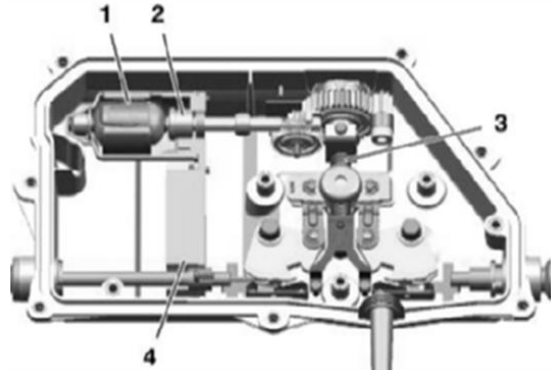
Привід з хитною шестернею



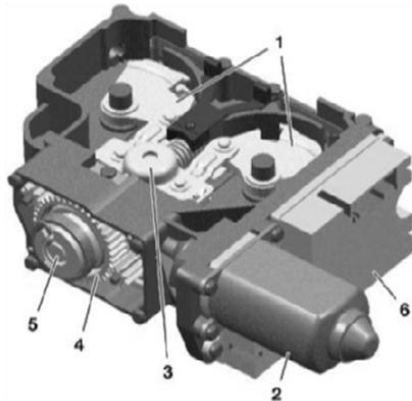
- 1 – електродвигун;
- 2 – гальмівний поршень;
- 3 – планетарний редуктор;
- 4 – ремінна передача;
- 5 – хитна шестерня;
- 6 – гвинтова пара.

ОСОБЛИВОСТІ УСТРОЮ СТОЯНКОВИХ ГАЛЬМ EMF

Конструкція приводного модуля

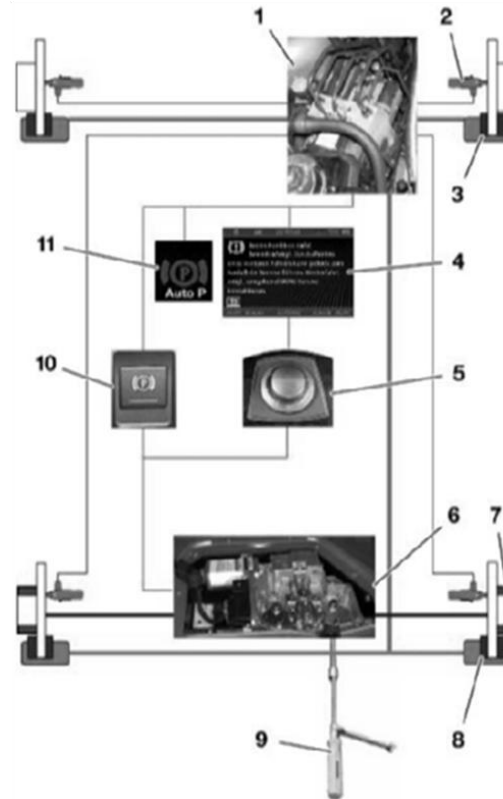


1 – електричний двигун; 2 – датчики Холла;
3 – шпindelь (черв'як); 4 – блок керування.



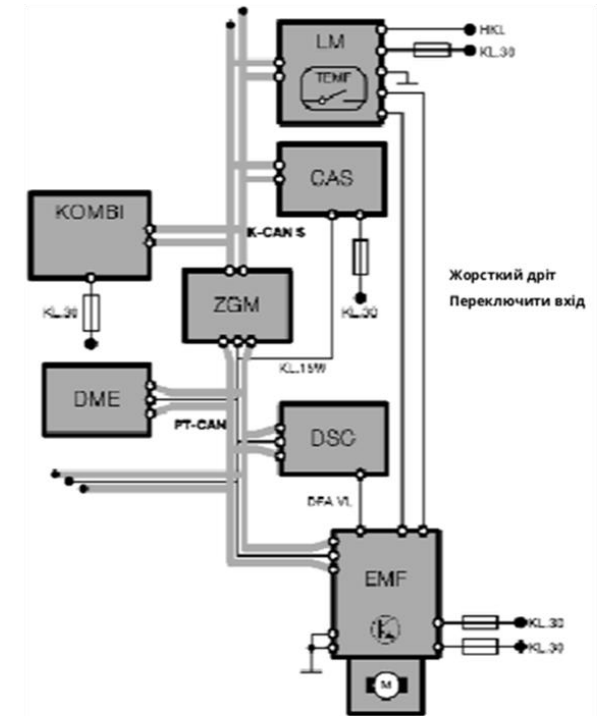
1 – тросовий шків; 2 – електродвигун приводу;
3 – балансове коромисло; 4 – зубчастий механізм приводу;
5 – шпindelь; 6 – блок керування.

Структурна схема



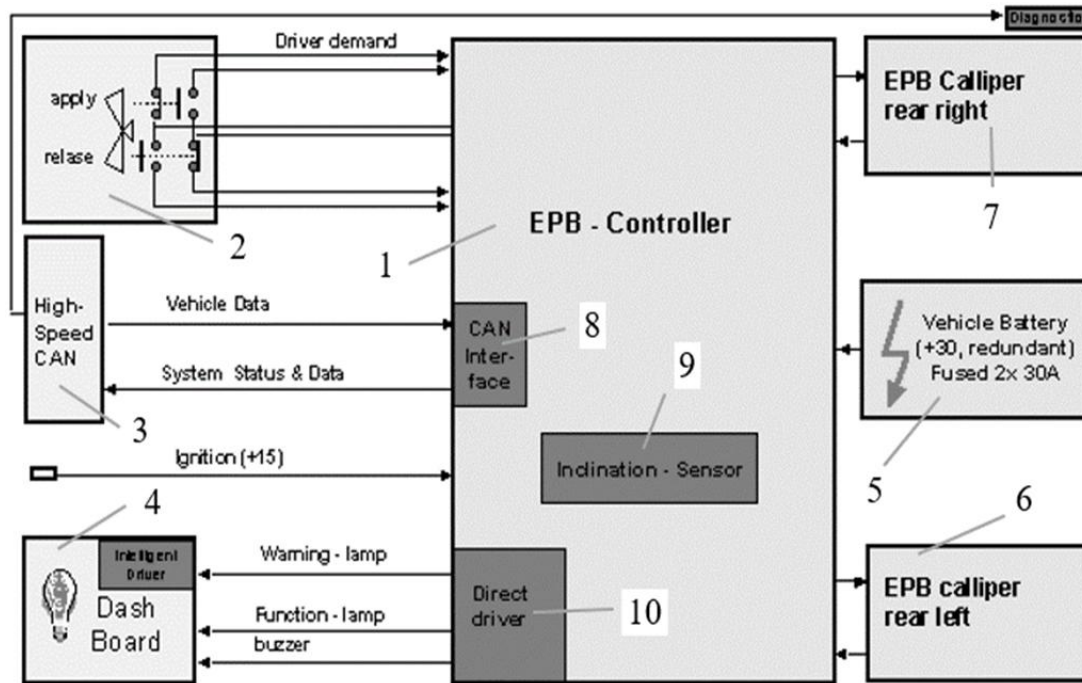
1 – модуль DSC; 2 – датчики обертів коліс; 3 – робочі гальма переднього моста; 4 – контрольний дисплей; 5 – контролер; 6 – блок керування EPS; 7 – стоянкове гальмо; 8 – робочі гальма заднього моста; 9 – механічні інструменти аварійного розблокування; 10 – кнопка стоянкового гальма; 11 – дисплей на панелі приладів.

Схема електричних підключень



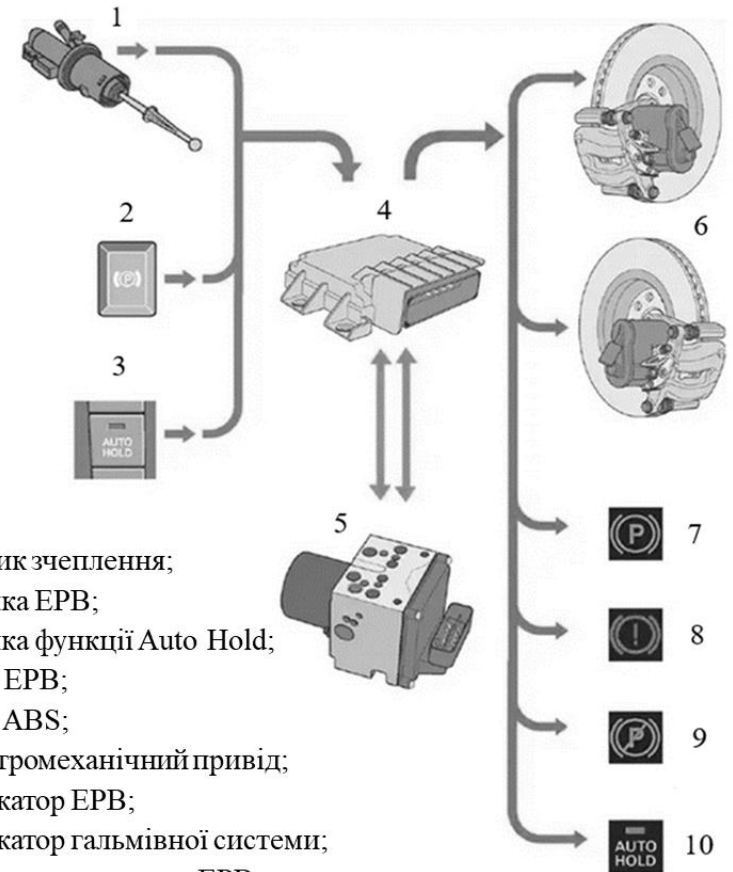
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СУПОРТНИМИ ЕРВ

Структурна схема системи ЕРВ



- 1 – контролер ЕРВ; 2 – кнопка ЕРВ; 3 – високошвидкісний CAN;
 4 – панель приладів; 5 – автомобільний акумулятор; 6 – Супорт ЕРВ задній лівий; 7 – Супорт ЕРВ задній правий; 8 – інтерфейс CAN;
 9 – індикація-датчик ; 10 – сповіщення водія

Функціональна схема системи ЕРВ



- 1 – датчик зчеплення;
 2 – кнопка ЕРВ;
 3 – кнопка функції Auto Hold;
 4 – блок ЕРВ;
 5 – блок ABS;
 6 – електромеханічний привід;
 7 – індикатор ЕРВ;
 8 – індикатор гальмівної системи;
 9 – індикатор помилки ЕРВ;
 10 – індикатор функції Auto Hold

СТРАТЕГІЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМАМИ ЕРВ

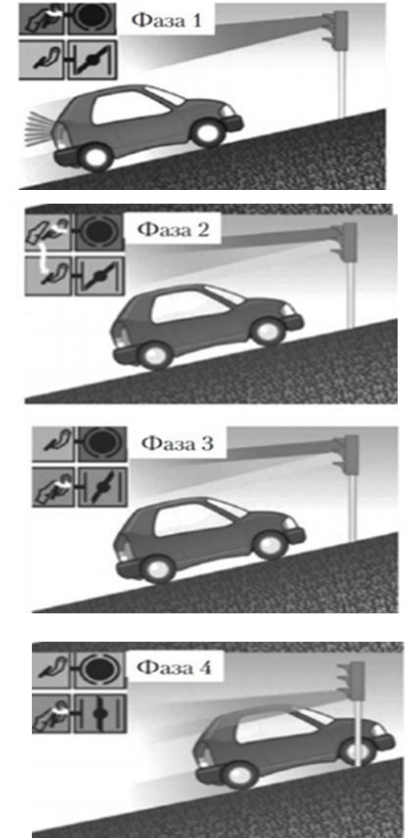
Функції системи ЕРВ

- Функція стоянкового гальма
- Динамічний помічник рушання
- Динамічне екстрене гальмо
- Функція **AUTOHOLD**

Системи кореспонденти

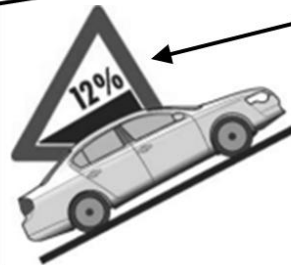
ABS-антиблокування
 ВА-екстреного гальмування
 ESP-стабілізації
 TCS-трансмисії
 EPS-керма

Алгоритм Hill Hold



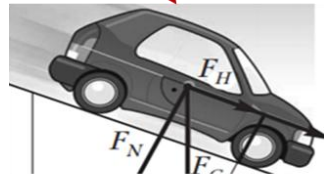
Stop & Go

Drive Away
+
Auto Apply



Hill Hold

Hill Hold Control (HHC) – Volkswagen;
 Hill Holder - Subaru та Fiat;
 Hill-Start Assist Control (HAC) – Toyota;
 Up hill Start Support (USS) – Ніссан.



Hill Descent

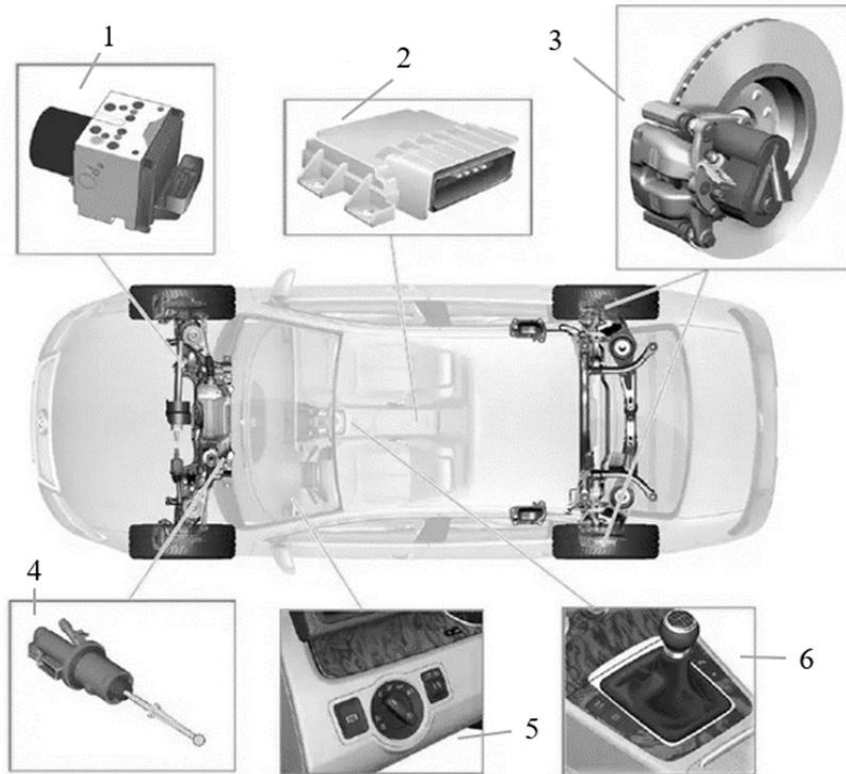
Hill Descent Control (HDC) – VW, BMW;
 Downhill Assist Control (DAC) – Toyota;
 Downhill Drive Support (DDS) – Nissan.



Automatic parking

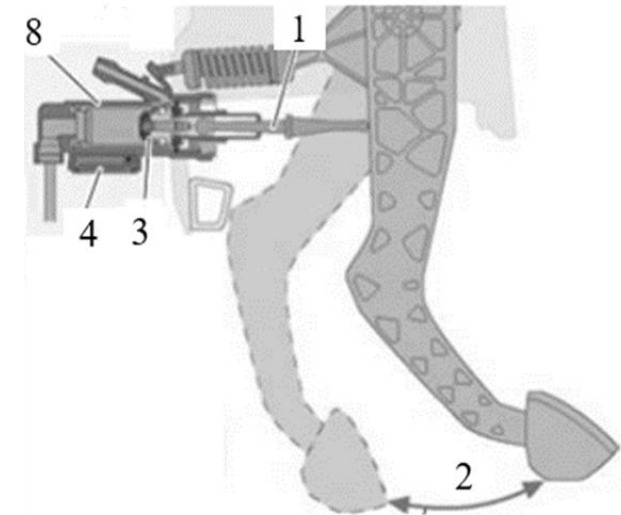
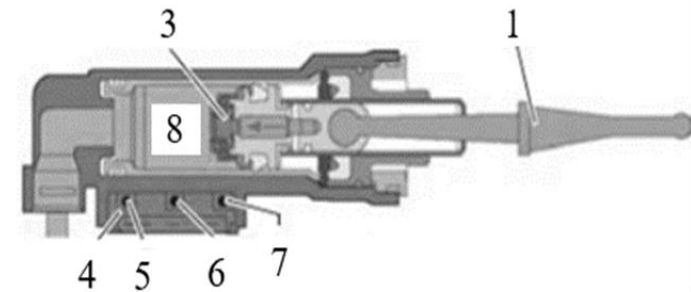
РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЇ AUTO HOLD

Елементи системи ЕРВ з функцією Auto Hold



1 – блок ABS; 2 – блок керування ЕРВ; 3 – електромеханічний гальмівний привід; 4 – датчик положення педалі зчеплення; 5 – кнопка ЕРВ; 6 – перемикач функції Auto Hold.

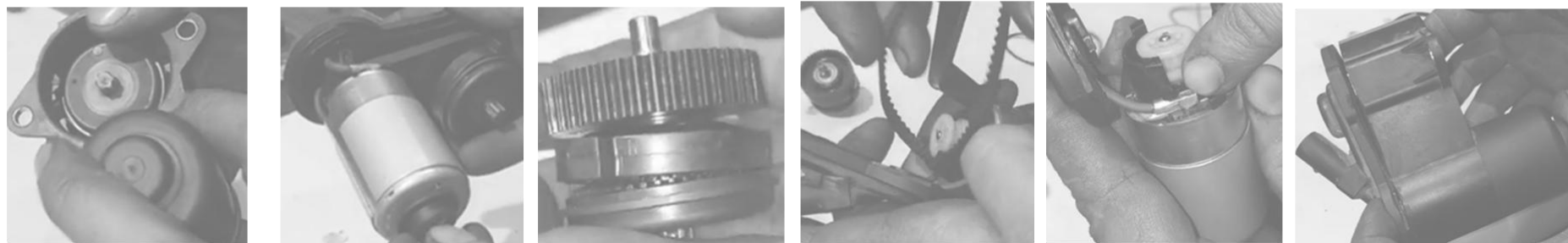
Конструкція датчика положення педалі зчеплення



- 1 – штовхач;
- 2 – педаль зчеплення;
- 3 – плунжер;
- 4 – датчик переміщення;
- 5 – третій датчик Холла;
- 6 – другий датчик Холла;
- 7 – перший датчик Холла;
- 8 – циліндр зчеплення

ВИВЧЕННЯ УСТРОЮ І ФУНКЦІОНУВАННЯ СУПОРТНИХ ПРИВОДІВ ЕРВ

Демонтаж приводу ЕРВ з хитною шестернею

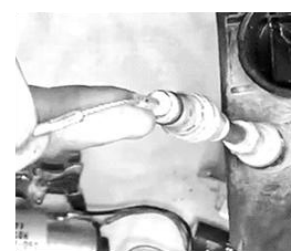
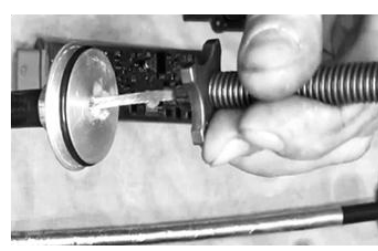
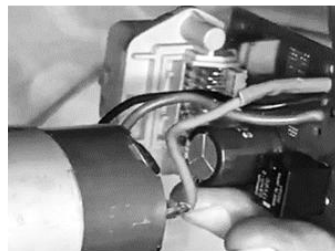


Відеоконтент для практичної частини ЛР №1

Демонтаж приводу ЕРВ з планетарним редуктором

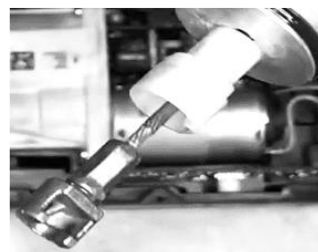
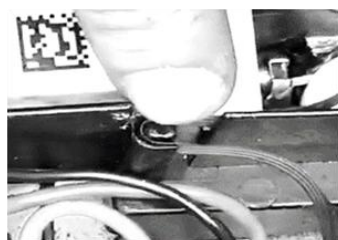


ОПЕРАЦІЇ ДЕМОНТАЖУ БЛОКУ ЕРВ З ГВИНТОВОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ

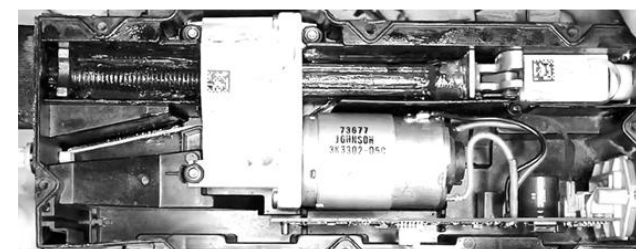
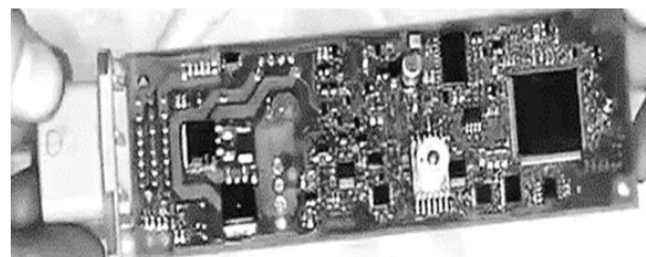
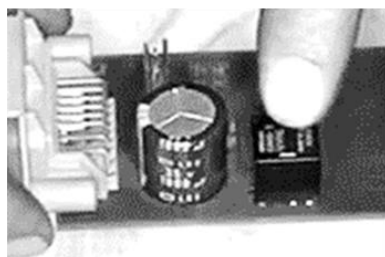


Компоненти електроприводу

Гвинтова передача



Установка датчика гальмівного зусилля



Загальна компоновка модулю

ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Показники конкурентоспроможності

Показник	Коефіцієнти ваги показника, a_i	Коефіцієнт порівняння (проекту), Π_i
Якість отримання практичних навичок	0,4	0,5
Продуктивність навчання	0,1	4,0
Соціальний рівень	0,1	2,0
Вартість лабораторного устаткування	0,2	0,1
Витрати на енергозабезпечення	0,15	0,1
Витрати на розробку методичного забезпечення	0,05	2,0

Витрати на лабораторне устаткування

Перелік лабораторного устаткування	Ціна, грн.
Сканер Launch PAD-V/VI	37000
Блок приводу ЕРВ автомобіля VW B6, Tiguan;	2100
Блок приводу ЕРВ автомобіля VW B6, Passat	1700
Блок приводу ЕРВ автомобіля Renault Laguna 3	1150
Джерело електричного живлення (30 В, 5 А)	2418
Мультиметр	629
Комплект інструменту для демонтажа	640
Усього	45637

Економічний ефект

$$\Pi_{3лр} = (C_{лу}^{фм} - C_{лу}^{вм}) + (C_{ее}^{фм} - C_{ее}^{вм}) + (C_{зп}^{фм} - C_{зп}^{вм}) = 35647,56 \text{ грн}$$

Конкурентоспроможність

$$K_{ПК} = \frac{n_e \sum_{i=1}^4 a_i \Pi_{C.i}}{n_y \sum_{i=1}^2 a_i \Pi_{E.i}} = 5,93$$

Устаткування

$$C_{лу}^{вм} = \Pi_i \cdot C_{лу}^{фл} = 4563,7 \text{ грн}$$

Електроенергія

$$C_{ее}^{фм} = n_{л} \cdot P_{л} \cdot t_{л} \cdot T_w = 43,2 \text{ грн}$$

$$C_{ее}^{вм} = n_{к} \cdot P_{к} \cdot t_{лр} \cdot T_w = 14,4 \text{ грн}$$

Заробітна платня

$$C_{зп}^{фм} = 3 \Pi_{міс} \cdot 3 \cdot H_{лр} / H_{міс} = 5454,54 \text{ грн}$$

$$C_{зп}^{вм} = \Pi_i \cdot C_{зп}^{фм} = 10909,08 \text{ грн}$$

ВИСНОВКИ

- Зроблено класифікаційний аналіз гальмівних систем з електричним керуванням за призначенням і принципом дії (електрогідравлічні, електромагнітні, електромеханічні).
- Проведено патентний пошук за темою дослідження. Розглянуто конструкції і характеристики електромеханічних стоянкових гальм (ЕРВ) з різним типом приводу гальмівного механізму (тросикові – лебідкові та з гвинтовою передачею, супортні – з хитною шестернею та з планетарним редуктором).
- Досліджено функціонування систем керування ЕРВ на рівні функціональних схем і схем кореспонденцій по лініям зв'язку з іншими мехатронними системами силової і ходової частин автомобіля. Визначена стратегія керування системою ЕРВ в автоматичних режимах під керуванням алгоритмів програми Auto Hold (Stop & Go, Hill Hold, Hill Descent, Automatic parking).
- Розроблено методичні вказівки до виконання практичного заняття та двох лабораторних робіт за відповідними темами «Визначення технічного стану системи ЕРВ на борту автомобіля» та «Вивчення устрою і функціонування супортних приводів ЕРВ», і «Вивчення устрою і функціонування блоку ЕРВ з гвинтовою передачею».
- Визначено показники конкурентоспроможності (КПК = 5,93) та економічної (ППЗ = 35647,56 грн) і соціальної ефективності впровадження розробленого методичного забезпечення.