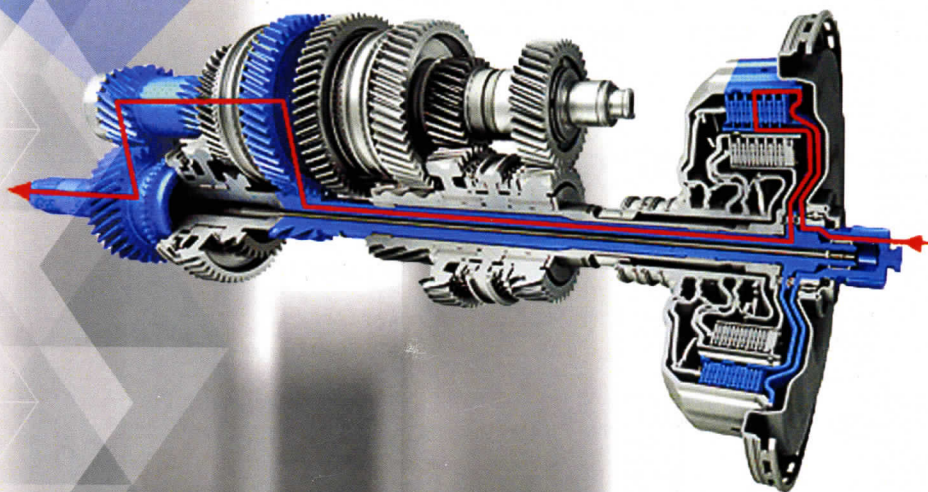




РОЗРОБКА АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ



Міністерство освіти та науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

**РОЗРОБКА АДАПТИВНИХ
СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ТРАНСМІСІЄЮ**

Монографія

Харків
ХНАДУ
2018

Рецензенти:

М.Л. Шуляк, д-р техн. наук, професор
(Харківського національного технічного університету
сільського господарства ім. Петра Василенка);

В.В. Дущенко, д-р техн. наук, професор
(Національний технічний університет «ХПІ»);

А.В. Бажинів, д-р техн. наук, професор
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

Колектив авторів:

В.О. Богомолів, професор, д.т.н.;

В.І. Клименко, професор, к.т.н.;

М.Г. Михалевич, доцент, к.т.н.;

Д.М. Леонтєв, доцент, к.т.н.;

О.О. Ярита, доцент, к.т.н.;

М.М. Сільченко, асистент

Богомолів В.О.

Р Розробка адаптивних систем керування трансмісією : монографія /
В.О. Богомолів та інші. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 192 с.

ISBN 978-966-303-718-9

Наведені результати наукових досліджень у галузі проектування адаптивних систем керування трансмісією автобусів та вантажних транспортних засобів. На основі математичних моделей запропоновані технічні рішення щодо вибору структури керування автоматизованою трансмісією сучасних транспортних засобів.

Матеріали монографії містять роботи, що були виконані співробітниками кафедри автомобілів ім. А. Б. Гредескула Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Розрахована на науково-технічних працівників та експертів у галузі автомобільного транспорту, а також студентів і аспірантів транспортних ВНЗ.

УДК 681.583.35, 681.587.357

ISBN 978-966-303-718-9

© Колектив авторів, 2018

© ХНАДУ, 2018

Зміст

Вступ	5
1 Аналіз схемних рішень побудови адаптивних систем керування автоматичними коробками передач для легкових, вантажних та гібридних автомобілів.....	6
1.1 Загальні відомості.....	6
1.2 Аналіз інформаційних джерел про сучасні адаптивні системи керування трансмісіями	11
1.3 Аналіз схем побудови гібридних трансмісій	31
1.4 Аналіз схем побудови традиційних трансмісій	37
1.5 Визначення необхідних вихідних даних до трансмісії	52
1.6 Вибір інтелектуальних функцій та режимів роботи трансмісій.....	54
2. Теоретичне обґрунтування структури адаптивних систем керування трансмісіями гібридного та традиційного автомобіля.....	66
2.1. Обґрунтування та вибір компонентів та структури системи керування трансмісіями гібридного автомобіля.....	66
2.2 Обґрунтування і вибір компонентів та структури системи керування трансмісіями традиційних автомобілів.....	76
2.3. Математичне моделювання гібридної трансмісії	84
2.4 Математичне моделювання трансмісії традиційного автомобіля.....	112
2.5 За результатами моделювання уточнення структури та компонентів трансмісій	125
2.6 Стенд для випробувань адаптивних систем керування трансмісій транспортних машин	129
3 Обґрунтування та вибір блоку керування.....	134
3.1 Обґрунтування та вибір структури блоку керування коробкою передач та типу виконавчого пристрою.....	134
3.2 Розробка алгоритмів роботи блоку керування коробки передач	146
3.3 Розробка електричної принципової схеми електронного блоку керування коробкою передач	164
3.4 Розробка виконавчого пристрою блоку керування коробкою передач	171

4 Випробування системи керування коробкою передач	173
4.1 Розробка програми випробувань системи керування коробкою передач	173
4.2 Проведення стендових випробувань системи керування коробкою передач	179
ВИСНОВКИ	185
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	186

Вступ

Сучасні умови експлуатації автомобілів характеризуються значною напруженістю руху з частими зупинками й інтенсивним розгоном. Водіння автомобіля в цих умовах вимагає великого числа включень і вимикань зчеплення. На найбільш напружених міських маршрутах водій автобуса за зміну впливає на педаль зчеплення до 1500-2000 разів. Через велике навантаження, зв'язане з керуванням зчеплення, водій нерідко намагається швидше відпустити педаль зчеплення на початку руху автомобіля з місця або при переключенні передачі. Керування зчепленням у цих умовах супроводжується значними подовжніми коливаннями автомобіля, що погіршують комфортабельність їзди, і приводять до підвищеного зносу агрегатів трансмісії. Найбільше гостро стоїть питання полегшення керування зчепленням на автобусах і вантажних автомобілях великої вантажопідйомності.

Розробка автоматичної системи керування трансмісією дозволить усунути цей недолік, особливо для автобусів із задньомоторним компонованням. Дослідження свідчать, що більше половини водіїв помиляються у виборі моменту перемикання передач. Інтелектуальна система керування не має таких недоліків. Застосування інтелектуальної системи керування трансмісією дозволяє поліпшити ергономічні показники робочого місця водія, спростити компоновочне рішення управління трансмісією, особливо для автомобілів з кабіною, що відкидається, підвищити ступінь герметичності кабіни і, як результат, підвищити привабливість вітчизняних автомобілів на зовнішніх ринках.

Як показали теоретичні та експериментальні дослідження, оптимізація моменту перемикання та вибору необхідної передачі дозволяє одержати високі показники економічності та екологічності.

1 АНАЛІЗ СХЕМНИХ РІШЕНЬ ПОБУДОВИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНИМИ КОРОБКАМИ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ, ВАНТАЖНИХ ТА ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Загальні відомості

1.1.1 Актуальність, науково обґрунтована перспективність проекту, його економічна та соціальна значимість

У сучасних легкових і вантажних автомобілях переважне застосування отримали механічні трансмісії, що містять в своєму складі механічну ступінчасту коробку передач і фрикційне зчеплення. Управління такими трансмісіями здійснюється безпосередньою дією водія на відповідні приводні механізми.

В порівнянні з іншими типами трансмісії даного виконання мають ряд важливих достоїнств, основними з яких є:

- простота конструкції, дякуючи чому досягається висока надійність і низька вартість механічної трансмісії;
- забезпечення в порівнянні з іншими типами трансмісії як найкращої паливної економічності автомобіля, оскільки механічні трансмісії мають найвищий ККД;
- мінімальний обсяг технічного обслуговування і простота ремонту вузлів механічної трансмісії.

Разом з тим, механічні трансмісії із приводами, на які безпосередньо впливає водій, не забезпечують такої ж зручності керування автомобілем, як це досягається за допомогою трансмісій, виконаних з напівавтоматичним або повністю автоматичним управлінням. З цієї причини ряд провідних автомобілебудівних фірм з метою підвищення конкурентоспроможності автомобілів, що випускаються ними, інтенсифікували останніми роками розробки напівавтоматичних і автоматизованих трансмісій на базі механічних ступінчастих коробок передач і фрикційних зчеплень. У таких трансмісіях зберігаються вказані вище достоїнства звичайних механічних трансмісій і, разом з тим, забезпечується суттєве полегшення і спрощення дій водія.

До складу як напівавтоматичної, так і автоматизованої механічної трансмісії обов'язково повинні входити виконавчі

сервопристрої, що впливають на приводи зчеплення і коробки передач, а для приведення їх у дію автомобіль повинен бути обладнаний тим або іншим джерелом енергії. При цьому бажано, щоб як джерело енергії сервопристроїв управління трансмісією можна було використовувати вже наявні в автомобілі джерела енергії, вживані для приведення в дію яких-небудь інших його агрегатів.

Ця умова достатньо просто реалізується в напіваавтоматичних і автоматизованих механічних трансмісіях, призначених для обладнання вантажних автомобілів середньої і великої вантажопідйомності, а також автобусів. Пояснюється це тим, що у вказаних транспортних засобах звичайно застосовується пневматичний привід гальм, і для забезпечення його функціонування транспортний засіб містить пневматичну енергосистему, що має в своєму складі повітряний компресор і ресівер. Дана пневматична система може бути використана і як енергоджерело для приведення в дію сервомеханізмів управління трансмісією, силові елементи яких виконані у вигляді пневматичних циліндрів з клапанними механізмами, що мають механічний або гідравлічний привід, або привід від електромагнітів.

Інша ситуація має місце в легкових автомобілях, у яких джерелами енергії є лише бортова електрична мережа і розрідження, що створюється у впускному колекторі двигуна. Останнє, однак, відсутнє в дизельних двигунах, а також карбюраторних двигунах, що працюють з наддувом.

Бортова електрична мережа легкових автомобілів – порівняно малопотужне джерело енергії, а розрідження у впускному колекторі їх двигунів складає десяти долі атмосферного тиску, тому застосування електромагнітних або вакуумних силових механізмів для приводу агрегатів трансмісії не завжди є оптимальним рішенням. За певних умов для таких силових механізмів переважно використовувати пневматичні або гідравлічні пристрої в поєднанні з обладнанням автомобіля відповідним додатковим джерелом енергії.

Для перемикання передач легкового автомобіля водію не доводиться прикладати значних фізичних зусиль, тому головне цільове призначення автоматизації дії трансмісії в легкових автомобілях – спрощення дій водія. З цієї причини основні розробки автоматизації управління механічними трансмісіями легкових автомобілів базуються на застосуванні систем повністю автоматичного управління як зчепленням, так і коробкою передач, вантажних автомобілів, а також

магістральних автопоїздів, якими, як правило, управляють водії-професіонали, основною проблемою є не спрощення дій водія, а полегшення умов його роботи. Крім того, для експлуатації вантажних автомобілів характерна їх робота з різною масою вантажів, що перевозяться, внаслідок чого суттєво змінюється режим роботи їх двигуна. Внаслідок цього систему управління повністю автоматичній трансмісії виявляється важко настроїти на оптимальний режим роботи за різних умов експлуатації автомобіля.

Крім того, для забезпечення повністю автоматичного управління механічною трансмісією система автоматики повинна погоджено управляти відразу трьома агрегатами автомобіля, а саме — зчепленням, коробкою передач і пристроєм подачі палива двигуна. В результаті така система автоматики виявляється суттєво складнішою по порівнянню, наприклад, із автоматикою управління гидромеханічними передачами, яка повинна управляти лише приводними механізмами фрикціоні або гальм механічного редуктора.

З цих причин у вантажних автомобілях і автопоїздах набули поширення як повністю автоматичне управління механічними трансмісіями, так і трансмісії з напівавтоматичним управлінням. До складу тих і інших обов'язково входять сервомеханізми приводу зчеплення і механічної коробки передач, а в деяких системах напівавтоматичного управління, крім того, використовуються додаткові інформаційні пристрої, що формують водію на спеціальному табло рекомендації по вибору режиму роботи трансмісії. При цьому водій має можливість самостійно ухвалити рішення, чи скористатися йому отриманою рекомендацією або залежно від конкретних умов руху вибрати інший режим включення передач.

Таке виконання системи управління перемиканням передач, насамперед, привабливо для застосування в автотранспортних засобах, обладнаних багатоступінчастими коробками передач. У даних коробках передач, 12 ступенів передавального відношення, що мають, різниця в його значеннях для сусідніх ступенів складає всього лише 15...20 %. Внаслідок цього при повністю автоматичному управлінні трансмісією перехід з однієї передачі на сусідню може супроводжуватися появою режиму "циклічності", що характеризується повторними включеннями і виключеннями сусідніх передач. небезпека виникнення подібного

режиму практично відсутня, якщо остаточне рішення про перехід з однієї передачі на іншу вибирає сам водій.

Таким чином, технічні рішення, на базі яких створюються системи управління механічними трансмісіями легкових і вантажних автомобілів, у ряді випадків можуть бути суттєво різними. Але незважаючи на це, спільним для тих і інших сучасних систем є їх створення на основі застосування мікропроцесорних пристроїв, що дозволяють оптимізувати процес управління трансмісією з врахуванням багатьох факторів, тобто створювати для них багатопараметричні системи оптимального управління.

1.1.2 Науково-технічна новизна проекту

Науково-технічна новизна проекту визначається у тому, що в якості об'єкта дослідження прийнятий також автомобіль з гібридною силовою установкою. При цьому основним завданням інтелектуальної системи автоматизованого керування гібридної трансмісії є забезпечення найбільш економічного й екологічно безпечного режиму роботи ДВЗ за рахунок перерозподілу навантаження між ДВЗ, допоміжним двигуном і контуром рекуперації енергії.

Науково-технічна новизна проекту полягає також у тому, що для адаптивного керування трансмісії та оптимізації її роботи використовуються елементи нечіткої логіки та експертних оцінок. Математичне моделювання нечіткої системи керування гібридної трансмісії виконувалась за допомогою ліцензійного програмного забезпечення системи MATLAB. Для забезпечення адаптивних можливостей інтелектуальної системи автоматизованого керування гібридної трансмісії автомобіля використовується гібридна нейтронна мережа ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System).

1.1.3 Відповідність науково-технічної продукції світовому рівню, перспективність її впровадження та просування на ринок

На сьогоднішній день на світовому автомобільному ринку спостерігається тенденція збільшення випуску транспортних засобів, особливо великовантажних автомобілів, з адаптивними інтелектуальними системами керування трансмісією. Одна з

найбільших фірм виробників трансмісій у Європі фірма ЦФ Фридрихсхафен АГ пропонує все більш вдосконалені системи адаптивного керування трансмісією.

Трансмісії великовантажних автомобілів і автобусів вітчизняного виробництва й країн СНД, як правило, мають ручне керування. При цьому водієві доводиться прикладати великі мускульні зусилля, оскільки при перемиканні передач комутуються більші потужності й механізми перемикання мають значні маси.

Розробка адаптивних систем керування трансмісій дозволить усунути цей недолік, особливо для автобусів із задньомоторним компонуванням. Головна перевага запропонованої адаптивної систем управління – усунення суб'єктивного фактору операції перемикання передач. Дослідження свідчать, що більше половини водіїв помиляються у виборі моменту перемикання передач. Як передчасне перемикання, так і запізнення з ним прискорюють зношування двигуна, збільшують витрати палива, токсичність відпрацьованих газів.

Адаптивна система управління має у своєму складі датчики стану, електронний блок керування, виконавчі механізми управління зчепленням і механізмом перемикання передач, індикатор виключеної передачі, індикатор наявності несправності в системі. Електронний блок управління містить апаратну й програмну частини. Апаратурна частина для всіх автомобілів і моделей постійна, програмна частина розробляється окремо під кожну модель автомобіля. Програма розробляється таким чином, щоб у будь-яких умовах руху в трансмісії була включена передача оптимальна по витраті палива й токсичності відпрацьованих газів. Застосування адаптивної системи керування трансмісією дозволяє поліпшити ергономічні показники робочого місця водія, спростити компонувальне рішення управління трансмісією, особливо для автомобілів з кабіною, що відкидається, підвищити ступінь герметичності кабіни і, як результат, підвищити привабливість вітчизняних автомобілів на зовнішніх ринках.

Очікувана собівартість одного комплекту інтелектуальної системи керування трансмісією автомобіля становить 7000 грн. Результати проекту будуть використані на Вовчанському авто агрегатному заводі (м. Вовчанськ, Харківська область), який зацікавлений в освоєнні розробки. Передбачається виготовляти щорічно до 5 тис. комплектів системи управління виробництва.

Це дасть можливість створити додатково до 500 робочих місць. На теперішній час є підстави думати, що з урахуванням російського ринку обсяг виробництва може бути збільшений до 15 тисяч комплектів на рік.

Вітчизняних аналогів системи керування не існує. Закупівля іноземних зразків, за нашими оцінками, обійдеться в 5...6 разів дорожче, оскільки виникає необхідність адаптування системи до особливостей конструкції, матеріалів, технічних традицій промислового центру, де випускаються автомобілі. Крім того, таке рішення не створює додаткових робочих місць у нашій країні. Таким чином, уже тепер постало завдання орієнтації на конструкції автомобілів, які в змозі використовувати альтернативні, більш поширені ніж нафтопродукти види палива, такі що мають істотно вищу паливну економічність і значно кращі екологічні показники, ніж у тих що традиційно використовуються на транспортних засобах.

Крім того, використання автоматичного режиму управління трансмісією дозволить виключити суб'єктивні, не завжди правильні навички водія й тим самим збільшити ресурс двигуна й трансмісії.

З іншого боку, адаптивна система управління дозволить поліпшити умови праці водія, істотно підняти ергономічні показники робочого місця.

Запропонована розробка є піонерською, базовою для подальшого розвитку наряду, тому представляє високу вагомість для розвитку автомобілебудування та автомобільного транспорту України.

Очікується зниження витрати палива й зменшення токсичності відпрацьованих газів до 10 % за рахунок оптимізації моментів перемикавання передач за різними показниками.

1.2 Аналіз інформаційних джерел про сучасні адаптивні системи керування трансмісіями

1.2.1 Електронні системи керування зчепленням

При створенні багатофункціональних надійних систем автоматичного керування зчепленням [1] систем використовуються наступні основні принципи їх побудови:

- із застосуванням цифро-аналогових електронних блоків керування;

- на основі електронних блоків з програмованими структурами, тобто елементів мікропроцесорної техніки;

- с використанням електронних блоків в поєднанні з механічними або гідравлічними елементами, що управляють (комбіновані системи).

Електронні елементи цих систем формують тільки команди примусового виключення і повного включення зчеплення, а плавним регулюванням його моменту управляють інші елементи системи.

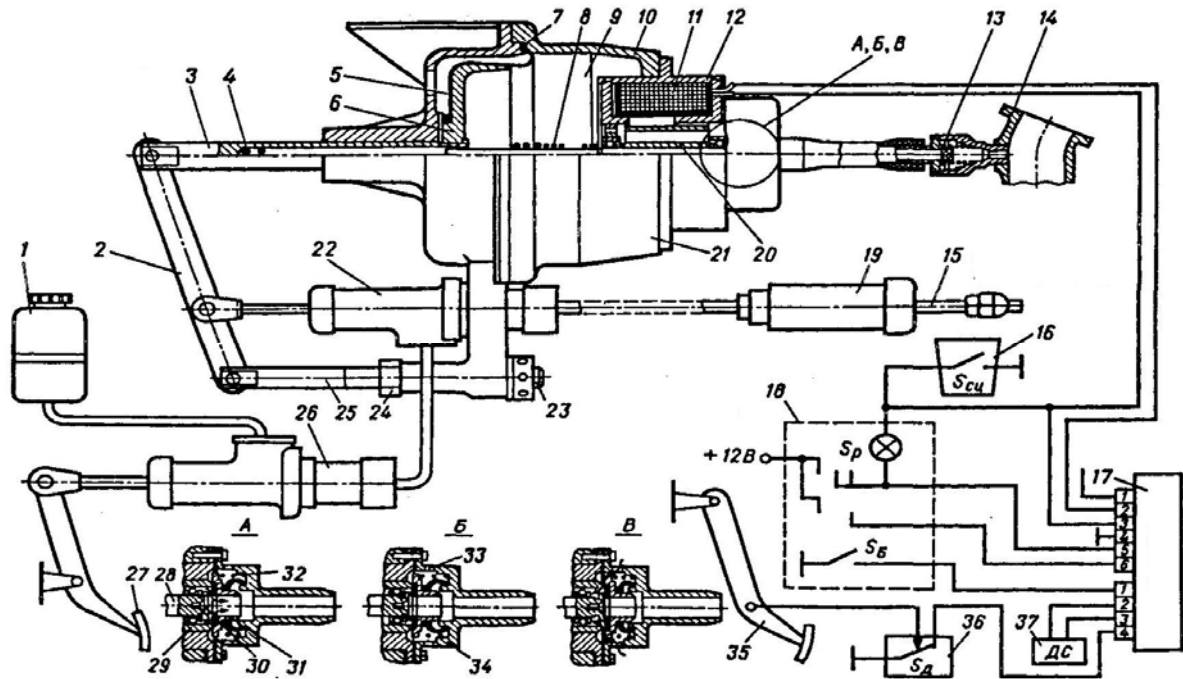
На блоки автоматики електронних систем керування покладаються задачі формування команд примусового виключення зчеплення на період перемикання передач або у разі зменшення частоти обертання валу двигуна нижче встановленої межі, повного включення (блокування) зчеплення при розгоні колінчастого валу до заданої частоти обертання, а також забезпечення плавного регулювання моменту, що передається зчепленням, відповідно до передбаченого закону керування $M_c = f(n_k)$.

Для отримання такого закону керування необхідно на вхід електронного блоку подавати електричний сигнал, частота проходження якого є функцією n_k . Практично ця задача вирішується або внаслідок використання сигналу, що виробляється тим або іншим датчиком частоти обертання, що приводиться від валу двигуна, або при використанні як вхідного сигналу напруги, що формується на первинній обмотці котушки запалення двигуна. Як у цьому, так і в іншому випадку основні елементи електронного блоку залишаються однаковими, але залежно від виду вхідного сигналу потрібно застосовувати різні схеми його перетворення в послідовність прямокутних імпульсів.

Описувані системи базуються на використанні як вхідний сигнал напруги на первинній обмотці котушки запалення, причому схема електронного блоку залишається незмінною незалежно від того, якою системою запалення (класичної, безконтактної або мікропроцесорної) обладнаний автомобіль.

Легкові автомобілі масового виробництва мають в своєму розпорядженні два види джерела енергії – розрідженням, що створюється у впускному колекторі двигуна (вакуумом), і електроенергією, яка виробляється генератором автомобіля і запасається в його акумуляторній батареї. Виходячи з цього, в описуваній системі автоматичного керування зчепленням, розробленій НАМІ, застосований виконавчий механізм приводу

зчеплення у вигляді вакуумної сервокамери, розрідження в якій регулюється за допомогою клапанного пристрою з приводом від електромагніту. Залежно від розрідження відповідно змінюється і приводне зусилля вакуумної сервокамери. Режимом роботи електромагніту приводу клапанного пристрою управляє електронний блок, виконаний на основі аналого-цифрової схемотехніки. Відповідно цього описується система надалі позначається терміном "Електровакуумний привід зчеплення" (ЕПЗ) (рис. 1.1).



- 1 – бачок системи гідроприводу; 2 – важіль сервокамери; 3 – шток;
 4, 8 – пружини; 5 – порожнина атмосферного тиску; 6 – поршень;
 7 – діафрагма; 9 – порожнина регульованого тиску; 10 – корпус сервокамери;
 11 – обмотка електромагніту; 12 – електромагніт; 13 – зворотній клапан;
 14 – впускний колектор двигуна; 15 – шток робочого гідроциліндра;
 16 – вимикач зчеплення в рукоятці важеля перемикачів передач;
 17 – електронний блок керування ЕПЗ; 18 – щиток керування з перемикачем режимів роботи зчеплення, вмикачем блокування і лампою контролю включення зчеплення; 19 – робочий гідроциліндр; 20 – якір електромагніту;
 21 – сервокамера; 22 – головний гідроциліндр сервокамери; 23, 24 – гайки регулювання приводу головного гідроциліндра; 25 – опора важеля;
 26 – головний гідроциліндр дублера приводу зчеплення; 27 – педаль дублера приводу зчеплення; 28 – штовхач клапана; 29 – нерухоме сидло клапана;
 30 – рухоме сидло клапана; 31 – клапан; 32 – пружина клапана; 33 – отвір для впускання повітря; 34 – корпус клапана; 35 – педаль подачі палива;
 36 – вимикач контролю положення педалі палива; 37 – датчик швидкості

Рис. 1.1.Схема дії електровакуумного приводу зчеплення (ЕПЗ)

Вакуумна сервокамера, клапан регулювання тиску в ній і приводний електромагніт виконані у вигляді єдиного конструктивного вузла. Зчеплення включається і вимикається в результаті переміщення поршня 6 і пов'язаного з ним штока 3 сервокамери.

Якщо, наприклад, поршень би втягувався всередину сервокамери, то шток 3, впливаючи на важіль 2, переміщує з ліва на право поршень головного гідроциліндра 22 сервокамери. Це викликає переміщення поршня робочого гідроциліндра 19 (зліва направо), внаслідок чого шток 15, натискаючи на важіль приводу зчеплення, пересуває вичавний підшипник, вимикаючи при цьому зчеплення. При русі поршня 6 у зворотному напрямі зчеплення включається. Зліва від поршня 6 розташована порожнина 5, постійно сполучена з атмосферою, а праворуч від поршня знаходиться порожнина 9 регульованого тиску, рівень якого може мінятися від атмосферного до розрідження 60...70 кПа (0,6...0,7 кгс/см²).

Чим вище розрідження в порожнині 9, тим більша різниця сил діє на стінки поршня 6, внаслідок чого зростає сила, прагнуча перемістити поршень всередину сервокамери. Під її дією через приводні вузли зчеплення стискаються його натискні пружини, унаслідок чого зменшується притиснення натискного диску до відомого, і відповідно зменшується момент, який передається зчепленням.

1.2.2. Системи керування механічними трансмісіями вантажних автомобілів і авто потягів

Системи керування напівавтоматичними трансмісіями. Напівавтоматичні механічні трансмісії знайшли промислове застосування в деяких моделях вантажних автомобілів і автопотягів, обладнаних пневматичною системою приводу гальм. Дана пневматична система є джерелом енергії для виконавчих пневматичних приводів механізмів перемикання коробки передач і регулює момент, який передається фрикційним зчепленням. Для керування цими виконавчими механізмами застосовуються клапанні пристрої з приводом від електромагнітів. У свою чергу, дані електромагніти підключаються до джерела електроживлення або відключаються від нього залежно від команд, що виробляються

електронним блоком, до якого підводяться електричні сигнали від перемикаємого водієм контролера керування.

На основі такого принципу діє система керування 12-ти ступінчатою напівавтоматичною трансмісією типу "SAMT", фірми "Eaton", що випускається (США). До складу апаратури керування цієї системи (рис. 1.2) разом з контролером 5, розташованим на пульті 1, входять мікропроцесорний блок 3, датчик положення педалі подачі палива 2, інформаційний дисплей 6, а також педаль 4 приводу зчеплення, 7, 8 електропневматичні клапани для керування пневматичними циліндрами включення і вибору передачі [2]. управляє водій, вибір включення тієї або іншої передачі залежить тільки від нього.

Блок залежно від сигналів, що надходять до нього від контролера керування, виробляє команди включення і виключення відповідних електромагнітів приводу клапанів керування пневматичними циліндрами перемикавання передач. Оскільки ж контролером. Проте система "SAMT" допомагає водію ухвалити таке рішення про вибір передачі, включення якої забезпечує якнайкращу паливну економічність автомобіля. Це завдання також вирішується за допомогою мікропроцесорного блоку, який, аналізуючи сигнали від датчиків частоти обертання валу двигуна, швидкості руху автомобіля і положення педалі подачі палива, формує на дисплеї інформацію водію, яку з передач йому слід включити. Водію доводиться управляти педаллю зчеплення тільки при зрушенні автомобіля з місця, а в процесі перемикавання передач система керування забезпечує автоматичне виключення і подальше включення зчеплення.

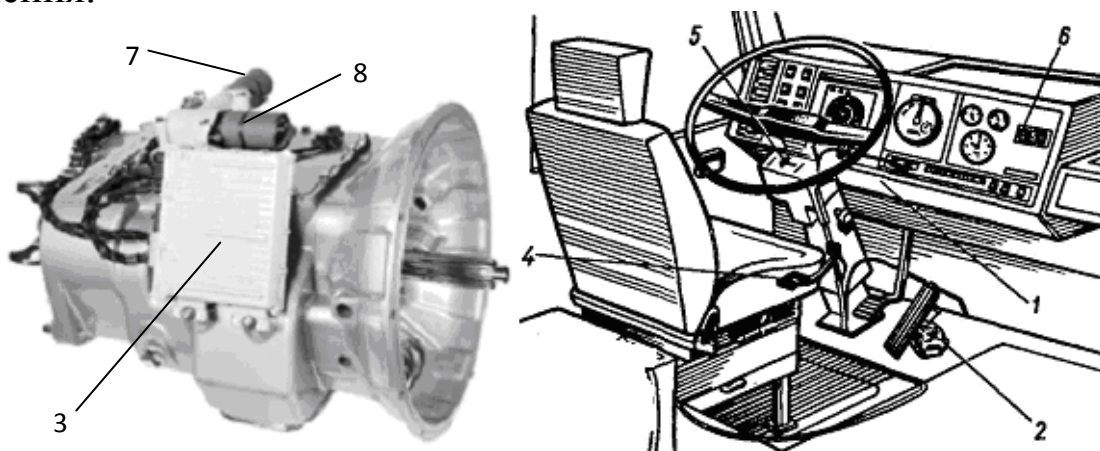


Рис. 1.2. Система напівавтоматичного керування 12-ступінчастою механічною трансмісією типу "SAMT"

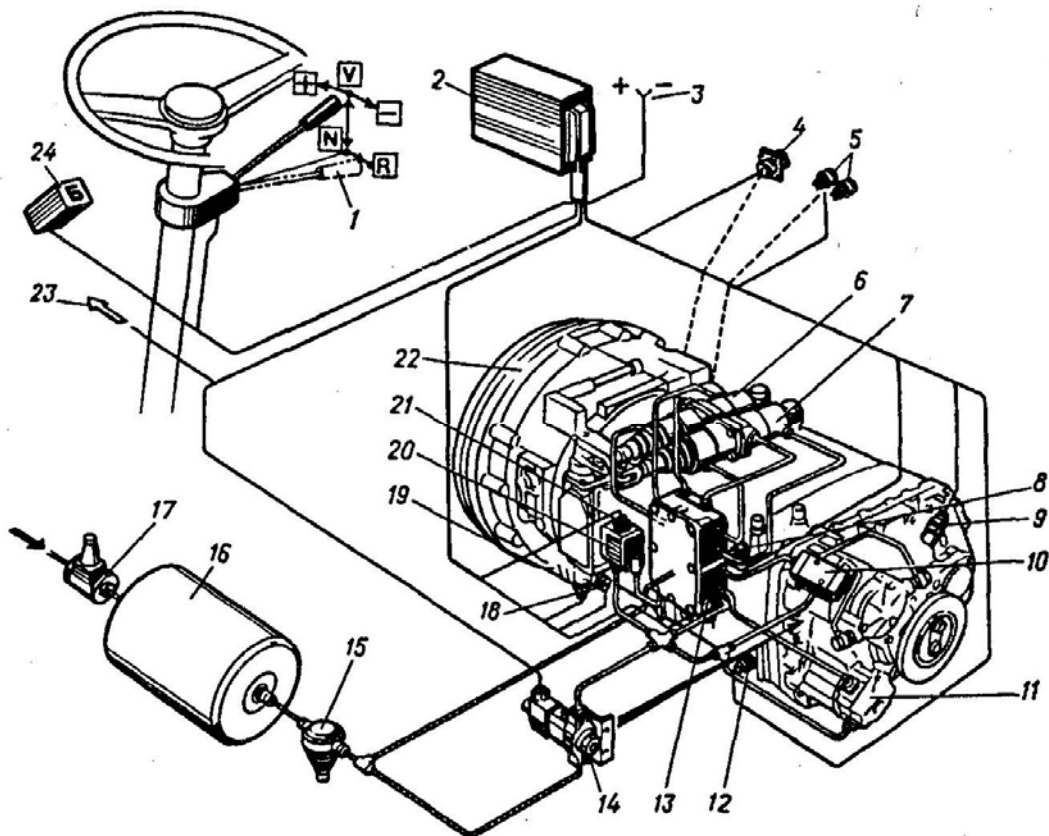
Особливістю системи "SAMT" є відсутність в ній механічного зв'язку між педаллю подачі палива і паливним насосом двигуна. Він приводиться в дію від сервомеханізму, сигнали до якого поступають від датчика положення педалі. Така особливість системи дозволяє в процесі перемикавання передач незалежно від положення педалі подачі палива автоматично впливати на роботу двигуна і завдяки цьому оптимізувати режим вантаження трансмісії.

Один з варіантів виконання напівавтоматичної механічної трансмісії – поєднання в ній звичайної ступінчастої механічної коробки передач і фрикційного зчеплення з гидротрансформатором, встановленим між валом двигуна і провідним елементом зчеплення. Трансмісії такої конструкції за кордоном позначаються терміном "WSK", а в Україні вони одержали найменування "діапазонна передача".

Особливість дії даних трансмісій полягає в тому, що їх зчеплення призначене для роз'єднування вихідного валу гидротрансформатора і провідного валу коробки передач тільки протягом процесу, перемикавання передач. За всіх інших умов експлуатації автомобіля, зокрема на режимах зрушення його з місця, зчеплення залишається повністю включеним, і у водія завдяки цьому відпадає потреба в управлінні роботою зчеплення. Тому в системах напівавтоматичного керування трансмісією "WSK" в завдання системи входить лише вироблення команд перемикавання передач відповідно до положення контролера, керованого водієм, і забезпечення автоматичного виключення зчеплення на період перемикавання передач. Такий принцип керування використовується, наприклад, в системі типу "ZF – Семішифт" (рис. 1.3), призначеної для напівавтоматичного керування 8-ступінчастої трансмісії "WSK" фірми "Цанрадфабрік" (Німеччина) [3].

По ряду технічних рішень ця система має багато спільного з системою "SAMT".

У ній для перемикавання ступенів коробки передач також використовуються пневматичні циліндри, керування якими здійснюється групою клапанних пристроїв з приводом від електромагнітів. Необхідний порядок включення і виключення електромагнітів формує електронний блок 2 залежно від сигналів, що поступають до нього від контролера керування 1.



1 – контролер керування; 2 – електронний блок; 3 – бортова електрична мережа; 4 – роз’їм для підключення керування "WSK"; 5 – датчики частоти обертання провідного і відомого елементів зчеплення; 6 – циліндр включення 3-, 4-, 7-, і 8-ї передач; 7 – циліндр включення 1-, 2-, 5- і 6-ї передач; 8 – датчик включення нижнього діапазону коробки передач; 9 – датчик спідометра; 10, 11 – клапани включення діапазону коробки передач; 12 – датчик включення вищого діапазону коробки передач; 13 – центральний блок клапанів; 14 – головний клапан; 15 – осушувач повітря; 16 – автономний ресивер; 17 – запобіжний клапан; 18 – датчик нейтрального положення коробки передач; 19 – датчик включення передач; 20 – циліндр включення заднього ходу; 21 – датчик включення заднього ходу; 22 – гідротрансформатор системи "WSK"; 23 – з’єднання з системою дистанційного керування подачею палива типу "E-GAS"; 24 – інформаційний дисплей вказівки передачі

Рис. 1.3. Система напівавтоматичного керування 8-ступінчастою механічною трансмісією типу "ZF-Семішифт":

Переміщенню важеля контролера у верхнє положення V відповідає вироблення команди включення однієї з передач переднього ходу. Якщо при цьому важіль розташовується в середньому положенні, то перемикання передач не відбувається, а залишається вимкненою раніше вибрана передача. Переміщення в положенні V важеля ліворуч (+) приводить до включення вищої

передачі (наступної по відношенню до раніше встановленої). Якщо ж важіль в положенні V переміщається праворуч, то включається нижча передача (наступна по відношенню до раніше встановленої).

Після включення тієї або іншої передачі на дисплеї 24 вказується її номер, що є корисною інформацією для водія.

Під час перемикання передач система керування автоматично вимикає зчеплення, а після завершення процесу перемикання також автоматично включає його. Завдяки цьому, а також наявності у складі трансмісії "WSK" гидротрансформатора, у водія взагалі відпадає потреба в управлінні зчепленням, тобто для експлуатації автомобіля педаль зчеплення не потрібна. З метою забезпечення необхідного функціонування системи "ZF – Семішифт" в її склад входять датчики системи керування пристроями "WSK".

У даній системі передбачена можливість її поєднання з системою дистанційного керування подачі палива двигуна типу "E-GAS". При устаткуванні автомобіля даною системою на педалі подачі палива встановлюється датчик її положення, а привід паливного насоса двигуна здійснюється за допомогою сервомеханізму, що діє відповідно до сигналів, які одержуються від датчика педалі. Так само, як і при системі "SAMT", це забезпечує можливість автоматичного регулювання режиму роботи паливного насоса двигуна під час перемикання передач, що дозволяє водію в даний період не міняти положення педалі подачі палива і, отже, спрощує керування автомобілем.

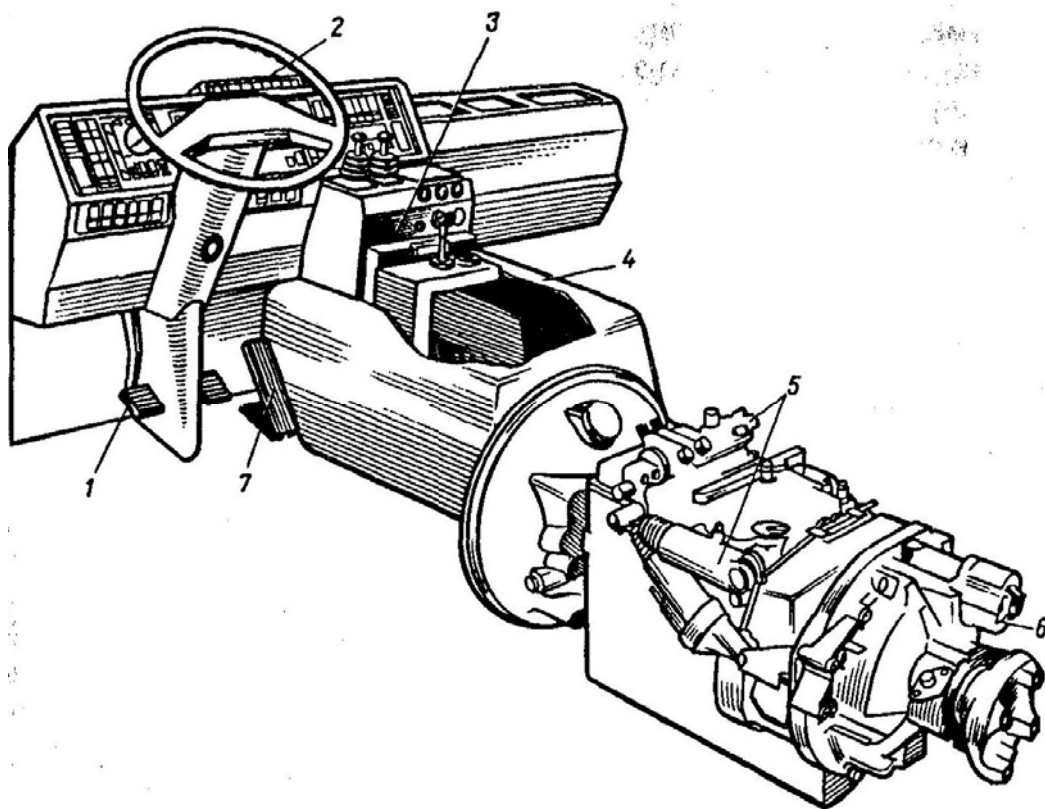
Автоматичне керування трансмісіями. Системи повністю автоматичного керування механічною трансмісією вантажних автомобілів, які без якої-небудь участі водія, але з урахуванням умов руху автомобіля, здійснюють перемикання коробки передач при одночасній дії на подачу палива двигуна і режимі роботи зчеплення, не одержали широкого промислового застосування. Останніми роками всього більшого поширення набувають автоматизовані системи керування механічними трансмісіями, які формують двоетапний процес перемикання передач. Під час першого етапу система керування автоматично, тобто без участі водія, а тільки на підставі сигналів, що поступають до електронного блоку системи від її датчиків, виконує всі підготовчі операції, потрібні для подальшого перемикання передач. Про завершення цих підготовчих операцій система керування інформує водія (звичайно за допомогою сигналів

на дисплеї). Але і після закінчення першого етапу команда на виконання перемикавання ще не видається, у зв'язку з чим режим руху автомобіля не змінюється.

Другий етап дії системи починається лише після того, як водій дає дозвіл на перемикавання передач, підготовлене в першому етапі. Для вироблення такої вирішальної команди у складі системи керування використовується електричний вимикач, що приводиться, наприклад, від педалі зчеплення або якого-небудь іншого пристрою, що управляє, на який впливає водій.

Такий принцип керування реалізований в автоматизованій механічній трансмісії, що вже серійно випускається, з системою керування типу "CAG", яким обладналися вантажні автомобілі і автобуси, які виробляються фірмою "Ськанія" (Швеція) [4].

Система автоматизованого керування 10-ступінчастою механічною трансмісією типу "CAG" наведена на рис. 1.4.



1 – педаль приводу зчеплення; 2 – дисплей; 3 – контролер вироблення команд перемикавання передач; 4 – пульт керування; 5 – циліндри перемикавання передач; 6 – датчик швидкості; 7 – датчик положення педалі подачі палива

Рис. 1.4. Система автоматизованого керування 10-ступінчастою механічною трансмісією типу "CAG"

До складу трансмісії "СAG" (рис. 1.4) входять:

- 10-ступінчаста механічна коробка передач, що містить основний редуктор виконаний у вигляді звичайної 5-ступінчастої коробки передач і двоступінчатий планетарний редуктор. Перемикання основного редуктора виконується за допомогою двох трьохпозиційних пневматичних циліндрів 5, один з яких здійснює обрання, а другий — включення передач. Для перемикання планетарного редуктора застосований один пневматичний циліндр. Управляють цими пневматичними циліндрами клапани з приводом від електромагнітів;

- фрикційне зчеплення звичайного виконання з приводом від пневматичного циліндра, керованого клапаном, що приводиться від електромагніту;

- 4-позиційний перемикач вибору режимів роботи системи керування з положеннями: "Auto" (Автомат), "Man" (Ручне керування), "N" (Нейтраль), "R" (Задній хід). За допомогою даного перемикача водій наперед вибирає один з вказаних режимів роботи системи керування і надалі впливає на цей перемикач тільки при необхідності зміни режимів її роботи;

- контролер 3, що формує команди неавтоматичного (ручного) перемикання передач, а також команду установки коробки передач в нейтральне положення. При кожному нахилі важеля контролера ліворуч від його центрального положення в системі керування виробляється команда підготовки перемикання на сусідню нижчу передачу по відношенню до раніше включеної. Кожен же нахил важеля контролера праворуч від його центрального положення приводить до вироблення системою керування команди підготовки перемикання на сусідню вищу передачу по відношенню до раніше включеної. У разі нахилу важеля контролера вперед по відношенню до його центрального положення система керування формує команду установки коробки передач в нейтральне положення. Таким чином, перемикання коробки передач в нейтральне положення може бути забезпечено як установкою перемикача в положення "N" так і нахилом вперед важеля контролера. Перший спосіб використовується для тривалої установки коробки передач в нейтральне положення, а другий — коли виникає необхідність короткочасного використання положення "Нейтраль" (наприклад, для отримання режиму "накату" автомобіля);

- датчик 6 частоти обертання вихідного валу коробки передач, що виконує функції датчика швидкості руху автомобіля; датчик положення педалі 7 подачі палива, сигнали якого побічно оцінюють потужність, що розвивається двигуном автомобіля;

- датчики положення штоків пневматичних циліндрів перемикачів передач (7 штук), залежно від сигналів яких система керування одержує інформацію, яка з передач знаходиться у включеному положенні;

- мікроперемикач, що спрацьовує при натисненні водієм на педаль зчеплення. Даний мікроперемикач формує керуючий сигнал для перемикачів передач;

- комп'ютер системи керування, до складу якого входить 8-розрядний мікропроцесор. У пам'ять комп'ютера введені таблиці, що визначають швидкості руху при яких з урахуванням положення педалі подачі палива повинні здійснюватися включення і виключення тієї або іншої передачі. На підставі даних, що надходять до комп'ютера від датчиків системи керування, він формує на дисплеї 2 інформацію про те, яка з передач в даний момент включена. Крім того, комп'ютер співставляє інформацію, що одержується від датчиків, з табличними даними в його пам'яті і формує на дисплеї вказівку про те, яку з передач слід включати в трансмісії для отримання найкращої паливної економічності автомобіля. З урахуванням даної інформації комп'ютер готує систему керування до включення вибраної їм передачі, як тільки водієм буде видана вирішуюча команда для виконання такого перемикачів.

Дана команда здійснюється водієм шляхом натиснення їм на педаль зчеплення з включенням при цьому мікроперемикача. Тому, якщо під час руху автомобіля перемикач встановлений в положення "Автомат", і водій погоджується з виробленою комп'ютером і відображеною на дисплеї рекомендацією по включенню нової передачі, то для виконання необхідного перемикачів передач водію досить лише натиснути на педаль зчеплення. Після появи на дисплеї інформації про те, що рекомендоване перемикачів відбулося, водій повинен відпустити дану педаль.

Очевидно, що реалізований в режимі "Автомат" процес керування трансмісією значно спрощує дії водія в порівнянні з керуванням звичайною механічною трансмісією. По рівню зручності керування трансмісія "CAG" майже не поступається

гідромеханічним трансмісіям з автоматичним перемиканням ступенів їх механічного редуктора.

Дія системи керування в режимі ручного перемикання передач, що формується за допомогою контролера 3, залежить від того, в якому положенні при цьому знаходиться перемикач. Якщо цей перемикач встановлений в положення "Ручне керування", то незалежно від проміжку часу, що пройшов між установкою важеля контролера і натисненням на педаль зчеплення, перемикання передач виконуватиметься відповідно до команди, виробленої контролером.

У тих же випадках, коли перемикач встановлений в положення "Автомат", команди контролера виконуються тільки протягом 7 з після його переміщення. Після закінчення цього часу подальше натиснення водієм на педаль зчеплення приведе до включення тієї передачі, яка вибрана комп'ютером.

Ще під час руху автомобіля на раніше включеній передачі водій має можливість при установці перемикача в положення "Ручне керування" незалежно від дії комп'ютера наперед підготувати включення нової передачі, вибираючи її з урахуванням майбутньої зміни дорожньої ситуації. Після цього, коли потрібно буде включити вибрану передачу, водію достатньо для цього лише натиснути і відпустити педаль зчеплення.

Дана особливість дії системи керування "CAG" — важлива її гідність, що особливо помітно виявляється у разі руху автомобіля на дорогах з частими спусками і підйомами, коли бажано наперед підготувати включення необхідної передачі ще до того, як змінився профіль дороги.

Дії водія і елементів системи "CAG" керування перемиканням передач ілюструються наступними прикладами.

Автоматичне перемикання з 5-ї на 6-у передачу (рис. 1.5). Перемикач встановлений в положення "Автомат". На дисплеї, як це умовно показано на малюнку чорною стрілкою, цифра 5 знаходиться в режимі постійного свічення, що інформує про включення в трансмісії 5-ї передачі. Одночасно з цим, як умовно показано білою стрілкою, в миготливому режимі світиться цифра 6, що рекомендує включення 6-й передачі з метою отримання якнайкращої паливної економичності автомобіля. Для формування такого перемикання водій натискає на педаль зчеплення і після того, як на дисплеї цифра 6 переходить в режим постійного свічення, відпускає дану педаль.

Командне (ручне) перемикання з 7-ї на 9-у передачу (рис. 1.6). Можливі два варіанти установки перемикача: у положення "Ручне керування" і "Автомат". Система керування в обох випадках діє ідентично, але при установці перемикача в положення "Автомат" для реалізації перемикання передач відповідно до команди контролера необхідно натиснути на педаль зчеплення не пізніше ніж через 7 з після переміщення важеля контролера.

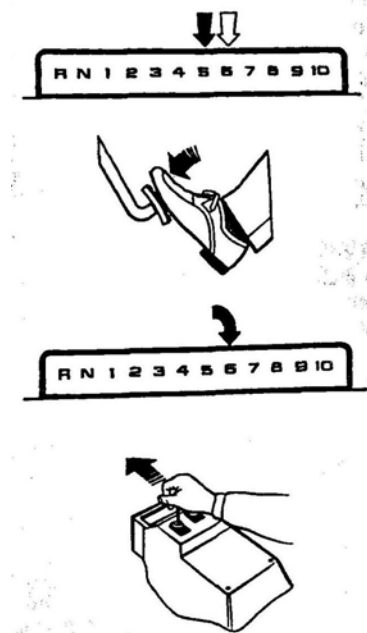


Рис. 1.5. Автоматичне перемикання з 5-ї на 6-у передачу

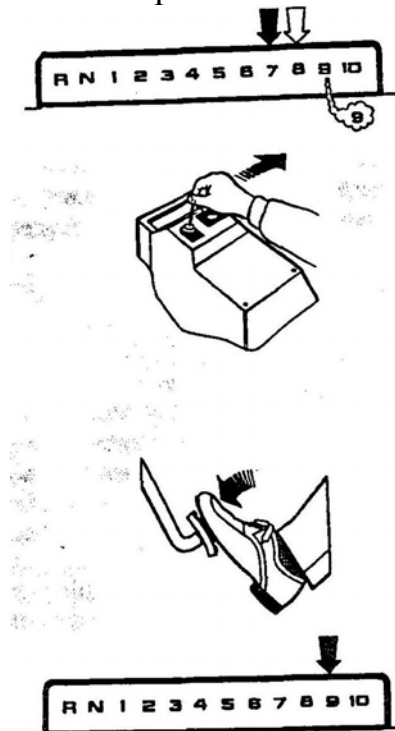


Рис. 1.6. Командне перемикання з 7-ї на 9-у передачу

Дисплей інформує про те, що в трансмісії включена 7-а передача, а для отримання якнайкращої паливної економічності слід включити 8-у передачу. Але водій бачить, що скоро повинен початися тривалий спуск, у зв'язку з чим доцільно відразу ж після 7-ї передачі включити 9-у передачу. Для формування такої команди перемикач водій нахиляє один раз важіль контролера в право, внаслідок чого починає мигати цифра 9, а потім натискає на педаль зчеплення. Після того цифра 9 переходить в режим постійного свічення, що вказує на включення 9-ї передачі, водій відпускає педаль зчеплення.

Командне (ручне) перемикач з 5-ї на 3-ю передачу за наявності збігу включеної і рекомендованої передачі (рис. 1.7).

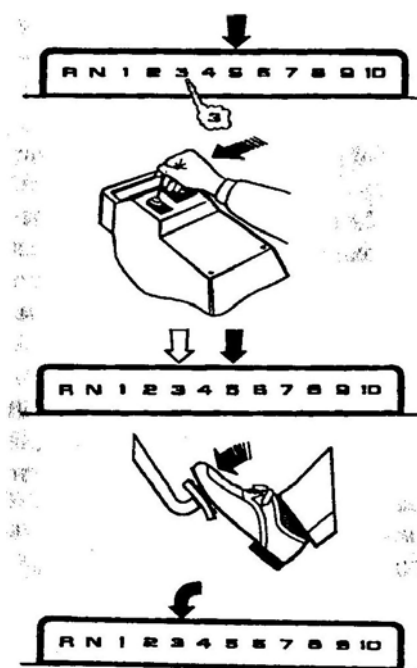


Рис. 1.7. Командне перемикач з 5-ї на 3-ю передачу

Перемикач встановлений в положення "Автомат" або "Ручне перемикач". На дисплеї в режимі постійного свічення знаходиться цифра 5, що вказує на рух автомобіля з включеною 5-ю передачею. Жодна з цифр дисплея не включена в мигаючий режим, що свідчить про збіг включеної передачі з передачею, що забезпечує найкращу паливну економічність автомобіля. Але при цьому водій бачить, що скоро повинен початися затяжний підйом, у зв'язку з чим бажано наперед включити 3-ю передачу. Для цього він двічі нахиляє ліворуч важіль контролера, внаслідок чого починає мигати цифра 3, а потім натискає на педаль зчеплення. В результаті відбувається включення

3-ї передачі, а на дисплеї цифра 3 переходить в режим постійного свічення. Після цього водій відпускає педаль зчеплення.

Застосування у складі системи керування комп'ютера дозволило реалізувати в ній наступні функції захисту трансмісії від недопустимих режимів її роботи:

- заборона включення водієм передачі, при якій може недопустимо збільшитися частота обертання валу двигуна. Якщо така небезпека в результаті помилкових дій водія виникає, то разом із заборonoю на перемикання система керування формує на дисплеї номер найбільш низької передачі, включення якої ще допустимо;

- перемикання коробки передач в нейтральне положення, якщо під час гальмування автомобіля відбувається блокування коліс або у разі тієї, що їх пробуксувала (наприклад, під час руху на слизькій дорозі). Така захисна функція зберігається до тих пір, поки не відновиться нормальний режим обертання коліс;

- захист від неправильного функціонування системи керування при коротких замиканнях в її ланцюгах, а також при збоях в роботі системи. У цих випадках виробляється команда перемикання коробки передач в нейтральне положення. Крім функцій захисту, на комп'ютер покладаються і завдання діагностування. Для цієї мети на блоці керування комп'ютера є перемикач, призначений для включення в комп'ютері програми контролю і виявлення несправностей. Ця програма забезпечує перевірку справності елементів системи і виконання необхідних переміщень приводів, перемикальних передач в основному і планетарному редукторах коробки передач. Інформація про місця несправностей відображається у вигляді цифрових кодів на дисплеї системи. Якщо в процесі руху автомобіля виникають навіть короточасні збої або неполадки в роботі системи керування, то ці явища автоматично фіксуються в пам'яті комп'ютера з подальшим їх відображенням на дисплеї у вигляді відповідних кодів.

Система "CAG" не забезпечує автоматизації дії зчеплення в режимах зрушення автомобіля з місця, що є її недоліком, оскільки керування зчепленням при цьому режимі цілком покладається на водія. В результаті знижується рівень зручності керування автомобілем.

Електронні системи керування механічними ступінчастими трансмісіями одержали практичне застосування і у вантажних

автомобілях виробництва фірми "Вольво" (Швеція). Такими є система напівавтоматичного керування трансмісією під найменуванням "Робошифт" і система автоматизованого керування трансмісією, що іменується терміном "Гиротроник" [5, 6].

У обох названих трансмісіях виконавчими механізмами приводу зчеплення і перемикання передач є пневматичні циліндри, керовані клапанами з приводом від електромагнітів. Формування команд керування всіма елементами даних систем виконують мікропроцесори. Для керування перемиканням передач в системі типу "Робошифт" використовується контролер, на рукоятку якого впливає водій. Конструкція контролера аналогічна вживаному в системі "СAG". Мікропроцесор даної системи формує на її дисплеї інформацію (номер рекомендованої передачі), з урахуванням якої водію слід виконувати перемикання передач.

Система "Гиротроник" застосовується як замовлене устаткування для керування 12-ступінчастими механічними трансмісіями, які встановлюються на великовантажних автомобілях [5]. У нижньому діапазоні передавальних чисел коробки передач, тобто від 1-ї 6-ї передачі, процесом їх перемикання управляє безпосередньо водій дією на важіль перемикання передач.

Для автоматичного перемикання передач можуть бути використані дві програми, наперед вибрані водієм. Одна з них — потужніша — забезпечує автомобілю якнайкращі тягово-швидкісні якості, а друга — економічна — дає компроміс між найкращими динамічними показниками автомобіля і його паливною економічністю. При будь-якій з цих програм автоматичного керування водій має можливість на свій розсуд включити бажану їм передачу. Для цього він повинен натиснути на відповідну кнопку панелі, розташованої біля важеля перемикання передач. Після цього водій також на свій розсуд може повернути систему керування в дію за програмою автоматичного перемикання передач.

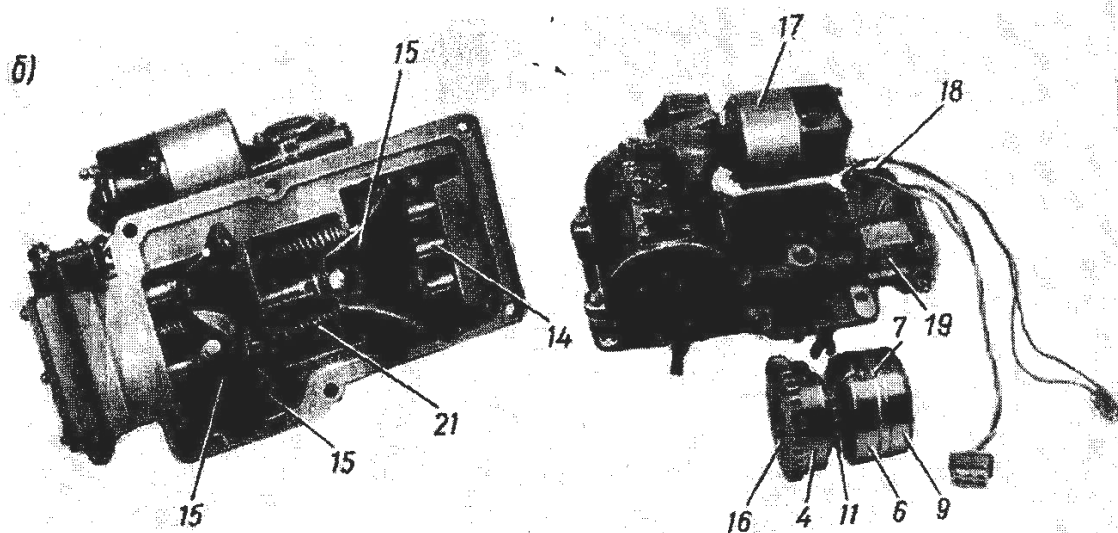
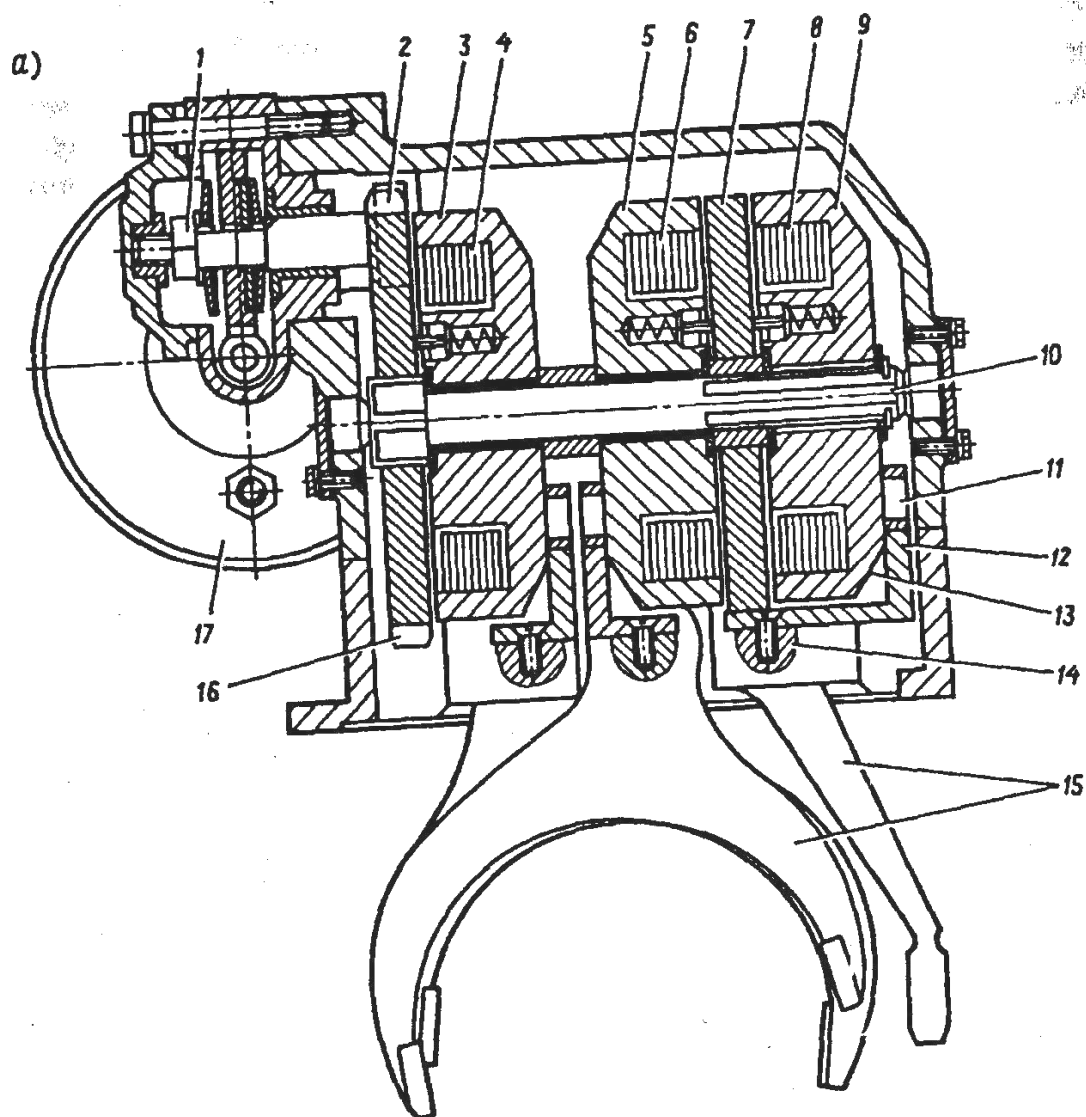
Система керування з одноетапним процесом перемикання передач. У всіх описаних вище системах сервопереключення механічних ступінчастих коробок передач і автоматичного їх перемикання використовувався загальноприйнятий двоетапний процес переходу з однієї передачі на іншу. Після того, як коробка передач встановлюється в нейтральне положення, в результаті виконання першого такту процесу включення (такту обрання)

формується механічний зв'язок між повзунами (або вилками) включення передач і силовим виконавчим пристроєм, призначеним для подальшого переміщення вибраного повзуна. Таке переміщення відбувається протягом другого етапу процесу перемикавання, результатом якого вже є включення необхідної передачі.

На відміну від розглянутого вище двоетапного процесу перемикавання передач в Центральному науково-дослідному автомобільному і автотранспортному інституті (НАМІ) були створені напівавтомат і автоматично керовані механічні трансмісії, що базуються на принципі формування одноетапного процесу перемикавання механічних ступінчастих коробок передач. Суть цього процесу полягає в тому, що спеціальний механізм перемикавання передач забезпечує практичне поєднання етапів обрання і включення передач.

Застосування одноетапного процесу перемикавання передач дозволяє в порівнянні з двоетапним процесом одержати наступні переваги: поєднання обох етапів прискорює процес включення передач; при одноетапному процесі не вимагається чіткого розмежування етапів обрання і включення передач, дякуючи чому відпадає потреба застосування у складі системи керування додаткових датчиків, контролюючих закінчення процесу обрання і що виробляють команду початку дії процесу включення передач.

Для реалізації одноетапного процесу перемикавання передач використовується комбінований електромагнітний і електромеханічний механізм, що вмонтовується на стандартному картері коробки передач замість її кришки із звичайними ручними приводами перемикавання передач. Силовий виконавчий пристрій цього механізму (рис. 1.8) — електричний двигун 17 постійного струму потужністю 50 Вт. Від цього електродвигуна через черв'ячний редуктор 1 і пару 2, 16 шестерень приводиться в обертання провідний вал 10 механізму, на якому крім шестерні 16, електромагнітної муфти, що є одночасно провідним елементом, 3, закріплений і диск 7, другий провідний, що є, елемент для електромагнітних муфт 5 і 9. Відомі елементи електромагнітних муфт виконані у вигляді циліндрових корпусів — магнітопроводів (поз. 13 для муфти 9) з розміщеними в них обмотками збудження 4, 6, 8.



а) блок електромагнітних муфт; б) зовнішній вигляд

Рис. 1.8. Комбінований електромеханічний і електромагнітний механізм одноетапного перемикання передач:

Між валом 10 і внутрішньою циліндровою частиною корпусів відомих елементів встановлені немагнітні (латунні) втулки, через які центруються відомі елементи муфти. На цих втулках відомі елементи можуть повертатися щодо їх провідних елементів. У корпусі муфти є 3 отвори, в яких розміщуються невеликі пружини з штовхачами, які притискаються до торців провідних елементів муфт. Вони призначені для прискорення процесу виключення муфти після відключення її обмотки від бортової мережі. Крім того, в корпус кожній з муфт укрутують циліндровий палець 11, який входить в проріз однієї з вильчатих пластин 12, закріплених на відповідних повзунах 14 коробки передач зі встановленими на них вилках 15 перемикачів передач. Крім того, на кожному з повзунів встановлена пружина 21 двосторонньої дії, призначена для переміщення повзуна в його середнє положення, відповідне вимкненому стану передачі, що перемикається.

Від повзунів механізму здійснюється привід двох мікроперемикачів, один з яких 18 спрацьовує, коли всі повзуни встановлюються в середнє положення, а другий 19 спрацьовує, якщо будь-який з повзунів переміщається в положення, відповідне включенню тієї або іншої передачі.

Включення передач здійснюється при одночасному підключенні до бортової мережі електродвигуна і обмотки однієї з електромагнітних муфт. Можлива і невелика затримка включення електродвигуна по відношенню до включення електромагнітної муфти (0,1-0,2 с), що дозволяє зменшити роботу буксування муфти в процесі її включення.

Після включення електродвигуна і електромагнітної муфти через її палець 11 і пластину 12 створюється зусилля на відповідному повзуні 14 коробки передач, внаслідок чого переміщається повзун спільно з його вилкою 75, забезпечуючи включення передачі. Одночасно відбувається стиснення поворотної пружини 21 повзуна передачі, що включається. Після того, як хоч би один з повзунів переміщається в будь-яке з його крайніх положень, відповідних включенню тієї або іншої передачі, спрацьовує мікроперемикач 20, внаслідок чого електродвигун відключається від бортової мережі. В результаті на повзун перестає діяти зусилля, направлене у бік включення передачі, а залишається що тільки діє на повзун протилежно направлене зусилля, що створюється стислою

поворотною пружиною 21 механізму. Це, однак, не приводить до виключення передачі під впливом поворотної пружини повзуна, оскільки через електромагнітну муфту, що залишилася включеною, зберігається механічний зв'язок між повзуном включеної передачі і валом електродвигуна, черв'ячний редуктор якого є механізмом, що самогальмується, і у зв'язку з цим заклинюється при передачі через нього зусилля від виходу до входу черв'ячної передачі.

Для утримання передачі у включеному стані момент, що передається електромагнітною муфтою, може бути зменшений в 2...3 рази в порівнянні з моментом, потрібним для включення передачі. Тому після закінчення процесу включення передачі сила струму в обмотці муфти також може бути відповідно понижена.

Для повернення коробки передач в нейтральне положення необхідно крім виключення електродвигуна також відключити від бортової мережі і обмотку електромагнітної муфти, дякуючи чому урветься механічний зв'язок між повзуном включеної передачі і редуктором електродвигуна, що самогальмується. Таким чином, для включення передач необхідно одночасно включити як електродвигун, так і електромагнітну муфту, а для виключення передачі також забезпечити їх обопільне виключення.

При устаткуванні коробки передач даним механізмом її перемикання відпадає потреба у використанні фіксаторів коробки передач, дякуючи чому лункам в повзунах використовуються тільки для керування кінцевим вимикачем і вимикачем "Нейтралі". Разом з тим, для запобігання одночасному включенню двох передач в коробці передач збережені її стандартні замки.

Розглянутий механізм сервопереключення передач придатний для застосування як в напіваавтоматичній, так і в повністю автоматичній механічній трансмісії. Залежно від об'єкту застосування буде потрібно лише різні комплекти датчиків, а також деякі допоміжні пристрої системи керування і власне електронний блок керування трансмісією.

На рис. 1.9 показаний характер зміни в процесі включення передачі струмів в обмотці електромагніту виконавчого механізму приводу зчеплення $I_{\text{сц}}$, обмотці електромагнітної муфти $I_{\text{эм}}$ і електродвигуні $I_{\text{дв}}$.

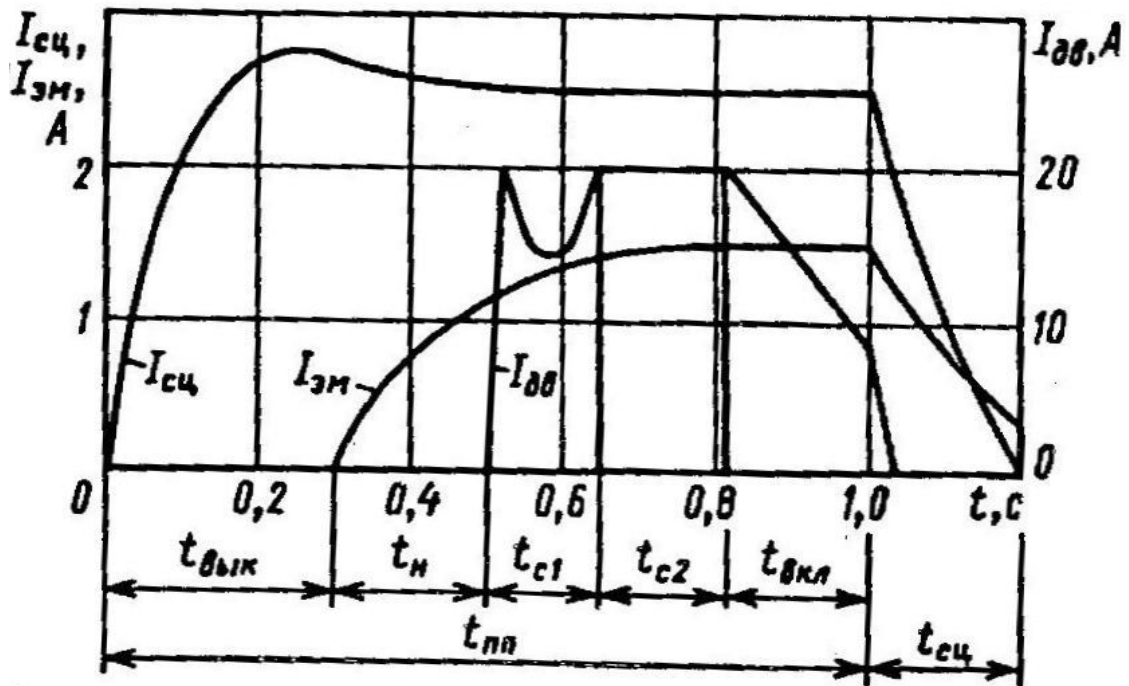


Рис. 1.9. Характеристики зміни в процесі перемикання передач значень струмів в обмотці електромагніту системи автоматичного керування зчепленням $I_{сц}$, обмотці електромагнітної муфти $I_{эм}$ і якорі електродвигуна $I_{дв}$

З розгляду залежностей виходить:

- тривалості періоду виключення зчеплення $t_{\text{вык}}$ перед початком включення нової передачі, а також періоду включення зчеплення $I_{сц}$ після завершення включення передачі складають в сумі близько 0,4 з;
- після закінчення виключення зчеплення процес синхронізації починається через період t_n ;
- процес включення передачі, що складається з періодів синхронізації t_{c1} і t_{c2} і переміщення приводу для включення передачі $t_{\text{вкл}}$ складає приблизно 0,6 с.

Загальна тривалість етапів процесу перемикання передач $t_{п.п}$ прийнятна для звичайних умов експлуатації легкових автомобілів загального призначення.

1.3 Аналіз схем побудови гібридних трансмісій

Проблему створення ресурсозберігаючих, екологічно чистих та ефективних транспортних засобів неможливо вирішити без розробки єдиного концептуального підходу до схемних рішень побудови адаптивних систем керування автоматичними коробками передач для легкових, вантажних та гібридних автомобілів. Конструювання та

впровадження інтелектуальних трансмісій транспортних машин дозволяє вирішити ряд наукових, технічних, соціальних та екологічних проблем сучасності. Основною перевагою транспортних машин з адаптивними системами керування трансмісіями є підвищення безпеки руху. Автоматичний вибір передач забезпечує плавність ходу автомобіля та максимальний комфорт водію.

Аналіз загальних закономірностей розвитку екологічно чистих транспортних засобів доводить, що найбільш перспективним напрямком розвитку автомобілебудування на даний час є автомобіль з гібридною силовою установкою [7-9]. Це пов'язано з тим, що «пик розвитку традиционных двигателей внутреннего сгорания практически прошел. Появление принципиально новых силовых установок окажет решающее влияние на конструкцию автомобиля» [10]. Тому практично всі прогресивні виробники автомобільного транспорту проводять науково-дослідні роботи по розробці та вдосконаленню гібридних силових установок. Тому в даному розділі проведемо аналіз схем побудови саме гібридних трансмісій.

Проблема створення адаптивних систем керування автоматичними коробками передач для гібридних автомобілів ускладнюється тим, що не розроблена універсальна теорія управління енергетичними потоками в гібридному транспортному засобі. А саме для автомобілів з гібридною силовою установкою рішення цього питання стає найбільш актуальним та критичним, у зв'язку з тим, що енергоустановка об'єднує декілька джерел енергії та декілька силових установок різного принципу дії (наприклад ДВЗ та електродвигун, або ДВЗ та пневмодвигун). Але єдиної концепції до створення гібридного автомобіля, поки що немає. Тому метою даної роботи є теоретичне обґрунтування оптимальних схемних рішень побудови гібридних автомобілів, а задача дослідження присвячена аналізу найбільш цікавих концептуальних підходів до створення автомобіля з гібридною силовою установкою на базі електропривода.

Гібридні автотransпортні засоби з електроприводом створюються на різних структурних принципах побудови трансмісії гібридної силової установки [11]. Конструкцію трансмісій гібридних силових установок можна структурно поділити на чотири типи, які відрізняються як схемними рішеннями, так і потужністю використаних електричних машин.

Перший принцип побудови трансмісії гібридних автомобілів засновано на використанні оберненої електромашини потужністю від 2 до 4 кВт, яка виконує також функції стартер-генератора. Такі автомобілі компонуються системою Stop&Start, яка автоматично відключає ДВЗ при зупинці, а при гальмуванні або при русі за інерцією здійснюється заряд високовольтної акумуляторної батареї (АКБ) при відключеному ДВЗ через перетворювач напруги. Структурна схема такої системи наведена на рис. 1.10.

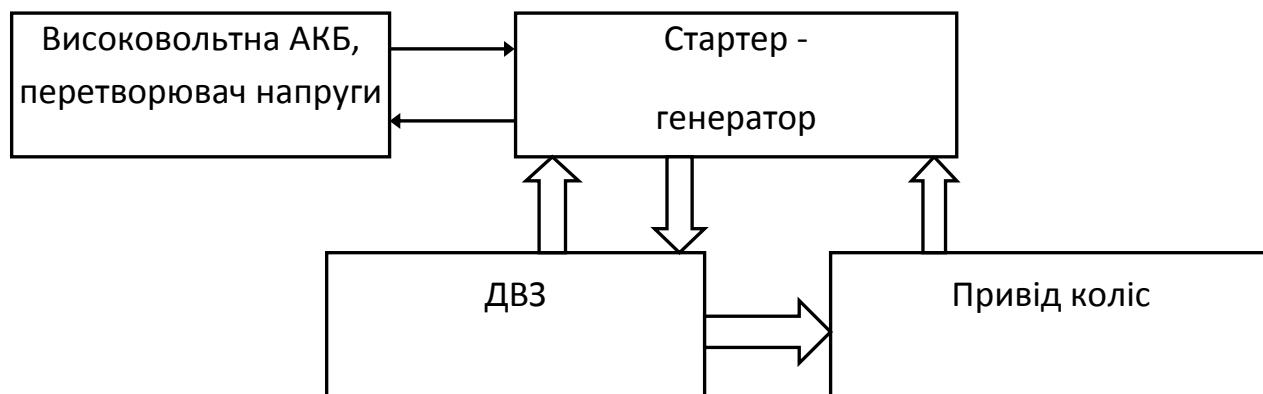


Рис. 1.10. Структурна схема гібридної трансмісії зі стартер - генератором потужністю від 2 до 4 кВт

На схемі потоки механічної енергії позначені подвійною стрілкою, а потоки електричної енергії – одинарною.

Прикладом таких гібридних автомобілів можуть служити автомобілі Toyota Crown, Citroen C3, Ford Fiesta, економія палива в яких складає не більш 10 %.

Гібридна трансмісія створена за другим принципом гібридизації використовує електричний двигун потужністю до 25 кВт, який генерує механічну енергію паралельно з ДВЗ таким чином, що еквівалентна потужність формується з потужності ДВЗ та тягового електродвигуна. Цей режим є найбільш ефективним на старті та при інтенсивному розгоні транспортного засобу, коли обертовий момент електродвигуна максимальний. Такі електричні машини також можуть замінити також стартер і генератор, а гібридна силова установка може працювати у режимі Stop&Start.

Структурна схема побудови гібридної трансмісії за другим принципом наведена на рис. 1.11.

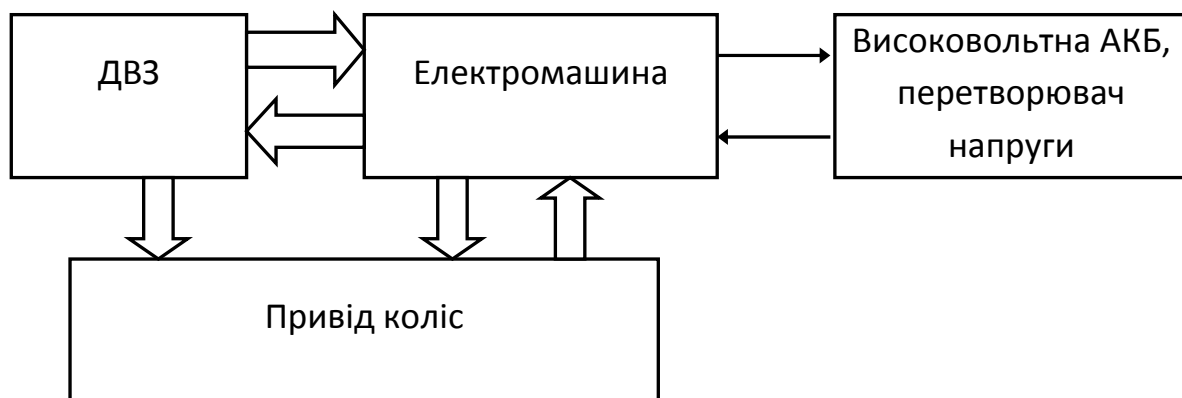


Рис. 1.11. Структурна схема гібридної трансмісії з електромашиною потужністю до 25 кВт

Корпорація Honda випускає серійні гібридні автомобілі саме по такому принципу. Так, нова модель Honda Civic обладнана тяговим електричним двигуном потужністю 15 кВт. Компанія Mercedes представила на автомобільному салоні у Франкфурті два гібридних автомобіля С-класу – бензиновий S350 та дизельний S320CDI, в яких додаткові електродвигуни потужністю всього 6 кВт заощаджують 25 % палива, та на 80 % зменшують викиди шкідливих речовин в атмосферу у порівнянні з базовими аналогами.

Третій принцип побудови трансмісій в гібридних автомобілях засновано на використанні тягових електричних двигунів з ще більшою потужністю (від 30 кВт). Такі транспортні засоби відрізняються тим, що можуть рухатися як у комбінованому режимі, так і тільки на електротязі. Автомобілі комплектуються, як правило, двома електромашинами вентильного типу, а розподіл механічної енергії серед споживачів виконує планетарний механізм. Погоджують роботу на всіх режимах перетворювач напруги і керуючий комп'ютер. Структурну схему трансмісії комбінованої силової установки такого повного гібриду можна представити на рис. 1.12.

Така схема гібридної трансмісії (рис. 1.12) використовується корпорацією Toyota при створенні автомобілів модельного ряду Toyota Prius, Lexus RX400h, Lexus GS450h та інших. Такі гібридні автомобілі менше ніж на 90 % забруднюють зовнішнє середовище, в порівнянні з автомобілями аналогічного класу з ДВЗ. Економія палива теж дуже висока: модель 2003 року Toyota Prius на 100 км витрачає лише 3.2 літра.

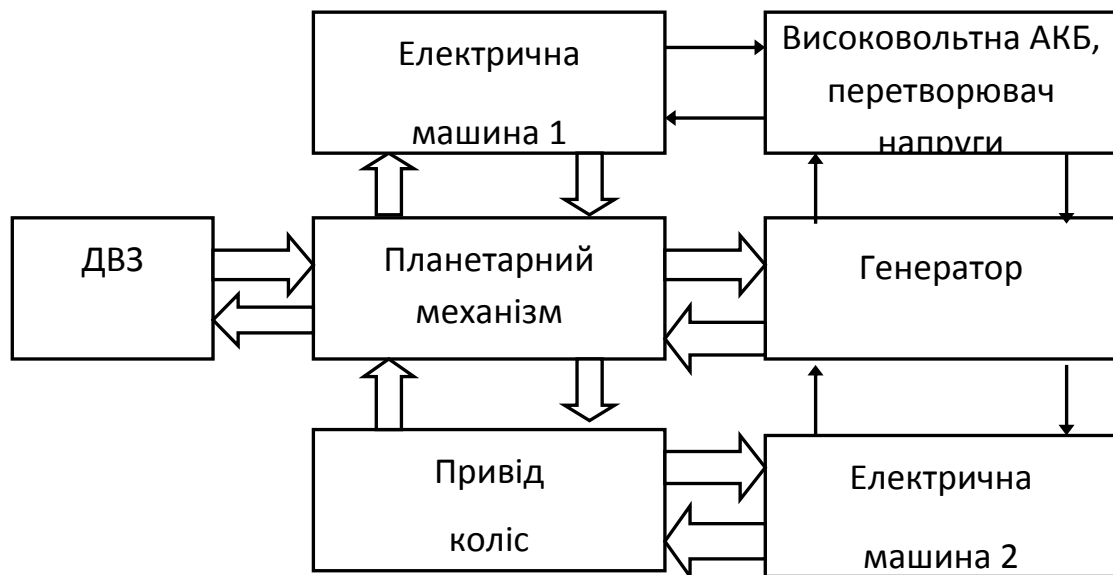


Рис. 1.12. Структурна схема гібридної трансмісії з електродвигуном потужністю більш 30 кВт

До четвертого принципу побудови гібридної трансмісії віднесемо схемні рішення, в яких двигун внутрішнього згоряння не має кінематичного зв'язку з ведучими колесами.

Механічна енергія з ДВЗ через генератор перетворюється в електричну енергію, яка подається в тяговий електромеханічний привід коліс та витрачається для заряду акумуляторної батареї. Структурна схема системи гібридної силової установки наведена на рис. 1.13.

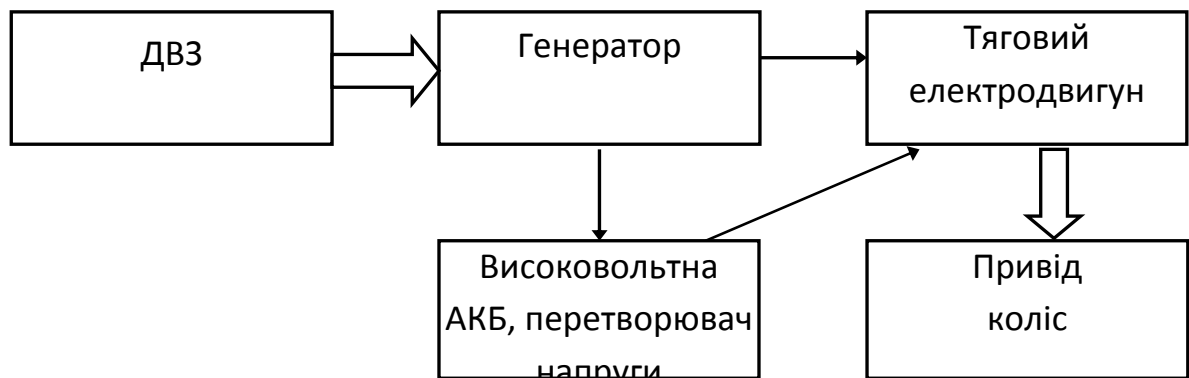


Рис. 1.13. Структурна схема гібридної трансмісії без кінематичного зв'язку ДВЗ з ведучими колесами

До цієї схеми відносяться також конструкції гібридних силових установок з мотор-колесами. Така схема знайшла своє використання

в кар'єрних самоскидах, наприклад, "БелАЗах", в яких потужний дизель-генератор постачає електроенергію в мотор-колеса.

Позитивні сторони такого принципу гібридизації – це відсутність механічної трансмісії, зниження удільної витрати палива та токсичності відпрацьованих газів за рахунок стабілізації режимів роботи двигуна внутрішнього згоряння за потужністю та частотою обертання.

Негативні – зменшення ККД за рахунок подвійного перетворення енергії: механічна енергія ДВЗ – електрична енергія генератора або акумулятора – механічна енергія електродвигуна, збільшення невіднесеної маси автомобіля за рахунок вбудованих у колеса електродвигунів, що призводить до погіршення управління та комфорту.

Інженери компанії Toyota сконструювали за такою гібридною технологією легковий автомобіль, в якому позбавились вказаних недоліків. Новий концепт-кар назвали на честь відомого вченого-електротехніка Alessandro Volta. Бензиновий двигун об'ємом 3.3 літра, механічно не зв'язаний з колесами, обертає електричний генератор. Два тягових електродвигуна загальної потужністю 300 кВт використовуються для приводу переднього та заднього мосту. Характеристики автомобіля вразливі: максимальна швидкість – більш 250 км за годину, середній розхід палива – 7.4 літра на 100 км, швидкість 100 км за годину автомобіль набирає за 4.03 секунди.

Таким чином, нами проаналізовано схеми трансмісій гібридних автомобілів та проведено їх структурну класифікацію за принципом побудови, на основі яких можна зробити наступні висновки:

- конструкцію трансмісій для гібридних автомобілів можна структурно поділити на чотири типи, які відрізняються як схемними рішеннями, так і потужністю використаних тягових електричних машин;
- автомобіль з будь-яким типом гібридної технології є більш ефективним, економічним та екологічним, ніж аналогічний автомобіль з традиційною силовою установкою на базі ДВЗ;
- недоліком конструкції першого принципу гібридизації є те, що електричні двигуни малої потужності 2...4 кВт не використовують свою енергію для додаткової тяги в комбінованому режимі з ДВЗ;
- недоліком конструкцій другого принципу побудови гібридної трансмісії є те, що електричні двигуни відносно великої потужності

(до 25 кВт) не використовуються для автономного приводу автомобіля, що покращило би економічні та екологічні показники;

- третій принцип побудови гібридної трансмісії, на наш погляд, на даний час найперспективніший, тому що він має найвищі показники економічності та екологічності, а при цьому потужність та динаміка розгону кращі ніж у аналогічних автомобілів з традиційною силовою установкою на базі ДВЗ,

- четвертий принцип побудови гібридної трансмісії теж є перспективним, як з точки зору електронного управління та розподілу енергетичних потоків, так і у разі економічних та екологічних характеристик.

1.4 Аналіз схем побудови традиційних трансмісій

У автомобілів класичної компоновки з колісною формулою 4x2 крутний момент від двигуна передається через зчеплення до коробки передач. У коробці передач крутний момент, може ступінчасто змінюватися відповідно до включеної передачі. Двигун, зчеплення і коробка передач звичайно об'єднуються в один блок, утворюючи силовий агрегат. Від коробки передач крутний момент, передається через карданну передачу до головної передачі, де збільшується, і далі через диференціал і напівосі підводиться до ведучих коліс. Головна передача, диференціал і напівосі з колесами утворюють ведучий міст.

Якщо силовий агрегат розташовується в безпосередній близькості від ведучого моста (передньопривідні автомобілі і автомобілі заднемоторної компоновки з задніми ведучими колесами), в трансмісії можна обійтися без карданної передачі між коробкою передач і головною передачею. При такій компоновці головна передача і диференціал звичайно об'єднуються в один агрегат, а для приводу ведучих коліс використовуються напівосі з шарнірами.

Механічна трансмісія повинна мати можливість короткочасного роз'єднання від працюючого двигуна. Це необхідно при зупинках автомобіля і при перемиканні передач в механічній ступінчастій коробці передач. Крім того, при русі автомобіля з місця і перемиканні передач з'єднання валу двигуна і трансмісії повинне відбуватися плавно, без різких ривків. У зв'язку з цим виникає необхідність в спеціальному пристрої, що забезпечує поступове вантаження двигуна. Як такий пристрій звичайно застосовується

зчеплення. Використання зчеплення необхідне для перемикавання передач оскільки якщо трансмісія знаходиться під навантаженням крутним моментом перемикавання неможливе.

Коробка передач (рис. 1.14) призначена для зміни в широкому діапазоні крутного моменту а отже, і тягового зусилля на ведучих колесах автомобіля і швидкостей руху, для забезпечення руху заднім ходом, а також для тривалого роз'єднування двигуна від ведучих коліс при роботі двигуна на холостому ході.

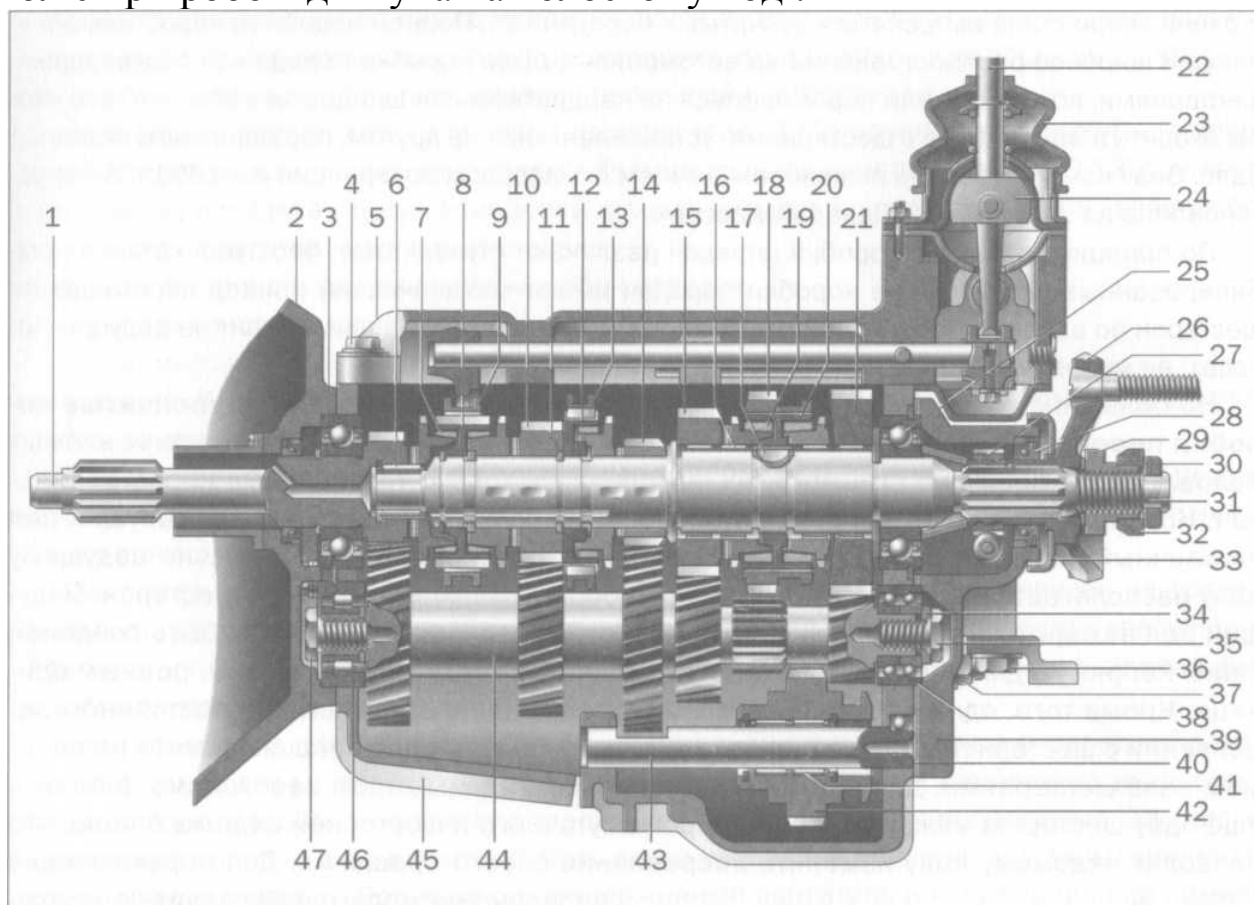


Рис. 1.14. Коробка передач ИЖ-2126

На рис. 1.14 зображено: 1 - первинний вал; 2 - картер зчеплення; 3 - задній підшипник первинного валу; 4 - болт кріплення верхньої кришки; 5 - верхня кришка; 6 - передній підшипник вторинного валу; 7 - блокуюче кільце синхронізатора включення передач; 8 - маточина III-й передачі; 9 - муфта передач; 10 - шестерня III передачі; 11 - стопорне кільце; 12 - маточина V передачі; 13 - муфта V передачі; 14 - шестерня V передачі; 15 - шестерня II передачі; 16 - роликовий підшипник; 17 - шпонка; 18 - муфта-шестерня заднього ходу; 19 - блокуюче кільце синхронізатора включення II

передачі; 20 - маточина 1-11 передач; 21 - шестерня I передачі; 22 - стрижень важеля перемикання передач; 23 - чохол важеля; 24 - важіль перемикання передач; 25 - задній підшипник вторинного валу; 26 - фланець еластичної муфти карданної передачі; 27 - провідна шестерня приводу спідометра; 28 - сальник вторинного валу; 29 - гайка фланця еластичної муфти; 30 - що центрує кільце; 31 - вторинний вал; 32 - ущільнювач; 33 - грязевідбивач; 34 - шайба; 35 - задній болт проміжного валу; 36 - болт кріплення кронштейна задньої опори силового агрегату; 37 - гайка шпильки кріплення задньої кришки; 38 - задній підшипник проміжного валу; 39 - задня кришка коробки передач; 40 - прокладка задньої кришки; 41 - голчастий підшипник; 42 - проміжна шестерня заднього ходу; 43 - вісь проміжної шестерні; 44 - проміжний вал; 45 - картер коробки передач; 46 - передній підшипник проміжного валу; 47 - болт переднього підшипника проміжного валу.

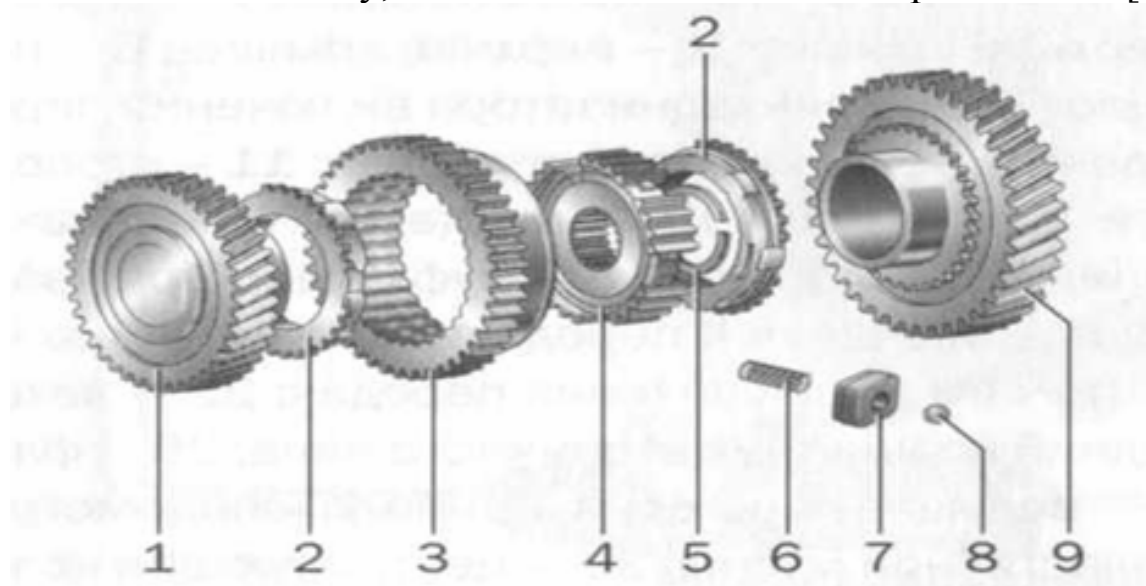
За принципом дії коробки передач розрізняють ступінчасті, безступінчасті і комбіновані [12-15]. Ступінчасті коробки передач мають механічний привід переміщення шестерень по валах, а безступінчасті дозволяють змінювати крутний момент на ведучих колесах, не змінюючи положення педалі «газу».

На більшості легкових і вантажних автомобілях встановлюють ступінчасті коробки передач. Ступінчасті коробки передач можуть мати різне число вживаних валів. Довгий час на автомобілях застосовувалися тільки трохвальні коробки передач. Крутний момент від двигуна передається за допомогою зчеплення на ведучий вал (первинний) коробки передач, на якому є шестерня. Паралельно провідному валу розташовується проміжний вал з набором сполучених з ним шестерень. Ведучий вал знаходиться на одній осі з відомим (вторинним) валом і може бути з ним безпосередньо для отримання прямої передачі з передавальним числом, рівним одиниці. Крім того, одна з шестерень проміжного валу знаходиться в постійному зачепленні з шестернею ведучого валу, а інші — з шестернями, що вільно обертаються на відомому валу.

Для руху автомобіля заднім ходом необхідно додати ще одну шестерню між шестернею проміжного і шестернею відомого валу, що дозволить відомому валу змінити напрям свого обертання [12, 15].

Для перемикання передач необхідно забезпечити можливість жорсткого з'єднання окремих шестерень відомого валу безпосередньо з самим валом. На практиці завдання перемикання передач виявилось не таким простим. Для включення передач необхідно, щоб кутові швидкості обертання шестерень на ведомому валу і швидкість самого валу були рівні. Процес перемикання передач в механічних трансмісіях істотно спростився після винаходу синхронізатора.

Синхронізатор (рис. 1.15) – спеціальна фрикційна муфта, яка забезпечує вирівнювання кутових швидкостей шестерень, що вільно обертаються на валу, з кутовою швидкістю самого валу і не допускає їх з'єднання до моменту, поки вказані швидкості не зрівнюються [15].



1 – шестерня II передачі; 2 – блокируючі кільця; 3 – скользящая муфта включения II и III передач; 4 – ступица; 5 – стопорное кольцо; 6 – пружина; 7 – сухарь; 8 – шарик; 9 — шестерня III передачі

Рис. 1.15. Конструкція синхронізатора

Сьогодні сучасні ступінчасті коробки передач мають синхронізатори на всіх передачах, незалежно від кількості ступенів [12-15].

Двохвальні коробки передач застосовуються в передньопривідних і задньопривідних (з заднім розташуванням двигуна) автомобілях. Конструктивно їх суміщають в одному блоці з двигуном, зчепленням, головною передачею і диференціалом [13,15].

Поперечне розташування коробки передач дозволяє застосовувати головну передачу з циліндровими шестернями. При подовжній компоновці застосовується головна передача з конічними або гепоїдними шестернями; остання є складнішою у виготовленні і регулюванні [12, 15].

Основні достоїнства двохвальних коробок передач:

- простота конструкції;
- мала маса;
- високий ККД на проміжних передачах (при передачі крутним моментом бере участь тільки одна пара шестерень) [15].

В той же час в двохвальній коробці передач немає прямої передачі (коли в передачі крутного моменту не беруть участь шестерні) і максимальний ККД на вищій передачі нижче, ніж на прямій передачі трохвальної коробки.

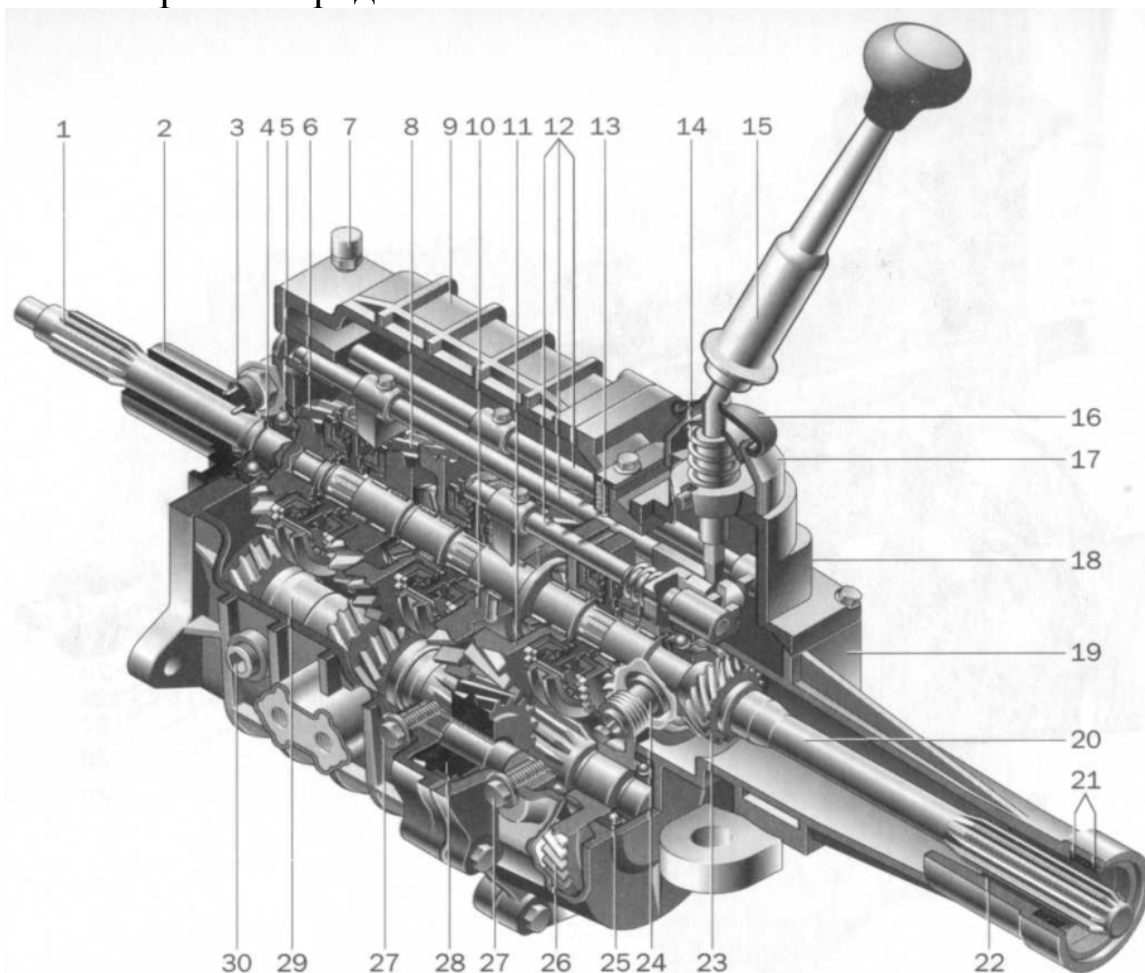
Максимальне передавальне число однієї зубчатої пари коробки передач не повинне перевищувати деякої межі, близької до 4, перевищення якого приводить до збільшення габаритів і підвищення рівня шуму. Це обмежує область застосування двохвальних коробок передач тільки легковими автомобілями малого класу [15].

Якщо двигуни з такими коробками встановлюються поперечний в передній частині автомобіля, то для конструкторів двохвальних коробок передач збільшення числа передач, а отже, і числа пар шестерень, представляє певні труднощі. Подовжня коробка передач може бути легко збільшена по довжині для розміщення додаткових передач.

Поперечний розташований двигун і коробка передач мають обмеження по ширині, що визначається відстанню між колісними арками автомобіля. Так, конструктори компанії Volvo зіткнулися цією проблемою, коли потрібно було встановити поперечний на автомобілі Volvo 850 п'ятициліндровий двигун. Ця проблема була вирішена за рахунок використання в конструкції коробки передач М56 додаткового третього валу. Два вали є вторинними валами, на одному встановлені проміжні шестерні для першої і другої передач, а на другому – проміжні для п'ятої і задньої. Проміжні шестерні для третьої і четвертої встановлені на первинному валу. Коробка передач має п'ять передач, три вали і два комплекти шестерень. За рахунок зменшення числа шестерень на окремому валу, з'явилася можливість виконати вали коротше, що дозволило зменшити довжину коробки

(до 335 мм) і збільшити їх жорсткість. При цьому знижується шум при роботі коробки і підвищується її довговічність. В даний час Volvo випускає ще коротшу коробку передач з чотирма валами [15].

Трьохвальні коробки передач (рис. 1.16) характеризуються наявністю прямої передачі.



- 1 – первинний вал; 2 – кришка підшипника; 3 – вимикач світла заднього ходу;
- 4 – манжета первинного валу; 5 – задній підшипник первинного валу;
- 6 – шестерня приводу проміжного валу; 7 – сапун; 8 – шестерня III передачі;
- 9 – передній картер; 10 – шестерня I передачі; 11 – шестерня заднього ходу;
- 12 – штоки перемикавання передач; 13 – кулька-фіксатор; 14 – пружина;
- 15 – важіль перемикавання; 16 – захисний ущільнювач; 17 – ковпак важеля;
- 18 – корпус важеля перемикавання; 19 – задній картер; 20 – вторинний вал;
- 21 – манжети подовжувача заднього картера; 22 – сталєбаббітова втулка;
- 23 – шестерня приводу спідометра; 24 – привід спідометра; 25 – задній підшипник проміжного валу;
- 26 – шестерня V передачі; 27 – болти кріплення осі проміжної шестерні заднього ходу; 28 – проміжна шестерня заднього ходу;
- 29 – проміжний вал; 30 – маслоналивна пробка

Рис. 1.16. Трьохвальна коробка передач

При цьому на прямій передачі трьохвальна коробка має вищий ККД, чим двохвальна, оскільки в цьому випадку зменшуються втрати на тертя. На решті передач трьохвальній коробки в зачепленні знаходяться дві пари зубчатих коліс, тоді як у двохвальній – одна. Багато легкових автомобілів з потужними двигунами зараз комплектуються шестиступінчастими коробками передач. Для підвищення жорсткості картера коробки передач широко застосовують оребрення.

Застосування нових технологій і матеріалів дає можливість зменшити масу коробок передач, а створення нових синхронізаторів забезпечує поліпшення легкості включення передач.

Багатовальні коробки передач мають вбудований або суміщений редуктором. Редуктор може бути таким, що підвищує або знижує.

Механізм перемикання передач повинен забезпечити чітке перемикання, надійну фіксацію включеної передачі і запобігти можливості одночасного включення декількох передач. У його склад входять штоки, вилки і фіксатори. У приводі включення застосовують важелі, троси і останнім часом гідростатичний привід. Для зменшення тертя повзуни механізму перемикання покривають тефлоном або застосовують голчасті підшипники в шарнірах.

Автоматичні трансмісії

Перемикання передач на перших автомобілях було досить важкою справою і вимагало певного навичку. Тому вже тоді з'являлися конструкції автоматичних трансмісій. Деякі винахідники намагалися автоматизувати механічні коробки передач, створюючи хитромудрі пристрої, що копіюють дії водія при перемиканні передач, інші створювали безступінчаті трансмісії, використовуючи різні пристрої (в основному фрикційні), які можуть плавно змінювати крутний момент.

Всі такі конструкції, як правило, були складними, ненадійними і малоефективними, тому, що в ті часи не існувало відповідних технологій і надійних систем управління. У міру розвитку конструкцій механічних коробок передач, зчеплень, появи синхронізаторів, процес управління механічною коробкою

спростився і тепер для перемикання передач не вимагається великого досвіду.

В той же час, зростання інтенсивності руху, особливо на вулицях великих міст призводить до того, що багато водіїв віддають перевагу автоматичним трансмісіям, які позбавляють їх від постійного управління зчепленням і коробкою передач [13,15].

Автоматичні трансмісії, що дозволяють водію управляти режимом руху за допомогою тільки двох педаль: «газу» і гальма, можуть, мати коробку передач або не мати її. До другого типу відносяться гідрообємні та електричні трансмісії, які дозволяють в певному діапазоні одержати будь-яке передавальне число [12,15].

У гідрообємній трансмісії гідравлічний насос, що приводиться в дію від двигуна внутрішнього згорання, з'єднується трубопроводами з гідромоторами, які приводять в дію ведучі колеса автомобіля.

Гідростатичний тиск рідини, що створюється насосом, перетворюється в крутний момент, на валах гідромоторів. Гідрообємні трансмісії не набули широкого поширення на автомобілях із-за низького ККД і високої вартості, але досить часто використовуються в дорожно-будівельних машинах [13].

Гідромеханічна передача

Гідромеханічна передача (ГМП) успішно застосовується на автомобілях вже більш півстоліття і дає можливість помітно полегшити управління автомобілем.

Застосування гідромеханічної передачі на автомобілі дозволяє одержати наступні переваги:

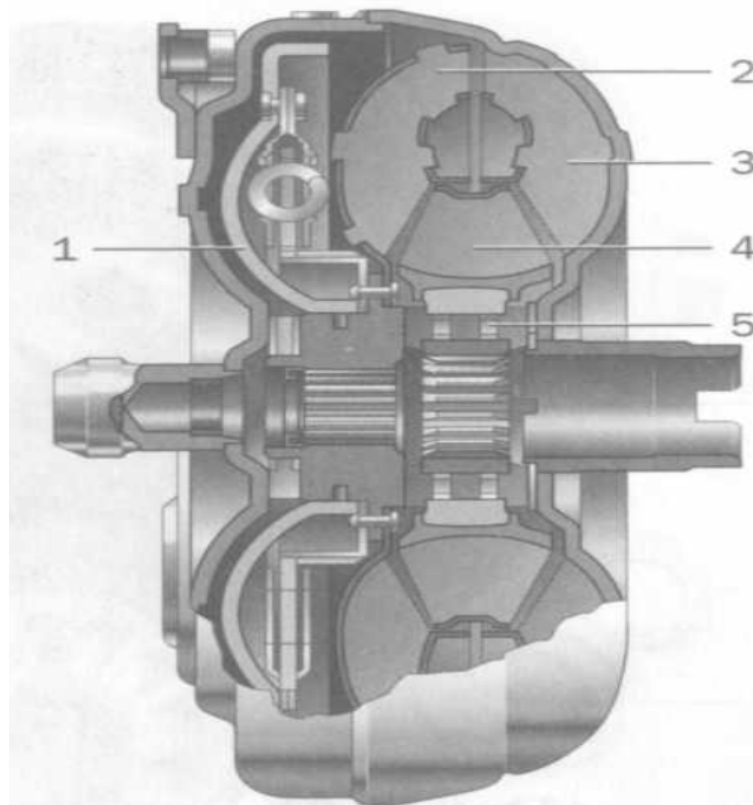
- забезпечення автоматизації перемикання передач і відсутність необхідності мати педаль зчеплення;
- підвищення прохідності автомобіля в умовах бездоріжжя за рахунок відсутності розриву потоку потужності при перемиканні передач;
- підвищення довговічності двигуна і агрегатів трансмісії за рахунок здатності гідротрансформатора знижувати динамічні навантаження.

В той же час як недолік необхідно відзначити втрату потужності і підвищення витрати палива за рахунок нижчого ККД ГМП в порівнянні з автомобілем, що має механічну коробку передач [12,15].

Гідромеханічна передача включає три основні частини:

- гідротрансформатор;
- механічну коробку передач;
- систему управління.

На автомобілях ГМП вперше з'явилася в США: у 1940 р. коробки Hydramatic була встановлена на автомобілях Oldsmobile. Справедливості ради необхідно відзначити, що ще з початку 30-х рр. XX ст. на англійських автобусах використовувалася гідромеханічна трансмісія Wilson, яка не була автоматичною, але полегшувала роботу водія.



1 – блокувальна муфта; 2 – турбінне колесо; 3 – насосне колесо;
4 – реакторне колесо; 5 – механізм вільного ходу

Рис. 1.17. Схема гідротрансформатора

В даний час в США ГМП забезпечуються 90 % легкових автомобілів, а також всі міські автобуси і значна частина вантажних автомобілів. У Європі масове застосування ГМП почалося тільки на початку сімдесятих років минулого століття, коли ці передачі знайшли застосування в автомобілях Mercedes-Benz, Opel, BMW. В цей же час в Європі будуються спеціалізовані заводи по виробництву ГМП: фірма Borg-Warner будує завод в Англії, Ford – в м. Бордо

(Франція), GM – в Страсбурге (Франція). У Японії з'являються відразу два спеціалізовані виробництва – Jateo і Aisin-Warner.

Гідротрансформатор (рис. 1.17) був винайдений німецьким професором Феттінгером в 1905 р. Перш ніж знайти застосування на автомобілях, гідротрансформатор використовувався на судах і тепловозах [15].

Простий гідротрансформатор, виконаний у вигляді камери тороїдальної форми і включає три лопатеві колеса: насосне, вал якого з колінчастим валом двигуна; турбінне, сполучене трансмісією, і реактор, встановлений в корпусі гідротрансформатора.

Гідротрансформатор заповнюється спеціальною рідиною. Кожне колесо має зовнішній і внутрішній торці, між якими розташовуються профільовані лопаті, створюючи канали для потоку рідини. Всі колеса гідротрансформатора максимально наближені один до одного, а витіканню рідини перешкоджає спеціальне ущільнення.

При обертанні колінчастого валу двигуна обертається насосне колесо, яке переміщає рідину, що знаходиться між його лопатями. Рідина не тільки обертається щодо осі гідротрансформатора, але і за рахунок дії на неї відцентрових сил переміщається уздовж лопатей насосного колеса по напрямку від входу до виходу, що супроводжується збільшенням кінетичної енергії потоку. На виході з насосного колеса потік рідини потрапляє на турбінне колесо, надаючи силову дію на його лопаті. Потім потік потрапляє в реактор, пройшовши який, повертається до входу в насосне колесо. Таким чином, рідина постійно переміщається по замкнутому колу циркуляції, утвореному проточними частинами всіх трьох лопатевих коліс, і знаходиться з ними в силовій взаємодії. При цьому насос передає енергію двигуна потоку, а той, у свою чергу, – турбіні.

Якби між насосним і турбінним колесами був відсутній реактор, то така конструкція (гідромуфта) здійснювала б перенесення енергії від двигуна до трансмісії гідравлічним способом, без можливості зміни крутного моменту. Розташований між колесами гідротрансформатора нерухомий реактор, має лопаті спеціального профілю, які змінюють напрям потоку рідини, що виходить з турбінного колеса і направляють його під певним кутом на лопаті насосного колеса. Це дозволяє значно збільшити крутний момент, який передається від двигуна в трансмісію [12,13].

Будь-який гідротрансформатор характеризується визначеним ККД, передавальним відношенням, яке показує співвідношення кутових швидкостей його коліс, і коефіцієнтом трансформації, що показує, в скільки разів збільшується значення крутного моменту.

Клиноременні варіатори

Вперше на серійному автомобілі трансмісія з клиноременним варіатором DAF Variomatic була використана в 1950 р. У трансмісії Variomatic використовувався нескінченний гумовий приводний пас, затиснутий між конічними поверхнями шківів. Відстань між двома половинками шківів змінювалася, тому змінювався робочий радіус ведучого шківа, а це в свою чергу примушувало змінювати радіус відомого шківа, половини якого стискалися пружиною. Така конструкція володіла істотними недоліками. Гумові ремені, розташовані під днищем автомобіля, швидко руйнувалися, і їх заміна була досить складною операцією. Величина крутного моменту, який передавався була невеликою і тому таку конструкцію можна було застосовувати тільки на автомобілях з малопотужними двигунами. Крім того, автомобіль з такою трансмісією міг рухатися заднім ходом з тією ж швидкістю, що і вперед, а це було досить небезпечно. Голландський інженер Ван Доорн удосконалив конструкцію клиноременного варіатора, замінивши гумовий ремінь сталевим, таким, що складається з набору окремих пластин спеціальної форми [13,15].

Принциповою відмінністю цієї конструкції є те, що такий ремінь може передавати не тільки тягові, але і штовхаючі зусилля. Ван Доорн використовував свою розробку в конструкції трансмісії Transmatic, яка могла передавати крутний момент величиною до 150 Н·м. Трансмісії з варіаторами не мають нейтральної передачі, і тому при зупинці автомобіля необхідно від'єднувати двигун від трансмісії за допомогою якого-небудь пристрою. У трансмісіях Variomatic і Transmatic (рис. 1.18) для цієї мети використовувалося відцентрове зчеплення, яке автоматично вимикалося і включалося. Зрушення з місця і зупинка автомобілів з цими трансмісіями супроводжувалися різкими ривками.

Компанія Subaru (Японія), що використала коробку передач з клиноременним варіатором на автомобілі Justy, застосувала

електромагнітне порошкове зчеплення з комп'ютерним управлінням. Аналогічне рішення використовує і компанія Nissan на автомобілях Miera з варіатором. Для обмеження швидкості заднього ходу застосовують спеціальні обмежувальні пристрої [15].

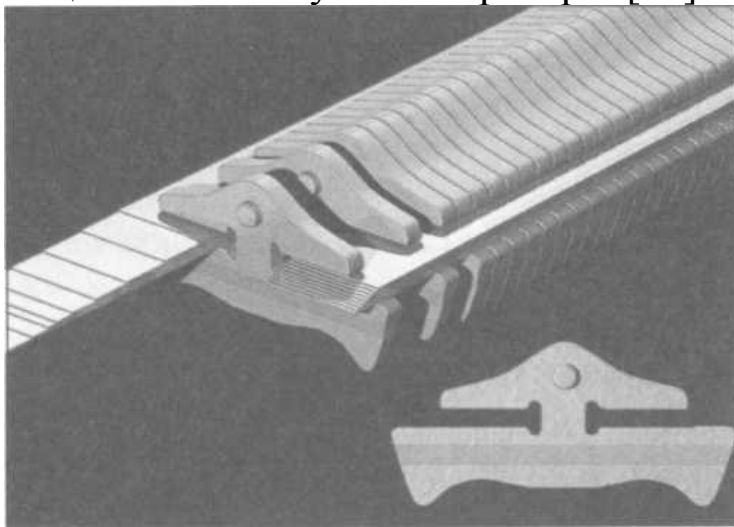


Рис. 1.17. Сталевий ремінь Transmatic

Компанія Honda розробила свою власну конструкцію варіатора із сталевим ременем і шківами. Для зрушення з місця і зупинки використовується багатодискове, мокре зчеплення, кероване комп'ютером. Ця трансмісія встановлюється на автомобіль середнього класу Civic, що приводиться в рух 1,6-літровим двигуном, що розвиває щоймакимальний крутний момент 140 Н·м. Серед особливостей трансмісії слід зазначити комп'ютерний контроль (від електронної системи управління), тиск для управління положенням половин обох шківів варіатора. Ця система забезпечує оптимальний тиск без надмірного його збільшення. Дуже сильне «стиснення» знижує механічну ефективність, а також приводить до передчасного зносу ременя і збільшення шумності роботи. Програмування варіатора на автомобілі Civic забезпечило добре співвідношення з режимами економічної роботи двигуна, і це привело до підвищення паливної економічності автомобіля з варіатором при випробуваннях в міському циклі руху, на 15 % в порівнянні з паливною економічністю автомобіля із звичайною чотириступінчастою автоматичною коробкою передач.

У 1995 році німецька компанія ZF продемонструвала автоматичну коробку передач з клиноременним варіатором Ecotronic, в якій використовувався гідротрансформатор [15].

Таке рішення ускладнює і здорожує конструкцію, але забезпечує плавне зрушення з місця і інтенсивний розгін автомобіля. Наявність гідротрансформатора дає можливість зменшити діапазон передавальних чисел варіатора, що знижує його розміри і габарити автоматичної коробки передач. В даний час ZF проводить три варіанти таких коробок передач. Найбільш могутній варіант з цього сімейства коробок CFT25 має сталевий ремінь шириною 30 мм, планетарну передачу для забезпечення заднього ходу, яка включається за допомогою багатодискового, мокрого зчеплення. Коробка передач може передавати крутний момент до 250 Н·м, що дає можливість використовувати такі коробки передач на автомобілях середнього класу VW Passat, Ford Mondeo і ін. Управління коробками передач ZF здійснюється за допомогою комп'ютера, програмне забезпечення якого забезпечує адаптивне управління різними режимами руху.

Автомобілі з сучасними автоматичними коробками передач, що використовують варіатор із сталевим ременем, володіють набагато кращими показниками паливної економічності і плавністю роботи в порівнянні із звичайними гідромеханічними автоматами. Надійність і довговічність сучасних коробок передач з такими варіаторами також досить висока. Проте широке застосування таких коробок стримується через не технічних, а, швидше, психологічних проблем. Водії звикли, що при розгоні автомобіля із звичайною механічною або автоматичною коробками передач вони відчують збільшення частоти обертання двигуна. Автомобіль з варіатором може інтенсивно розганятися і при постійній частоті обертання двигуна, тому що варіатор підтримує ту частоту, яка необхідна для кращого розгону. Така робота забезпечує найбільш оптимальний розгін, але із-за незвичного звуку у водія створюється враження, що приємність автомобіля недостатня [15].

Для вирішення цієї проблеми деякі виробники були вимушені адаптувати системи своїх варіаторів, що управляють, для штучного створення ряду фіксованих передавальних чисел, подолавши, таким чином, психологічну проблему. У водіїв таких автомобілів з'явилася можливість вибору між ручним послідовним (секвентальним) перемиканням передач з фіксованими значеннями або безступінчатим автоматичним управлінням. Вперше така

конструкція була використана компанією Nissan в 1997 р. в коробці передач Hyper CVT-M6

Компанія Audi при створенні коробки передач з варіатором Multitronic використовувала інший принцип. При розгоні забезпечується збільшення обертів двигуна із збільшенням швидкості автомобіля. Такий режим розгону не є найефективнішим, але дає можливість вирішити психологічні проблеми. При екстремальному розгоні електроніка, перемикає варіатор на оптимальний режим роботи. Новий підхід забезпечив можливість автомобілю Audi A6 з коробкою передач Multitronic показати кращі результати по паливній економічності і інтенсивності розгону в порівнянні з таким же автомобілем, але що має механічну коробку передач. Окрім автоматичного режиму Multitronic підтримує режим секвентального перемикання передач з шістьма фіксованими передавальними числами. У конструкції використовується мокре багатодискове зчеплення для забезпечення можливості старту з місця. Приводний пас Audi є багатоланковий ланцюг, який передає крутний момент, за рахунок тертя між торцями осей пластин, що становлять ланцюг, і поверхнями шківів (рис. 1.19). Гідравлічна система управління варіатором забезпечує оптимальне зусилля стиснення шківів, не допускаючи прослизання ланцюга і забезпечуючи необхідну довговічність варіатора [13-15].

Тороїдні варіатори.

У тороїдному варіаторі між двома колесами з тороїдною робочою поверхнею затискається ролик. Одне колесо є ведучим, а інше – відомим. Передача крутного моменту забезпечується силами тертя між робочими поверхнями коліс і ролика. Зміна положення осі ролика в поперечній площині приводить до зміни передавального числа варіатора, рівного відношенню радіусів кіл проходячих через точки контакту коліс з роликом.

Залежно від кута повороту ролика відоме колесо може обертатися з тією ж швидкістю, що і провідне (якщо ролик горизонтальний), з більшою, або меншою (якщо ролик повертається). При використанні тороїдного варіатора в трансмісії автомобіля так само, як і у разі клиноременного, необхідно забезпечити можливість

отримання заднього ходу і відключення варіатора від двигуна за допомогою зчеплення.



Рис. 1.19. Схема тороїдного варіатора

Перший патент на конструкцію трансмісії з тороїдним варіатором був одержаний Чарльзом Хантом ще в 1877 р. Такі трансмісії виробництва Perbury-Hayes пропонувалися для автомобілів в 1930-х рр., проте вони відрізнялися недостатньою величиною крутним моментом, який передавався і низькою довговічністю через відсутність відповідних матеріалів і технологій. Основна проблема полягає в тому, що передача крутного моменту цілком залежить від тертя в контактні ролика з колесами, і чим вище момент, що передається, тим більше повинна бути сила тертя, причому при дуже малій площі контакту. Для збільшення тертя тиск між деталями варіатора повинен бути вище, що може привести до пошкодження варіатора.

У 1999 р. компанія Nissan почала встановлювати на деяких з своїх автомобілів, призначених для японського ринку, коробки передач Extroid. У цій коробці передач використовується здвоєний тороїдний варіатор, що розділяє потік потужності з метою зменшення розмірів вузла. Коробка передач була сконструйована для подовжньої установки на могутні заднепривідні автомобілі і може передавати крутний момент до 300 Н·м, що на сьогодні є рекордом для коробок передач з варіаторами.

Можливість передачі таких зусиль забезпечена застосуванням високоякісних сталей і спеціальних трансмісійних масел.

На Токійському автосалоні 1999 р. компанія Mazda продемонструвала трансмісію, яка включає два тороїдних варіатори,

двоступінчату планетарну передачу і два автоматичні зчеплення (рис. 1.20). При русенні автомобіля з місця планетарна передача знижує передавальне число, в цілях отримання високого крутного моменту. На великій швидкості привід на колеса здійснюється безпосередньо від тороїдного варіатора.

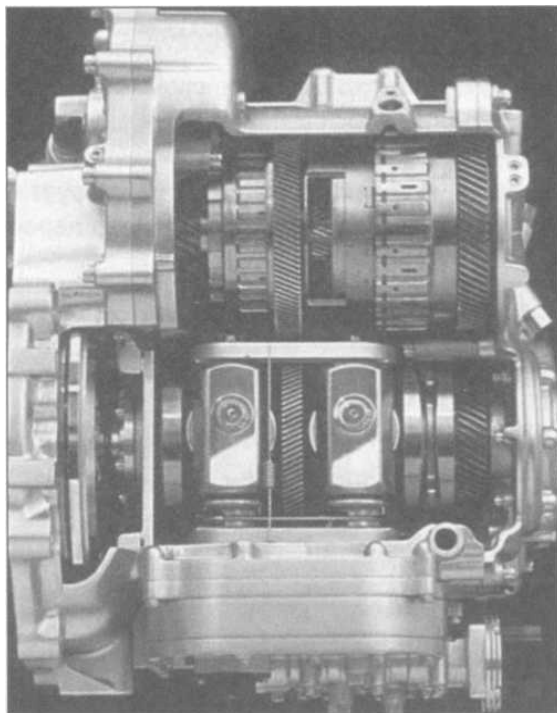


Рис. 1.20. Трансмісія, яка включає два тороїдних варіатори, двоступінчату планетарну передачу і два автоматичні зчеплення

Коробка передач включає і головну передачу з диференціалом і призначена для поперечної установки на передньопривідні автомобілі.

1.5 Визначення необхідних вихідних даних до трансмісії

При проектуванні автомобіля розраховують наступні основні параметри трансмісій: передавальне число головної передачі u_0 , діапазон та передавальні числа основної коробки передач u_i ; передавальні числа дільника та також додаткової коробки передач.

Основні вихідні дані для розрахунку задає технічне завдання на автомобіль, що проектується.

Для зчеплення вихідними даними є кількість дисків, що передають момент, що крутить; зусилля на ввімкнення зчеплення, силу пружин, що нажимають та тощо.

Для карданної передачі вихідними даними є кількість карданних шарнірів, кількість валів, передавальний момент, робочі кути карданної передачі. Вихідні дані для головної передачі визначаються з вимог котрі до неї пред'являються: компактність, мінімальні розміри та маса; невисока вартість та простота у виробництві та експлуатації.

Конструкційні особливості головної передачі визначаються передавальним числом та типом транспортного засобу. Оскільки інтелектуальна адаптивна трансмісія, що проектується, призначена для вантажних автомобілів та автобусів, тоді компоновка головної передачі з центральним редуктором може бути виконана наступним чином:

- перша ступінь конічна спіральна (гепоїдна); друга – циліндрична;
- перша ступінь конічна спіральна (гепоїдна); друга – планетарна;
- перша ступінь планетарна; друга – конічна спіральна;
- перша ступінь циліндрична; друга – конічна спіральна (гепоїдна).

В свою чергу, якщо головну передачу розносити (що особливо актуально для автобусів) з метою зниження рівня підлоги, тоді центральний редуктор необхідно виконувати з одинарною конічною або гепоїдною, міжколісним диференціалом та двома колісними редукторами.

Рознесені двійні передачі більш складні по конструкції, ніж центральні, мають більшу кількість зубчастих коліс та підшипників, однак вони широко застосовуються на автомобілях середньої та великої вантажопідйомності та автобусах, тому що дозволяють зменшити розміри міжколісного диференціалу та діаметри напіввісей; отримати компакту центральну частину ведучого мосту та достатньо збільшити дорожній просвіт.

Таким чином, спроектований ведучий міст з головною передачею повинен задовольняти наступним вимогам:

- забезпечити передавальне число, що відповідає тяговому розрахунку;

- плавно передавати момент, що крутить, к ведучим колесам з високим коефіцієнтом корисної дії;
- забезпечити низький рівень шуму;
- забезпечити високий коефіцієнт корисної дії та бути зворотною;
- мати невеликі габаритні розміри для виконання простої компоновки та забезпечення необхідного дорожнього просвіту;
- мати достатньою міцністю та жорсткістю при мінімальній масі.

Оскільки ключовим елементом інтелектуальної трансмісії є коробка передач, то необхідно визначити основні вихідні данні до її конструкції.

Коробка передач повинна забезпечити необхідні передавальні числа. В часті керування, то для інтелектуальної трансмісії найбільш раціональним є дистанційне керування з електронним приводом. Тому визначимо вихідні данні для системи керування (на базі коробки КамАЗ-142);

- електронний привод повинен мати можливість експлуатації при температурі навколишньої середовища від мінус 40 °С до плюс 40 °С;
- електричне живлення виконується від бортової мережі автотранспортного засобу (номінальна напруга 24 В, робоча напруга 20-28 В);
- забезпечення необхідної швидкодії.

1.6 Вибір інтелектуальних функцій та режимів роботи трансмісії

Залежно від необхідних умов руху автомобіля зчеплення повинне забезпечувати можливість отримання наступних режимів передачі ім моменту M_c від двигуна до трансмісії:

- повне роз'єднування валів двигуна і коробки передач, чому відповідає умова $M_c = 0$;
- передача моменту від двигуна до коробки передач при рівності частот обертання провідного і відомого елементів зчеплення (режим його блокування), що можливо лише за умови $M_c > M_k$, де M_k момент двигуна, що крутить;

- передача зчепленням моменту при нерівності частот обертання його провідного і відомого елементів (режим тієї, що пробуксувала зчеплення), що має місце у разі $M_k > M_c$.

Для з'ясування вимог до систем автоматичного управління зчепленням розглянемо, які дії здійснює водій, управляючи неавтоматичним діючим зчепленням.

Перед початком руху автомобіля водій повинен включити ту або іншу передачу в коробці передач. При працюючому двигуні для цього необхідно заздалегідь повністю вимкнути зчеплення. Далі для початку руху автомобіля з місця водій повинен одночасно натиснути на педаль подачі палива і поступово відпустити педаль управління зчепленням. При правильно узгодженій дії на ці педалі одночасно зростають частота обертання колінчастого валу і момент M_c , переданий зчепленням.

Після того, як момент M_c перевищить момент $M_{ц}$ опору руху (приведений до колінчастого валу двигуна), автомобіль рушить з місця. У міру збільшення моменту M_c зростатиме частота обертання n_c відомого елементу зчеплення і відповідно збільшуватися швидкість руху автомобіля.

Коли в процесі розгону автомобіля водій повністю відпускає педаль управління зчепленням, момент M_c збільшується до максимального значення $M_{c\text{ тах}}$, яке перевищує момент $M_{k\text{ тах}}$ двигуна, що максимальний крутить. В результаті цього зчеплення блокується, тобто частоти обертання n_k і n_c стають однаковими.

Таким чином, в процесі старту автомобіля і подальшого його розгону у міру збільшення частоти обертання n_k колінчастого валу поступово зростає момент $M_c >$ переданий зчепленням, від нуля до максимального значення.

Характер залежності $M_c = f(n_k)$ при неавтоматичному управлінні зчепленням визначається темпом натиснення водієм на педаль управління зчепленням.

Відоме велике число різних систем автоматичного регулювання моменту, передаваного зчепленням, залежно від тих або інших параметрів. Проте в даний час переважно застосовуються системи автоматики, що забезпечують підвищення моменту M_c із збільшенням частоти обертання n_k колінчастого валу. Саме по такому закону кваліфікований водій регулює момент M_c при неавтоматичному управлінні зчепленням. Якщо в автомобілі

застосовано зчеплення з неавтоматичним управлінням, то водій залежно від умов експлуатації автомобіля може на свій розсуд вибирати такий темп включення зчеплення, який для даних умов забезпечує як оптимальні умови роботи самого зчеплення, так і найкращий режим руху автомобіля. У разі ж застосування автоматично діючого зчеплення практично неможливо для всіх умов експлуатації автомобіля забезпечити оптимальний режим роботи зчеплення. Тому при створенні систем автоматичного управління зчепленням залежність $M_c = f(n_k)$ доводиться вибирати, виходячи з компромісу відносно вимог забезпечення високих тягово-швидкісних якостей автомобіля і мінімальної роботи буксування зчеплення.

Вплив характеру залежності $M_c = f(n_k)$ на режими спільної роботи двигуна і зчеплення показано на рис. 1.21, де приведені три такі залежності (криві 1, 2, 3), що мають різний нахил, і зовнішня характеристика двигуна $M_c = f(n_k)$ (крива 4).

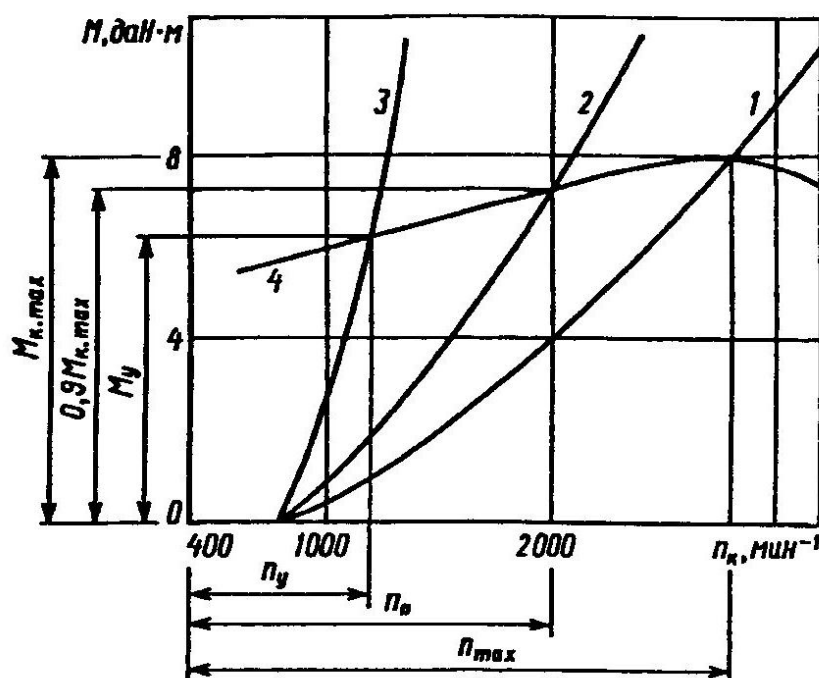


Рис. 1.21. Вплив залежності $M_c = f(n_k)$ на режими спільної роботи двигуна і автоматично керованого зчеплення

Залежність $M_c = f(n_k)$ (крива 1) перетинає характеристику $M_c = f(n_k)$ в точці з координатами $n_k = n_{kmax}$ і $M_c = M_{cmax}$. Це означає, що в початковий період розгону, коли зчеплення ще працює з тією, що пробуксувала, колінчастий вал може розігнатися до частоти обертання $n_k = n_{kmax}$, при якій двигун розвиває максимальний

момент. При цьому забезпечуються якнайкращі тягово-швидкісні якості автомобіля, але одночасно зростає робота буксування зчеплення, оскільки частота обертання *пктах* звичайно складає не менше 3000 мін-1.

Прямо протилежні результати виходять при залежності $M_c = f(n_k)$ відповідної кривої 3. Перетин цієї залежності з кривою $M_k = f(n_k)$ відбувається при значенні $n_k = n_v$, яке є мінімально стійку частоту обертання колінчастого валу при роботі двигуна на зовнішній характеристиці (тобто з повною подачею палива).

У даному випадку зчеплення пробуксовує тільки при значеннях $n_k < n_v$, що забезпечує значне зменшення роботи буксування зчеплення. Та одночасно помітно погіршуються тягово-швидкісні якості автомобіля, оскільки момент M_u суттєво менший за момент M_{kmax} . Тому при проектуванні систем автоматичного управління зчепленням залежність $M_c = f(n_k)$ звичайно вибирають так, щоб її перетин із зовнішньою характеристикою двигуна $M_k = f(n_k)$ відповідав значенню $n_k < n_n$, для якого $M_k = (0,9 \dots 0,95) M_{kmax}$. На рис. 1.21 дана залежність $M_c = f(n_k)$ зображена кривою 2.

Такий її вибір забезпечує отримання як прийнятних тягово-швидкісних якостей автомобіля, так і щодо невеликої роботи буксування зчеплення. При деякому ускладненні апаратури системи управління зчепленням можна одержати не одну, а декілька різних залежностей $M_c = f(n_k)$. В цьому випадку поліпшуються показники автомобіля, обладнаного автоматично діючим зчепленням.

Так, якщо при включенні в коробці передач нижчої передачі система управління формує залежності $M_c = f(n_k)$, відповідні кривим 1 або 2, а при включенні вищих передач – кривою 3, то це дозволяє одержати в процесі розгону автомобіля на нижчій передачі необхідні високі тягово-швидкісні якості, а після переходу на вищі передачі – звести до мінімуму роботу буксування зчеплення.

При виборі законів функціонування алгоритму управління необхідно, щоб сигнали перемикання з нижчих на вищі передачі (так звані "прямі" перемикання) вироблялися при вищих швидкостях руху по відношенню до "зворотних" перемикань даних передач (з вищих на нижчі передачі). Це необхідно для виключення можливості виникнення циклічності сигналів, що виробляються показником при невеликих змінах швидкості руху або положень педалі подачі палива. З числа можливих передач, що дозволяють

одержати задану швидкість руху, оптимальною з'явиться та, яка забезпечить мінімальну витрату палива.

Для визначення номерів оптимальної передачі необхідно мати в своєму розпорядженні характеристики, навантажень двигуна, а також дані про передавальні числа вузлів трансмісії і радіусі коліс. У разі збігу номерів оптимальної і фактично включеної передачі номер оптимальної передачі на індикаторі не висвічується, щоб не відволікати увагу водія надмірною інформацією. Індикатор указує номер передачі тільки у тому випадку, коли потрібно сигналізувати водію про необхідність переходу на іншу в порівнянні з включеною передачею.

Алгоритм управління функціонуванням механічною трансмісією суттєво ускладнюється, оскільки в завдання системи входить не тільки сумісне узгоджене управління зчепленням і коробкою передач, але одночасно і автоматичне регулювання паливopoдачею двигуна в процесі перемикання передач. Крім того, електронний блок повинен виробляти команди оптимального вибору передач, що включаються, з урахуванням ряду факторів, для чого до складу системи управління необхідно вводити деякі додаткові датчики. Все це призводить до того, що реалізація необхідного алгоритму автоматичного управління механічною трансмісією за допомогою аналого-цифрових пристроїв приводить до значного ускладнення електронної апаратури і, отже, підвищенню її вартості. З урахуванням даних обставин практично всі відомі сучасні розробки автоматизованих механічних трансмісій базуються не на аналого-цифрових, а тільки на мікропроцесорних системах управління.

На рис. 1.22 представлений типовий для автоматичних механічних трансмісій зв'язок між положенням а педалі подачі палива і швидкостями. До руху автомобіля, при якому відбувається перехід з однієї передачі на іншу як збільшення, так і зменшення швидкості V .

Наявність "гістерезису" в законах перемикання передач при збільшенні і зменшенні швидкості V запобігає циклічності в роботі системи управління.

В США автоматичними коробками зміни передач (АКПП) та автоматизованими механічними коробками передач комплектуються до 90 % легкових автомобілів, майже всі міські автобуси, значна частина вантажних автомобілів. В Європі оборуодуються АКПП

велика частина міських автобусів і близько 25 % легкових автомобілів, що продаються. В Японії оборудуються АКПП близько 30 % легкових автомобілів, що продаються. АКПП проводять майже всі крупні фірми, які виготовляють автомобілі і велике число фірм, що спеціалізувалися на виробництві автомобільних трансмісій.

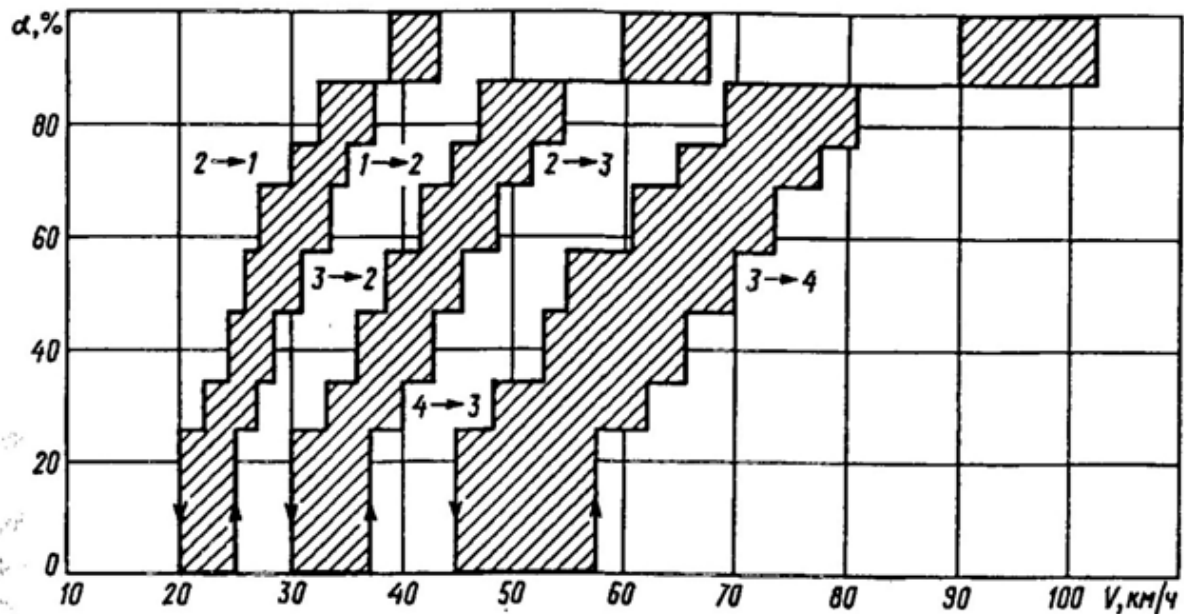


Рис. 1.22. Закони автоматичного перемикавання передач механічної 4-ступінчастої трансмісії

Автоматичне перемикавання передач забезпечує автомобілю підвищену плавність ходу, створює максимальний комфорт водію. Незаперечна гідність АКПП у тому, що водієві немає необхідності перемикати передачі, взагалі відсутня педаль зчеплення. Це ідеальна трансмісія автомобіля для експлуатації в місті.

До недоліків АКПП слід віднести певні вимоги до експлуатації і буксирування автомобіля, трохи підвищена витрата палива, особливо в міських режимах руху, менший ресурс роботи (при неправильній експлуатації), дорогий ремонт (орієнтовно від \$1000 до 2500), який необхідно проводити тільки в спеціалізованих автомайстернях.

Ресурс АКПП дещо менше ніж механічної і складає для автомобілів середнього класу в основному 300 тис. км, малого класу – 150.200 тис. км. Відхилення цих показників у бік зменшення або збільшення пов'язано з манерою їзди і своєчасним обслуговуванням автоматичної коробки. Часті інтенсивні розгони, неправильні перемикавання важеля селектора, невчасна заміна фільтру і масла,

пониження його рівня можуть сильно скоротити ресурс автоматичних коробок зміни передач.

Автоматична трансмісія з електронними системами управління і контролю, як правило, працює в 3-х інтелектуальних режимах: ECONOMY, POWER і HOLD. Перемикання здійснюється водієм. Робота такої трансмісії контролюється електронним блоком управління і контролю (комп'ютером) і різними датчиками.

В режимі ECONOMY час перемикання передач вибирається оптимальним з метою забезпечення більш економічного режиму водіння автомобіля.

В режимі POWER час перемикання передач затягнутий з метою забезпечення найшвидшого розгону автомобіля.

В режимі HOLD при важелі перемикання передач, встановленому в положення D, в трансмісії постійно включена 3-а передача (перемикається на 2-у при швидкості автомобіля менше ніж 20 км/ч). Відповідно, при важелі перемикання передач, встановленому в положення 2, постійно включена 2-а передача, в положення 1 - 1-а передача. Така особливість автоматичної трансмісії з електронними системами управління і контролю корисна тим, що дозволяє застосовувати гальмування двигуном при спусках з ухилів. Режим HOLD автоматично відключається при виключенні запалення автомобіля.

Інтелектуальне управління коробками передач надає колосальні можливості як в управлінні АКПП, так і їх для самодіагностики. Це важливо не тільки для того, щоб оптимально вибирати інтелектуальний режим руху автомобіля, але і реєструвати несправності коробки для подальшої діагностики при ремонті.

Електронна система управління і контролю, наприклад, допомагає АКПП коректувати хід внутрішніх процесів залежно від багатьох умов — від температури, від ступеня зносу і інших чинників. Адже в процесі експлуатації фрикційні диски зносяться і стають тоншим, а масло змінює свою в'язкість через нагрів. Крім того, комп'ютер може постійно відстежувати, наприклад, тривалість кожного перекриття передач — і при необхідності оперативно вносити корективи. Саме самодіагноста разом із застосуванням синтетичних робочих рідин дозволили творцям сучасних АКПП гарантувати їх правильну роботу протягом трьохсот і більше тисяч кілометрів пробігу без зміни масла.

Проте таке інтелектуальне управління, у принципі, не змінило закон управління трансмісією: передачі, як і раніше, включаються залежно від швидкості і навантаження на двигун. І багато що, як і раніше, залежить від ретельного підбору настройок системи управління, динаміки процесу перемикавання, а також ретельного узгодження їх з характеристикою двигуна. Саме від цього в першу чергу залежить «характер» трансмісії і всього автомобіля.

Наприклад, багато автомобілів BMW сьомої серії попереднього покоління і автомобіля Jaguar XJ мають однакові на «залізному рівні» коробки однієї і тієї ж фірми ZF (рис. 1.23), але як же по-різному вони працюють!

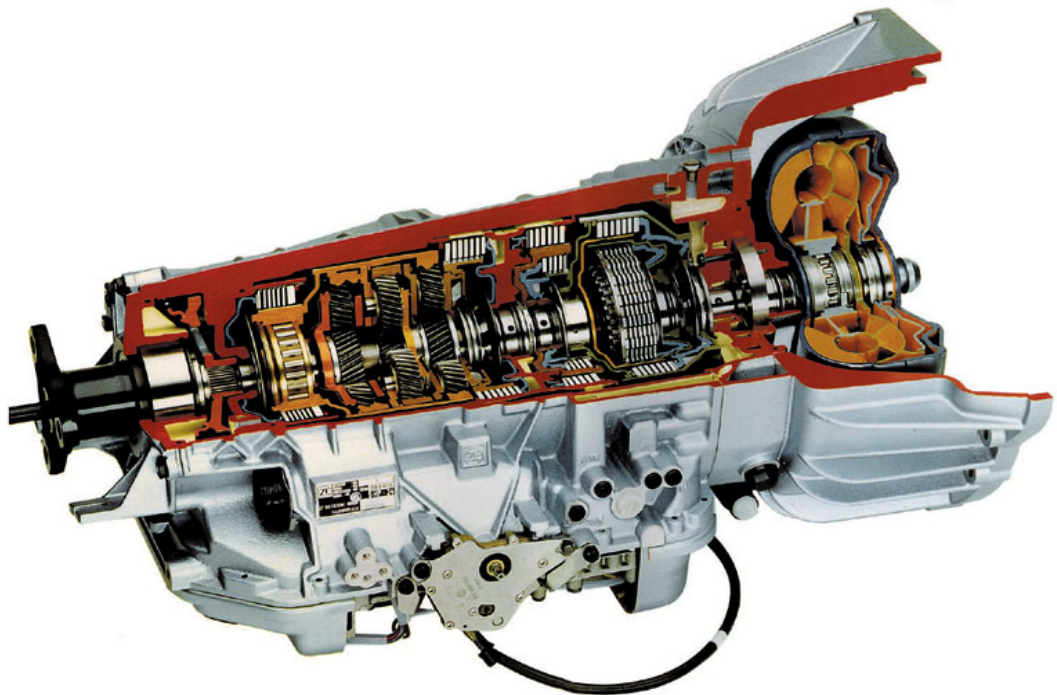


Рис. 1.23. П'ятиступенева коробка ZF 5HP-24

Проте куди складніше досягти гармонії з характером водія, та ще у всіх без виключення дорожніх ситуаціях. Отже, не дивлячись на нинішні адаптивні програми перемикавання передач, «автомат» як і раніше залишається автоматом. З обмеженим набором алгоритмів. А у людини їх – незліченна множина. Адже життя рідко укладається в категорії «зима – економія – спорт».

Сучасні інтелектуальні системи керування, що управляють роботою автоматичних та автоматизованих трансмісій, пропонують альтернативний вибір з декількох режимів перемикавання передач (економічного, швидкісного і т.д.). Наявність декількох режимів

дозволяє системі керування здійснити автоматичну адаптацію автомобіля до різних стилів водіння і дорожніх умов.

Для здійснення адаптивного керування коробкою передач система керування аналізує наступні дані:

- стиль водіння;
- дані про момент двигуна, що крутить, що повідомляються комп'ютером системи уприскування;
- стан коробки передач (температура робочої рідини, несправності, знос дисків).

Грунтуючись на цій інформації, система автоматичного керування встановлює найраціональніший режим перемикання передач.

Приклади інтелектуальних режимів перемикання передач:

- економічний (стабільний режим роботи двигуна);
- нормальний (рух по вулицях, дорогах і автомагістралях);
- важкий (рух автомобіля з вантажем по звивистих дорогах);
- швидкісний;
- динамічний або «спортивний» і деякі інші.

При старті режим перемикання передач визначається адаптивною системою керування виходячи з таких критеріїв. Спочатку, як правило, встановлюється режим, що забезпечує комфортабельний і економічний рух автомобіля. Якщо двигун не прогрітий, то система автоматичного керування встановлює режим, при якому відбувається найшвидший нагрів каталітичного нейтралізатора.

Що особливо важливо в адаптивних системах керування, так це те, що враховується стиль водіння, який визначається інтелектуальною системою виходячи з таких даних:

- положення дросельної заслінки;
- частоти обертання валу двигуна;
- положення важеля селектора, кінцевих вимикачів гальмівної педалі і режиму «Кик-даун»;
- інформації, записаної в ПЗП комп'ютера автоматичної або автоматизованої коробки передач.

Обертовий момент двигуна обчислюється системою керування для системи уприскування, згідно наступним початковим даним:

- частоті обертання валу двигуна внутрішнього згорання;
- тиску в колекторі;

- температурі повітря.

Адаптивне управління здійснюється шляхом точного регулювання тиску в управляючій гідросистемі, а також часу замикання і розмикання фрикціонів і гальм, за допомогою яких перемикаються передачі.

Наприклад, «Зимовий режим» включається при слабому зчепленні шин з дорожнім покриттям. Цей режим призначений для усунення пробуксувала коліс при русі по слизькій дорозі (табл. 1.1).

При виключенні запалення 3-а «примусова передача» і «зимовий режим» залишаються включеною. Перемикання передач здійснюється плавно по адаптивних законах, закладених в програму комп'ютера і що враховує наступні чинники:

- дії водія;
- профіль дороги;
- маса автомобіля.

Таблиця 1.1

Позиції важеля селектора на різних режимах руху

Режим руху	D	D + 3-а "примусова"	2	1
Нормальний	1 - 2 - 3 - 4	1 - 2 - 3	1 - 2	1
"ЗИМОВИЙ"	2 - 3 - 4 Початок руху на 2-й передачі (в режимі "Кик- даун" можливо початок руху на 1 -й передачі)	2 - 3 Початок руху на 2-й передачі (в режимі "Кик- даун" можливо початок руху на 1-й або 2-й передачі)	2 Початок руху на 2-й передачі (в режимі "Кик- даун" можливо початок руху на 1-й передачі)	1

Якщо двигун не прогрітий, то задається закон управління, при якому відбувається найшвидший прогрів двигуна і каталітичного нейтралізатора до робочої температури.

Комп'ютер коробки передач автоматично управляє пониженням передачі в режимі «Кик-даун».

При швидкому знятті ноги з педалі акселератора комп'ютер може виконати перемикання передач із затримкою.

Усунений механічний контакт включення режиму «Кик-даун». Цей режим включається автоматично завдяки відстежуванню системою швидкості натиснення на педаль акселератора.

Іноді для включення цього режиму необхідно зменшити натиснення на педаль акселератора і потім знову натискувати на неї.

При виявленні несправності якого-небудь виконавчого механізму коробки передач або датчика комп'ютер переводить коробку в аварійний режим роботи.

Електронна система управління дозволяє регулювати тиск в напірній магістралі і управляти електромагнітними клапанами гідравлічного розподільника. Комп'ютер здійснює управління перемиканням передач залежно від сигналів датчиків і інформації, отриманої від інших систем автомобіля.

Комп'ютер ухвалює рішення про перемикання передач, ґрунтуючись на наступній інформації: про момент, що крутить, на валу двигуна, про швидкість руху автомобіля, про швидкість натиснення на педаль акселератора (комп'ютер може включити режим «Кик-даун»), про положення важеля селектора передач, про встановлений режим 3-й «примусової передачі», про встановлений «зимовий режим».

Пропонуємо десять режимів руху, для яких інтелектуальна система керування задає відповідний закон регулювання:

- економічний;
- середній;
- «спортивний» ;
- рух на пологому підйомі;
- рух на крутому підйомі;
- рух на спуску з гальмуванням двигуном;
- «зимовий» ;
- для перегрітої коробки передач;
- для холодної коробки передач;
- для початку руху при непрогрітому двигуні.

Інформація про режим роботи двигуна: визначається момент на валу двигуна, встановлюється поріг перемикання передач.

Інформація про частоту обертання турбінного колеса: визначається ковзання коліс гідротрансформатора, визначається

перекриття передач, регулюється процес перемикання із згладжуванням моменту, що крутить.

Інформація від контакту гальма: відміна режиму блокування гідротрансформатора (щоб двигун не затихнув), деблокування важеля, встановленого в положення «Р», включення режиму «Кик-даун» (спільно з інформацією про швидкість автомобіля).

При виявленні несправності якого-небудь виконавчого механізму коробки передач або датчика адаптивна система керування переводить коробку в аварійний режим роботи.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЯМИ ГІБРИДНОГО ТА ТРАДИЦІЙНОГО АВТОМОБІЛЯ

2.1. Обґрунтування та вибір компонентів та структури системи керування трансмісіями гібридного автомобіля

Одним з перспективних напрямів підвищення інтелектуальності, екологічної безпеки і економічності транспортних машин є застосування адаптивних систем керування гібридними трансмісіями. Гібридна силова установка складається з основного та допоміжного двигуна, накопичувача енергії та системи перерозподілу потужності між агрегатами силової установки. Така композиція силової частини гібридного автомобіля припускає організацію контуру рекуперації енергії при гальмуванні. Використання адаптивного гібридного приводу, таким чином, виявляється найефективнішим при експлуатації автомобіля в умовах міського транспортного циклу [7-11].

В даному розділі проведемо обґрунтування та вибір компонентів та структури системи керування трансмісіями гібридного автомобіля на прикладі пневмотрансмісії [16]. Розглянуто питання пов'язане з побудуванням комбінованої синергетичної трансмісії [17], а саме складенням схеми структурної мікропроцесорної системи керування гібридної силової установки автомобіля на базі пневмопривода та проведенням апаратної реалізації системи керування трансмісією.

Пневматичний двигун працює на стисненому повітрі та використовується як допоміжний до традиційного двигуна внутрішнього згоряння. Пневмопривод складається, як правило, з оберненої пневмомашини – пневмодвигуна-компресора і пневмоакумулятора (повітряного ресивера).

Основним завданням системи автоматизованого керування трансмісією гібридного автомобіля є забезпечення найбільш економічного й екологічно безпечного режиму роботи ДВЗ за рахунок перерозподілу навантаження між ДВЗ та пневмодвигуном. Додатковими завданнями САК є забезпечення необхідної розгінної динаміки та режиму старт - стоп з мінімальним періодом холостого ходу ДВЗ у випадку короткочасних зупинок транспортного засобу.

Для відпрацювання оптимальних керуючих впливів й алгоритмів керування агрегатами трансмісії в макетному зразку САК треба передбачити можливість примусового керування виконавчими пристроями й контролю поточних режимів.

Для реалізації САК треба підібрати периферійні пристрої та мікроконтролер електронного блоку керування, виготовити макетний зразок системи та розробити програмне забезпечення для реалізації алгоритмів керування.

Об'єкт керування. Привід автомобіля від ДВЗ і пневмодвигуна здійснюється незалежними зчепленнями окремо на передні й задні колеса. У якості основного обраний інжекторний ДВЗ, конвертований під газове паливо. Дросельний вузол двигуна доповнений електроприводом дросельної заслінки (кут положення β).

Пневмотрасмісія складається з балона зі стисненим повітрям, пневмомагістралі, редуктору тиску керування, модулятора тиску, пневмодвигуна, механізму зчеплення валу пневмодвигуна з механічною передачею обертаючого моменту на колеса автомобіля. Пневмодвигун (ПД) побудовано на базі двигуна автомобіля ЗАЗ зі зміненим колінчастим валом й механічним розподільником стисненого повітря по циліндрах.

Балони постачені понижуючим редуктором з електроклапаном відсічення подачі повітря в магістраль. Регулювання частоти обертання валу пневмодвигуна здійснюється за рахунок зміни тиску в пневмомагістралі P за допомогою електропневматичного модулятора тиску (МТ). Механізм зчеплення, виконаний як електропневмопривід дискретної дії.

Функціональна схема системи керування. Алгоритм керування силовими агрегатами трансмісії гібридного автомобіля пояснюється функціональною схемою (рис. 2.1).

По кожному каналу керування як вихідні розглядаються два сигнали. Перший сигнал α , загальний для обох каналів, задається з педалі акселератора й відповідає бажаному збільшенню потужності за рахунок підвищення тиску та відкриття дроселю.

Другий сигнал формується на підставі ідентифікації стану й режимів силової установки на підставі інформації з датчиків або задається примусово оператором. Цей сигнал визначає коефіцієнт участі кожного силового агрегату $K_{ПД}=0 \dots P_{\max}/\alpha_{\max}$, $K_{ДВЗ}=0 \dots \beta_{\max}/\alpha_{\max}$ при передачі потужності на колеса автомобіля.

При цьому виконується умова $K_{\text{ПД}} + K_{\text{ДВЗ}} = 1$. Задані значення керуючих сигналів відповідно становлять $P_3 = \alpha K_{\text{ПД}}$, $\beta_3 = \alpha K_{\text{ДВЗ}}$.

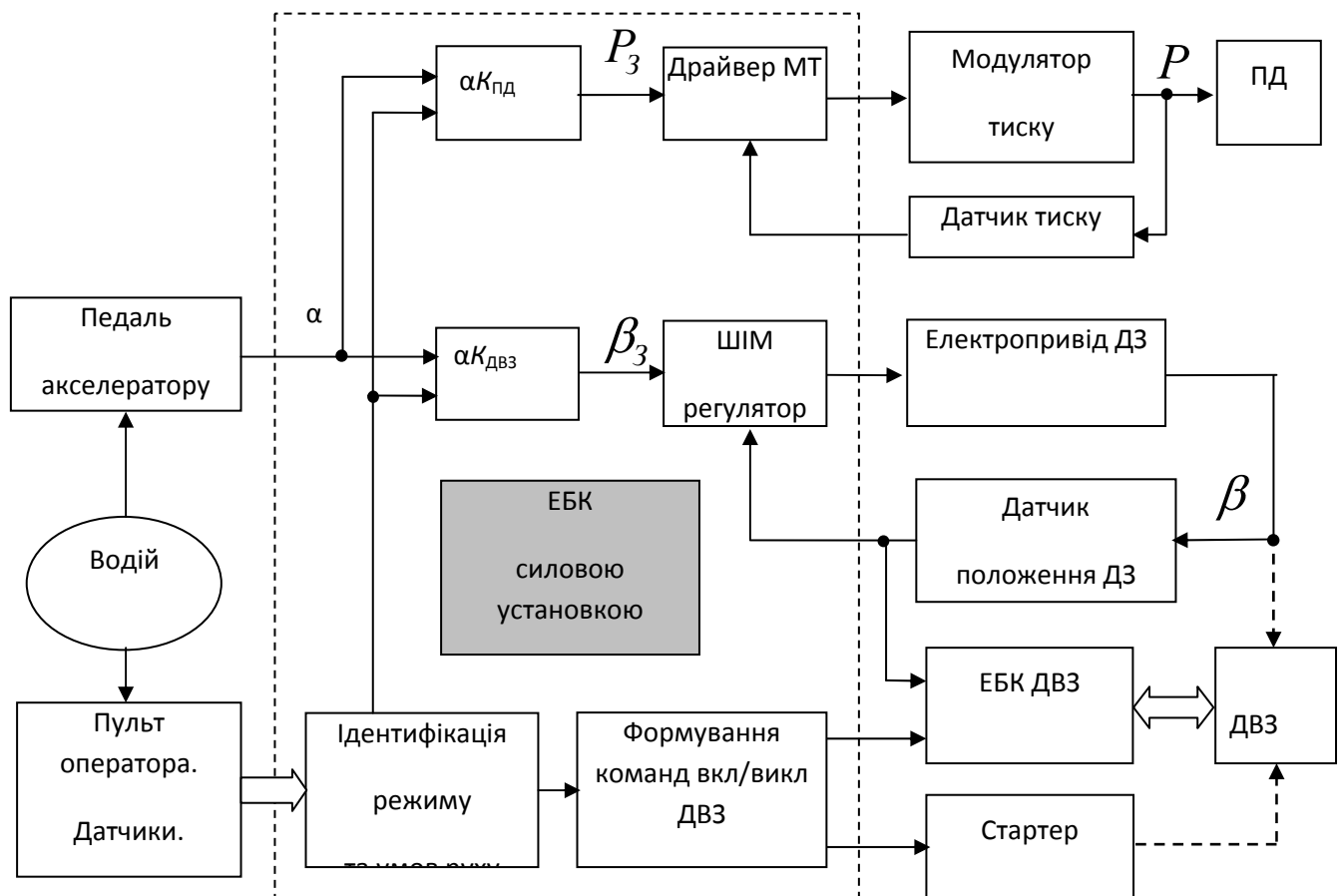


Рис. 2.1. Функціональна схема керування гібридною трансмісією

Сигнал P_3 модифікований через драйвер подається на модулятор тиску, який реалізує керуючий вплив на пневмодвигун. Для стійкості процесу регулювання тиску, канал керування охоплено негативним зворотним зв'язком (датчик тиску на виході МТ).

В електроприводі дросельної заслінки використовується сервісний електродвигун постійного струму, тому у якості драйверу обрано найбільш економічна схема ШІМ регулятора (регулювання струму за рахунок широтно-імпульсної модуляції). Система, що відслідковує положення дросельної заслінки, утворена через відповідний датчик.

За результатами ідентифікації стану силової установки формуються команди, що забезпечують режим «старт-стоп» і роботу ДВЗ на потужносних режимах.

При цьому як об'єкти керування розглядаються стартер (СТ) та електронний блок керування (ЕБК двигуна внутрішнього згоряння).

Таким чином, створено ієрархічну структуру системи. На верхньому рівні ієрархії здійснюється керування перерозподілом потужності між силовими агрегатами. На нижньому – реалізуються локальні системи керування та окремі регулятори.

Структурна схема системи керування трансмісією. Для визначення та налагодження алгоритмів керування силовими агрегатами, на першому етапі розробки, режими ДВЗ й автомобіля задаються від штатних органів керування, а режими пневмотрансмісії оператором з пульта керування. В такому разі до складу САК силової установки окрім виконавчих пристроїв входять датчики штатної системи керування ДВЗ, додаткові датчики пневмотрансмісії та інтерфейс оператора (рис. 2.2).

Функціональні зв'язки між інформаційними сигналами датчиків та виконавчими пристроями є підставою для побудування алгоритмів керування. Для реалізації алгоритмів керування програмою контролера виконуються операції логічних перетворень та використовуються характеристичні карти заздалегідь визначених значень керуючих сигналів (впливів). Змістовність характеристичних карт визначається в процесі випробувань силової установки та поновлюється в пам'яті мікропроцесора системи через інтерфейс оператора. Таким чином створюється калібрувальна інформація необхідна для оптимізації режимів функціонування силових агрегатів.

Програмно-апаратна реалізація системи. Вихідними даними для вибору периферійних пристроїв є: функціональні параметри, напруга живлення, робоча температура, стійкість до вібрації й агресивного середовища, точність або дискретність виміру параметру (для датчиків), точність відпрацювання керуючого впливу (для виконавчих пристроїв), вимоги до вихідного (для датчиків) або вхідного (для виконавчих пристроїв) сигналу, габарити й засновницькі розміри, вартість і можливість придбання.

За принципом дії, як датчик частоти обертання обрано датчик Холлу із цифровим вихідним сигналом і торцевою поверхнею, що активізується. Такими атрибутами характеризується датчик фази, який входить до складу сучасних систем керування інжекторними ДВЗ з фразованим впорскуванням палива.

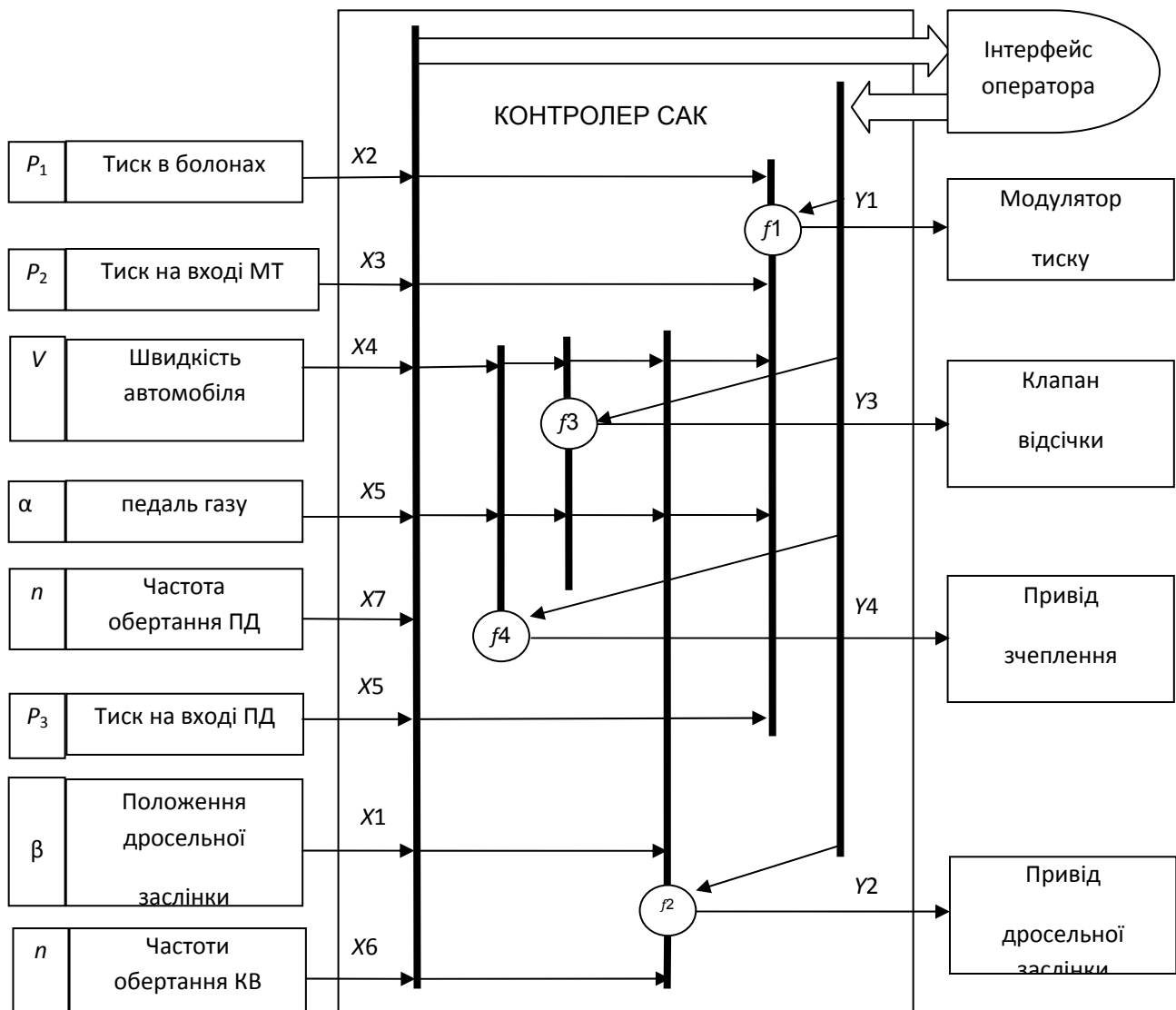


Рис. 2.2. Структурна схема системи керування трансмісією

Датчик має задовільні характеристики: нормований сигнал, живлення 5...15 В, діапазон робочих температур -40...+125°C, номінальний робочий зазор 1,0...2,0 мм, мінімальну вартість, підключення через рознімання.

Для вимірювань тиску обрано п'єзорезистивні датчики фірми Honeywell. Датчики забезпечують точність виміру до 0,05%. За результатами аналізу характеристик альтернативних типів обрано недорогий датчик типу MLH (тиск 20, 250 бар, різьбове сполучення 1/8, електричне сполучення Packard, пропорційний вихідний сигнал) з термокомпенсацією у діапазоні -40...+105°C, калібрований, з поліпшеною електромагнітною сумісністю, швидким часом відгуку, захистом від випадкової зміни полярності по колу живлення, жорсткі кліматичні умови експлуатації.

У якості задатчика потужності пневмодвигуна та газового ДВЗ використовується псевдопедаль акселератора автомобіля Volkswagen Bora 1,8 Turbo. Датчик положення педалі акселератора складається з двох потенціометрів, опір яких змінюється протилежно: $\Delta R_1 = 660 \dots 1320$ Ом, $\Delta R_2 = 1240 \dots 450$ Ом. Псевдопедаль штатної системи автомобіля Volkswagen керує положенням дросельної заслінки за допомогою сервісного двигуна постійного струму.

Максимальний струм, що споживає двигун при напрузі 5 В становить 2,0 А. Положення дросельної заслінки відслідковується за допомогою подвійного потенціометричного датчика, побудованого аналогічно датчику положення педалі акселератору.

Електроклапани, що працюють в статичних режимах (відсічення повітря, приводу зчеплення) уніфіковані з відповідним прохідним перетином. Клапани споживають малий струму (опір обмотки 90 Ом) та мають обмежену швидкодію. Клапани модулятора тиску, які функціонують в динамічному режимі оцінюються за часом спрацьовування. За результатами аналізу обрані уніфіковані клапани фірми Samozzi з напругою живлення 12В (опір обмотки 60 Ом).

Таким чином за результатами аналізу характеристик обрані конкретні типи периферійних пристроїв, технічні характеристики яких наведені у таблиці 2.1. Зовнішній вигляд периферійних пристроїв наведено рис. 2.3.

Модулятор тиску безперервної дії (пневматичний підсилювач) з дискретним керуванням виконано на базі гальмівного крану з електроклапанами (рис. 2.4, а). Привод зчеплення дискретної дії виконано на базі пневмоприводу заслінки сповільнювача (система гальмування двигуном) з перемикаючим електроклапаном (рис. 2.4, б). Мікропроцесорний блок створюється на базі мікроконтролера фірми Silicon Laboratories. З метою мінімізації номенклатури покупних виробів тип мікроконтролеру C8051F040 обрано такий же як і для системи керування газовим ДВЗ гібридної установки. Обраний мікроконтролер забезпечує продуктивність до 25 MIPS.

Енергонезалежна FLASH-пам'ять програм мікропроцесорного блоку, обсягом 64 кВ може програмуватися «у системі», тобто на платі. При цьому в FLASH-пам'ять крім програм, можуть записуватися й дані, які, у такому випадку, стають енергонезалежними. Цей механізм дозволяє зручно завантажувати й зберігати характеристичні карти й інформацію про поточні

настроювання системи керування. Обсяг оперативної пам'яті становить 4352 байта.

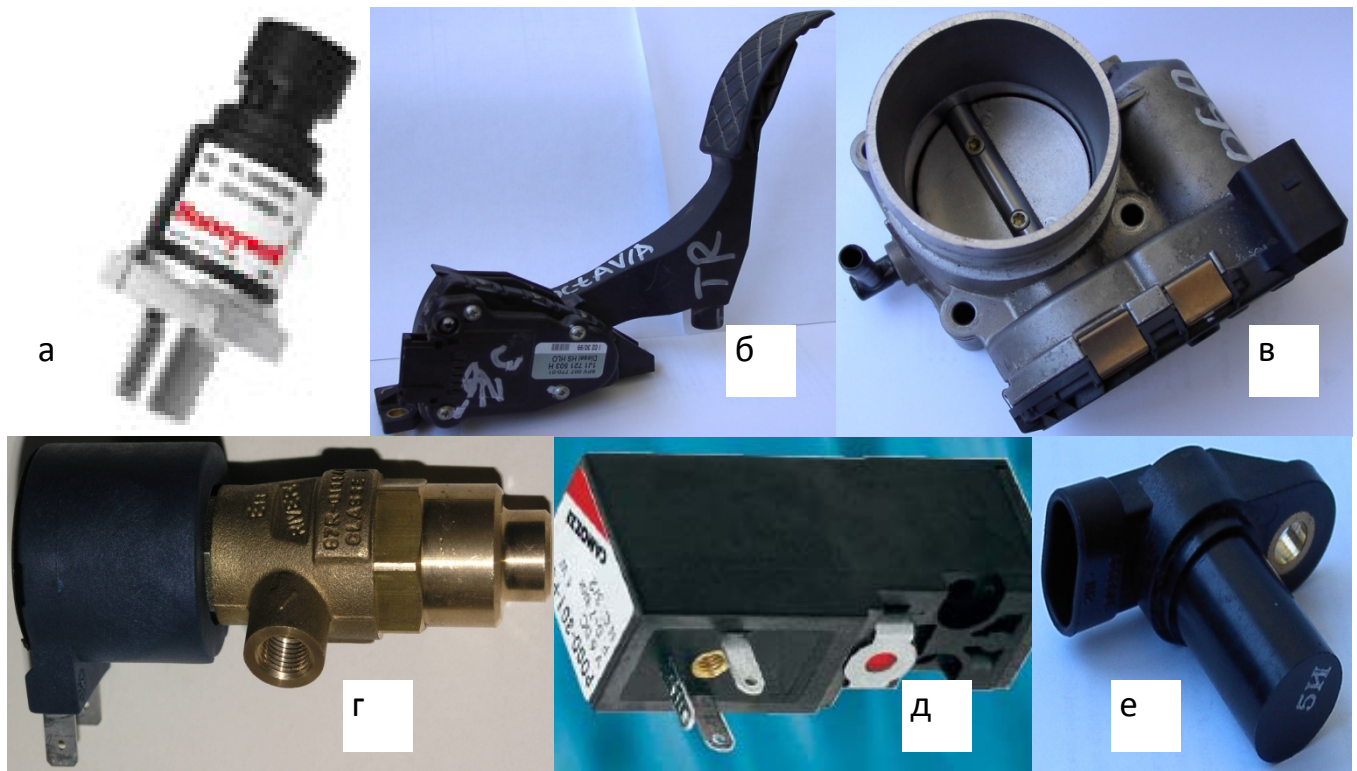
Таблиця 2.1

Перелік обраних периферійних пристроїв

Призначення пристрою	Вхідний (вихідний) параметр	Точність вимірювань	Тип	рис. 3
Датчик швидкості руху автомобіля	$V_{max}=150\text{ км/год}$ $V_{min}=0\text{ км/год}$	2 км/год	Сигнал від ЕБК ДВЗ	-
Датчик обертів пневмодвигуна	$n_{max}=1000\text{ хв}^{-1}$ $n_{min}=0\text{ хв}^{-1}$	5 хв^{-1}	Датчик фази (Холла)	е
Датчик обертів ДВЗ	$n_{max}=6000\text{ хв}^{-1}$ $n_{min}=600\text{ хв}^{-1}$	10 хв^{-1}	Сигнал від ЕБК ДВЗ	-
Датчик тиску повітря у балоні P_1	$P_{max}=25\text{ МПа}$ $P_{min}=0,5\text{ МПа}$	0,1 МПа	MLH250BS B02A Honeywell	а
Датчики тиску повітря в магістралі P_2, P_3	$P_{max}=4,5\text{ МПа}$ $P_{min}=0,5\text{ МПа}$	0,05 МПа	MLH300PSB 01A Honeywell	а
Положення педалі акселератора α	0 - 100% $\Delta\alpha=30^\circ$	5%	Volkswagen Bora 1,8 Turbo	б
Клапан відсічки тиску балона	Ду18 $P_{max}=8\text{ МПа}$	$U_C=8\text{ В}$ $U_{II}=4\text{ В}$	КОГ-18	г
Клапани МТ та приводу зчеплення	Ду8 $P_{max}=4\text{ МПа}$	$U_C=8\text{ В}$ $U_{II}=4\text{ В}$	P00-303-P52 Camoszi	д
Дросельний вузол з електроприводом	$\beta=0 - 100\%$	5%	Volkswagen Bora 1,8 Turbo	в

Убудована у мікроконтролер автономна система (JTAG), дозволяє проводити налагодження програмного забезпечення і корекцію характеристик карт. Наявність убудованих 12-бітового 13-канального АЦП продуктивністю до 100 ksps й 8-бітовою 8-канального АЦП продуктивністю до 500 ksps, підсилювачів із програмувальним коефіцієнтом підсилення, 12-бітового 2-х канального ЦАП, 5-и 16-бітних таймерів-лічильників загального

призначення й 5-канального 16-бітного програмувального таймер-лічильника з модулем захвата/порівняння дозволяє організувати ефективний алгоритм збору й обробки необхідної інформації.



а - датчик тиску повітря у балоні, б – педаль акселератора, в - дросельний вузол з електроприводом, г – клапан відсічки тиску балона, д – клапани МТ та приводу зчеплення, е – датчик обертів пневмодвигуна

Рис. 2.3. Периферійні пристрої електронного блоку системи керування

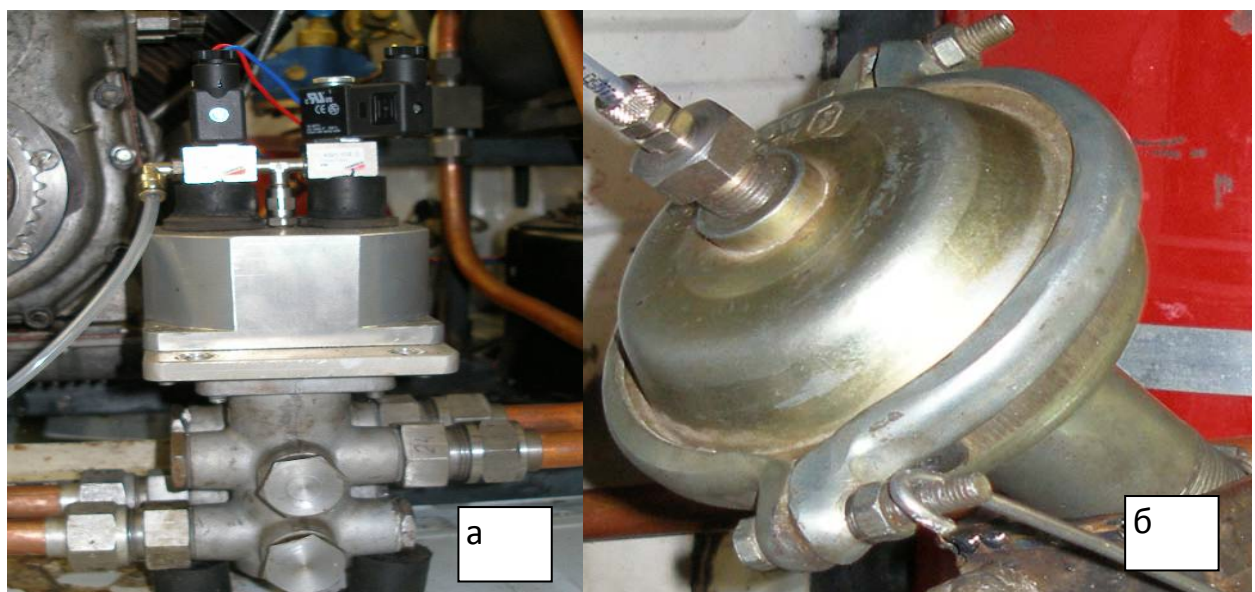


Рис. 2.4. Виконавчі пристрої пневмотрансмісії

Мікроконтролер має убудований CAN - інтерфейс версії 2.0 В, що стає стандартом інформаційних мереж в автомобільній промисловості. Два убудованих UART дозволяють організувати обмін інформацією з персональним комп'ютером по інтерфейсу RS-232 або USB. Для живлення мікро контролеру використовується вторинний стабілізатор напруги 4,75...7,0В/3,3В, який у свою чергу живиться від первинного стабілізатора 15,0...30,0В/5,0В.

На першому етапі створення системи коефіцієнт участі приводів визначається оператором з пульта. На рис. 2.5 показано функціональну схему керування модулятором тиску в магістралі пневмодвигуна та діаграму, що пояснює алгоритм керування клапанами.

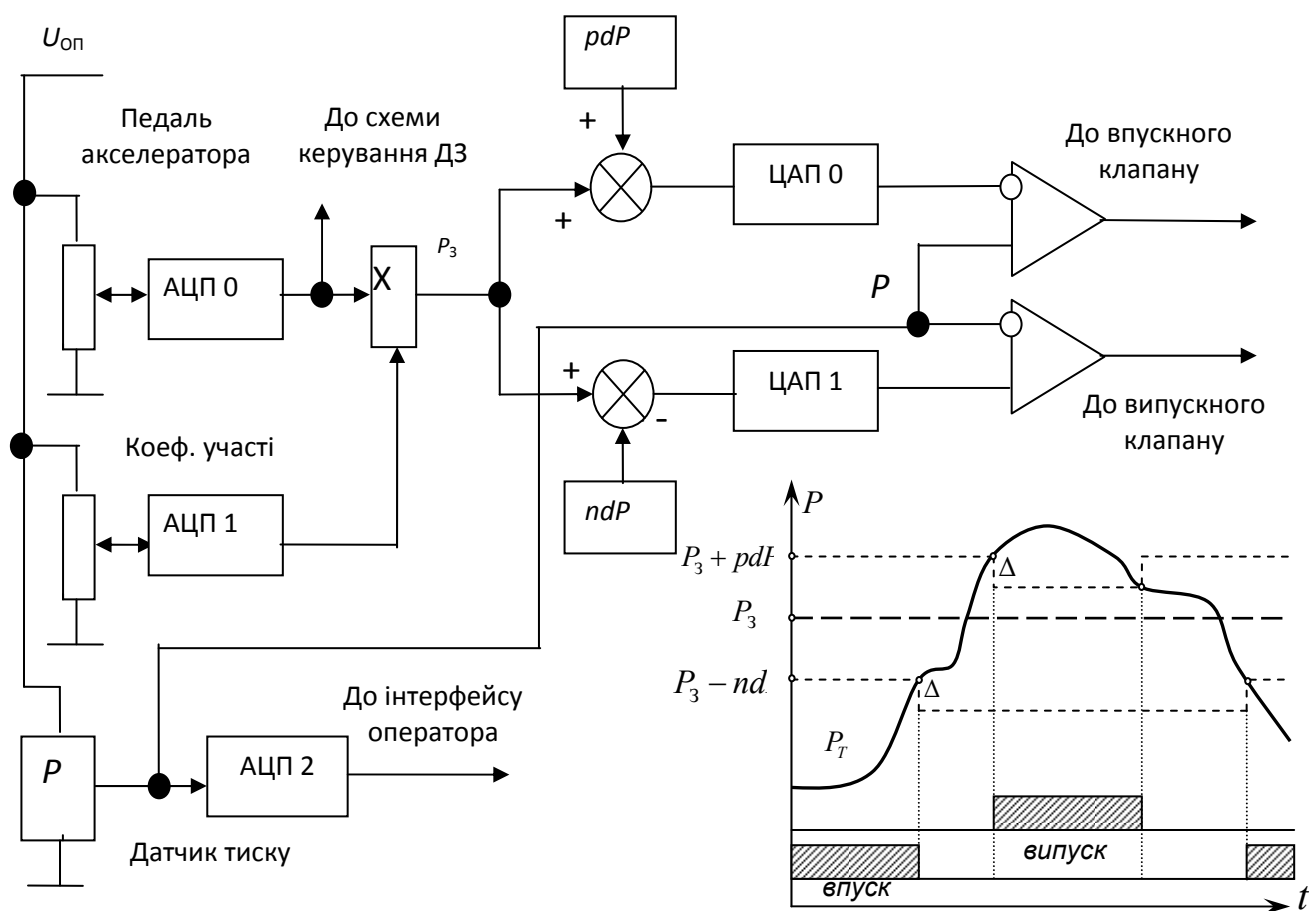


Рис. 2.5. Функціональна схема керування тиском в магістралі пневмодвигуна

Аналогові сигнали від педалі акселератора і задатчика коефіцієнта участі перетворюються до цифрового вигляду (АЦП) й перемножуються на програмному рівні.

Цифровий код, що відповідає заданому тиску P_z нормується по двохсторонньому обмеженню. Граничні значення тиску перетворюються до рівнів аналогових сигналів (ЦАП) та надходять на схему порівняння по двохсторонньому обмеженню, яка реалізована на компараторах.

Поточне значення тиску P реєструється датчиком на виході модулятора та надходить на схему порівняння, як вимірювана величина. Щоб виключити друзкіт вимірювань поблизу граничних рівнів задається поріг повернення Δ .

Такий підхід дозволяє отримати задовільну швидкодію клапанів модулятора. Утворена система, що слідкує за тиском, дозволяє втримувати рівень тиску на виході модулятора в коридорі заданих значень. Модифікований сигнал положення акселератора використовується для керування дросельною заслінкою газового ДВЗ. Робочі програми для визначених алгоритмів керування й контролю складані на мові АСЕМБЛЕР.

На даний час підібрано комплектацію системи, виготовлено електронний блок керування (рис. 2.6,а), розроблено програми керування модулятором тиску та контролю поточних параметрів через інтерфейс оператора, встановлено систему на силову установку автомобіля (рис. 2.6,б; рис. 2.7), проведено функціональні випробування системи та силової установки.



Рис. 2.6.Електронний блок керування

Експериментальні дослідження проводились в ХНАДУ на базі автомобіля ЗАЗ-110550 з типом кузова «пікап». Вибір вантажно-пасажирського варіанту кузова автомобіля пов'язаний з тим, що в кузові зручно розташовувати додаткове обладнання пневматичної силової установки та вимірювальну апаратуру (рис. 2.7)

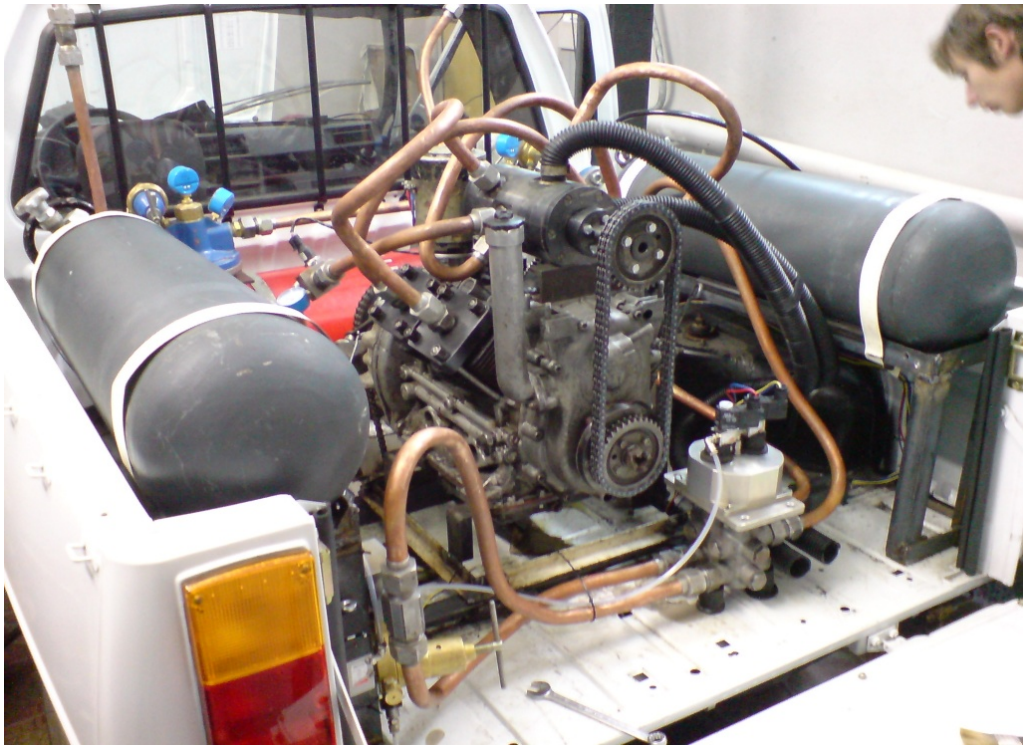


Рис. 2.7. Розташування пневматичної силової установки в кузові автомобіля

Таким чином в даному підрозділі проведена розробка алгоритмів керування гібридною трансмісією автомобіля на базі пневмопривода та ДВЗ, визначено вибір периферійних пристроїв електронного блоку системи керування та мікроконтролера, створено програмне забезпечення мікропроцесорного блоку керування та проведені натурні експериментальні дослідження гібридної силової установки безпосередньо на транспортному засобі, які показали, що для розгону автомобіля до швидкості 20 км/год можна використовувати силову установку на базі пневмодвигуна.

2.2 Обґрунтування і вибір компонентів та структури системи керування трансмісіями традиційних автомобілів.

Основні чинники, що визначають доцільність застосування тієї або іншої системи автоматичного управління зчепленням, – по-перше, тип зчеплення, що автоматизується, і, по-друге, конструкція виконавчого механізму, що здійснює регулювання моменту, який передається зчепленням.

Якщо об'єктом автоматизації є електромагнітне зчеплення (наприклад, електромагнітне порошкове) або виконавчий механізм

приводу фрикційного зчеплення містить силовий електромеханічний або електромагнітний пристрій, то можна однозначно стверджувати, що найраціональніше застосування електронної системи автоматичного управління зчепленням. Пояснюється це тим, що використання електричних сигналів управління, що виробляються електронною системою, для формування також електричних команд, потрібних для приведення в дію виконавчих пристроїв приводу зчеплення, забезпечує виконання повного циклу їх роботи найкращим чином, тобто без перетворення виду енергії протягом всього циклу їх дії.

У тих випадках, коли необхідно автоматизувати дію фрикційного зчеплення, що має гідравлічні або механічні приводні виконавчі механізми і клапанні пристрої регулювання тиску в цих механізмах, то для управління даними клапанами можуть бути застосовані як електромагнітні, так і гідравлічні або механічні елементи автоматики.

Так, відомі гідравлічні і пневматичні системи автоматичного управління фрикційним зчепленням, що реалізують залежність $M_c = f(n_k)$, в яких для регулювання тиску у виконавчих циліндрах приводу зчеплення застосовуються відцентрові регулятори, що приводяться від колінчастого валу двигуна, впливають на клапанні пристрої систем [18, 19]. Відомі і системи автоматичного управління зчепленням, де для отримання залежності $M_c = f(n_k)$ використовується гідропривід зчеплення, тиск в якому регулюється за допомогою гідронасоса, двигуна автомобіля, що приводиться від валу [20].

Оцінюючи показники названих систем, слід врахувати, що при будь-якому типі системи автоматичного управління зчепленням необхідно мати можливість незалежно від частоти обертання валу двигуна здійснювати примусове виключення зчеплення в процесі перемикання передач. Для цієї мети у важіль перемикання передач або його рукоятку звичайно вбудовується вимикач, контакти якого замикаються коли водій з метою перемикання передач прикладає зусилля до важеля перемикання. В результаті відбувається спрацьовування електромагнітного пристрою, який при цьому виробляє команду примусового виключення зчеплення. Із сказаного виходить, що при командних гідравлічних або пневматичних елементах регулювання моменту тертя зчеплення на додаток до

даних елементів система управління повинна містити і вказаний електромагнітний пристрій.

Застосування систем автоматичного управління зчепленням з використанням в їх складі відцентрових регуляторів або гідронасосів викликає необхідність їх приводу від валу двигуна, що часто виявляється скрутним, а іноді і навіть неможливим із-за обмеженості місця в моторному відсіку автомобіля. Крім того, при використанні регуляторів тиску такого типу не забезпечується можливість отримання оптимальних залежностей $M_c = f(n_k)$ і, зокрема, різний характер їх протікання на режимах розгону і уповільнення колінчастого валу, а також за різних дорожніх умов.

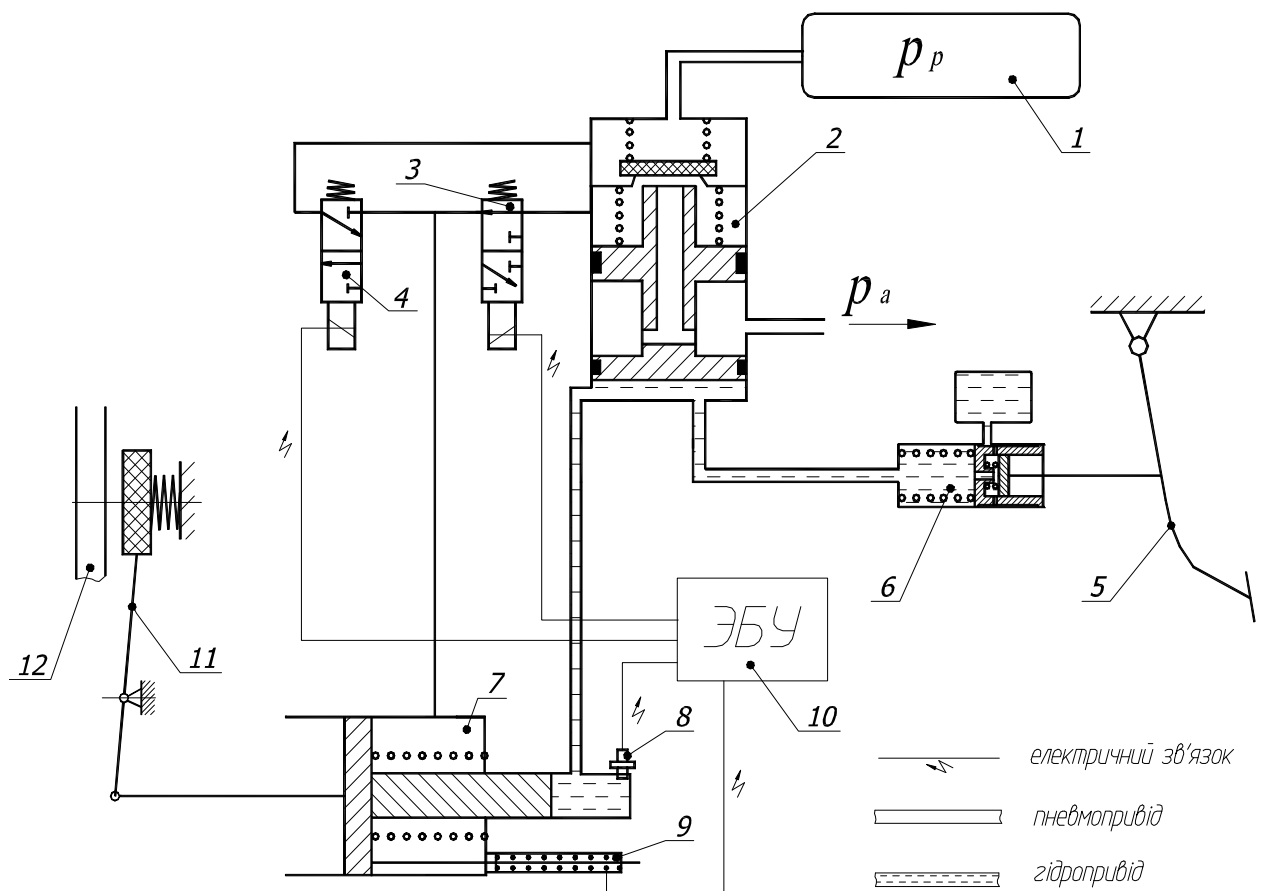
Дані завдання розв'язуються відносно просто при використанні електричних і, особливо, електронних систем управління в поєднанні з електромагнітними пристроями регулювання тиску у виконавчих механізмах приводу зчеплення.

Крім того, виконавчі і командні пристрої таких систем виявляються найбільш простими по конструкції, оскільки регулювання моменту тертя зчеплення по заданому закону, а також примусове виключення і повне включення (блокування) зчеплення виконуються за допомогою тільки одного командного елемента – електромагнітного пристрою приводу клапана регулювання тиску у виконавчому механізмі системи. Разом з тим, такі системи вимагають застосування досить складного по рішення, схемотехніки, електронного блоку, що пред'являє жорсткіші вимоги до ступеня інтеграції його елементів, а також до їх надійності. Однак як зарубіжний, так і вітчизняний досвід створення і експлуатації електронних систем автоматичного управління фрикційним зчепленням показав практичну їх реалізацію з високим рівнем надійності і довговічності. Тому майже всі сучасні розробки систем автоматичного управління зчепленням базуються на застосуванні електронної автоматики [21, 22, 23].

Важливою гідністю даних систем є можливість їх застосування при уніфікованому виконанні електронного блоку для автомобілів з різними необхідними законами зміни $M_c = f(n_k)$. Для цього достатньо тільки змінити настройку або програму функціонування електронного блоку, виходячи з умови забезпечення оптимальних умов спільної роботи двигуна і зчеплення на тій або іншій моделі автомобіля. В результаті зменшується вартість виготовлення

електронних блоків, і одночасно забезпечуються оптимальні умови роботи зчеплення на автомобілі.

Для управління фрикційним зчепленням доцільно використовувати штатний пневмогідропосилювач який містить додаткові електроклапани керовані електронним блоком управління, підключені до пневмогідропосилювача через пневмопроводи, забезпечуючи роботу зчеплення в 2-х режимах – транспортному і автоматичному. Електронний блок, пневматичного підсилювача зчеплення з електроклапанним управлінням (ППЗЭК) (рис. 2.8), забезпечений органом автоматичного блокування режимів.



- 1 – ресивер, 2- клапан підсилювача з слідкуючою дією, 3 – електроклапан випуску, 4 – електроклапан впуску, 5 – педель керування зчепленням, 6 – головний циліндр приводу зчеплення, 7 – пневмогідравлічний підсилювач, 8 – датчик тиску, 9 – датчик переміщення, 10 – електронний блок керування, 11 – ричав вимкнення зчеплення, 12 – зчеплення.

Рис. 2.8. Принципова схема ППЗЭК

Пневмогідропосилювач містить датчик, що спрацьовує в режимі безпосереднього управління водієм від підвищення тиску в гідросистемі пневмогідропосилювача. Так само пристрій забезпечений датчиком зворотного зв'язку по переміщенню штока пневмогідропосилювача, для підвищення надійності і своєчасного спрацьовування.

Для перемикання зчеплення з транспортного режиму в автоматичний, електронний блок управління забезпечений системою управління, з розміщеною в кабіні джойстиком перемикання передач.

Робочий пневмоциліндр 1 пневмогідропосилювач зчеплення сполучений з штатним головним циліндром зчеплення 2 гідротрубопроводами. Через гідропневматичний стежачий клапан 3. Стежачий клапан 3 сполучений з ресівером 9.

Підсилювальна порожнина пневмогідропосилювача 1 сполучена через пневмотрубопровод 6 з електромагнітним пневмоклапаном впускання 6, який сполучений з ресівером 9 пневмотрубопроводом 7. Так само через пневмотрубопроводи 6 підсилювальна порожнина сполучена з електромагнітним пневмоклапаном випуску 5, який пов'язаний з атмосферою.

Пневмогідропосилювач зчеплення забезпечений датчиком тиску 11 і датчиком переміщення штока 12. На штатному головному циліндрі зчеплення 2 встановлена педаль 15.

Пневмогідропосилювач працює таким чином. У транспортному режимі зчеплення управляється натисненням педалі 15. При натисненні на педаль 15 з'являється тиск в трубопроводі 13, тому що спрацьовує стежачий клапан 3, замикаючи трубопровід 14 і сполучаючи трубопроводи 6 і 8 з ресівером 9. У цьому положенні перепускного клапана відбувається нормальна експлуатація автомобіля в транспортному режимі.

У режимі автоматичного перемикання передач зчеплення керується додатковими електромагнітними пневмоклапанами 4 і 5 що приводяться в дію електронним блоком управління 10. На початку роботи в цьому режимі джойстиком, розміщеним в кабіні водія, подається електричний сигнал на спрацьовування електронного блоку управління 10. Той в свою чергу, створює сигнали, що управляють, на електромагнітні пневмоклапани 4 і 5.

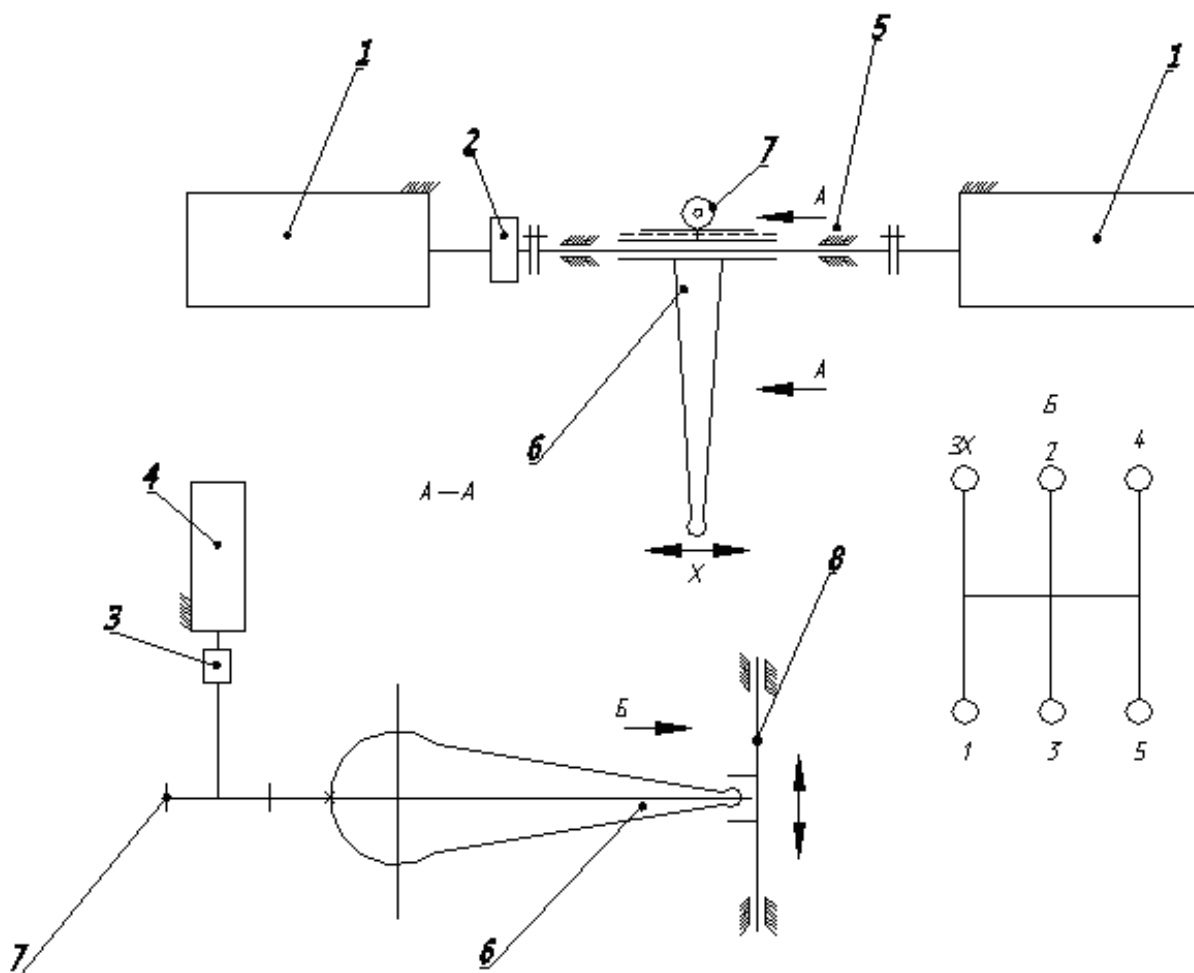
Включений пневмоклапан 4 сполучає пневмотрубопроводи 6 і 7, забезпечуючи подачу стислого повітря з ресівера 9 в робочий пневмоциліндр 1 пневмогідропосилювача. Включений пневмоклапан 5 роз'єднує пневмотрубопроводи 6 і 8 забезпечуючи роз'єднання робочого пневмоциліндра 1 від атмосфери. Після чого згідно параметрам датчика переміщення 12, електронний блок управління 10 видає сигнал про виключення пневмоклапану 4. В результаті цього зчеплення вимикається.

У разі потреби провести включення зчеплення, електронний блок управління 10 видає сигнал про виключення пневмоклапану 5, який сполучає пневмотрубопроводи 6 і 8 забезпечуючи зв'язок робітника пневмоциліндра 1 з атмосферою. Тепер зчеплення працює в автоматичному режимі, тобто його включення і відключення здійснюються додатковими електромагнітними пневмоклапанами 4 і 5. При цьому педаллю 15 не користуються, а управляють лише джойстиком перемикання передач.

З метою підвищення надійності системи управління механічною коробкою передач було вирішено скоротити до мінімуму кількість джерел енергії споживаних системою. Оскільки у всіх варіантах (електропневматичному, електрогідравлічному, електропневмогідравлічному) неминуче присутня електроенергія, то зупинившись на електромеханічному приводі ми позбавляємося від можливих джерел несправностей в решті складників системи. Для управління коробкою передач були розроблені дві схеми механізму. Одна з двома силовими електродвигунами постійного струму і одним селекторним двигуном постійного струму (рис. 2.9). Друга з одним силовим і одним селекторним кроковими двигунами. (рис. 2.10).

Включення потрібної передачі здійснюється за допомогою переміщення важеля 6 в одне з положень показаних на виді Б. Для цієї мети у напрямі Х, тобто для вибору необхідного повзуна селекторний двигун 4 за допомогою рейкової передачі 7 переміщає важіль 6 у відповідну позицію. Положення важеля фіксується аналоговим датчиком 3.

Після установки важеля 6 по сигналу датчика 3 проти повзуна необхідної передачі електронний блок подає команду силовому електродвигуну 1 який повертає вал важеля 6 тим самим пересуває повзун для включення передачі. Момент включення фіксується датчиком 2.

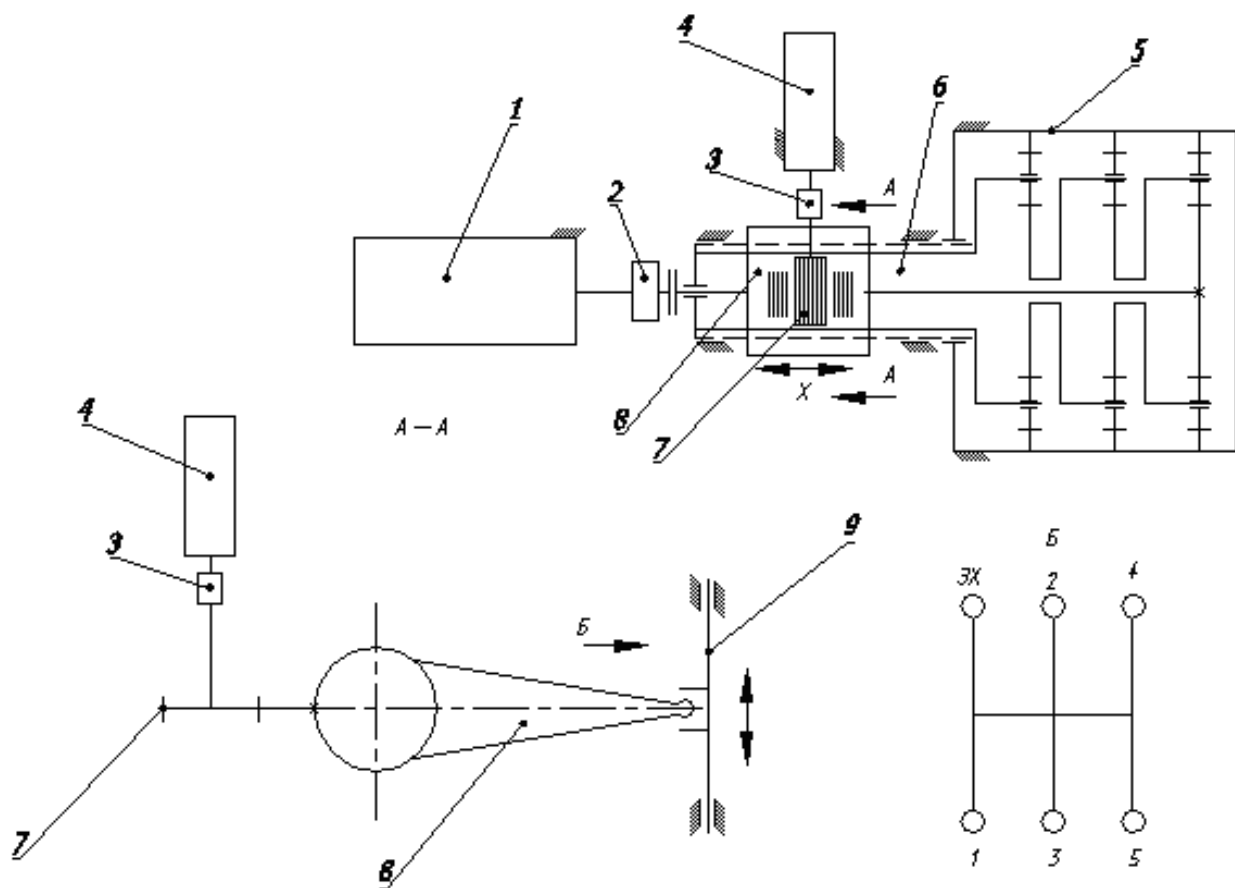


- 1 – електродвигун силовий 2 – датчик кута повороту,
 3 – датчик кута повороту, 4 – електродвигун селекторний,
 5 – вал важеля переключення передач, 6 - важіль переключення передач,
 7 - селекторна шестерня, 8 - повзун КП

Рис. 2.9. Механізм управління коробкою передач
 на базі двигунів постійного струму

Команди електронному блоку водій формує за допомогою задатчика режимів руху (ЗРР) є важіль з датчиками що посиляють команди про необхідність включення передачі або переведення коробки передач в «нейтраль».

Для зручності водія передбачається блок індикації включеної передачі, а також режим сенквентального перемикавання (рухи важеля по центру вперед перемикають послідовно передачі з нижчою на вищу, а рухи важеля по центру назад перемикають послідовно передачі з вищою на нижчу).



1 - електродвигун силовий 2 - датчик кута повороту, 3 - датчик кута повороту, 4 - електродвигун селекторний, 5 – 3-х ступінчатий планетарний редуктор, 6 - вал важеля переключення передач, 7 - важіль переключення передач, 8 - селекторна шестерня, 9 - повзун КП

Рис. 2.10. Механізм управління коробкою передач на базі крокових двигунів

На рис. 2.11 позначено: Д1-Д6-датчики (здатчики) номера швидкісної передачі; П0-П6 – датчики положення повзунів КП; Ф1-Ф6 – формувачі управляючого сигналу; ЗЗ – замок запалення; ДС – датчик виключення зчеплення; ДЧ1 – датчик частоти обертання ведомого вала (спідометр); ДЧ2 – датчик частоти обертання ведучого вала (тахометр); РВП – реле виключення живлення системи; МП – мікропроцесор; ИНН – джерело вторинного струму; ДР1-2 – драйвери управління приводом; ИД1-2 – виконавчі механізми; И0-И6 – індикатори; ИА – індикатор аварійного стану (заборона включення); ГЗ – генератор зумера; СЗ – сигналізатор зумера; CAN,R9232 – роз’єм інтерфейсів зв’язку з ПК і програматором; ЭБУ – електронний блок управління

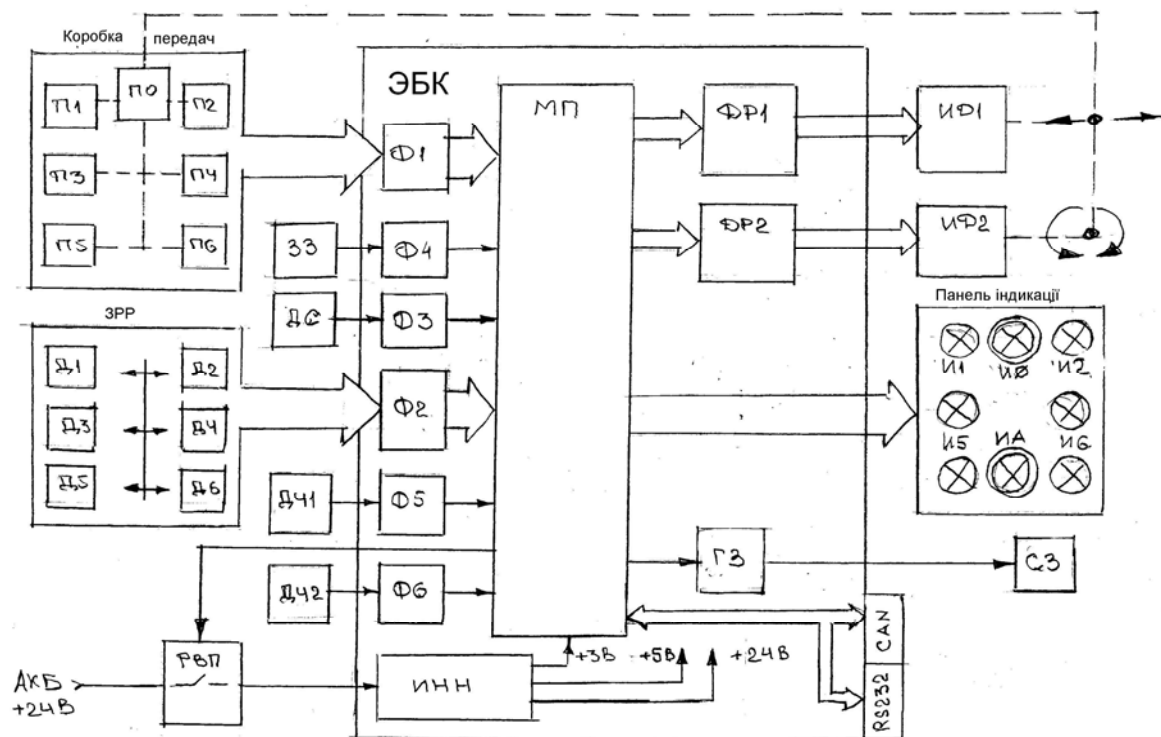


Рис. 2.11. Структурна схема системи управління коробкою передач

2.3. Математичне моделювання гібридної трансмісії

2.3.1. Гібридна трансмісія, як об'єкт керування

Структурна схема трансмісії гібридного автомобіля з любым типом дії тягового допоміжного двигуна наведена на рис. 2.12.

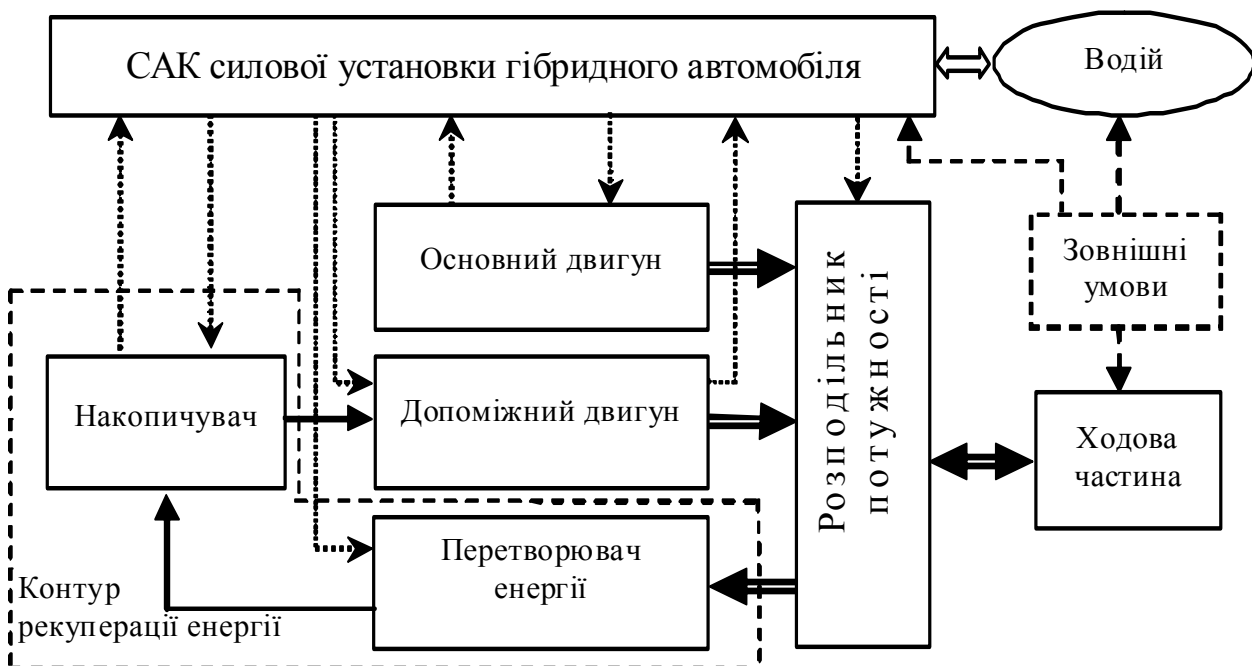


Рис. 2.12. Структурна схема трансмісії гібридного автомобіля

Основним двигуном гібридної силової установки можуть виступати бензиновий, або газовий двигун внутрішнього згоряння. Як допоміжний тяговий двигун використовується пневматичний або електричний двигун постійного чи змінного струму. Контур рекуперації енергії складається з компресора, балонів, редуктора, при використанні пневматичного допоміжного двигуна або генератора, високовольної акумуляторної батареї, перетворювача напруги, інвертора у випадку використання електричного допоміжного двигуна.

На рис. 2.13 наведені можливі варіанти технічної реалізації гібридної силової установки при використанні в якості тягового допоміжного двигуна електродвигуна (а) та пневмодвигуна (б).

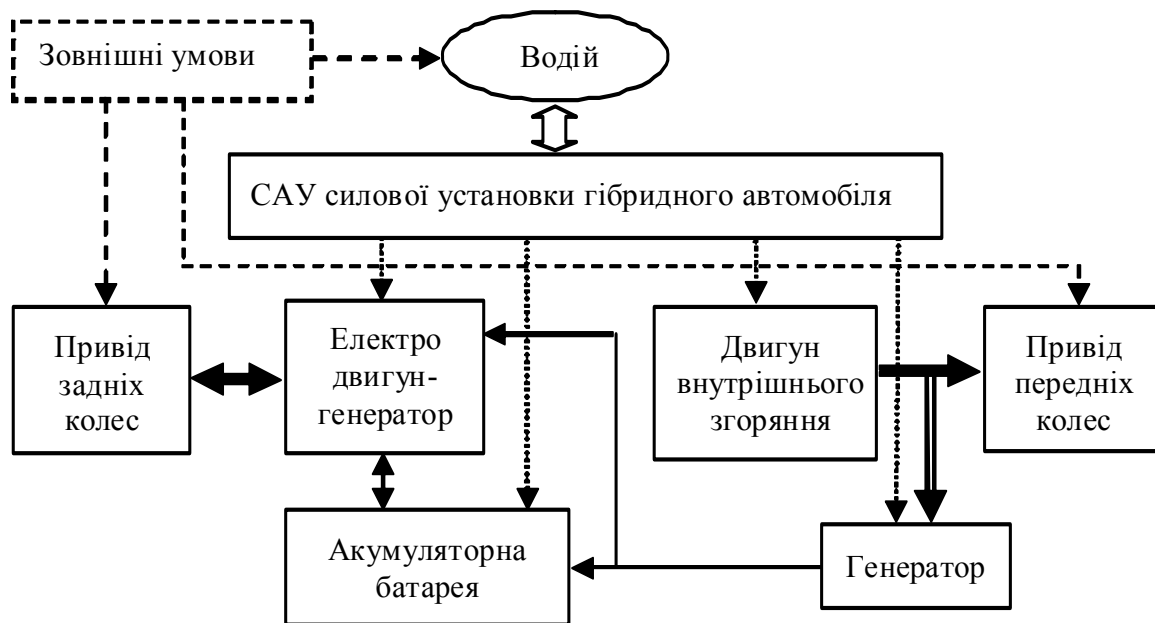
Ключовим елементом трансмісії гібридного автомобіля є так званий розподільник потужностей, який забезпечує перерозподіл потоків потужності між ходовою частиною автомобіля, основним двигуном, допоміжним двигуном та контуром рекуперації енергії.

Відомі три схеми побудови трансмісії гібридного автомобіля [11, 26, 27]. При використанні електродвигуна у якості допоміжного ці схеми можна охарактеризувати наступним чином.

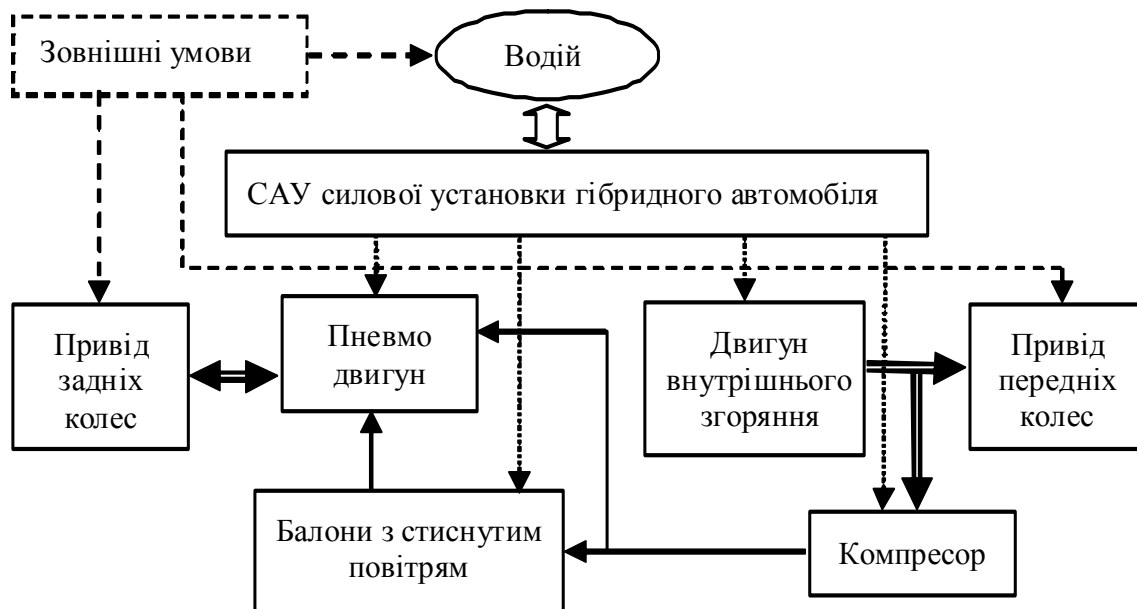
Послідовна схема. Навантаженням ДВЗ є генератор. При цьому обирається найбільш економічний режим роботи ДВЗ. Енергія, яка виробляється генератором, подається на тяговий електродвигун, або в накопичувач енергії, або в накопичувач енергії та на тяговий електродвигун. Тяговий електродвигун забезпечує всі необхідні потужності й швидкісні режими транспортного засобу, а при гальмуванні автомобіля працює в режимі генератора, забезпечуючи рекуперацію кінетичної енергії.

Перевагою такої схеми є простота керування силовою установкою, відсутність спеціальних вузлів трансмісії, можливість використання ДВЗ малої потужності в економічних режимах. Недоліком такого варіанта є малий коефіцієнт корисної дії (ККД).

Паралельна схема. ДВЗ і тяговий електродвигун разом з акумуляторною батареєю через трансмісію пов'язані з ведучими колесами. Підсумковий обертаючий момент визначається сумою обертаючих моментів ДВЗ і електродвигуна. У такій схемі більш високий ККД. Використовується одна електрична машина в режимах тягового електродвигуна і генератора.



а) використання якості допоміжного двигуна електродвигуна;



б) використання в якості допоміжного двигуна пневмодвигуна

Рис. 2.13. Варіанти технічної реалізації трансмісії гібридного автомобіля

До недоліків такого варіанта варто віднести ускладнення трансмісії, системи керування, а також відхилення від економічного режиму роботи ДВЗ при регулюванні швидкості транспортного засобу.

Змішана схема. Комбінація послідовної та паралельної схем. Залежно від умов руху, привід ведучих колес може здійснюватися від

допоміжної силової установки, ДВЗ або від допоміжної силової установки та ДВЗ, які вмикаються паралельно. В цьому випадку досягається максимальна ефективність силової установки. Саме така схема побудови застосована на автомобілях Lexus RX400h, Lexus GS450h, Toyota Prius. У подальшому будемо розглядати саме цю схему.

Особливостями трансмісії гібридного автомобіля, як об'єкта керування, є змінна структура, невизначеність керуючих впливів. Основні складові такої трансмісії характеризуються нелінійністю та істотною параметричною невизначеністю.

Складності формального опису трансмісії гібридного автомобіля як об'єкта керування, з урахуванням структурних і параметричних невизначеностей, робить доцільним застосування в алгоритмах керування методів нейро-фазі регулювання. Такий підхід дозволяє сформулювати інтелектуальний алгоритм адаптивного керування силовою установкою в термінах нечіткої логіки на підставі формалізації експертних висновків, а також здійснити налаштування отриманого алгоритму в процесі випробувань та в подальшій експлуатації гібридного транспортного засобу.

В останні роки провідними компаніями по розробці адаптивних систем керування агрегатами автомобіля, широко застосовуються компоненти нечіткої логіки та штучні нейронні мережі [28,29]. Системами з використанням нечіткої логіки оснащуються автомобілі Nissan, Mitsubishi, Honda, BMW, Hyundai, Mazda, Mercedes, Peugeot.

2.3.2 Постановка задачі синтезу системи керування гібридної трансмісії

Основним завданням інтелектуальної системи автоматизованого керування (САК) трансмісії гібридного автомобіля є забезпечення найбільш економічного й екологічно безпечного режиму роботи ДВЗ за рахунок перерозподілу навантаження між ДВЗ, допоміжним двигуном і контуром рекуперації енергії.

Додатковими завданнями САК є:

- забезпечення рекуперації енергії гальмування транспортного засобу;
- забезпечення необхідної розгінної динаміки транспортного засобу за рахунок використання допоміжної силової установки та накопичувача енергії;

– забезпечення режиму старт - стоп з мінімальним періодом холостого ходу ДВЗ у випадку короткочасних зупинок транспортного засобу.

Питома ефективна витрата палива визначається з урахуванням теплоти його згоряння H_u ; індикаторного η_i і механічного η_m ККД двигуна

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^3}{H_u \cdot \eta_m \cdot \eta_i} \quad (2.1)$$

Витрата палива зменшується з підвищенням навантаження двигуна за рахунок збільшення η_m . При деякому навантаженні, що відповідає моменту обертання ДВЗ $M_{ДВЗ}^{опт}$, зменшення g_e припиниться й починає зростати через зменшення η_i внаслідок зниження коефіцієнту надлишку повітря. Поряд з цим, значення $M_{ДВЗ}^{опт}$ збільшується при підвищенні частоти обертання колінчастого вала ω .

Прирошення швидкості обертання визначається алгебраїчною сумою моментів

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_{ДВЗ}^{об} + M_{ел.дв}^{об} - M_{дор}^{оп} - M_{генер}^{оп}, \quad (2.2)$$

де J - сумарний момент інерції;

$M_{ДВЗ}^{об}$ - момент обертання ДВЗ;

$M_{ел.дв}^{об}$ - приведений момент обертання електродвигуна;

$M_{дор}^{оп}$ - приведений момент опору, що створюється дорогою з урахуванням передатного відношення коробки передач;

$M_{генер}^{оп}$ - приведений момент опору, що створюється генератором.

Задача синтезу САК силової установки може бути сформульована в такий спосіб. При всіх припустимих змінах тягово-швидкісного режиму силової установки забезпечити керування частотою обертання колінчастого валу ω , при якому мінімізується середньоквадратична помилка регулювання

$$\sigma_e = \sqrt{M \left[\left(\omega_3(t) - \omega(t) \right)^2 \right]}, \quad (2.3)$$

де ω_3 - керуючий вплив з боку водія - задана частота обертання колінчастого валу, а також середньоквадратичне відхилення моменту обертання ДВЗ від оптимального значення, при наявності обмежень на керуючі впливи:

$$\sigma_M = \sqrt{M \left[\left(M_{\text{ДВС}}^{\text{опт}}(t) - M_{\text{ДВС}}^{\text{вр}}(t) \right)^2 \right]}. \quad (2.4)$$

Складність задачі керування пов'язана зі складністю математичної моделі об'єкту керування та невизначеністю моделей керуючих впливів. Щодо обмежень на керуючі впливи та змінні стану об'єкта керування, то вони залежать від особливостей конкретної технічної реалізації гібридної силової установки.

2.3.3 Принципи побудови системи автоматизованого керування гібридної трансмісії гібридної трансмісії

Особливості об'єкта керування припускають ієрархічну організацію системи керування силовою установкою гібридного автомобіля.

Необхідні режими роботи кожного агрегату силової установки забезпечуються відповідними регуляторами та блоками керування, які враховують особливості побудови конкретних вузлів й агрегатів і становлять перший рівень ієрархії.

Підтримка оптимального режиму роботи ДВЗ на різних режимах автомобіля за рахунок перерозподілу навантаження між ДВЗ, допоміжним двигуном і контуром рекуперації енергії забезпечується елементами адаптивної САК другого рівня ієрархії.

Елементи адаптивної САК третього рівня ієрархії забезпечують інтерфейс водія, який імітує керування традиційним транспортним засобом, в той же час, забезпечуючи відображення поточного стану та режиму роботи гібридної силової установки.

Структурна схема трансмісії гібридного автомобіля з використанням електродвигуна у якості допоміжного агрегату наведена на рис. 2.14. Згідно рис. 2.14: $g_{\text{ц}}$ – циклова витрата палива, α – коефіцієнт надлишку повітря, КВЗ – кут випередження запалювання, КВВ – кут випередження впорскування, ККП – коефіцієнт передачі коробки передач. Спрощений опис принципів роботи системи

автоматизованого керування гібридної трансмісії може бути представлений в наступній формі:

- початок руху, рух при малому навантаженні, з невеликою швидкістю або під ухил. Оскільки ДВЗ має низький ККД при малих навантаженнях, рух забезпечується за рахунок допоміжного двигуна, якщо запас енергії в накопичувачі достатній. Якщо ні – рух забезпечується двигуном внутрішнього згоряння. Крім того за допомогою ДВЗ забезпечується поповнення енергії накопичувача;

- рівномірний рух. САК забезпечує найбільш ефективний режим роботи ДВЗ. У випадку, якщо обертаючий момент ДВЗ менший за момент опору, потужність, якої бракує, забезпечується за рахунок підключення допоміжного двигуна. Якщо оптимальний обертаючий момент більший за момент опору, надлишок потужності надходить до контуру рекуперації енергії;

- розгін. Необхідна розгінна динаміка забезпечується, в основному, за рахунок допоміжного двигуна при підтримці найбільш економічного режиму основного ДВЗ. При недостатньому запасі енергії в накопичувачі або недостатку потужності допоміжного двигуна, додаткова потужність забезпечується основним ДВЗ-рівномірний рух. САК забезпечує найбільш ефективний режим роботи ДВЗ. У випадку, якщо обертаючий момент ДВЗ менший за момент опору, потужність, якої бракує, забезпечується за рахунок підключення допоміжного двигуна. Якщо оптимальний обертаючий момент більший за момент опору, надлишок потужності надходить до контуру рекуперації енергії;

- розгін. Необхідна розгінна динаміка забезпечується, в основному, за рахунок допоміжного двигуна при підтримці найбільш економічного режиму основного ДВЗ. При недостатньому запасі енергії в накопичувачі або недостатку потужності допоміжного двигуна, додаткова потужність забезпечується основним ДВЗ;

- гальмування. Надлишок кінетичної енергії транспортного засобу накопичується контуром рекуперації гібридної трансмісії. При недостатній ефективності рекуперативного гальмування, підключається система гідравлічного гальмування;

- при зупинці й наявності енергії в накопичувачі, достатньої для рушання автомобіля, ДВЗ відключається. Якщо запасеної енергії недостатньо, ДВЗ продовжує працювати до її необхідного поповнення.



2.3.4 Нечітка модель системи керування гібридною трансмісією

Вхідні та вихідні впливи системи автоматизованого керування силової установки гібридного автомобіля, які необхідні для вирішення задачі оптимізації режиму роботи двигуна внутрішнього згоряння на різних тягово-швидкісних режимах, наведені на рис. 2.15.

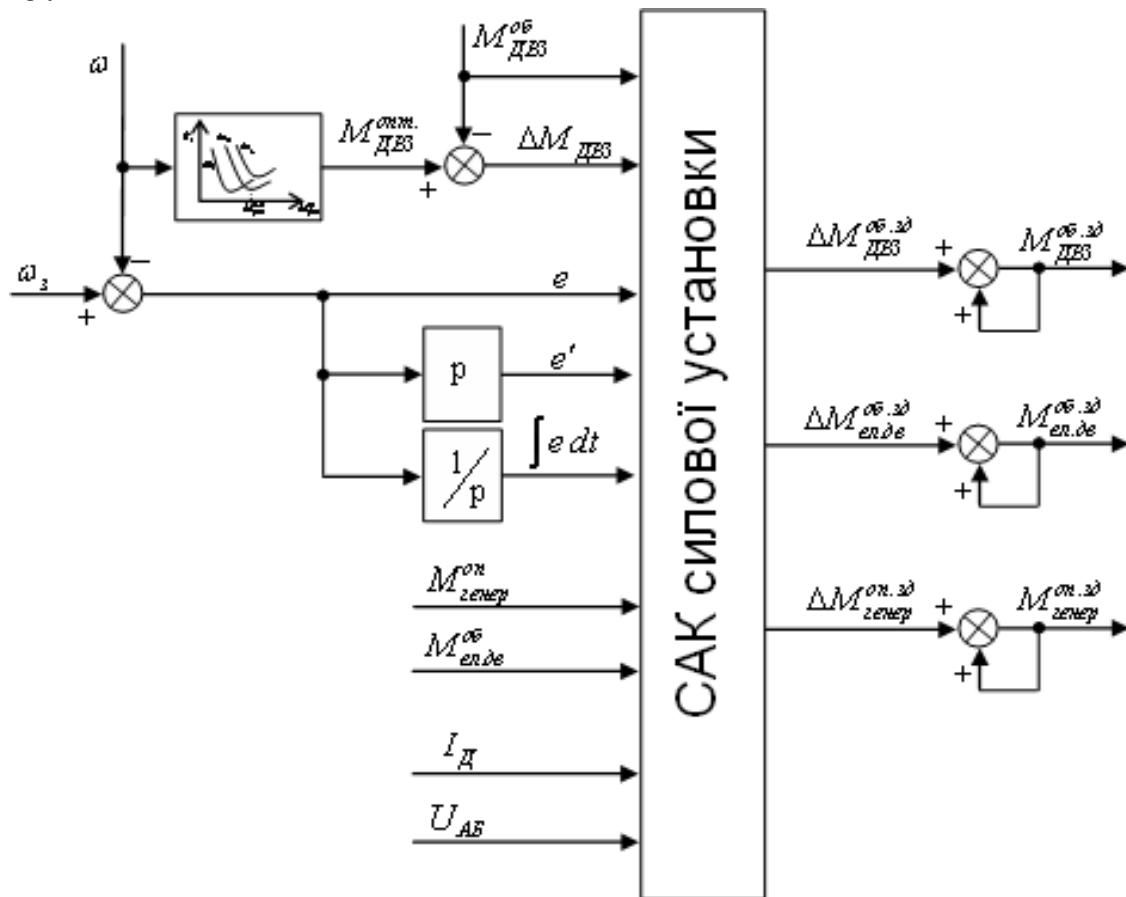


Рис. 2.15 - Вхідні та вихідні впливи САК силової установки гібридного автомобіля

З метою зменшення розмірності проведемо декомпозицію задачі, як показано на рис. 2.16.

При цьому на рис. 2.16 введені додаткові проміжні змінні:

$\Delta M_{ТР}$ - прирощення моменту обертання, необхідне для підтримання заданого швидкісного режиму;

$\Delta M_{ДВЗ}^6$ - бажане прирощення моменту обертання ДВЗ;

$E_{ЗП}$ - запас енергії в контурі рекуперації;

S_{KnR} - стан контуру рекуперації.

На першому етапі будуть визначатись проміжні змінні на базі поточних значень окремих входних впливів. Потім на базі проміжних змінних обчислюються вихідні впливи САК.

Для вирішення цих задач будемо використовувати методи нечіткого керування. Структуру блоку нечіткого керування зображено на рис. 2.17. Наведений вище опис роботи САК гібридної силової установки може бути формалізований у вигляді бази правил нечітких продукції.

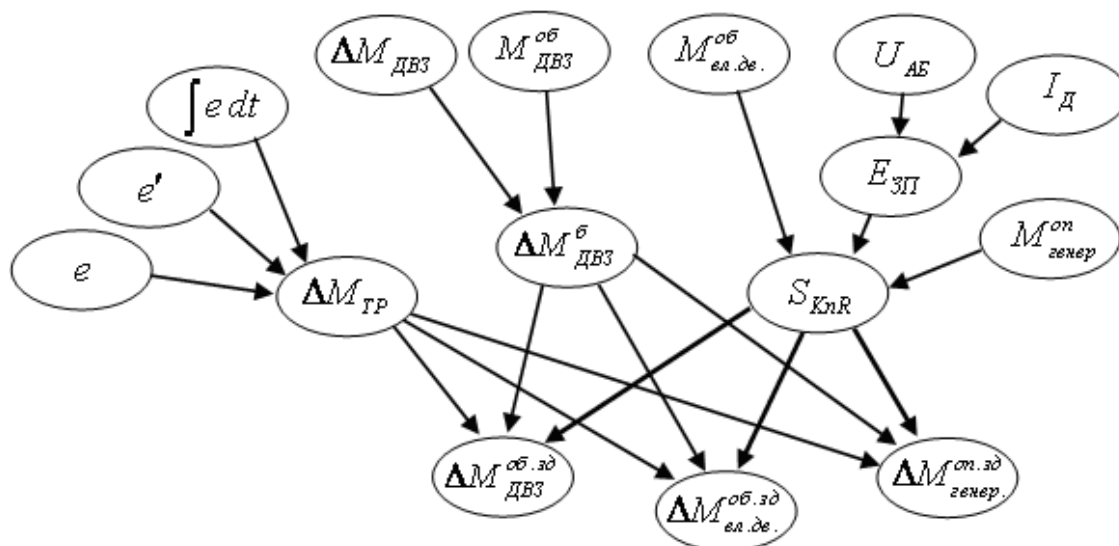


Рис. 2.16.Схема алгоритмічної декомпозиції задачі оптимізації режиму роботи ДВЗ

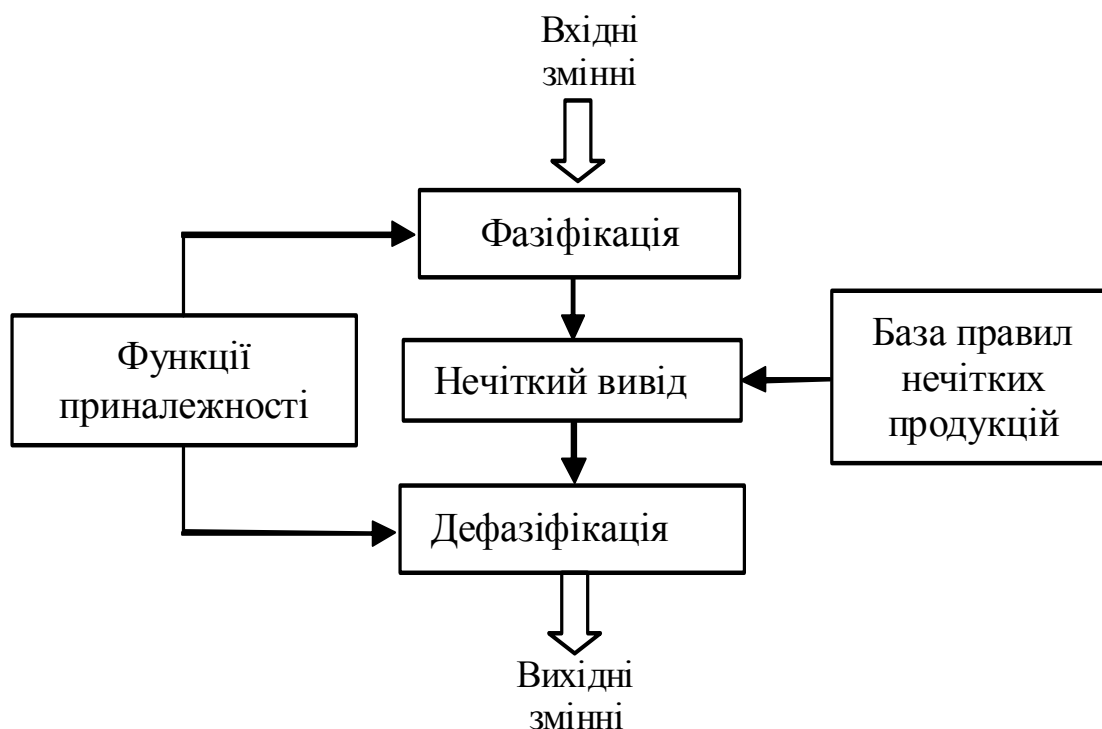


Рис. 2.17.Структура блоку нечіткого керування

Для зручності запису найменувань термів лінгвістичних змінних використовуються загальноприйняті скорочення (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Скорочення для значень основних термів лінгвістичних змінних

Символічне позначення	Англомовна нотація	Україномовна нотація
NB	Negative Big	Негативне велике
NM	Negative Middle	Негативне середнє
NS	Negative Small	Негативне мале
ZN	Zero Negative	Негативне близьке до нуля
Z	Zero	Нуль, близьке до нуля
ZP	Zero Positive	Позитивне близьке до нуля
PS	Positive Small	Позитивне мале
PM	Positive Middle	Позитивне середнє
PB	Positive Big	Позитивне велике

Створимо нечіткі моделі для обчислення значень проміжних змінних и вихідних впливів САК.

Визначення потрібного прирощення моменту обертання гібридної силової установки. Під час визначення потрібного прирощення моменту обертання силової установки гібридного автомобіля у якості вхідних змінних розглядаються:

- інтеграл від похибки регулювання $\int_0^t e(t) dt$.
- похибка регулювання за швидкістю $e(t) = \omega_s(t) - \omega(t)$;
- перша похідна від похибки регулювання $e'(t) = \frac{de(t)}{dt}$;

З метою спрощення аналізу використовується безрозмірне представлення вхідних та вихідних змінних.

Для завдання бази правил нечіткого виводу задамо вхідні і вихідні лінгвістичні змінні:

– вхідна лінгвістична змінна ErW - «Похибка регулювання по швидкості» з базовою терм-множиною $\mathfrak{T}_{ErW} = \{NB, NM, Z, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.18, а;

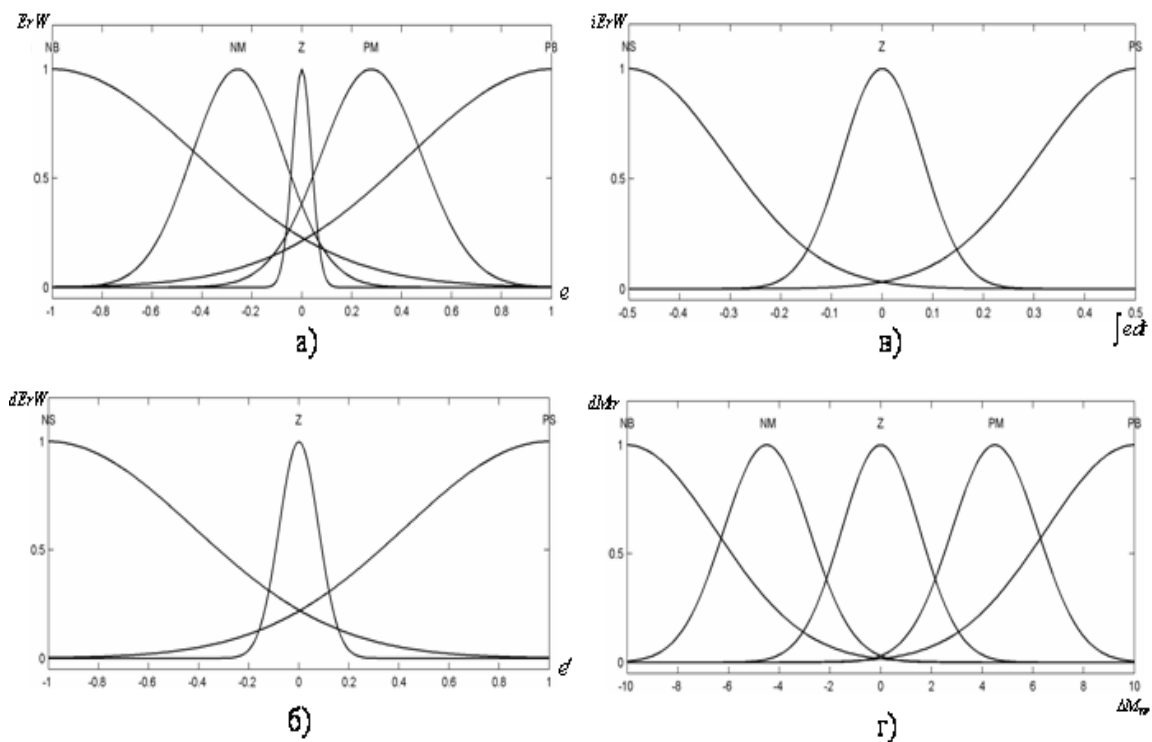
– вхідна лінгвістична змінна $dErW$ - «Прирощення похибки регулювання» з базовою терм-множиною $\mathfrak{T}_{dErW} = \{NS, Z, PS\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.18, б;

– вхідна лінгвістична змінна $iErW$ - «Накопичування похибки регулювання» з базовою терм-множиною $\mathfrak{T}_{iErW} = \{NS, Z, PS\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.18, в;

– вихідна лінгвістична змінна $dMtr$ - «Необхідне прирощення моменту обертання» з базовою терм-множиною $\mathfrak{T}_{dMtr} = \{NB, NM, Z, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.18, г;

Функції приналежності кожного з термів кожної лінгвістичної змінної є Гаусовськими функціями з центром c і варіацією σ [17]:

$$\mu(x; \sigma, c) = \exp \left[\frac{-(x - c)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.5)$$



а – ErW , б – $iErW$, в – $iErW$, г – $dMtr$

Рис. 2.18. Функції приналежності для термів лінгвістичних змінних

Параметри c і σ підбираються виходячи з фізичних показників відповідних змінних.

Базу правил системи нечіткого виводу для визначення необхідного прирощення моменту обертання силової установки можна представити в табличному вигляді (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

База правил нечіткого виводу для визначення необхідного прирощення моменту обертання силової установки

ErW		NB			NM			Z			PM			PB		
$dErW$		NS	Z	PS	NS	Z	PS	NS	Z	PS	NS	Z	PS	NS	Z	PS
iEr	PS	NB	NM	NM	NM	NM	Z	Z	PM	PB	PM	PB	PB	PB	PB	PB
	Z	NB	NB	NM	NB	NM	NM	NM	Z	PM	PM	PM	PB	PM	PB	PB
	NS	NB	NB	NB	NB	NB	NM	NB	NM	Z	Z	PM	PM	PM	PM	PB

Відповідно до складеної таблиці формулюється 31 правило нечітких продукції:

- якщо $ErW = NB$ і $dErW = NS$ то $dMtr = NB$;
- якщо $ErW = PB$ і $dErW = PS$ то $dMtr = PB$;
- якщо $ErW = NB$ і $dErW = Z$ і $iErW = \text{не}PS$ то $dMtr = NB$;
- якщо $ErW = NB$ і $dErW = Z$ і $iErW = PS$ то $dMtr = NM$;
- якщо $ErW = PB$ і $dErW = Z$ і $iErW = \text{не}NS$ то $dMtr = PB$;
- якщо $ErW = PB$ і $dErW = Z$ і $iErW = NS$ то $dMtr = PM$;
- якщо $ErW = NB$ і $dErW = PS$ і $iErW = \text{не}NS$ то $dMtr = NM$;
- якщо $ErW = NB$ і $dErW = PS$ і $iErW = NS$ то $dMtr = NB$;
- якщо $ErW = PB$ і $dErW = NS$ і $iErW = \text{не}PS$ то $dMtr = PM$;
- якщо $ErW = PB$ і $dErW = NS$ і $iErW = PS$ то $dMtr = PB$;
- якщо $ErW = NM$ і $dErW = NS$ і $iErW = \text{не}PS$ то $dMtr = NB$;
- якщо $ErW = NM$ і $dErW = NS$ і $iErW = PS$ то $dMtr = NM$;
- якщо $ErW = PM$ і $dErW = PS$ і $iErW = \text{не}NS$ то $dMtr = PB$;
- якщо $ErW = PM$ і $dErW = PS$ і $iErW = NS$ то $dMtr = PM$;
- якщо $ErW = NM$ і $dErW = Z$ і $iErW = \text{не}NS$ то $dMtr = NM$;
- якщо $ErW = NM$ і $dErW = Z$ і $iErW = NS$ то $dMtr = NB$;
- якщо $ErW = PM$ і $dErW = Z$ і $iErW = \text{не}PS$ то $dMtr = PM$;
- якщо $ErW = PM$ і $dErW = Z$ і $iErW = PS$ то $dMtr = PB$;
- якщо $ErW = NM$ і $dErW = PS$ і $iErW = \text{не}PS$ то $dMtr = NM$;
- якщо $ErW = NM$ і $dErW = PS$ і $iErW = PS$ то $dMtr = Z$;

- якщо $ErW = PM$ і $dErW = NS$ і $iErW = neNS$ то $dMtr = PM$;
- якщо $ErW = PM$ і $dErW = NS$ і $iErW = NS$ то $dMtr = Z$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = NS$ і $iErW = PS$ то $dMtr = Z$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = NS$ і $iErW = Z$ то $dMtr = NM$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = NS$ і $iErW = NS$ то $dMtr = NB$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = Z$ і $iErW = PS$ то $dMtr = PM$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = Z$ і $iErW = Z$ то $dMtr = Z$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = Z$ і $iErW = NS$ то $dMtr = NM$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = PS$ і $iErW = PS$ то $dMtr = PB$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = PS$ і $iErW = Z$ то $dMtr = PM$;
- якщо $ErW = Z$ і $dErW = PS$ і $iErW = NS$ то $dMtr = Z$;

Для нечіткого виводу в заданій базі правил будемо використовувати алгоритм Мамдани [25].

Процес створення моделі в термінах нечіткої логіки полягає в послідовному виконанні операцій фазифікації вхідних змінних, агрегування підумов у правилах нечітких продукції, активації підвисновків, акумуляції висновків правил нечітких продукції, дефазифікації вихідних змінних.

Аналогічно складаються моделі для визначення інших змінних: бажаного прирощення моменту обертання ДВЗ, запасу енергії в контурі рекуперації, стану контуру рекуперації, прирощень керуючих впливів на агрегати силової установки.

В результаті фазифікації встановлюється відповідність між конкретним значенням кожної вхідної змінної системи нечіткого виводу та значенням функцій приналежності відповідних термів вхідної лінгвістичної змінної. Після закінчення цього етапу для всіх вхідних змінних повинні бути визначені конкретні значення функцій приналежності по кожному із лінгвістичних термів, які використовуються в підумовах бази правил нечіткого виводу.

Під час визначення результату нечітких кон'юнкцій (зв'язка «і») нечітких висловлювань A і B будемо використовувати вирази

$$T(A \wedge B) = \min\{T(A), T(B)\}, \quad (2.6)$$

де $T(A), T(B)$ – ступень істинності відповідного висловлювання.

Під час визначення результату логічних диз'юнкцій (зв'язка «чи») нечітких висловлювань A і B будемо використовувати вирази

$$T(A \vee B) = \max\{T(A), T(B)\} \quad (2.7)$$

Для визначення ступеню істинності логічного заперечування (нечітке висловлювання «НЕ») будемо використовувати вирази

$$T(\bar{A}) = 1 - T(A) . \quad (2.8)$$

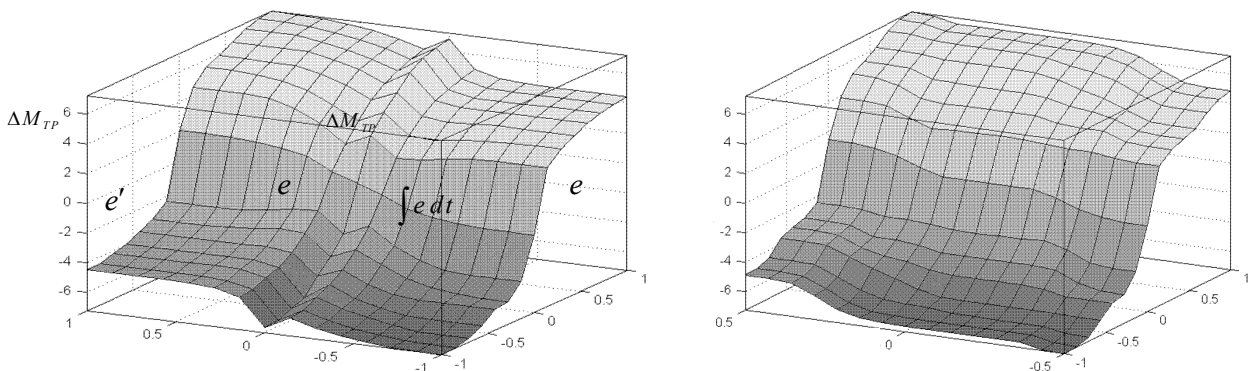
Для визначення чіткого значення вихідної змінної ΔM_{TP} блоку нечіткого керування будемо використовувати метод центра ваги. Для прикладу, що розглядається, одержимо:

$$\Delta M_{TP} = \frac{\int x \cdot \mu'_{dMtr}(x) dx}{\int \mu'_{dMtr}(x) dx} , \quad (2.9)$$

де x – змінна, що відповідає вихідній лінгвістичній змінній $dMtr$;

$\mu'_{dMtr}(x)$ – функція приналежності нечіткої множини, що відповідає вихідній змінній $dMtr$ після етапу акумуляції.

На рис. 2.19 представлені поверхні нечіткого виводу, які відображають залежності вихідної змінної ΔM_{TP} ($dMtr$), від вхідних змінних e , e' і $\int e dt$ (ErW , $dErW$ і $iErW$).



а) $\Delta M_{TP} = f(e, e'), \int e dt = 0$

б) $\Delta M_{TP} = f(e, \int e dt), e' = 0$

Рис. 2.19. Поверхні нечіткого виводу при обчисленні необхідного прирощення моменту обертання силової установки

Визначення бажаного прирощення моменту обертання ДВЗ. Бажане прирощення моменту обертання ДВЗ, наближає його режим до оптимального та визначається поточним моментом обертання

$M_{ДВЗ}^{об}$ й поточним відхиленням моменту обертання від оптимального значення

$$\Delta M_{ДВЗ} = M_{ДВЗ}^{опт} - M_{ДВЗ}^{об}. \quad (2.10)$$

Для завдання нечіткої моделі визначення бажаного прирощення моменту обертання ДВЗ задамо наступними вхідним та вихідними лінгвістичними змінними:

– вхідна лінгвістична змінна dM_{dvs} - «Відхилення моменту обертання ДВЗ від оптимального» з базовою терм-множиною $\mathfrak{Z}_{dM_{dvs}} = \{NB, NM, Z, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.20, а;

– вхідна лінгвістична змінна M_{dvs} - «Момент обертання ДВЗ»: $\mathfrak{Z}_{M_{dvs}} = \{ZP, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.20, б;

– вихідна лінгвістична змінна $dM_{dvs}G$ - «Бажане прирощення моменту обертання ДВЗ»: $\mathfrak{Z}_{dM_{dvs}G} = \{NB, NM, Z, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.20, в.

Базу правил системи нечіткого виводу для визначення бажаного прирощення моменту обертання силової установки можна представити у вигляді таблиці (табл. 2.4).

Як бачимо з даної таблиці, можуть бути складені наступні дев'ять правил нечітких продукції:

- якщо $dM_{dvs} = Z$ то $dM_{dvs}G = Z$;
- якщо $dM_{dvs} = NM$ і $M_{dvs} \neq ZP$ то $dM_{dvs}G = NM$;
- якщо $dM_{dvs} = NB$ і $M_{dvs} \neq ZP$ то $dM_{dvs}G = NB$;
- якщо $dM_{dvs} = PM$ і $M_{dvs} \neq PB$ то $dM_{dvs}G = PM$;
- якщо $dM_{dvs} = PB$ і $M_{dvs} \neq PB$ то $dM_{dvs}G = PB$;
- якщо $dM_{dvs} = NB$ і $M_{dvs} = ZP$ то $dM_{dvs}G = Z$;
- якщо $dM_{dvs} = NM$ і $M_{dvs} = ZP$ то $dM_{dvs}G = Z$;
- якщо $dM_{dvs} = PM$ і $M_{dvs} = PB$ то $dM_{dvs}G = Z$;
- якщо $dM_{dvs} = PB$ і $M_{dvs} = PB$ то $dM_{dvs}G = Z$.

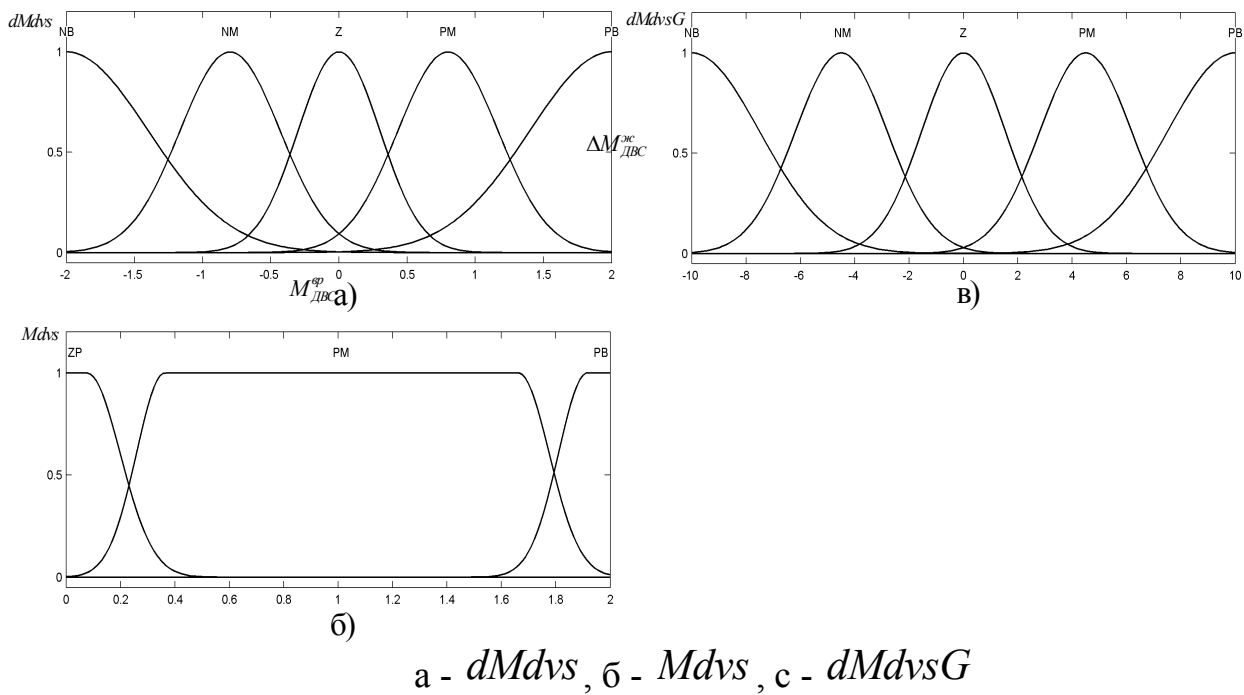


Рис. 2.20. Функції приналежності для термів лінгвістичних змінних

Таблиця 2.4

База правил нечіткого виводу для визначення бажаного прирощення моменту обертання ДВЗ

dM_{dvs}		NB	NM	Z	PM	PB
M_{dvs}	ZP	Z	Z	Z	PM	PB
	PM	NB	NM	Z	PM	PB
	PB	NB	NM	Z	Z	Z

Поверхню нечіткого виводу, що відображає зв'язок вихідної змінної $\Delta M_{ДВЗ}^{об}$, що відповідає лінгвістичній змінній $dM_{dvs}G$, з вхідними змінними $\Delta M_{ДВЗ}$ і $M_{ДВЗ}^{об}$, які відповідають лінгвістичним змінним dM_{dvs} і M_{dvs} , наведено на рис. 2.21.

Оцінка запасу енергії в контурі рекуперації. Запас енергії в контурі рекуперації, що може бути використаний у силовій установці гібридного автомобіля під час перерозподілу потужності, залежить не тільки від ступеня заряду акумуляторних батарей (для випадку тягового допоміжного електричного двигуна, наприклад вентиляного двигуна [28,29,30]) але й від витрати енергії додатковими споживачами, що не є пов'язаними зі створенням тягового моменту.

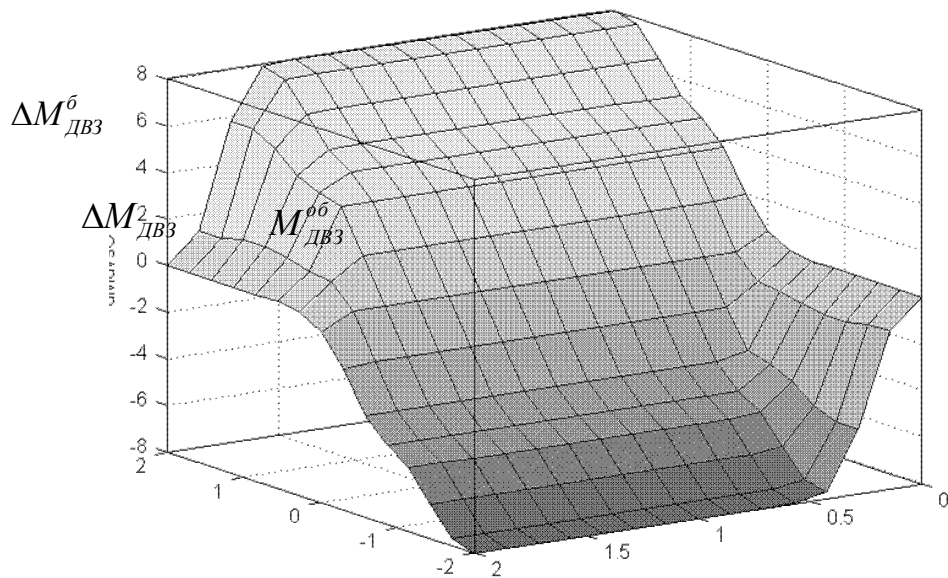


Рис. 2.21. Поверхня нечіткого виводу при обчисленні бажаного прирощення моменту обертання ДВЗ

Для оцінки ефективного запасу енергії за допомогою нечіткої моделі введемо наступні лінгвістичні змінні:

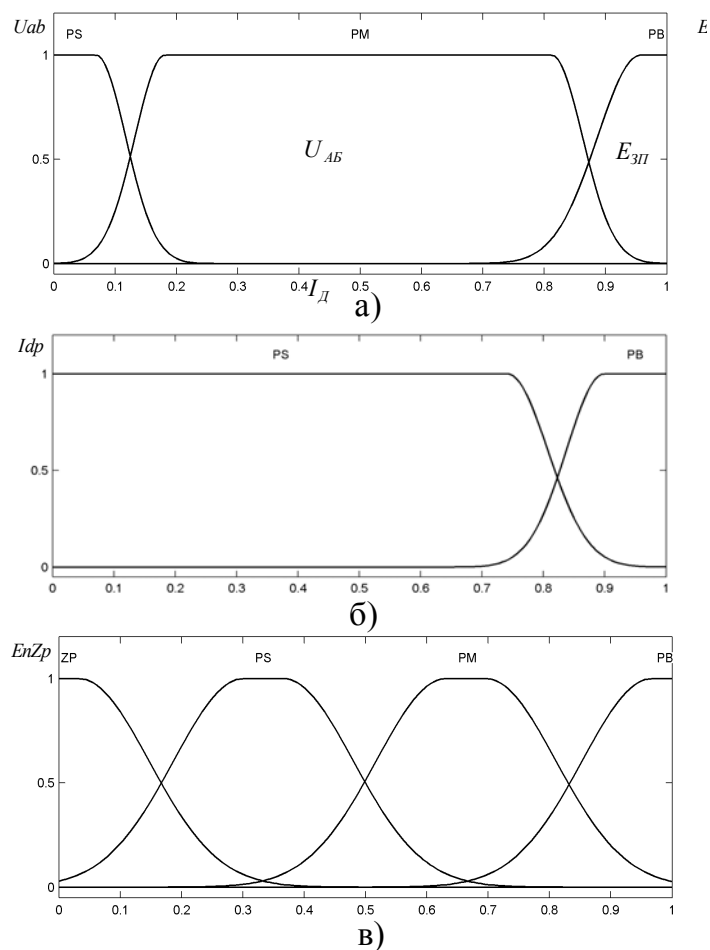
– вхідна лінгвістична змінна Uab - «Ступінь зарядженості акумуляторної батареї» з базовою терм-множиною, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.22, а.

– вхідна лінгвістична змінна Idp - «Додаткова витрата енергії», з функціями приналежності наведеними на рис. 2.22, б.

– вихідна лінгвістична змінна $EnZp$ - «Запас енергії в контурі рекуперації»: $\mathfrak{Z}_{EnZp} = \{ZP, PS, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.22, в.

Базу правил системи нечіткого виводу для визначення запасу енергії в контурі рекуперації можна представити у вигляді таблиці (табл. 2.5). Роботу даної системи нечіткого виводу описують шість правил нечітких продукції:

- якщо $Uab=PS$ і $Idp=PS$ то $EnZp=PS$;
- якщо $Uab=PS$ і $Idp=PB$ то $EnZp=ZP$;
- якщо $Uab=PM$ і $Idp=PS$ то $EnZp=PM$;
- якщо $Uab=PM$ і $Idp=PB$ то $EnZp=PS$;
- якщо $Uab=PB$ і $Idp=PS$ то $EnZp=PB$;
- якщо $Uab=PB$ і $Idp=PB$ то $EnZp=PM$.



а – U_{ab} , б – Idp , в – $EnZp$

Рис. 2.22. Функції приналежності для термів лінгвістичних змінних

Таблиця 2.5

База правил нечіткого виводу для визначення запасу енергії в контурі рекуперації

U_{ab}		PS	PM	PB
Idp	PS	PS	PM	PB
	PB	ZP	PS	PM

Поверхня нечіткого виводу, яку породжує розглянута база правил, приведена на рис.2.23.

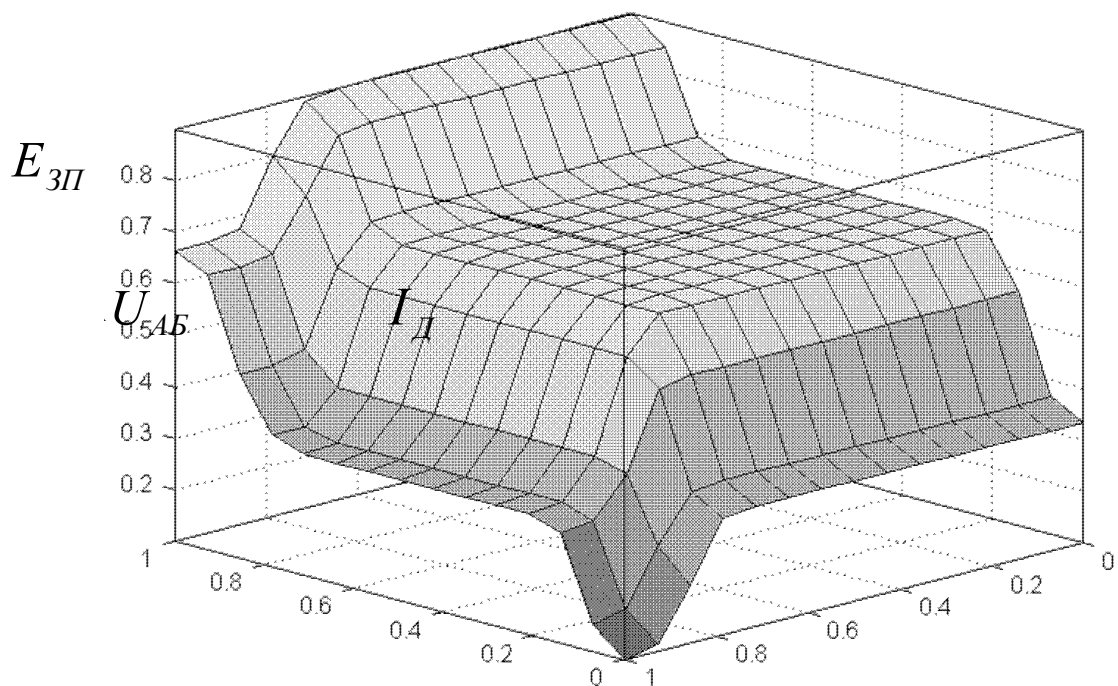


Рис. 2.23. Поверхня нечіткого виводу при обчисленні запасу енергії в контурі рекуперації

Ця поверхня задає залежність вихідної змінної $E_{3П}$, що відповідає лінгвістичній змінній $EnZp$, від ступеня зарядженості акумуляторної батареї U_{AB} , що визначається лінгвістичною змінною U_{AB} і додаткової затрати енергії $I_{Д}$, якому відповідає лінгвістична змінна Idp .

Ідентифікація стану контуру рекуперації енергії. Стан контуру рекуперації енергії визначається можливістю забезпечення необхідного прирощення моменту обертання гібридної установки без використання ДВЗ.

Для нечіткої ідентифікації стану контуру рекуперації енергії введемо наступні входні лінгвістичні змінні:

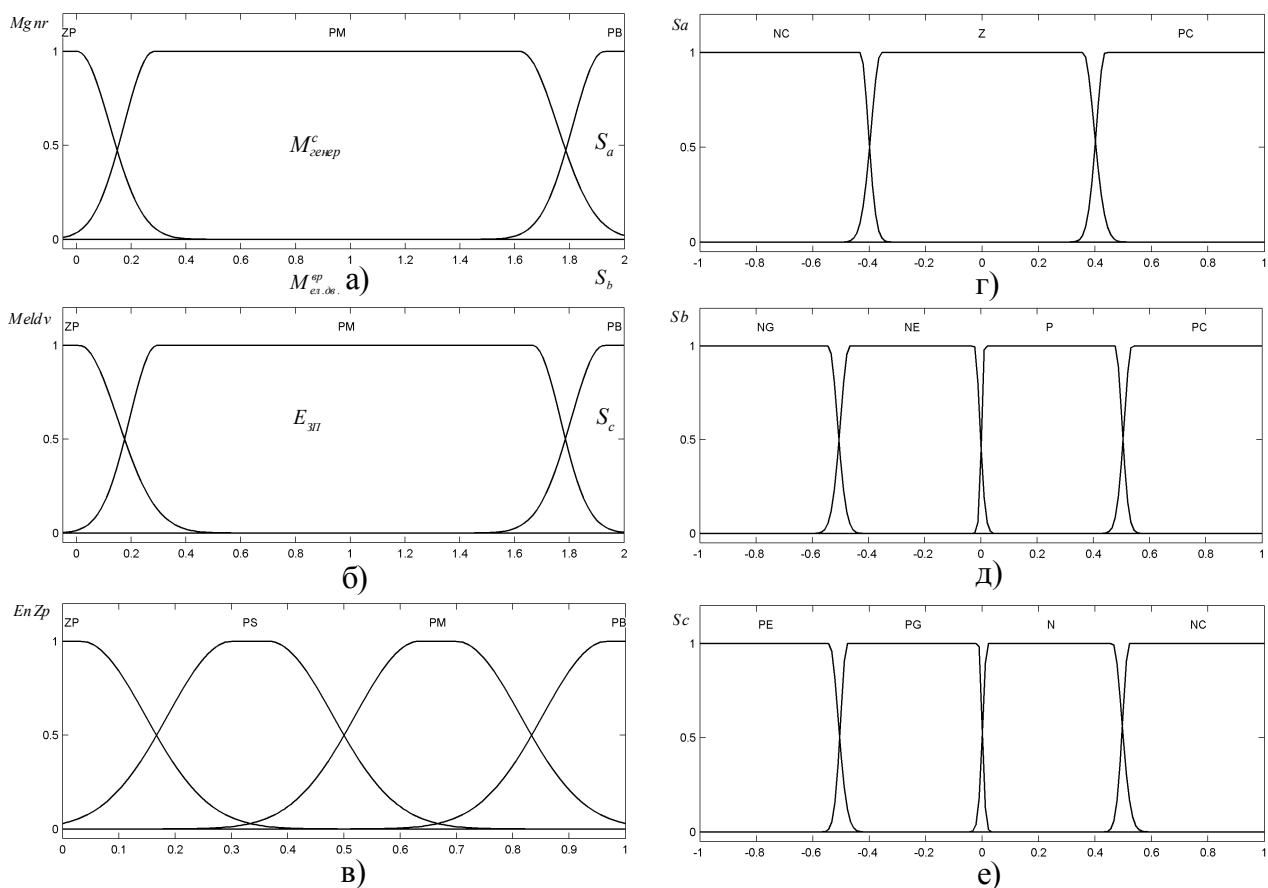
– M_{gnr} – «Момент опору генератора» з базовою термножиною $\mathfrak{Z}_{M_{gnr}} = \{ZP, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.24, а.

– $M_{el dv}$ – «Момент обертання електродвигуна»: $\mathfrak{Z}_{M_{el dv}} = \{ZP, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.24, б.

– $EnZp$ – «Запас енергії в контурі рекуперації»:
 $\mathfrak{Z}_{EnZp} = \{ZP, PS, PM, PB\}$, з функціями приналежності наведеними на рис. 2.24, в.

Можливі приращення моменту обертання електричного одвигуна і моменту опору генератора при різних значеннях введених входних лінгвістичних змінних, а також умовні позначки різних станів контуру рекуперації енергії гібридної трансмісії (значення лінгвістичної змінної $SKnRec$ - «Стан контуру рекуперації енергії») наведені в табл. 2.6.

При цьому символи $\uparrow$, $\downarrow$ і $\updownarrow$ означають можливі приращення моменту, символи $\uparrow\uparrow$ й $\downarrow\downarrow$ - необхідні приращення, а символ $\uparrow_*$ - бажане приращення.



а - «Момент опору генератора», б - «Момент обертання електродвигуна»,
 в - «Запас енергії в контурі рекуперації», г, д, е - складові вектора стану контуру
 рекуперації енергії S_a , S_b , S_c

Рис. 2.24. Функції приналежності для термів лінгвістичних змінних

На множені станів контуру рекуперації задамо підмножини, кожна з яких включає стани, що входять у вигляді диз'юнкції значень лінгвістичної змінної $SKnRes$, в правила нечітких продукції визначення керуючих впливів на агрегати силової установки (табл. 2.7).

Таблиця 2.6

Можливі стани контуру рекуперації енергії

$Mgnr$		ZP			PM			PB		
$EnZp$		ZP	PS, PM	PB	ZP	PS, PM	PB	ZP	PS, PM	PB
$Mel dv$	ZP	$M_{генер}^{оп} \uparrow^*$	$M_{генер}^{об} \uparrow$ $M_{ел.дв}^{об} \uparrow$	$M_{ел.дв}^{об} \uparrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$	$M_{генер}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$	$M_{генер}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$	$M_{генер}^{об} \downarrow$
		NG	NGPE	PE	NGPG	NGPG	PGC	PG	PG	PGC
	PM	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$ $M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$ $M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$
		NEC	NEPE	NEPE	NEC	NEPG	PGC	NEC	NEPG	PGC
	PB	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$ $M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$	$M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$ $M_{ел.дв}^{об} \downarrow$	$M_{генер}^{оп} \downarrow$
		NEC	NE	NE	NEC	NEPG	PGC	NEC	NEPG	PGC

Таблиця 2.7

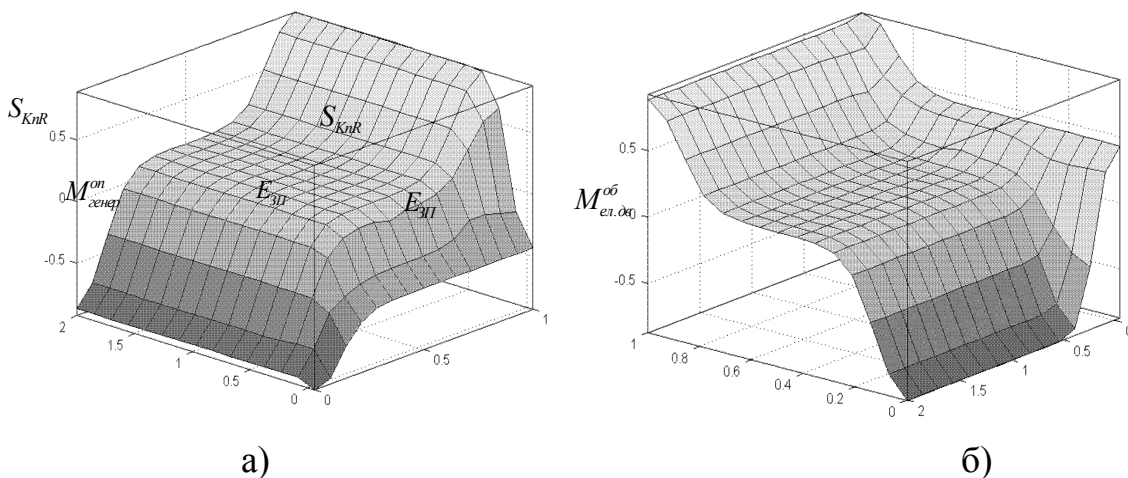
Співвідношення термів вихідних лінгвістичних змінних

$SKnRes$ $M_{ел.дв}^{об}$ $M_{генер}^{оп}$	Sa Sb	Sc	Sa Sb								
			Z	NG	NE	P	PE	PG	N	NC	PC
NEC	$\uparrow^*$				*					*	
NE	$\uparrow^*$		*		*				*		
NG	$\uparrow^*$		*	*					*		
NEPE	$\uparrow^*$		*		*		*				
NGPG	$\uparrow^*$		*	*				*			
NGPE	$\uparrow^*$		*	*			*				
NEPG	$\uparrow^*$		*		*			*			
PG	$\uparrow^*$		*			*		*			
PE	$\uparrow^*$		*			*	*				
PGC	$\uparrow^*$							*			*

Задамо три вихідні лінгвістичні змінні модуля нечіткої ідентифікації стану контуру рекуперації енергії в гібридній трансмісії, базові терм-множини яких включають у якості своїх термів нечіткі змінні, що відповідають заданим нечітким підмножинам:

- Sa – з базовою терм-множиною $\mathfrak{S}_{Sa} = \{NC, Z, PC\}$, з функціями приналежності, наведеними на рис. 2.24, г;
- Sb – $\mathfrak{S}_{Sb} = \{NG, NE, P, PC\}$, з функціями приналежності, наведеними на рис. 2.24, д;
- Sc – $\mathfrak{S}_c = \{PE, PG, N, NC\}$, з функціями приналежності, наведеними на рис. 2.24, е.

Розглянута база правил нечітких продукції визначає поверхні нечіткого виводу (рис. 2.25), які відображають залежність вихідної змінної S_{KnR} , що характеризує стан контуру рекуперації енергії, від моменту обертання електродвигуна $M_{ел.дв}^{об}$, моменту опору генератора $M_{генер}^{оп}$ і запасу енергії в контурі рекуперації $E_{ЗП}$.



а - $S_{KnR} = f(M_{генер}^{оп}, E_{ЗП}), M_{ел.дв}^{об} = 0,975$;

б - $S_{KnR} = f(M_{ел.дв}^{об}, E_{ЗП}), M_{генер}^{оп} = 0,975$

Рис. 2.25. Поверхні нечіткого виводу ідентифікації стану контуру рекуперації енергії

Роботу розглянутої системи нечіткого виводу описують наступні дванадцять правил нечітких продукції:

– якщо $Meldv = \text{не} ZP$ і $EnZp = ZP$, тоді $SKnRec = NEC$ і $Sa = NC$ і $EnZp$ $Sb = NE$ і $Sc = NC$;

– якщо $Mgnr = \text{не} ZP$ і $EnZp = PB$, тоді $SKnRec = PGC$ і $Sa = PC$ і $Sb = PC$ і $Sc = PG$;

– якщо $Mgnr = \text{не} ZP$ і $Meldv = \text{не} ZP$ і $EnZp = PS$, тоді $SKnRec = NEPG$ і $Sa = Z$ і $Sb = NE$ і $Sc = PG$;

– якщо $Mgnr = \text{не} ZP$ і $Meldv = \text{не} ZP$ і $EnZp = PM$, тоді $SKnRec = NEPG$ і $Sa = Z$ і $Sb = NE$ і $Sc = PG$;

– якщо $Mgnr = ZP$ і $Meldv = PM$ і $EnZp = \text{не} гр$, тоді $SKnRec = NEPE$ і $Sa = Z$ і $Sb = NE$ і $Sc = PE$;

– якщо $Mgnr = ZP$ і $Meldv = PB$ і $EnZp = \text{не} ZP$, тоді $SKnRec = NE$ і $Sa = Z$ і $Sb = NE$ і $Sc = N$;

– якщо $Mgnr = PB$ і $Meldv = ZP$ і $EnZp = \text{не} PB$, тоді $SKnRec = PG$ і $Sa = Z$ і $Sb = P$ і $Sc = PG$;

– якщо $Mgnr = PM$ і $Meldv = ZP$ і $EnZp = \text{не} PB$, тоді $SKnRec = NGPG$ і $Sa = Z$ і $Sb = NG$ і $Sc = PG$;

– якщо $Mgnr = ZP$ і $Meldv = ZP$ і $EnZp = ZP$, тоді $SKnRec = NG$ і $Sa = Z$ і $Sb = NG$ і $Sc = N$;

– якщо $Mgnr = ZP$ і $Meldv = ZP$ і $EnZp = PB$, тоді $SKnRec = PE$ і $Sa = Z$ і $Sb = P$ і $Sc = PE$;

– якщо $Mgnr = ZP$ і $Meldv = ZP$ і $EnZp = PS$, тоді $SKnRec = NGPE$ і $Sa = Z$ і $Sb = NG$ і $Sc = PE$;

– якщо $Mgnr = ZP$ і $Meldv = ZP$ і $EnZp = PM$, тоді $SKnRec = NGPE$ і $Sa = Z$ і $Sb = NG$ і $Sc = PE$.

Аналогічні поверхні нечіткого виводу можна побудувати для вихідних змінних S_a , S_b і S_c .

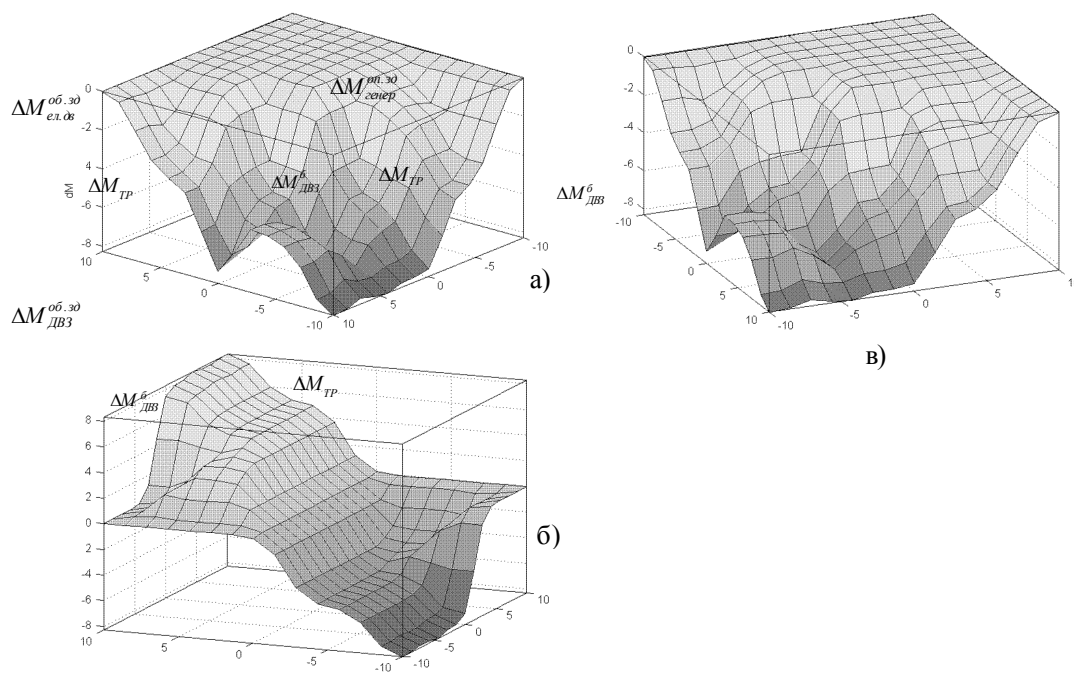
Треба відзначити, що в деяких випадках стан ДВЗ та контуру рекуперації енергії не дозволяє забезпечити потрібного прирощення моменту обертання силової установки гібридного автомобіля. В цьому випадку не виконується рівність

$$dMtr = dMdv sZd + dMeldvZd - dMgnrZd \quad (2.12)$$

На рис. 2.26 наведені поверхні нечіткого виводу для вихідних змінних $\Delta M_{\text{ДВЗ}}^{\text{об.зд}}$, $\Delta M_{\text{ел.дв}}^{\text{об.зд}}$ і $\Delta M_{\text{генер}}^{\text{оп.зд}}$, які відповідають лінгвістичним змінним dM_{dvsZd} , dM_{eldvZd} та dM_{gnrZd} , що відображають їх залежність від змінних $\Delta M_{\text{ТР}}$ та $\Delta M_{\text{ДВЗ}}^{\text{б}}$, що відповідають лінгвістичним змінним dM_{tr} и dM_{dvsG} .

Ці поверхні одержані для стану контуру рекуперації, що відповідає значенню лінгвістичної змінної $SKnRec = \text{NEPG}$ ($Sa = Z$, $Sb = \text{NE}$, $Sc = \text{PG}$; $Sa = 0$, $Sb = -0.2$, $Sc = -0.2$).

Моделювання нечіткої системи керування. Об'єднавши нечіткі моделі окремих компонентів, одержимо нечітку модель системи керування в цілому. Така модель системи розроблена з використанням пакета Fuzzy Logic Toolbox програми MATLAB. Для нечіткого виводу використані алгоритми Mamdani й Sugeno. Simulink – модель адаптивної системи керування гібридної трансмісії наведена на рис. 2.27.



$$\text{а} - \Delta M_{\text{ел.дв}}^{\text{об.зд}} = f(\Delta M_{\text{ТР}}, \Delta M_{\text{ДВЗ}}^{\text{б}}), \quad \text{б} - \Delta M_{\text{ДВЗ}}^{\text{об.зд}} = f(\Delta M_{\text{ТР}}, \Delta M_{\text{ДВЗ}}^{\text{б}}),$$

$$\text{в} - \Delta M_{\text{генер}}^{\text{оп.зд}} = f(\Delta M_{\text{ТР}}, \Delta M_{\text{ДВЗ}}^{\text{б}}), \quad \text{при } Sa = 0, Sb = -0.2, Sc = -2$$

Рис. 2.26. Поверхні нечіткого виводу при обчисленні керуючих впливів на агрегати силової установки

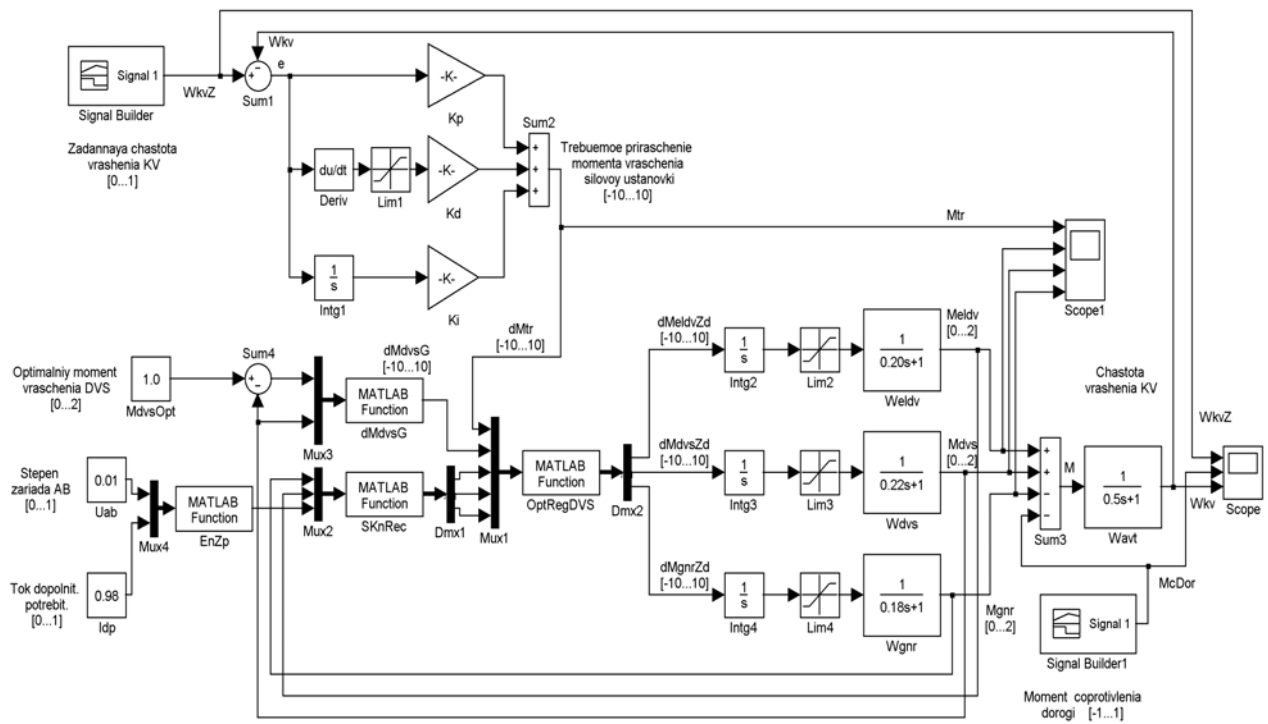


Рис. 2.27. Simulink - модель системи керування

В зображеній моделі модуль обчислення потрібного прирощення моменту обертання $\Delta M_{\text{ТР}}$ замінений ПІД (пропорційно-інтегрально-дери́ваційним) регулятором, який був оптимізований за допомогою пакета Nonlinear Control Design Blockset системи MATLAB. В подальшому, характеристики регулятора були апроксимовані гібридною нейронною мережею ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) для забезпечення адаптивних можливостей САК.

Для опису об'єкта керування в складі електродвигуна, двигуна внутрішнього згоряння, генератора й автомобіля використані аперіодичні ланки першого порядку з відповідними постійними часу.

Для дослідження моделі використовувались керуючий ω_3 і збурюючий $M_{\text{дор}}^{\text{оп}}$ впливи східчастого виду. На рис. 2.28 наведено результат моделювання при середньому запасі енергії в контурі рекуперації, коли $U_{\text{AB}} = 0,5$ і $I_{\text{Д}} = 0,1$. Силова установка в цьому випадку після закінчення перехідного процесу відпрацьовує керуючі впливи, утримуючі значення моменту $M_{\text{ДВЗ}}^{\text{об}}$ близьким до оптимального ($M_{\text{ДВЗ}}^{\text{опт}} = 1$).

Рис. 2.29, а ілюструє реакцію установки при надлишковому запасі енергії в контурі рекуперації ($U_{AB} = 0,98$; $I_D = 0,01$). Слід зазначити, що на окремих ділянках керуючий вплив не відпрацьовується цілком без втручання механічного гальмування (неможливість гальмувати генератором).

На рис. 2.29, б представлена реакція гібридної силової установки на керуючі впливи при недостатньому запасі енергії в контурі рекуперації ($U_{AB} = 0,01$; $I_D = 0,98$). У цьому випадку на окремих режимах неможливо задіяти електродвигун для збільшення моменту обертання. Отже, не вдається підтримувати оптимальне значення моменту обертання ДВЗ.

Таким чином, незважаючи на прийняті припущення, результати моделювання дозволяють зробити висновки про можливість використання нечіткого керування для вирішення поставлених завдань.

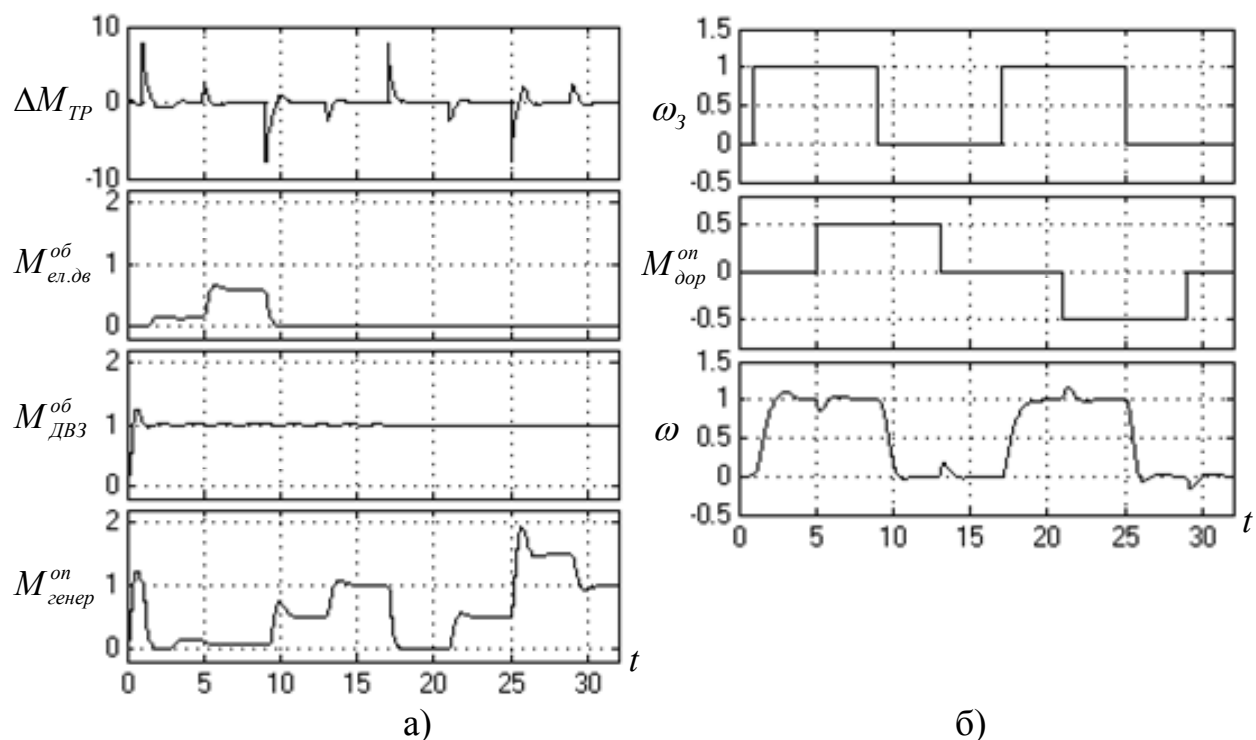


Рис. 2.28. Результат моделювання роботи САК для випадку східчастих керуючого і збурюючого впливів при середньому запасі енергії в контурі рекуперації ($U_{AB} = 0,5$, $I_D = 0,1$)

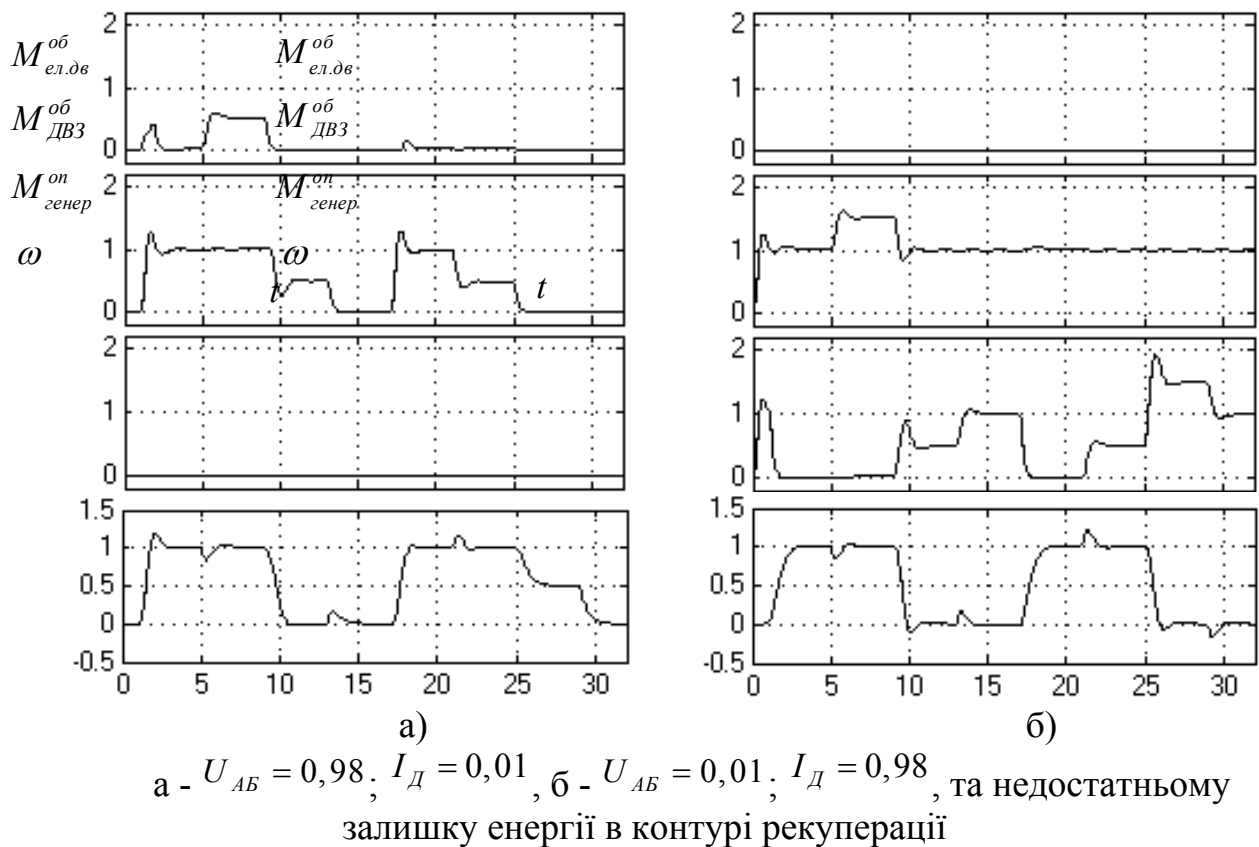


Рис. 2.29.Результат моделювання роботи САК при надлишковому а) та недостатньому ($U_{AB} = 0,01$; $I_D = 0,98$) б) запасі енергії в контурі рекуперації

Рис. 2.29 б ілюструє роботу системи керування при недостатньому запасі енергії в контурі рекуперації ($U_{AB} = 0,01$; $I_D = 0,98$). Оскільки в даному випадку неможливо задіювати електричний двигун для збільшення моменту обертання, на одній ділянці осцилограми не вдається підтримувати оптимальне значення моменту обертання ДВЗ.

Не дивлячись на всі прийняті допущення, що спрощують процес моделювання роботи САУ силовою установкою гібридного автомобіля, результати моделювання дозволяють зробити висновок про можливість використання методів нечіткого управління для вирішення поставлених задач.

Істотною гідністю даного методу є можливість формалізації і використання емпіричних знань і практичних навиків фахівців різного профілю при підготовці бази правил нечітких продукції.

2.4 Математичне моделювання трансмісії традиційного автомобіля

Двигуни внутрішнього згоряння, що є на сьогоднішній день основним джерелом енергії для автомобілів, мають максимальні значення моменту, що крутить, і потужності при різних значеннях частоти обертання колінчастого валу двигуна. Для того, щоб використовувати відповідні обороти двигуна при різних швидкостях руху автомобіля, необхідно мати можливість змінювати передавальне число трансмісії. Загальне передавальне число трансмісії у будь-який момент часу можна визначити відношенням частоти обертання колінчастого валу двигуна до частоти обертання провідних коліс.

Момент, що крутить та передається на те колесо, що веде, визначає тягове зусилля, діюче в контактні колеса з дорогою. Це зусилля визначається розподілом величини моменту, що крутить, на радіус колеса. Для руху автомобіля необхідно, щоб тягове зусилля було більше суми сил опору руху (сили опору каченню, сили опору підйому, сили інерції, аеродинамічного опору). Сума сил опору рух змінюється в широких межах залежно від умов руху, тому трансмісія автомобіля повинна забезпечувати можливість зміни тягового зусилля шляхом зміни в широкому діапазоні моменту, що крутить. Максимальне тягове зусилля обмежується не можливостями двигуна і трансмісії, а зчепленням коліс з дорогою. Це зусилля не повинне перевищувати силу зчеплення, інакше ведучі колеса прослизатимуть і автомобіль не зможе рухатися. Силу зчеплення можна визначити, помноживши частину маси автомобіля, що доводиться на одне колесо, на коефіцієнт зчеплення. Коефіцієнт зчеплення залежить від типу дорожнього покриття, якості і тип шин та знаходиться в межах від 0,1 до 0,9.

Найбільше сумарне тягове зусилля може бути реалізовано, якщо всі колеса автомобіля будуть ведучими. Проте, для руху автомобіля по дорогах з твердим покриттям достатньо два ведучих колеса на одній осі. Збільшення числа ведучих коліс приводить до ускладнення трансмісії і збільшенню механічних втрат, тому конструкторам автомобілів доводиться застосовувати компромісні рішення залежно від призначення автомобіля.

Вибір типу приводу ведучих коліс і компоновки автомобіля визначають можливість найбільшою мірою реалізувати ті або інші

його властивості. Особливості приводу оказують вплив на паливну економічність, безпеку, масу і компактність автомобіля, а також на показники стійкості, керованості і гальмівної динаміки.

Біля автомобілів класичної компоновки з колісною формулою 4x2 момент, що крутить, від двигуна передається через зчеплення до коробки передач. В коробці передач той момент, що крутить, може східчасто змінюватися відповідно до включеної передачі. Двигун, зчеплення і коробка передач звичайно об'єднуються в один блок, утворюючи силовий агрегат. Від коробки передач той момент, що крутить, передається через карданну передачу до головної передачі, де збільшується, і далі через диференціал і напівосі підводиться до ведучих коліс. Головна передача, диференціал і напівосі з колесами утворюють ведучий міст (рис. 2.30).

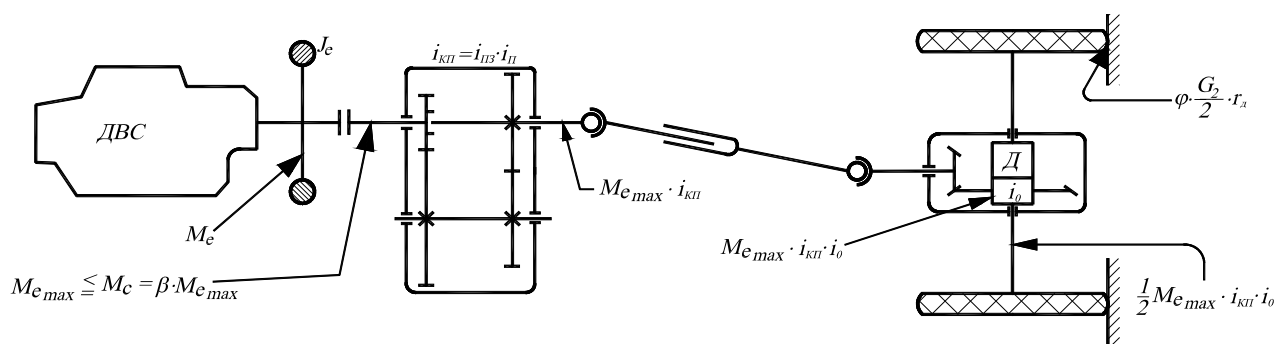


Рис. 2.30. Схема трансмісії традиційного автомобіля

Якщо силовий агрегат розташовується в безпосередній близькості від ведучого моста (передньопривідні автомобілі і автомобілі заднемоторної компоновки із задніми ведучими колесами), в трансмісії можна обійтися без карданної передачі між коробкою передач і головною передачею. При такій компоновці головна передача і диференціал звичайно об'єднуються в один агрегат, а для приводу ведучих коліс використовуються напівосі з шарнірами.

Трансмісія традиційного автомобіля включає наступні елементи: зчеплення, коробка передач, карданна передача і ведучий міст. При цьому основним елементом інтелектуальної трансмісії є коробка передач, а саме її управління.

За принципом дії коробки передач розрізняють наступним образом: ступінчасті, безступінчасті і комбіновані. Ступінчасті коробки передач мають механічний привід переміщення шестерень по

валах, а безступінчасті дозволяють змінювати момент, що крутить, на провідних колесах, не міняючи положення педалі акселератора.

На більшості легкових і вантажних автомобілях встановлюють ступінчасті коробки передач. Ступінчасті коробки передач можуть мати різне число валів. Довгий час на автомобілях застосовувалися тільки трьохвальні коробки передач. При цьому момент, що крутить, від двигуна передається за допомогою зчеплення на той, вал (первинний), що веде, коробки передач, на якому є шестерня. Паралельно ведучому валу розташовується проміжний вал з набором сполучених з ним шестерень. Ведучий вал знаходиться на одній осі з відомим (вторинним) валом і може бути сполучений з ним напряду для отримання прямої передачі з передавальним числом, рівним одиниці. Крім того, одна з шестерень проміжного валу знаходиться в постійному зчепленні з шестернею ведучого валу, а інші – з шестернями, що вільно обертаються на відомому валу. Для руху автомобіля заднім ходом додається ще одна шестерня між шестернею проміжного і шестернею відомого валу, що дозволяє відомому валу змінити напрям свого обертання.

Для перемикання передач необхідно забезпечити можливість жорсткого з'єднання окремих шестерень відомого валу безпосередньо з самим валом. На практиці задача перемикання передач виявилася не такою простою. Для включення передач необхідно, щоб кутові швидкості обертання шестерень на відомому валу і швидкість самого валу були рівні.

Перемикання передач на перших автомобілях було досить важкою задачею, з якою могли справлятися тільки досвідчені водії, які могли поєднувати управління автомобілем з чіткою роботою педалями зчеплення, акселератора і важелем перемикання передач.

Для коробок передач з двома ступенями свободи найбільше управління одержало управління з механічним приводом перемикання передач. У великовантажних автомобілях в основному реалізовано видалене розташування двигуна, що у свою чергу визначає вживання дистанційного управління коробкою передач, яке у свою чергу може бути як ручним, так і напівавтоматичним або автоматичним.

При цьому перемикання передач здійснюється переміщенням зубчатих муфт або пересуванням зубчатого колеса за допомогою вилок перемикання.

Механізм перемикання передач, окрім його основних елементів, включає пристрої для фіксації нейтрального положення і включення передачі (фіксатори) і запобігання одночасного включення двох вилок (замокнув), а також запобіжник, що ускладнює переклад важеля перемикання в положення, при якому може бути включений задній хід.

Зручність управління при механічному приводі забезпечується раціональним розташуванням важеля перемикання і обмеженнями розрахункового зусилля, що прикладається до рукоятки важеля, ходу важеля, числа його положень.

Останнім часом відродився інтерес до автоматичного управління механічними коробками передач з використанням електронного контролю і сучасних виконавчих пристроїв. Те, чого винахідники не могли здійснити у минулому, використовуючи механічні пристрої, стало можливим після появи надійних комп'ютерів і нових технологій.

Вперше такий агрегат – SMG (Sequential M Gearbox) – був запропонований компанією BMW (рис. 2.31). Ця коробка передач пропонується як додаткове устаткування для автомобіля BMW M3, має шість передач для руху вперед і може працювати в двох незалежних, керованих сервомеханізмами режимах.

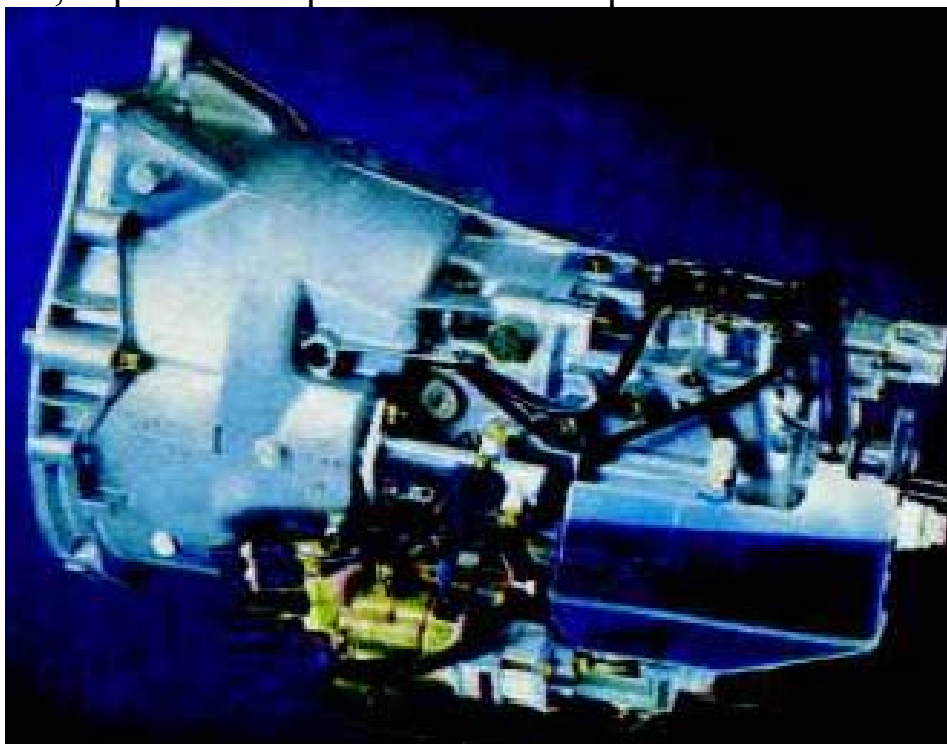


Рис. 2.31. Секвентальна, автоматизована коробка передач SMG (Sequential M Gearbox)

У першому, так званому економічному режимі, коробка передач працює повністю автоматично, як і будь-яка інша автоматична коробка. Цей режим включається автоматично кожного разу, коли включається запалення. Другий, спортивний режим, який вибирає сам водій, дає можливість перемикає передач вгору-вниз, як це робить система Tiptronic. Для перемикає передач використовуються гідравлічні виконавчі механізми. Інженерам BMW вдалося добитися рекордного часу перемикає передач – при розгоні автомобіля час перемикає передач не перевищує 0,08 с. Електронний блок управління коробки передач контролює не тільки виконавчі пристрої, але і управляє роботою двигуна, забезпечуючи перерегулювання при перемикає на низькі передачі. При зниженні швидкості до 15 км/год автоматично включається друга передача, а при повній зупинці перша.

У коробці передач Easytronic (рис. 2.32), розробленій сумісно компаніями Valeo і Luk і призначеної для установки на невеликі автомобілі для європейського ринку, як виконавчі пристрої використовуються три крокові електродвигуни. Коробка передач вийшла легкою і компактною, але перемикає передач здійснюється повільніше, ніж в коробках передач з гідравлічним управлінням.

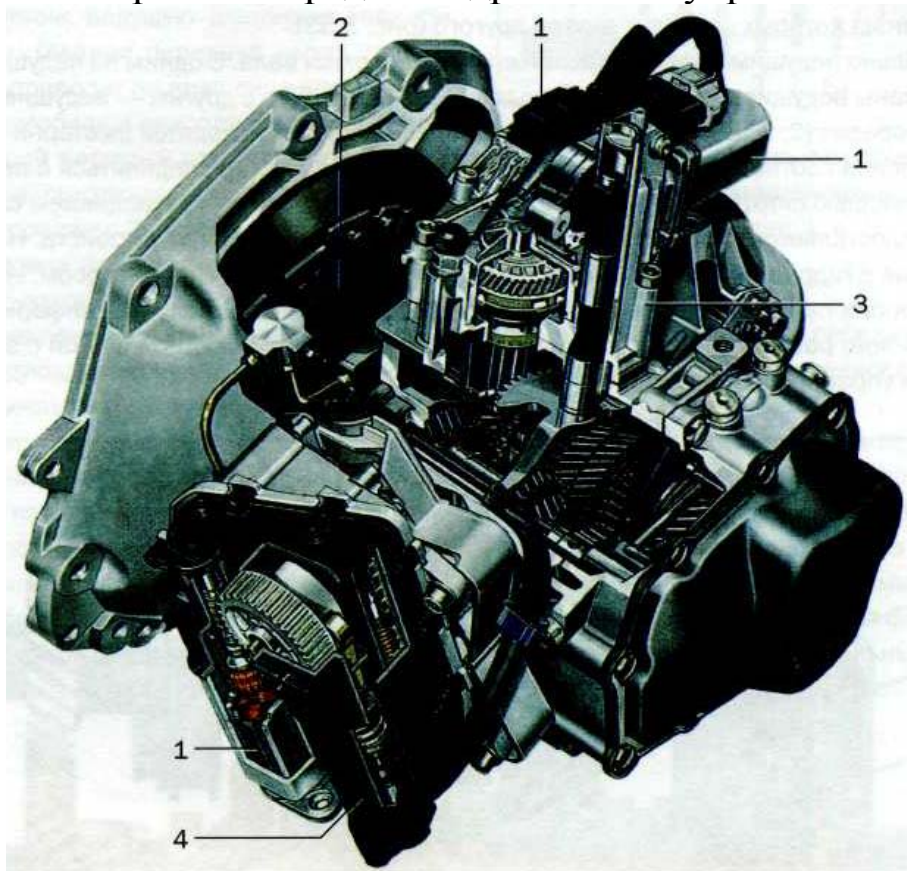


Рис. 2.32. Автоматизована коробка передач Easytronic

Управління трансмісією вантажних автомобілів, особливо коробками передач магістральних тягачів з великим числом передач, завжди вимагало великого уміння від водія. Таким чином, автоматизація торкнулася і таких коробок (рис. 2.33). При цьому більшість виробників вантажних автомобілів пропонує як варіанти автоматичні і напівавтоматичні коробки передач.

У 2003 року компанія Volkswagen запропонувала автомобілі Audi TT 3.2 Quattro і VW Golf 5 з новими автоматизованими коробками передач, в яких перемикання передач при розгоні відбувається без розриву потоку потужності (рис. 2.34).

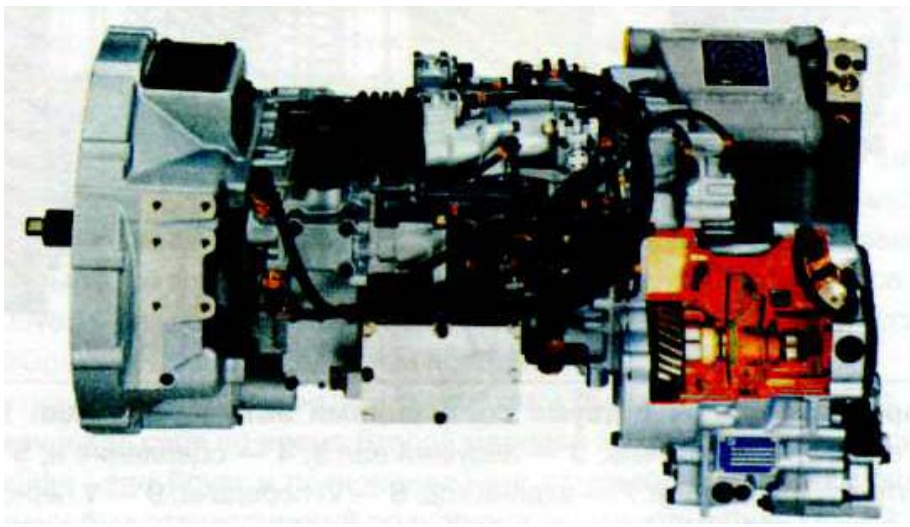


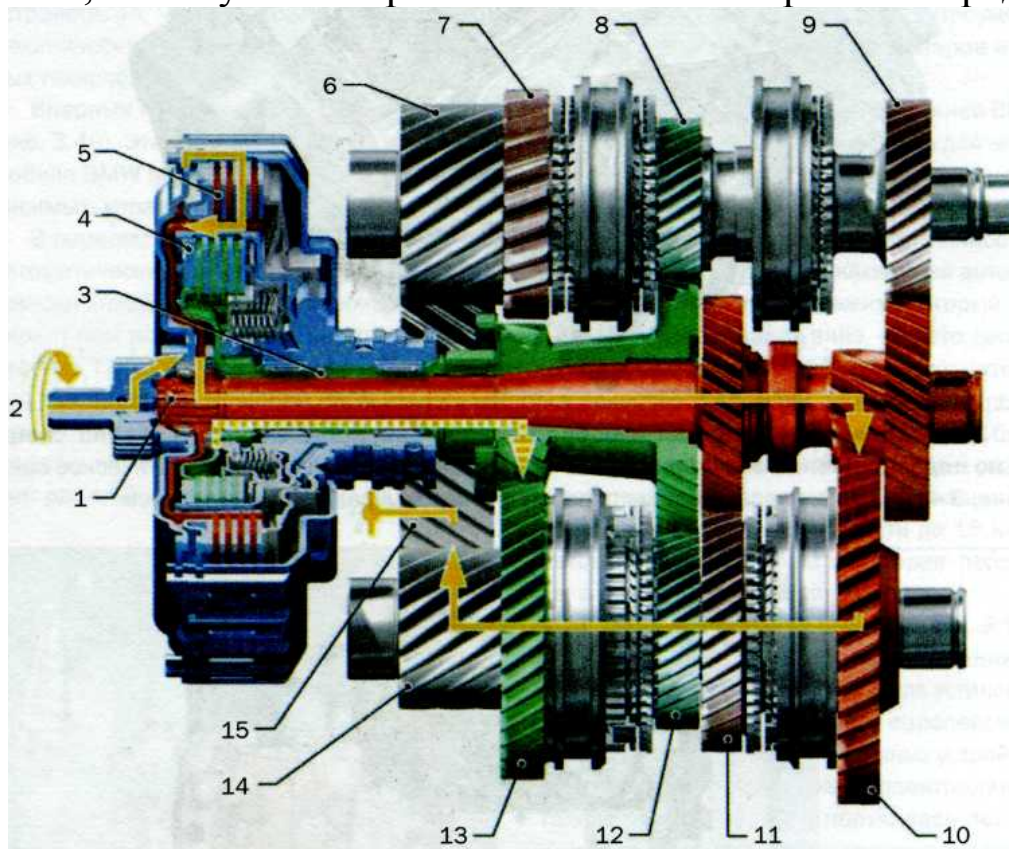
Рис. 2.33. Автоматизована коробка передач Eurotronic сконструйована спеціально під управління електронікою

У цій коробці передач момент, що крутить, від двохмасового маховика двигуна передається на два багатодискові зчеплення, пов'язані з відповідними співісними ведучими валами, один з яких проходить усередині іншого (рис. 2.34).

Паралельно ведучим валам розташовано два відомі вали. З одним з ведучих валів жорстко зв'язані ведучі шестерні непарних передач (1, 3, 5), а з іншим – ведучі шестерні парних передач (2, 4, 6 і передача заднього ходу). На відомих валах знаходяться шестерні постійного зачіпляє відповідних передач, які можуть жорстко з'єднуватися з відомими валами за допомогою синхронізаторів. Управління зчепленнями і переміщенням синхронізаторів здійснюється за допомогою гідравлічних виконавчих пристроїв. Необхідний тиск в гідравлічній системі створюється електричним гідронасосом. Управляє роботою коробки передач електронний блок

управління, який одержує інформацію від десяти датчиків, розташованих в коробці і зв'язаний високошвидкісною шиною з електронним блоком управління двигуном.

При русі автомобіля з місця електронний блок дає команду, включаючи першу передачу, а потім перше зчеплення, момент, що крутить, передається на один з відомих валів коробки передач, який через ведучу шестерню приводить в обертання ведучу шестерню головної передачі. Головна передача через диференціал приводить в обертання ведучі колеса автомобіля і одночасно розкручує другий відомий вал, на якому розташовані синхронізатори, що включають парні передачі. За час розгону на першій передачі, досягши відповідної швидкості, і за рахунок простого перемикання зчеплень на паралельному відомому валу включається друга передача. Перехід на подальші передачі відбувається аналогічно, без розриву потоку потужності, неминучого в простих механічних коробках передач.



1 – ведучий вал I; 2 – двигун; 3 – ведучий вал II; 4 – зчеплення II; 5 – зчеплення I; 6 – вихід на головну передачу; 7 – задній хід; 8 – VI передача; 9 – V передача; 10 – I передача (активна); 11 – III передача; 12 – IV передача; 13 – II передача (вибрана); 14 – вихід на головну передачу; 15 – головна передача

Рис. 2.34. Коробка передач з двома зчепленнями автомобіля Audi TT 3.2 Quattro:

Процес перемикання ускладнюється тоді, коли з'являється необхідність перемикання на більш низьку передачу при русі з постійною швидкістю. Алгоритм перемикання, закладений в пам'яті електронного блоку управління, був розроблений компанією Audi. Автомобілі з такими коробками передач показують дуже добрі результати по динаміці розгону і паливної економічності порівняно з автомобілями, оснащеними звичними механічними коробками.

У якості основних типів приводу механізму перемикання застосовується механічний, пневматичний і електромеханічний приводи. Перехідні процеси в кожному з типів приводів значно відрізняються, проте можна визначити основні етапи, що характеризують процес включення передач:

- зняття з фіксатора;
- пересування повзуна до зубчатого вінця;
- вирівнювання кутових швидкостей конусів тертя;
- введення в зчеплення зубчатих вінців.

Виходячи з розглянутої декомпозиції робочого циклу на окремі етапи визначимо основні рівняння, що описують перехідною процес включення передач.

1. Зняття з фіксатора. Цей етап характеризується переміщенням повзуна і відповідним зсувом кульок фіксатора, які виходять з лунок переміщуваного штока і входять в лунки нерухомих штоків, блокуючи їх з корпусом. При цьому сила опору можна визначити як суму сили постійного опору (кулонівського тертя F_{tr_const1}), так і сили в'язкого тертя ($b_1 \frac{dx}{dt}$)

$$m_1 \frac{d^2x}{dt^2} = u_{red} M(x) - b_1 \frac{dx}{dt} - F_{tr_const1}. \quad (2.13)$$

2. Пересування повзуна до зубчатого вінця. Цей етап характерний вибором зазору та підводом конусної муфти синхронізатора до конусної поверхні, виконаної на шестерні. Сили опору є силами сухого тертя F_{tr_const2} і сили в'язкого тертя $b_2 \frac{dx}{dt}$

$$m_2 \frac{d^2x}{dt^2} = u_{red} M(x) - b_2 \frac{dx}{dt} - F_{tr_const2}. \quad (2.14)$$

3. Вирівнювання кутових швидкостей конусів тертя.

Основні припущення:

- опір масляної ванни незначний;
- сили тертя в підшипниках і зубчатих передачах малі.

$$\begin{cases} J_{in} \frac{d\omega_{in}}{dt} = M_{\mu} + M_{tr}; \\ \omega_{out} = const; \\ M_{\mu} = \frac{r_{\mu}(\mu Q_3)}{\sin \gamma}; \end{cases} \quad (2.15)$$

Визначення часу вирівнювання кутових швидкостей [30,31].

$$t_c = \frac{J_{\Sigma} u_k^2 \Delta \omega_{нач}}{\left(\frac{r_{\mu} \cdot \mu \cdot Q_3}{\sin \gamma} \right)}. \quad (2.16)$$

де $J_{\Sigma} = J_C + J_{II} + J_{III} u_{II}^{-2} + \sum J_i u_i^{-2} + J_{б.з} u_{н.б.з}^{-2} + J_{д} u_{н.д}^{-2}$ – сумарний приведений момент інерції;

J_C - момент інерції відомих дисків зчеплення;

J_{II} - момент інерції ведучого валу;

J_{III} - момент інерції проміжного валу в зборі;

J_i - момент інерції зубчатого колеса постійного зчеплення i -ой передачі відомого валу;

$J_{б.з}$ - момент інерції блоку шестерен постійного зчеплення заднього ходу;

$J_{д}$ - момент інерції пари шестерен дільника;

μ - коефіцієнт тертя (для пари молібден-сталь 0,125);

γ - половина кута конуса;

r_{μ} - середній радіус поверхні тертя синхронізатора;

u_i - передавальне число коробки передач;

u_{II} - передавальне число пари приводу проміжного валу;

$u_{н.б.з.}$ - передавальне число до проміжного колеса (блоку) заднього ходу від ведучого валу;

$u_{н.д.}$ - передавальне число від ведучого валу до шестерні дільника;

$$\Delta\omega_{нач} = \omega_{д} \left| \frac{1}{u_k} - \frac{1}{u_{k\pm 1}} \right| - \text{початкова різниця кутових швидкостей валу}$$

і встановленого на ньому зубчатого колеса, що включається, рад/с;

$\omega_{д}$ - кутова швидкість колінчастого валу двигуна при перемиканні, рад/с;

u_k - передавальне число передачі, що включається;

$u_{k\pm 1}$ - передавальне число передачі, що вимикається.

4. Введення в зчеплення зубчатих вінців. Цей етап характеризується подоланням сил опору по введенню

$$m_4 \frac{d^2x}{dt^2} = u_{red} M(x) - F_{tr_const4} \cdot \quad (2.17)$$

Визначення часу синхронізації визначалося для кожної з передач як при переході з низькою на вищу, так і з вищої на низьку передачі.

Початкові дані для розрахунку коробки передач КамАЗ тип 142 приведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Початкові дані для розрахунку коробки передач КамАЗ тип 142

№	Параметр	Значение
1	2	3
1	Середній радіус тертя конусної муфти включення 2-ої передачі	0.092 м
2	Середній радіус тертя конусної муфти включення 3-ої передачі	0.092 м
3	Середній радіус тертя конусної муфти включення 4-ої передачі	0.065
4	Середній радіус тертя конусної муфти включення 5-ої передачі	0.057
5	Половина кута конуса	6.5^0
6	Передавальне число 1-ої передачі	7.82
7	Передавальне число 2-ої передачі	4.0305

8	Передавальне число 3-ій передачі	2.4971
9	Передавальне число 4-ої передачі	1.5333
10	Передавальне число 5-ої передачі	1.0
11	Передавальне число шестерень проміжного валу	1.84
12	Передавальне число блоку шестерень заднього ходу	1.4211
13	Коефіцієнт тертя в синхронізаторах (молібден-сталь)	0.125
14	Сума моментів інерції відомих дисків зчеплення і ведучого валу $J_c + J_{II}$	0.149608 кг·м ²
15	Момент інерції проміжного валу в зборі J_{III}	0.180697 кг·м ²
16	Момент інерції блоку шестерень заднього ходу $J_{б.з}$	0.00607 кг·м ²
17	Момент інерції шестерні дільника J_{δ}	0.009098 кг·м ²
18	Момент інерції зубчатого колеса 1-ої передачі	0.051746 кг·м ²
19	Момент інерції зубчатого колеса 2-ої передачі	0.039479 кг·м ²
20	Момент інерції зубчатого колеса 3-ій передачі	0.032348 кг·м ²
21	Момент інерції зубчатого колеса 4-ої передачі	0.011851 кг·м ²
22	Передавальне число дільника	1.0

Для визначення коефіцієнта динамічного тертя скористаємося наступним виразом

$$b = \mu \frac{S}{\Delta}, \quad (2.18)$$

де μ - коефіцієнт динамічної в'язкості, м²/с;

S - площа контакту поверхонь, що труть, м²;

Δ - зазор за номіналом між поверхнями, що труть, м.

Зазор за номіналом Δ визначимо як напіврізницю між номінальними діаметрами штоків вилок перемикання передач [32]

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2} . \quad (2.19)$$

У свою чергу, площа поверхонь, що труться, буде дорівнювати

$$S = 0,25 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 3,1415 \cdot \left(\frac{22,000 + 21,955}{2} 10^{-3} \right)^2 = 2,8452 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

У якості мастила в коробці передач КамАЗ тип 142 застосовується трансмісійне масло ТАД, що має динамічну в'язкість $17,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [33].

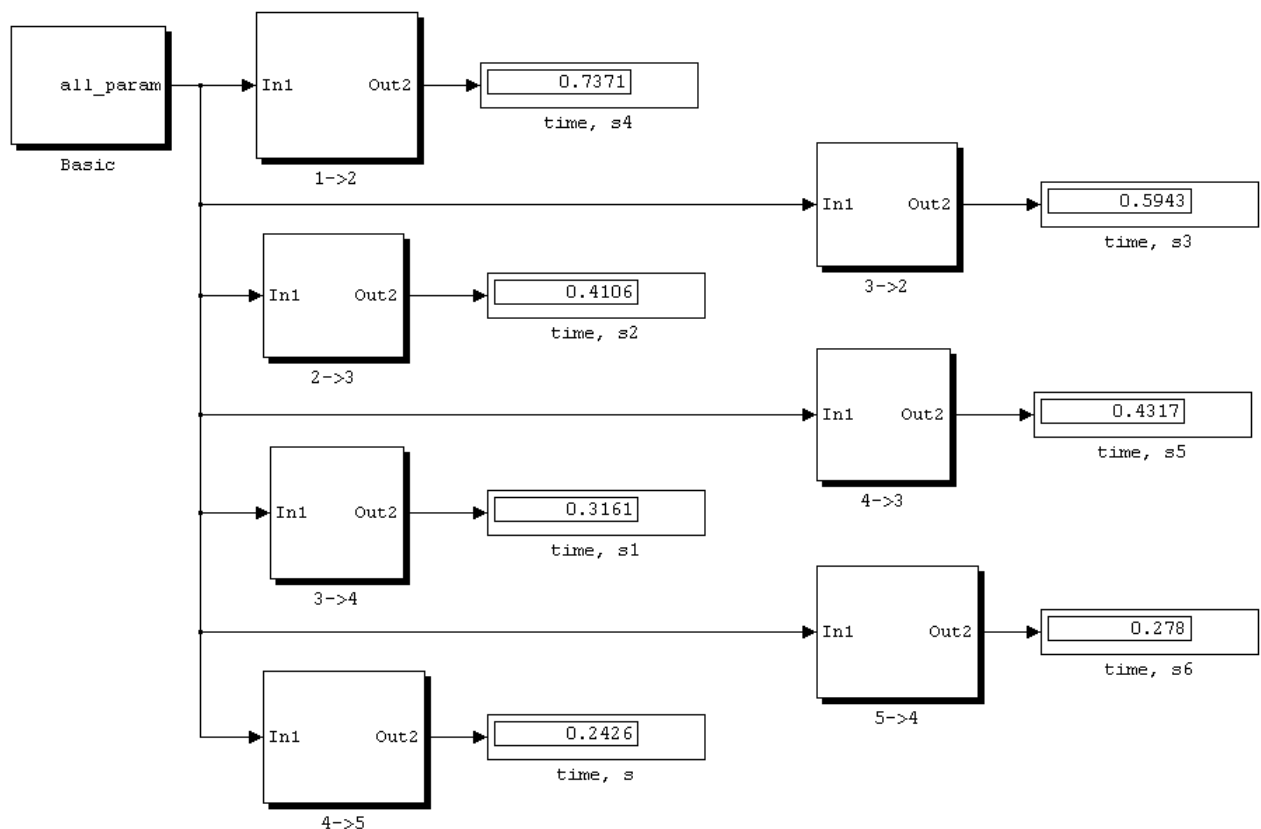


Рис. 2.35. Програмна реалізація методики визначення часу перемикання передач

Таким чином, коефіцієнт динамічного тертя для всіх передач буде дорівнювати

$$b = 17,8 \cdot 10^{-6} \frac{2,8452 \cdot 10^{-5}}{2,25 \cdot 10^{-5}} = 2,2468 \cdot 10^{-4}.$$

Програмна реалізація методики визначення часу перемикання передач наведена на рис. 2.35, а програма для моделювання робочих процесів при перемиканні передач – на рис. 2.36.

Таблиця 2.9

Результати розрахунку часу синхронізації на різних режимах роботи коробки передач КамАЗ тип 142

Передача	1->2	2->3	3->4	4->5	2<-3	3<-4	5<-4
Обороти двигуна, об/хв	2200	2200	2200	2200	1400	1400	1400
Зусилля, Н	1373,7	1199,5	1373,7	1199,5	1373,7	1199,5	1373,7
Розрахункове $t, c \ \gamma = 7.73$	0,876	0,488	0,376	0,288	0,706	0,513	0,330
Розрахункове $t, c \ \gamma = 6.5$	0,7371	0,4106	0,3161	0,2426	0,5943	0,4317	0,278
Початкове t, c	0,87	0,48	0,38	0,25	0,72	0,53	0,34

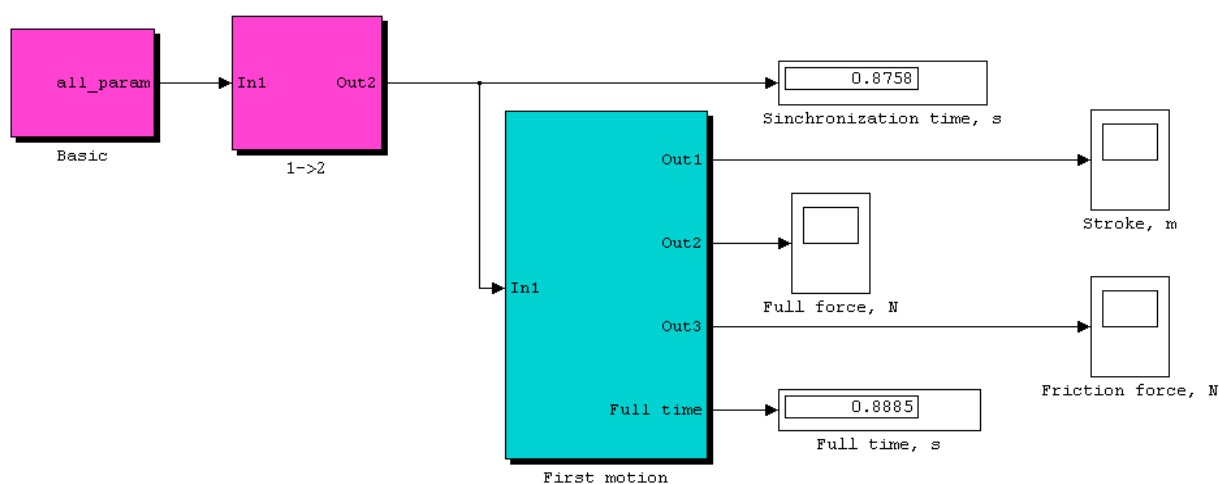


Рис. 2.36. Програма для моделювання робочих процесів при перемиканні передач

Для розрахунку перехідних процесів в пневматичному приводі коробки передач необхідно визначити основні рівняння. Основним елементом всіх пневматичних систем АТЗ є так звана ДЕ-ланка, тобто порожнина, що є опором для руху стислого повітря і яка має об'єм.

Для опису перехідних процесів в приводі коробки передач необхідно скласти математичну модель зміни тиску в ДЕ-ланці при постійній і змінній об'ємах.

За результатами моделювання побудовані графік залежності ходу повзуна від часу (рис. 2.37) та графік залежності сили опору від часу (рис. 2.38)

2.5 За результатами моделювання уточнення структури та компонентів трансмісії

2.5.1 Уточнення структури та компонентів традиційної трансмісії

З аналізу графіків 8 і 9 виходить, що основний час при перемиканні передач складає час синхронізації, тому надалі при розробці системи електропневматичного приводу доцільно вважати, що час перехідного процесу складає час синхронізації.

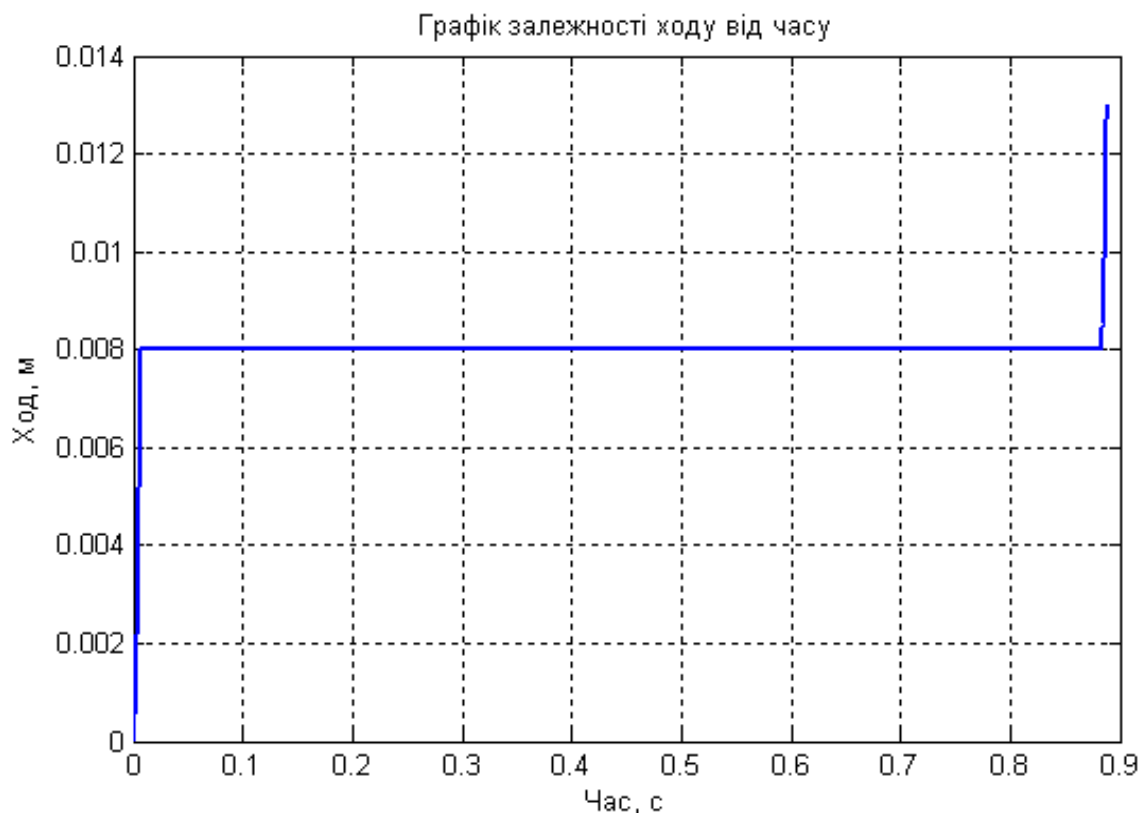


Рис. 2.37. Графік залежності ходу повзуна від часу

При проектуванні приводу перемикання передач деякі конструкції мають пневматичний привід, тому розглянемо математичні моделі, що описують робочий процес в таких конструктивних схемах.

При складанні рівнянь, що описують перехідний процес в ДЄ-ланці приводу коробки передач, прийемо наступні допущення:

- тиск повітря в ресиверах може змінюватися за час перехідного процесу;
- відсутні витоки повітря з системи;
- температура повітря в ресиверах і в місткостях може змінюватися за час перехідного процесу;
- пневмоспротив трубопроводів вважається зосередженим.

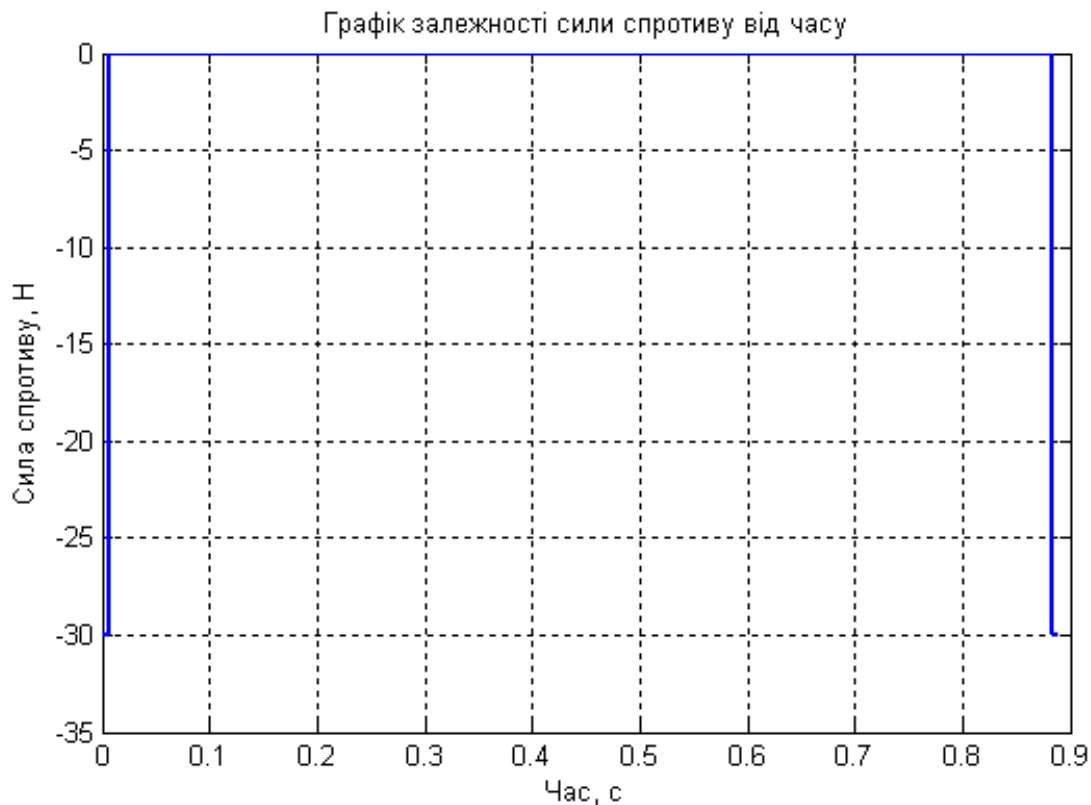


Рис. 2.38. Графік залежності сили опору від часу

Перехідний процес при наповненні ДЄ-ланки, з урахуванням прийнятих допущень, можна описати таким чином (рис. 2.39).

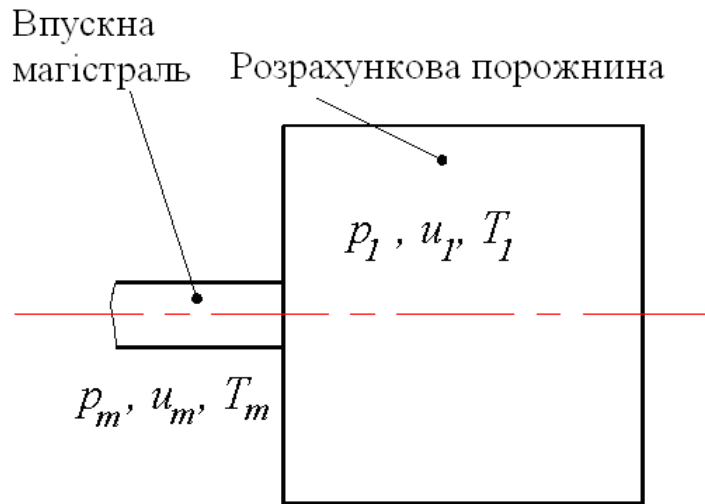


Рис. 2.39. Розрахункова схема динаміки зміни тиску в ДЄ-ланці

Згідно роботи [34], кінцевий вираз для режиму наповнення пневмоцилиндра

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{1}{V_1} \left(k \cdot R \left(T_m \cdot G_m + \frac{dT_m}{dt} \int_0^t G_m dt \right) - \frac{R^2}{c_v} T_m \frac{d(\ln p_m)}{dt} \int_0^t G_m dt \right), \quad (2.20)$$

де G_m - функція масової витрати газу для розрахункової порожнини.

У якості G_m логічне вживання наступної витратної функції

$$G_m = (\mu f)_1 \cdot p_m \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{1}{R \cdot T_m} \left[\left(\frac{p_1}{p_m} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_1}{p_m} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (2.21)$$

де μ_1 - коефіцієнт витрати для даної порожнини.

Аналогічним чином описується і процес спорожнення ДЄ-ланки.

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{R \cdot k \left(\frac{p_1 V_1}{R T_1} \frac{dT_1}{dt} + T_1 \frac{dm_1}{dt} \right) + k \cdot p_1 \frac{dV_1}{dt}}{(k-2)V_1}. \quad (2.22)$$

Таким чином, одержані системи рівнянь (8), (9), (10) дозволяють описувати перехідні процеси в пневматичному приводі коробки передач КамАЗ тип 142.

2.5.2 Уточнення структури та компонентів гібридної трансмісії

При створенні екологічно чистого автомобіля в ХНАДУ за базовий транспортний засіб був обраний вітчизняний автомобіль «Таврія» ЗАЗ 1102. Математичне моделювання автомобіля з гібридною силовою установкою [36] показало, що незважаючи на збільшення маси автомобіля, за рахунок маси акумуляторних батарей та електричного двигуна, підвищуються тягово-швидкісні характеристики силової установки. Теоретичні дослідження повністю підтверджують необхідність створення автомобілів з гібридною силовою установкою з метою зменшення витрати палива та підвищення екологічної чистоти транспортного засобу [37].

Відповідно до виробленої концепції створення гібридної силової установки зміни в базовій конструкції автомобіля повинні бути мінімальні. Додатково в конструкцію вносяться наступні основні компоненти: акумуляторна батарея, тяговий електричний двигун із приводом на задні колеса, стартер-генератор, перетворювач напруги, система керування, пристрій відображення інформації. Структурна схема пропонованої конструкції гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ [8] представлена на рис. 2.40.

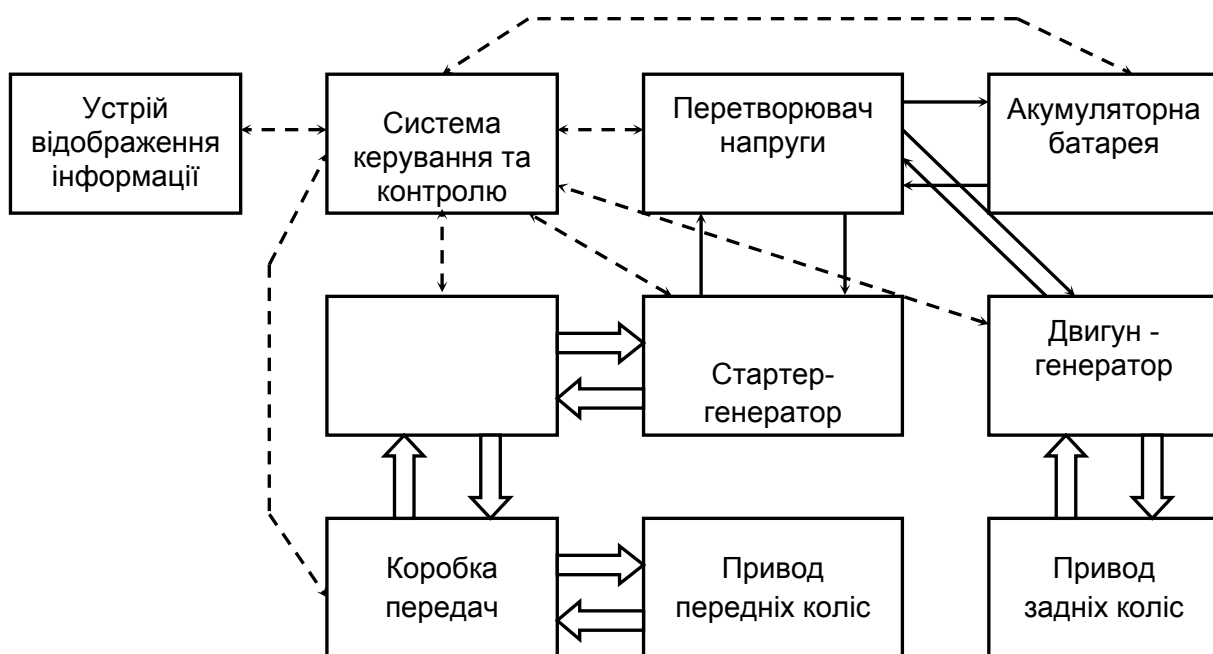


Рис. 2.40. Схема структурна гібридної трансмісії автомобіля ХНАДУ

Система керування та контролю діагностує стан гібридної силової установки, управляє режимами роботи електричних двигунів і ДВС, виробляє відповідні рекомендації водієві по керуванню транспортного засобу, які відображаються на пристрої відображення інформації.

Пристрій відображення інформації відтворює поточні режими руху транспортного засобу, рекомендації водієві по керуванню транспортного засобу й інші параметри автомобіля (стан акумуляторної батареї, що тече й повна витрата палива, пройдена відстань і т.п.).

Таким чином, гібридна трансмісія автомобіля – система ефективної взаємодії двигуна внутрішнього згоряння й тягового електричного двигуна. Економія палива за попередніми оцінками становить 15 ... 20 % і буде задовольняти екологічним нормам.

2.6 Стенд для випробувань адаптивних систем керування трансмісій транспортних машин

Структура стенду для випробувань адаптивних систем керування трансмісій транспортних машин повинна відповідати задачам, висловленим в програмі і методиці експериментальних досліджень. З метою отримання на стенді результатів, близьких до результату натурального експерименту, витікає необхідність використовувати для експериментальних досліджень силовий агрегат КАМАЗ 740.1000312, до складу якого входить двигун в зборі КАМАЗ 740.1000412 і коробка передач КАМАЗ 15.1700101 з дільником, що прискорює.

Зовнішній вигляд випробувального стенду адаптивних систем керування трансмісій транспортних машин наведено на рис. 2.41



Рис. 2.41. Зовнішній вигляд випробувального стенду

В таблиці 2.10 наведено технічні характеристики силового агрегату КамАЗ, який встановлений на стенді експериментальних досліджень адаптивних систем керування трансмісій транспортних машин.

До складу силового агрегату додатково включений підсилювач пневмогидравлического керування зчепленням 5320-1609510

Передавальні числа коробки передач зведені у таблицю 2.11.

Для випробувань адаптивних систем керування трансмісій транспортних машин буде потрібен пристрій навантаження, що дозволяє навантажувати силовий агрегат у всьому діапазоні можливих навантаження – швидкісних режимів.

Таблиця 2.10

Технічні характеристики силового агрегату КамАЗ

Параметр	Величина
Робочий об'єм двигуна, л	10,85
Ступінь стиснення	17
Ефективна потужність, л.с.	210 при частоті обертання 2600 об/хв
Максимальний момент, Нм	650 при частоті обертання 1500 об/хв
Максимальні обороти холостого ходу, об/хв	2939
Мінімальні обороти холостого ходу, об/хв	600
Маса агрегату в зборі, кг	1020

Таблиця 2.11

Передавальні числа коробки передач КамАЗ

Передача	Передавальне число	Передача	Передавальне число
1Н	7,85	1В	6,38
2Н	4,03	2В	3,29
3Н	2,50	3В	2,04
4Н	1,35	4В	1,25
5Н	1,00	5В	0,815
зхН	7,38	зхВ	6,02

Для цього нами обраний динамометр DS – 1036-4/N VSETIN чеського виробництва, який повністю задовольняє за своїми характеристиками. Зовнішній вигляд з'єднання коробки передач силового агрегату КамАЗ з балансирною машиною наведено на рис. 2.42.

Тип динамометр – електричний з трьохмашинним агрегатом Леонардо, у склад якого входять балансирна машина, вертикальний двигун-генератор, шафа керування, управляючий і вимірювальний комплекс, комунікації. Технічні характеристики динамометра наведено в таблиці 2.12.



Рис. 2.42. З'єднання коробки передач з балансирною машиною

Компонувальна схема стенду. Компоненти стенду розташовані в двох суміжних ізольованих приміщеннях: у випробувальному боксі розміщений випробувальний модуль і мотор-генератор (рис. 2.43), а в загальному залі – шафа керування і модуль керування і вимірювань (рис. 2.44). Приміщення обладнані закритими вікнами, що забезпечує візуальний зв'язок оператора пульта керування і випробувального модуля.

Технічні характеристики динамометра DS – 1036-4/N VSETIN

Параметр	Величина
Гальмівна споживана потужність, кВт	245
Потужність в режимі генератора, кВт	230
Маса, кг	1820



Рис. 2.43. Балансирна машина и двигун-генератор



Рис. 2.44. Модуль керування та вимірювань

Випробувальний модуль в своєму складі містить підставу (раму), а також змонтовані на ній силовий агрегат і балансувальну електричну машину. Рама зварена з швелера №30 і має габаритні розміри 3770X870. Опорні стійки силового агрегату виготовлені зі швелера №10.

Комунікації призначені для забезпечення працездатності силового агрегату, передачі електричної енергії між компонентами динамометра, а також для обміну всіма видами інформації між модулем керування і елементами стенду. Працездатність силового агрегату в стендових умовах визначається рішеннями по системах живлення, охолодження, системі випуску відпрацьованих газів. В даному випадку система живлення прийнята стандартна з внутрішнім розташуванням паливного бачка невеликого об'єму, рівного добовій потребі в паливі.

Система охолодження також стандартна, заправлена водою. Для виключення випадків перегріву двигуна при роботі на значних навантаженнях шляхом додавання в систему охолодження холодної води, до двигуна підведені лінії водопроводу і каналізації.

Система випуску відпрацьованих газів примусова з відцентровим вентилятором, розташованим зовні будівлі. При прокладці системи в максимальному ступені використовувалися елементи штатної системи випуску.

Всі з'єднання елементів системи, що знаходяться у внутрішньому приміщенні і зовні будівлі, при збірці оброблялися високотемпературним герметиком. Відкритий кінець зовнішньої випускної труби знаходиться вище за коника будівлі на відмітці 10,5 м.

Таким чином, в університеті в наявності вся необхідна вимірювальна апаратура для проведення експериментальних досліджень та випробувальний стенд для дослідження систем керування трансмісії транспортних машин.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР БЛОКУ КЕРУВАННЯ

3.1 Обґрунтування та вибір структури блоку керування коробкою передач та типу виконавчого пристрою

З двох запропонованих кінематичних схем керування коробкою передач (рис. 2.9 та 2.10) більш вигідна схема наведена на рис. 2.9 оскільки керування кроковим двигуном у режимі синхронізації набагато складніше реалізується ніж керування електричним двигуном постійного струму. Окрім того момент крокового двигуна залежить від частоти здійснення кроків і найбільшим стає у момент утримання ротора (у нерухомому положенні). Однак специфіка процесу синхронізації передбачає створення постійного притиснення конічних поверхонь тертя з обмеженою силою. Таким вимога м добре відповідає електродвигун постійного струму. Додатковою перевагою є те, що момент на валу електродвигуна дуже просто регулюється за допомогою сили струму. Ця особливість дає змогу регулювати силу під час здійснення перемикання окремо для кожної передачі, а при необхідності є змога зміни зусилля динамічно у процесі включення передачі. Такі властивості електромеханічного механізму перемикання передач дає змогу плавно торкатися поверхнею тертя синхронізатора, а також виключити ударні навантаження на синхронізатор після закінчення процесу синхронізації та різкого переміщення у включене положення. У результаті цього, муфта включення проскакує положення фіксатора включеної передачі і скоює удар. Крім того, складність керування кроковим двигуном не дозволяє його використання у випадку виходу з ладу електронного блоку керування. У той же час електродвигун постійного струму дозволяє у разі виходу з ладу електроніки з'єднати на пряму контакти електродвигунів з бортовою сіттю транспортного засобу та виконувати перемикання передач.

Виходячи з вибраного варіанту технічної реалізації автоматизованої КП (АКП), в якому виконавчий привід виконаний на базі електричного двигуна постійного струму, була розроблена структурна схема пристрою управління АКП, спрощений варіант якої представлений на рис. 3.1.

До складу пристрою управління АКП входять:

S_x - датчик положення механізму перемикавання передач (МПП) АКП по координаті «Х»;

S_y - датчик положення механізму перемикавання передач АКП по координаті «Y».

МУК – модуль контролера, що керує;

СМ – силовий модуль;

ЕДх – електричний двигун, що забезпечує переміщення МПП автоматизованої КП по координаті «Х»;

Еду – електричний двигун, що забезпечує переміщення МПП автоматизованої КП по координаті «Y»;

Робота пристрою керування АКП відбувається таким чином.

На контролер МУК поступає К-разрядний код, що управляє, відповідний передачі АКП, на яку необхідно здійснити перемикавання. Окрім цього, на МУК з виходу координатних датчиків S_x і S_y у вигляді постійної напруги V_{S_x} і, відповідно, поступає інформація про поточне положення МПП.

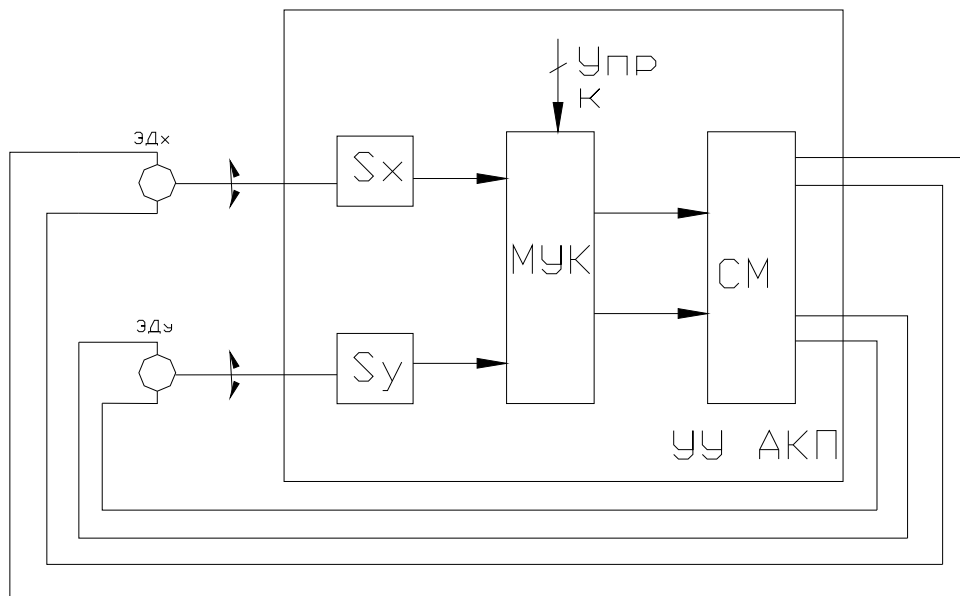


Рис. 3.1. Структурну схему пристрою керування автоматизованої КП

Аналізуючи цю інформацію, контролер МУК виробляє відповідні імпульсні послідовності А і В, які визначають траєкторію переміщення МПП з поточного положення в задане. Вказані послідовності здійснюють управління станом силових мостів СМ, а, отже, станом електричних двигунів ЕДх і ЕДy, за допомогою яких проводиться безпосереднє переміщення МПП по заданій траєкторії.

Розглянемо структуру і особливості роботи блоків УУ автоматизованої КП.

Задаючи елементи датчиків положення МПП кінематично пов'язані з валами виконавчих електричних двигунів, за допомогою яких здійснюється переміщення МПП по відповідній координаті.

Принцип дії датчиків положення заснований на використанні ефекту Холу. При цьому величина формованого вихідного напруги датчиків пропорційна напруженості зовнішнього магнітного поля, що впливає на кристал датчика. Отже, зміною положення джерела зовнішнього магнітного поля щодо кристала датчика можна здійснити модуляцію (зміна) вихідної напруги датчика.

У конструкції автоматизованої КП положення джерел зовнішнього магнітного поля, роль яких виконують постійні магніти, щодо кристалів датчиків залежить від положення МПП по координатах «Х» і «Y». Тобто певному положенню МПП відповідають певні значення вихідних напруг V_{S_x} і V_{S_y} координатних датчиків S_x і S_y .

Модуль контролера (МУК), що управляє, структурна схема якого представлена на рис. 3.2, призначений для управління процесом переміщення МПП по траєкторії, що забезпечує перемикавання автоматизованої КП на задану передачу.

При роботі МУК як вхідна інформація використовуються:

- вихідний сигнал (напруга V_{S_x}) датчика положення S_x МПП по координаті «Х»;
- вихідний сигнал (напруга V_{S_y}) датчика положення S_y МПП по координаті «Y».

В процесі своєї роботи МУК на своєму виході формує:

- сигнал управління А мостовим драйвером СМ електричного двигуна ЕДх;
- сигнал управління В мостовим драйвером СМ електричного двигуна ЕДу.

До складу МУК (див. рис. 3.2) входять:

- 1 – регульоване джерело опорних напруг V_{REFx} ;
- 2 – блок аналогових компаратор координати «Х»;
- 3 – регульоване джерело опорних напруг V_{REFy} ;
- 4 – блок аналогових компараторів координати «Y»;
- 5 – блок формування інформації, що управляє;

- 6 – мультиплексор;
- 7 – контролер;
- 8 – дисплей;
- 9 – сторожовий таймер.

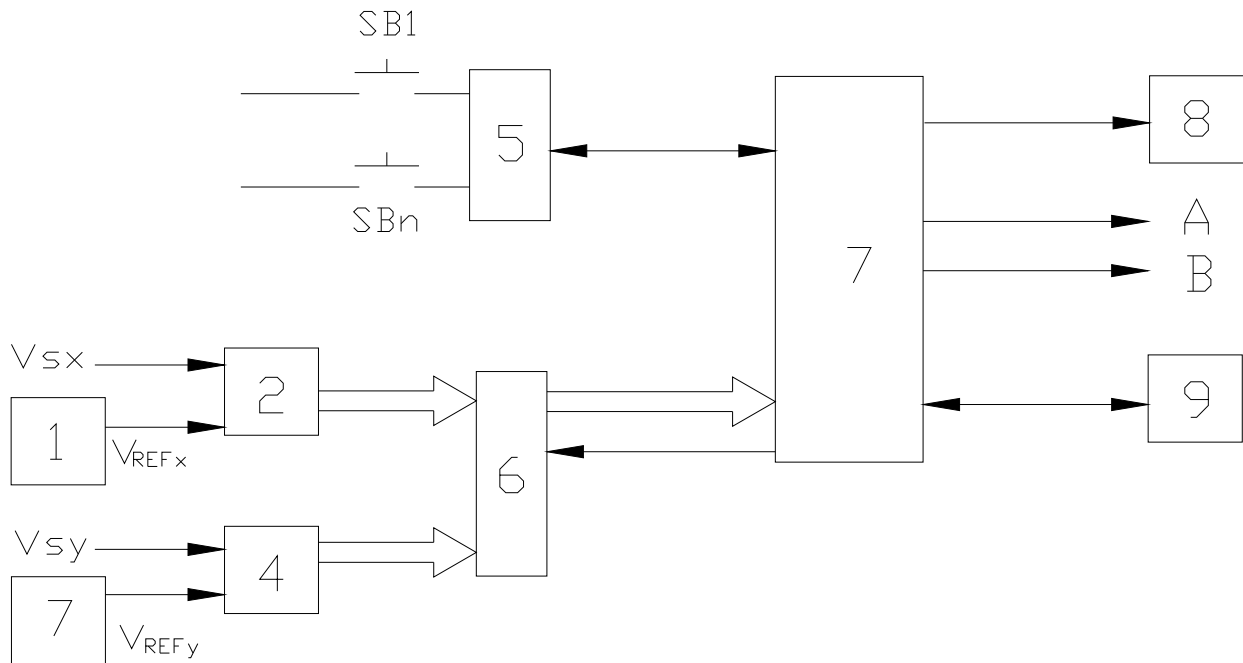


Рис. 3.2. Структурна схема модуля контролера, що керує, автоматизованою КП

Стисло зупинимося на призначенні блоків МУК.

Джерела напруг 1 і 3 призначені для формування високостабільної сітки опорних напруг (уставок), конкретне значення яких встановлюється на етапі настройки і кількість яких визначається кількістю можливих положень МПП по координатах «X» і «Y», відповідно.

Компаратори 2 і 4 призначені для порівняння напруг уставок з поточними значеннями вихідних напруг V_{Sx} і V_{Sy} координатних датчиків положення МПП автоматизованої КПП. S_x і S_y відповідно. У момент рівності цих напруг компаратори формують на своєму виході відповідний перепад напруги (з рівня балка. «1» на рівень балка. «0», або навпаки) залежно від сталого співвідношення величин порівнюваних напруг.

Блок формування інформації 5 призначений для формування K-разрядного коду, відповідного номеру натиснутої кнопки $SB_1 - SB_n$. Таким чином, даний блок є шифратор, що формує на своєму виході

код, відповідний положенню, в яке необхідно перемістити МПП в процесі перемикання передач в АКП.

Мультиплексор 6 призначений для керованого введення в контроллер в режимі тимчасового мультиплексування значень статусних байтів, утворених з вихідних сигналів компараторів. При цьому статусний байт STS «X» формується з вихідних значень блоку компараторів координати «X», а статусний байт STS «Y» - з вихідних значень блоку компараторів координати «Y».

Контроллер 7 призначений для здійснення функцій програмного управління переміщенням МПП автоматизованої КП при перемиканні передач.

Дисплей 8 призначений для відображення положення МПП автоматизованої КП за допомогою відповідної мнемоніки символів. При роботі прибудові у штатному режимі на дисплеї відображаються значення включеної передачі АКП цифровим способом:

- деручи передача – 1;
- друга передача – 2;
- третя передача – 3;
- четверта передача – 4;
- п'ята передача – 5.

Віключення становлять випадки включення заднього ходу й нейтралі, для яких використається спеціальна мнемоніка, а саме:

- задній хід – Ц;
- нейтраль – Н.

При роботі прибудові в настроювальному режимі використається спеціальна мнемоніка, що вказує на місце положення МПП в процесі його переміщення.

Сторожовий таймер

Даний таймер 9 призначений для апаратного відновлення роботи контроллера при виникненні збоїв в його функціонуванні.

Функціонування МУК здійснюється на базі аналізу (що проводиться контроллером):

- статусної інформації про поточне положення МПП автоматизованої КП, що формується на виході блоків компараторів 2 і 4, як результат порівняння поточних значень вихідних напруг V_{S_x} і V_{S_y} датчиків положення МПП S_x і, відповідно, і значень напруг установок V_{REFx} і, формованих блоками 2 і 4, відповідно;

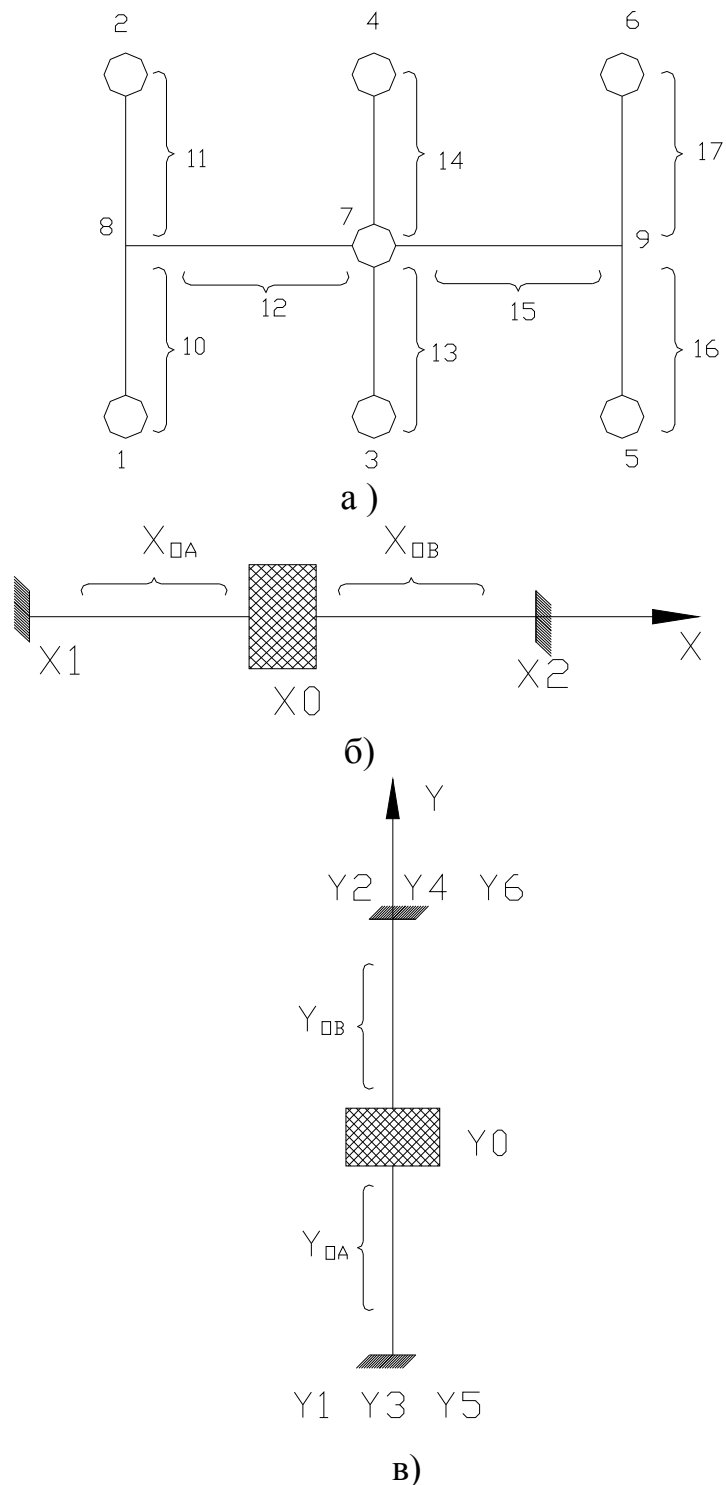


Рис. 3.3. Можливі положення МПП

- інформації, що управляє, формується на виході блоку 5 формування інформації, що управляє.

В результаті цього аналізу контролер МУК формує імпульсні послідовності А і В, які здійснюють управління (через СМ) роботою електричних двигунів ЕДх і Еду, чим забезпечується переміщення

МПП по певній траєкторії, тобто відбувається перемикання автоматизованої КП на задану передачу.

На рис. 3.3 а представлені всі можливі положення МПП, які можуть мати місце при роботі шестиступінчастої АКПП.

З аналізу цього малюнка виходить, що в процесі роботи п'ятиступінчастої АКПП МПП може знаходитися:

- по координаті «Х» (див. рис. 3.3 б) в п'яти положеннях (X1, X0A, X0, X0B, X2);

- по координаті «Y» (див. рис. 3.3 в) в п'яти положеннях (Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y0A, Y0, Y0B).

У таблиці 3.1 представлене відповідність між «штатними» і проміжними положеннями МПП (див. рис. 3.3 а) і відповідними його положеннями по координатах «Х» і «Y».

Для адекватного інформування контролера МУК про положення, в якому знаходиться МПП по координаті «Х», у складі блоку компараторів 2 координати «Х» необхідна наявність чотирьох компараторів. У таблиці 3.2 представлене відповідність між значеннями виходів вказаних компараторів і положенням МПП, займаному останнім по координаті «Х». Що ж до координати «Y», та кількість компараторів у відповідному блоці компараторів повинна бути рівна восьми. У таблиці 3.3 представлене відповідність між значеннями виходів цих восьми компараторів і положенням МПП, в якому він може знаходитися по координаті «Y».

Таблиця 3.1

Відповідність між «штатними» і проміжними положеннями МПП

«Штатне» положення МПП	Проміжне положення МПП	Положення МПП по «Х» координаті	Положення МПП по «Y» координаті
1		X1	Y1
2		X1	Y2
3		X0	Y3
4		X0	Y4
5		X2	Y5
6		X1	Y1
7		X0	Y0
	8	X1	Y0
	9	X2	Y0
	10	X1	Y0A

	11	X1	YOB
	12	XOA	Y0
	13	X0	YOA
	14	X0	YOB
	15	XOB	Y0
	16	X2	YOA
	17	X2	YOB

Таблиця 3.2

Відповідність між значеннями виходів вказаних компараторів і положенням МПП

Положення МПП по X-координаті	Виходи компараторів			
	KX1	KX2	KX3	KX4
X1	1	0	1	0
XOA	1	0	0	0
X0	0	0	0	0
XOB	0	1	0	0
X2	0	1	0	1

Таблиця 3.3

Відповідність між значеннями виходів цих восьми компараторів і положенням МПП

Положення МПП по Y-координаті	Виходи компараторів							
	KY1	KY2	KY3	KY4	KY5	KY6	KY7	KY8
Y1	1	0	1	0	0	0	0	0
Y3	1	0	0	0	1	0	0	0
Y5	1	0	0	0	0	0	1	0
YOA	1	0	0	0	0	0	0	0
Y0	0	0	0	0	0	0	0	0
YOB	0	1	0	0	0	0	0	0
Y2	0	1	0	1	0	0	0	0
Y4	0	1	0	0	0	1	0	0
Y6	0	1	0	0	0	0	0	1

Порівняння вихідних напруг координатних датчиків і напруг уставок може бути вироблено як в цифровому, так і в аналоговому вигляді.

У першому випадку використовуються цифрові комп'ютери, а в другому – аналогові.

Використання цифрового методу порівняння вимагає здійснення попереднього квантування вихідної напруги координатного датчика за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), а також зберігання значення уставок у вигляді кодів в енергозалежній пам'яті контроллера.

У другому випадку використовуються аналогові компаратори, в яких здійснюється безпосереднє порівняння вихідної напруги координатного датчика із значеннями напруги уставок, що формуються на виході потенціометрів атенюаторів.

Конкретні значення кодів уставок (при цифровому компаруванні) або напруг уставок (при аналоговому компаруванні) визначаються на етапі проведення настроювальних робіт.

При розробці АКПП був апаратний реалізований аналоговий метод компарування. Вихідні сигнали аналогових компараторів, які можуть приймати тільки два значення (балка. «0» або балка. «1») в залежності об співвідношення порівнюваних напруг, групуються в два статусні байти – STS «X» і STS «Y», які мають наступний формат.

	D7	D0
STS «X»	XXXXKX4KX3KX2KX1	
	D1	D0
STS «Y»	KY8KY7KY6KY5KY4KY3KY2KY1	

Значення цих байтів через мультиплексор 6 вводяться в контролер 7 МУК, який аналізує значення цих байтів і, як результат, визначає поточне положення МПП автоматизованої КП. Порівнюючи поточне положення МПП із заданим, контролер виробляє імпульсні послідовності, що управляють, А і В, які поступають на СМ, тим самим управляючи станом координатних двигунів ЕД «Х» і ЕД «Y».

За допомогою цих двигунів здійснюється переміщення МПП по траєкторії, що забезпечує досягнення останнім заданого «штатного» положення.

Силовий модуль (СМ) пристрою управління автоматизованої КП призначений для управління роботою електричних двигунів ЕДх

і Еду, за допомогою яких здійснюється переміщення МПП по координатах «Х» і «У» в процесі перемикавання передач.

Структурна схема СМ представлена на рис. 3.4 в її склад входять:

- контролери УКх і УКу каналів, що управляють, Х і У відповідно;
- схеми управління силовими мостами СУСМХ і СУСМУ, відповідно;
- силові мости СМХ і СМУ, відповідно;
- датчики струму SIX і SIY каналів Х і У, відповідно;
- струмові компаратори КХ і КУ каналів Х і У, відповідно.

Контролери, що управляють, виконують наступні функції управління (однакові для обох каналів).

Перша функція полягає в управлінні силовим мостом, тобто електричним двигуном, включеним в його діагональ, в режимі настройки. При цьому переміщення МПП автоматизованої КП по відповідній координаті ініціюється натисненням кнопок СW або ССW.

Натиснення кнопки СW ініціює процес обертання двигуна в напрямі за годинниковою стрілкою, а натиснення кнопки ССW – проти годинникової стрілки, що дозволяє забезпечити переміщення МПП по відповідній координаті в протилежних напрямках.

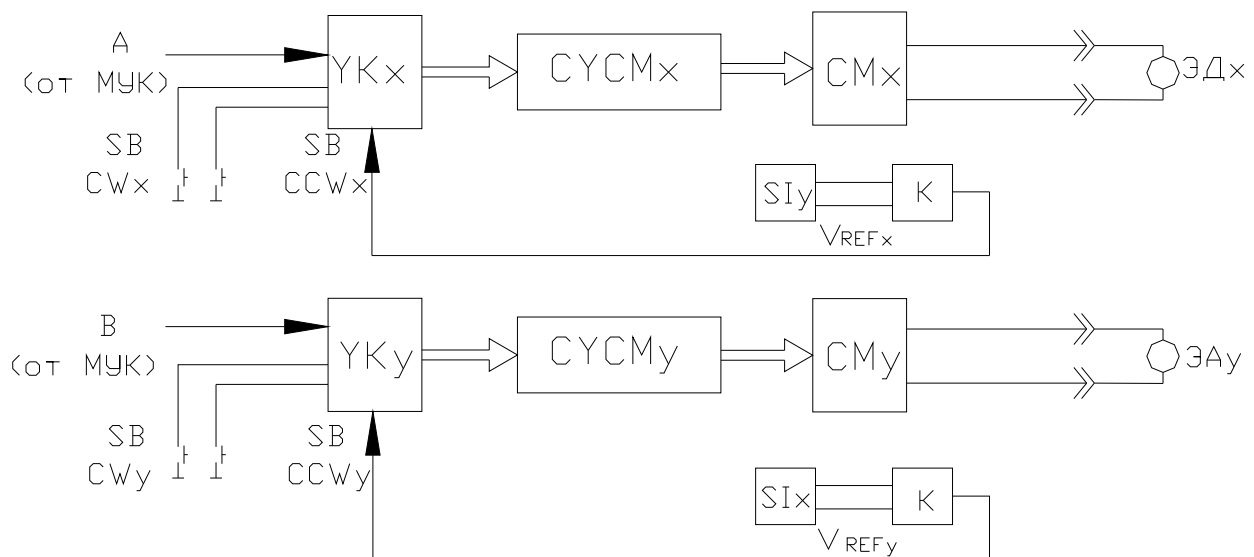


Рис. 3.4. Структурна схема силового модуля

Друга функція полягає в управлінні процесом переміщення МПП по відповідній координаті по командах, формованим

контроллером МУК пристрою управління автоматизованої КПП, в робочому (штатному) режимі, тобто в режимі із замкнутим контуром зворотного зв'язку. У цьому режимі роботи імпульсні послідовності, що управляють, А і В для каналів Х і Y, відповідно, формуються в МУК програмним способом як результат аналізу статусної і такої, що управляє інформації, що поступає на вхід останнього.

Третя функція управління полягає в обмеженні на певному рівні тону електричного двигуна відповідного каналу, а також забезпечення його струмів тимчасового захисту, для чого до складу СМ введені струмові компаратори Кх і Ку з регульованим порогом спрацьовування.

В процесі управління електричними двигунами ЕДх або Еду відповідний контроллер, що управляє, формує на своєму виході чотири вихідних сигналу Y1÷Y4, комбінація значень яких дозволяє реалізувати чотири режими роботи двигуна. У таблиці приведено відповідність між значеннями 2-х розрядного вхідного керівника коду УК силового модуля, значеннями його вихідних сигналів Y1÷Y4, а також режимами роботи двигуна.

Таблиця 3.4

Відповідність між значеннями 2-х розрядного вхідного керівника коду УК

Вх. сигнали УК	Вихідні сигнали УК					Режими роботи ел. двигуна
АО(ВО)	A1(B1)	Y1	Y2	Y3	Y4	
0	0	0	1	0	1	Гальмування ротора
1	0	1	0	0	1	Обертання за годинниковою стрілкою
0	1	0	1	1	0	Обертання проти годинникової стрілки
1	1	0	0	0	0	Вибіг ротора

Сигнали Y1÷Y4 з виходу УК відповідного каналу СМ поступають на вхід відповідної схеми управління силовим мостом (СУСМ). Обидві схеми (для каналів Х и Y) реалізовані на двох інтегральних мікросхемах IR2101, призначення кожній з яких полягає в управлінні транзисторами верхнього і нижнього рівнів схеми напівмоста.

Принципова різниця в управлінні транзисторами верхого і нижнього рівнів напівмоста, а отже і моста, полягає в тому, що транзистори нижнього рівня управляються щодо рівня загального проводу. Що ж до управління транзисторами верхнього рівня, то воно здійснюється щодо постійної «підставки», величина якої рівна величині живлячого напруги силового моста.

Застосування драйверів IR2101 дозволяє здійснити функцію формування напруг, що управляють, для силового моста на вказаних «підставках».

Силовий міст, як для каналу X, так і для каналу Y, виконаний на базі чотирьох польових транзисторів. Причому, електричний двигун включений в одну діагональ моста, до іншої ж підключено живлячу напругу (див. рис. 3.5).

Режими роботи електричного двигуна визначаються комбінацією моста VT1÷VT4, стан яких, у свою чергу, визначається значеннями сигналів, що управляють Y1÷Y4 (див. табл. 3.4), вказаних польових транзисторів, що подаються на затвори.

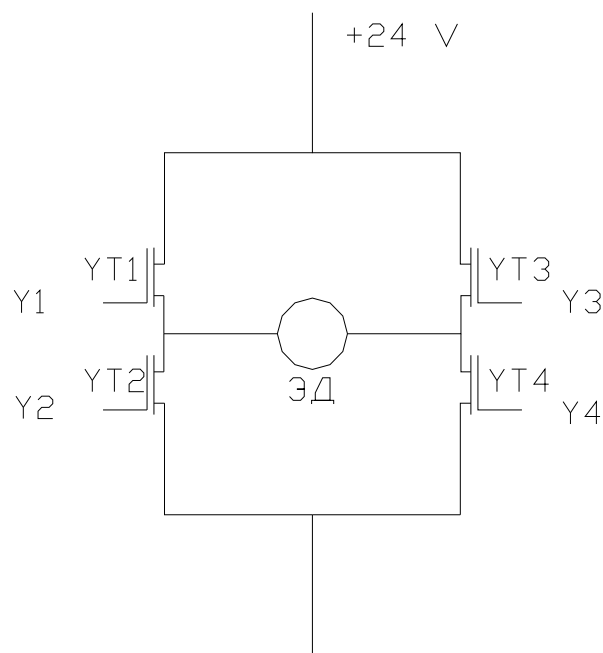


Рис. 3.5. Схема силового моста силового модуля

Характеристика, навантаження силового моста, а отже і потужність ел. двигуна, визначаються тільки типом використовуваних польових транзисторів.

3.2 Розробка алгоритмів роботи блоку керування коробки передач

Функціонування механічної КП автомобіля в автоматизованому режимі полягає в переміщенні важеля механізму перемикавання передач (МПП) при реалізації процесу перемикавання передач за допомогою будь-якого приводу. У нашому випадку роль такого приводу виконує електричний двигун постійного струму.

При цьому траєкторія переміщення МПП визначається, з одного боку поточним положенням МПП, тобто поточним значенням включеної передачі, а з іншого боку – положенням в яке необхідно перемістити МПП для здійснення перемикавання на вибрану (задану) передачу.

На рис 3.6 представлені всі можливі “штатні” положення МПП для механічної шестиступінчастої КП. Причому одному і тому ж положенню в різних КП можуть відповідати різні включені передачі. Так, наприклад, для вантажного автомобіля КамАЗ вказана відповідність представлена в табл. 3.5.

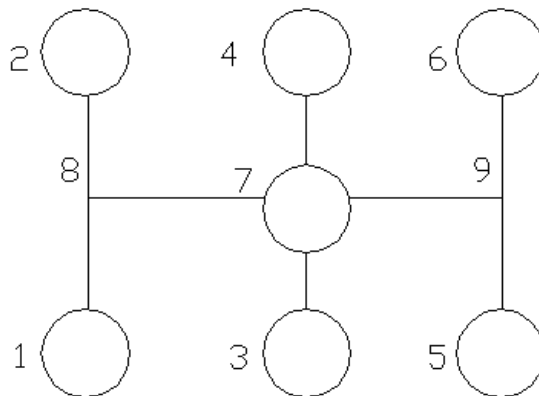


Рис. 3.6. Положення контрольних точок

Таблиця 3.5

Можливі “штатні” положення шестиступінчастого МПП

Штатне положення МПП	Включена передача	Зображення на дисплеї
1	4 передача (IV)	4
2	5 передача (V)	5
3	2 передача (II)	2
4	3 передача (III)	3
5	1 передача (I)	1
6	передача “задній хід”	З.Х.
7	нейтраль (N)	Н

Для прикладу розглянемо траєкторію переміщення МПП механічною КП автомобіля КамАЗ при:

- перемиканні з “нейтралі” на п’яту передачу;
- перемиканні з “нейтралі” на передачу задній хід;
- перемиканні з четвертої передачі на “нейтраль”;

Вказані траєкторії переміщення МПП представлені на рис. 3.7-3.9 відповідно.

Як впливає з цих малюнків переміщення МПП при здійсненні процесу перемикання передач необхідно виконувати по координаті X і координаті Y , що вимагає використання двох електричних двигунів. Перший двигун (ЕДх) здійснює переміщення МПП в напрямі “вперед” (“forward”) і “назад” (“back”) по координаті X , тобто в напрямках X_F і X_B , а другий двигун (ЕДу) – у напрямі Y_F і Y_B . Крім того з малюнків слідує що при здійсненні процесу перемикання передач КП важливе значення мають допоміжні крапки 8 і 9 на траєкторії переміщення МПП. Таким чином, штатні положення є точками зупинки МПП при реалізації процесу перемикання передач в КП, а допоміжні крапки 8 і 9 точок зміни траєкторії переміщення МПП.

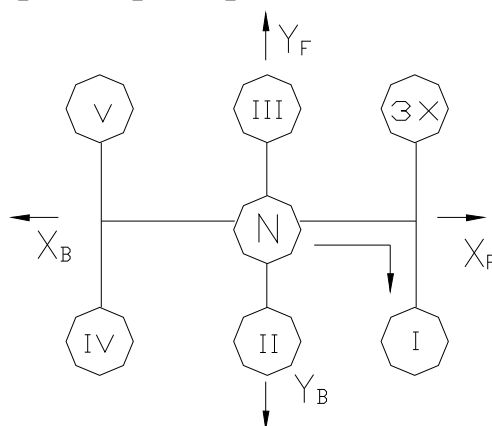


Рис. 3.7. Траєкторії переміщення МПП

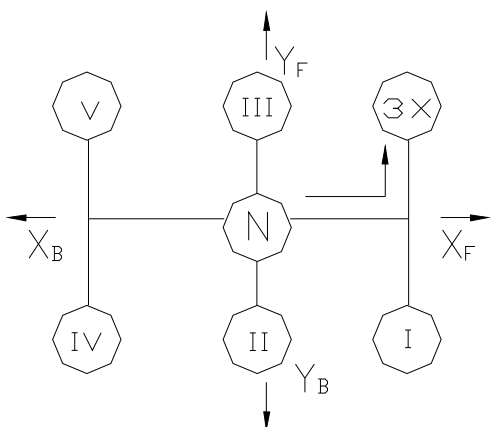


Рис. 3.8. Траєкторії переміщення МПП

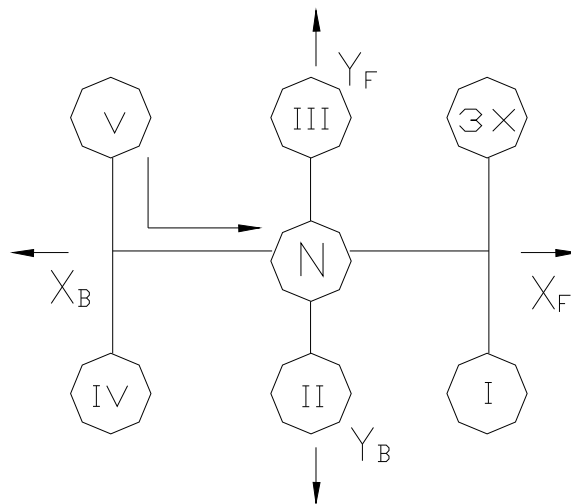


Рис. 3.9. Траєкторії переміщення МПП

Узагальнюючи сказане, можна сказати, що алгоритм роботи програмного забезпечення контролера автоматизованою КП, повинен базуватися на:

- використанні статусів інформації, тобто інформації про поточне положення МПП, що формується за допомогою групи аналогових або цифрових компараторів, які порівнюють поточний рівень вихідної напруги координатних датчиків SX і SY з напругою уставок, величини яких, у свою чергу, встановлюються для кожної штатної і допоміжної крапки. У зв'язку з цим слід зазначити, що перший спосіб отримання статусів інформації може бути реалізований на апаратному рівні, а другий - на програмному.

- на використанні інформації, що управляє, значення (код) якої залежить від передачі, на яку необхідно здійснити перемикавання КП. Вказана інформація вводиться в контролер за допомогою відповідних органів керування (кнопки, джойстик і тому подібне).

На рис. 3.10 представлений можливий варіант структури програмного забезпечення контролера автоматизованою КП, робота якої відбувається в наступній послідовності.

Після підключення цифрового контролера до джерела живлення відбувається процес ініціалізації, що полягає в установці початкового стану апаратних ресурсів контролера. Далі здійснюється процес формування статусної інформації, значення якої відповідає поточному положенню МПП коробки. Ця інформація у вигляді STS-байта запам'ятовується в ОЗУ контролера. Крім того, ця інформація після перекодування виводиться на дисплей у вигляді відповідного зображення включеної передачі (див. табл. 3.5).

Подальша дія контролера полягає в реалізації одноразового циклу сканування клавіатури з метою фіксації наявності дії, що управляє, яка у вигляді CON-байта визначає передачу, на яку необхідно виконати перемикавання. Крім того, ця інформація, що управляє, після перекодування може бути виведена на дисплей.

Подальша дія контролера полягає в аналізі стану механізму зчеплення автомобіля. Якщо цей механізм знаходиться у включеному стані, то процес перемикавання на нову передачу в коробці знаходиться в заблокованому стані. Перемикавання може бути почато тільки у момент часу, коли механізм зчеплення автомобіля переходить у вимкнений стан, тобто у момент натиснення оператором педалі зчеплення. Повернення в початковий стан механізму зчеплення відбувається тільки після завершення перемикавання передачі в КП, незалежно від стану педалі управління механізмом зчеплення. На цьому завершується черговий цикл роботи контролера і здійснюється перехід на наступний цикл (див. рис. 3.10).

Відзначимо особливості алгоритму перемикавання передач автоматизованої КП. Існує 7 різних алгоритмів перемикавання, кожен з яких є послідовністю переміщень МПП коробки по траєкторії, що забезпечує перехід МПП з поточного „штатного” положення в задане, що еквівалентно перемикавню КП з поточної передачі на задану. Вказані алгоритми приведені на рис.3.11-3.17.

- на рис. 3.11 приведений алгоритм переміщення МПП коробки з будь-якого „штатного” положення в положення 1;
- на рис. 3.12 приведений алгоритм переміщення МПП коробки з будь-якого „штатного” положення в положення 2;
- на рис. 3.13 приведений алгоритм переміщення МПП коробки з будь-якого „штатного” положення в положення 3;
- на рис. 3.14 приведений алгоритм переміщення МПП коробки з будь-якого „штатного” положення в положення 4;
- на рис. 3.15 приведений алгоритм переміщення МПП коробки з будь-якого „штатного” положення в положення 5;
- на рис. 3.16 приведений алгоритм переміщення МПП коробки з будь-якого „штатного” положення в положення 6;
- на рис. 3.17 приведений алгоритм переміщення МПП коробки з будь-якого „штатного” положення в положення 7.

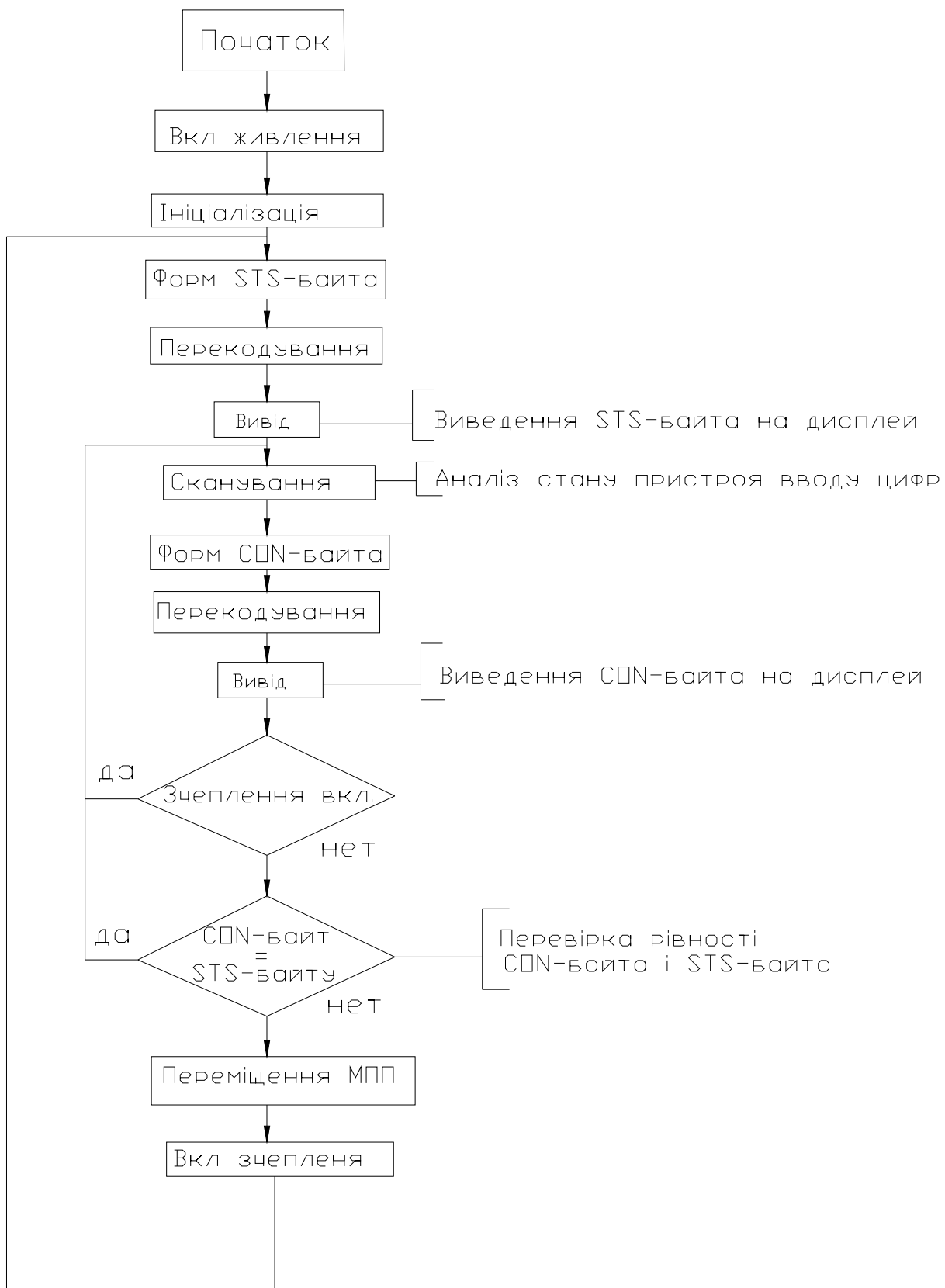


Рис. 3.10. Алгоритм роботи контролера автоматизованої КП

Як виходить з приведених алгоритмів, кожен з них складається з певного набору програмних процедур, включених в алгоритм в певній послідовності, цим досягається переміщення МПП коробки з будь-якого поточного положення в будь-яке задане положення. При цьому кожна програмна процедура є підпрограмою, виконання якої полягає в програмному включенні двигунів ЕДх і ЕДу з відповідним дозуванням живлячої напруги, чим досягається переміщення МПП по координатах Х і Y, відповідно, в необхідному напрямі. Функція виключення вказаних двигунів здійснюється при досяганні МПП заданого положення на траєкторії руху, що викликається спрацьовуванням відповідних компараторів.

Для прикладу розглянемо процес переключення МПП з штатного положення 7 в штатне положення 2 (див. рис.3.5), що рівносильно перемикає КПП автомобіля КАМАЗ з нейтралі на п'яту передачу (див. табл. 3.5).

З рис. 3.6 виходить, що для реалізації даного переміщення МПП необхідно виконати у вказаній нижче послідовності наступні дії:

1. Перемістити МПП з положення 7 в положення 8. Для цього необхідно включити двигун ЕДх для переміщення МПП у напрямі ХВ. Досягши МПП положення 8 спрацьовує відповідний компаратор і двигун ЕДх вимикається. Програмна процедура, що забезпечує дане переміщення, позначається як процедура 8ХВ.(див. рис. 3.12)

2. Перемістити МПП з положення 8 в положення 2. Для цього необхідно включити двигун з таким дозуванням живлячої напруги яке могло б забезпечити переміщення МПП у напрямі YF. Досягши МПП положення 2 в результаті спрацьовування відповідного компаратора двигун ЕДу вимкнеться. Для виконання описаного переміщення МПП використовується програмна процедура 2YF (див. рис.3.12).

Аналогічним чином, тільки з використанням інших програмних процедур, виконується весь набір можливих переміщень МПП автоматизованої КПП.

Під час роботи механізму керування коробкою передач у автоматичному режимі електронний блок додатково повинен оцінювати ще й інформацію яка надходить від датчиків частоти обертання валів КПП. Вибравши момент коли частота обертання вторинного валу співпадає з частотою обертання потрібної шестерні електронний блок дає команду на вмикання передачі.

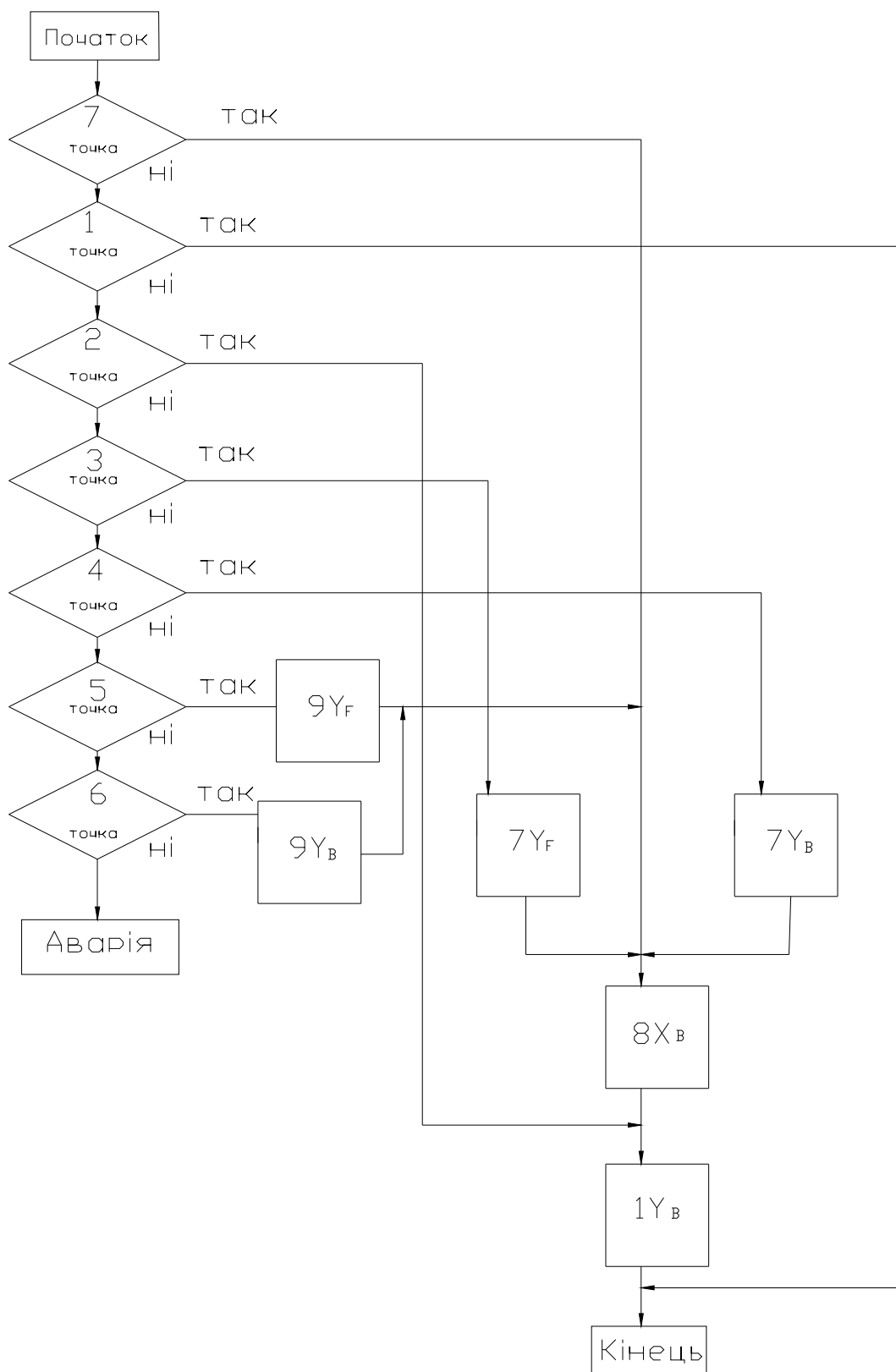


Рис. 3.11. Алгоритм переміщення МПП в перше положення

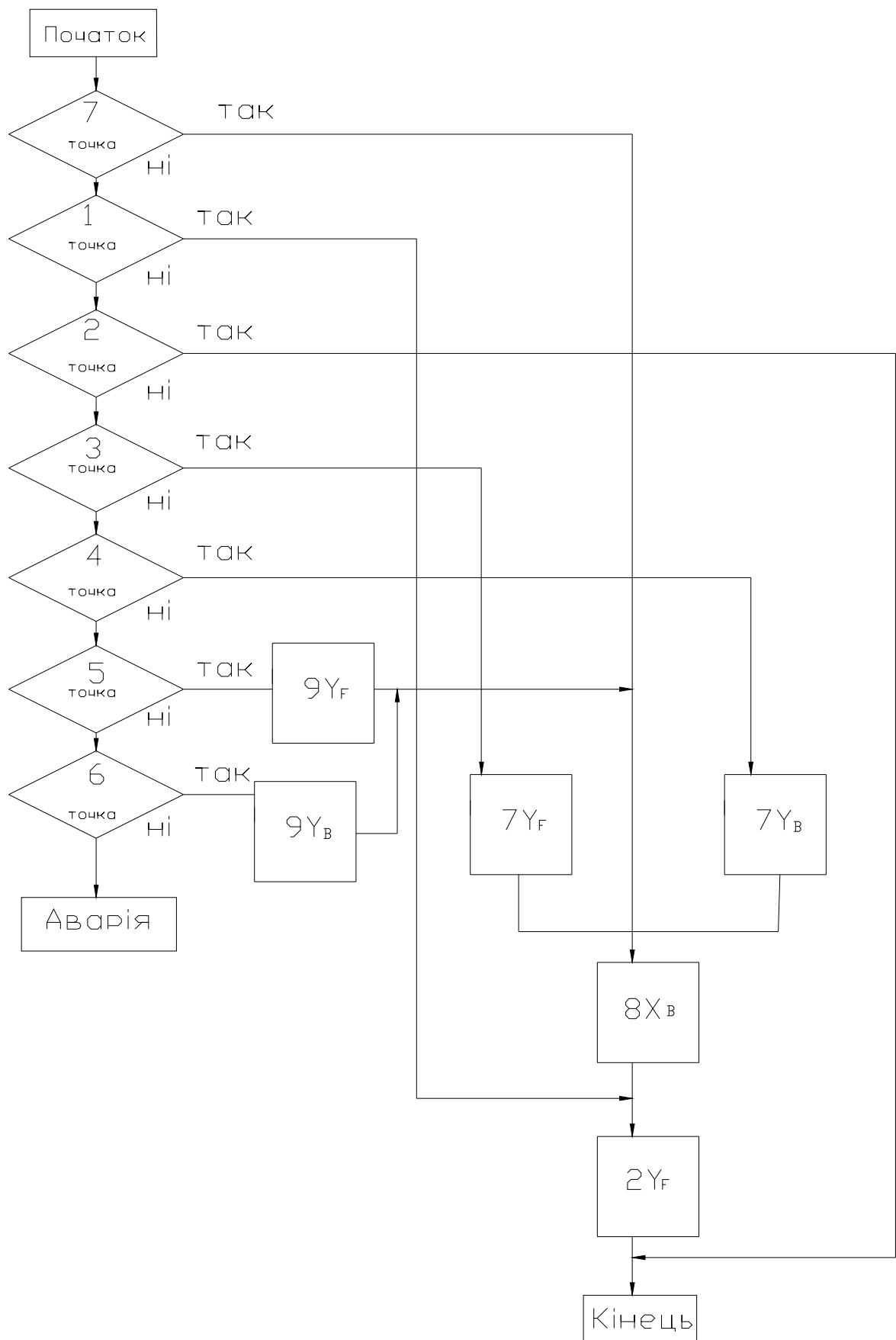


Рис. 3.12. Алгоритм переміщення МПП в друге положення

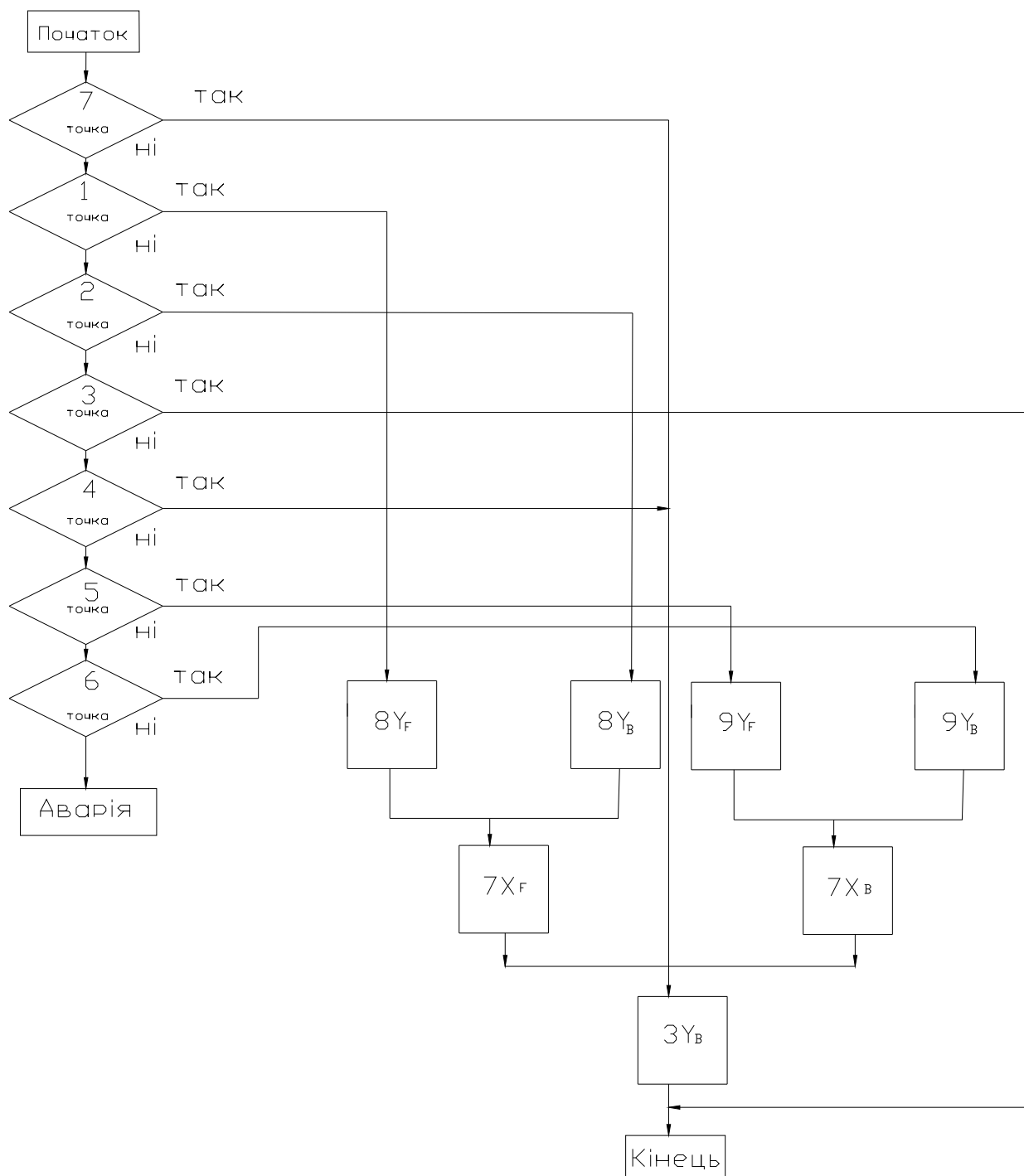


Рис. 3.13. Алгоритм переміщення МПП в третє положення

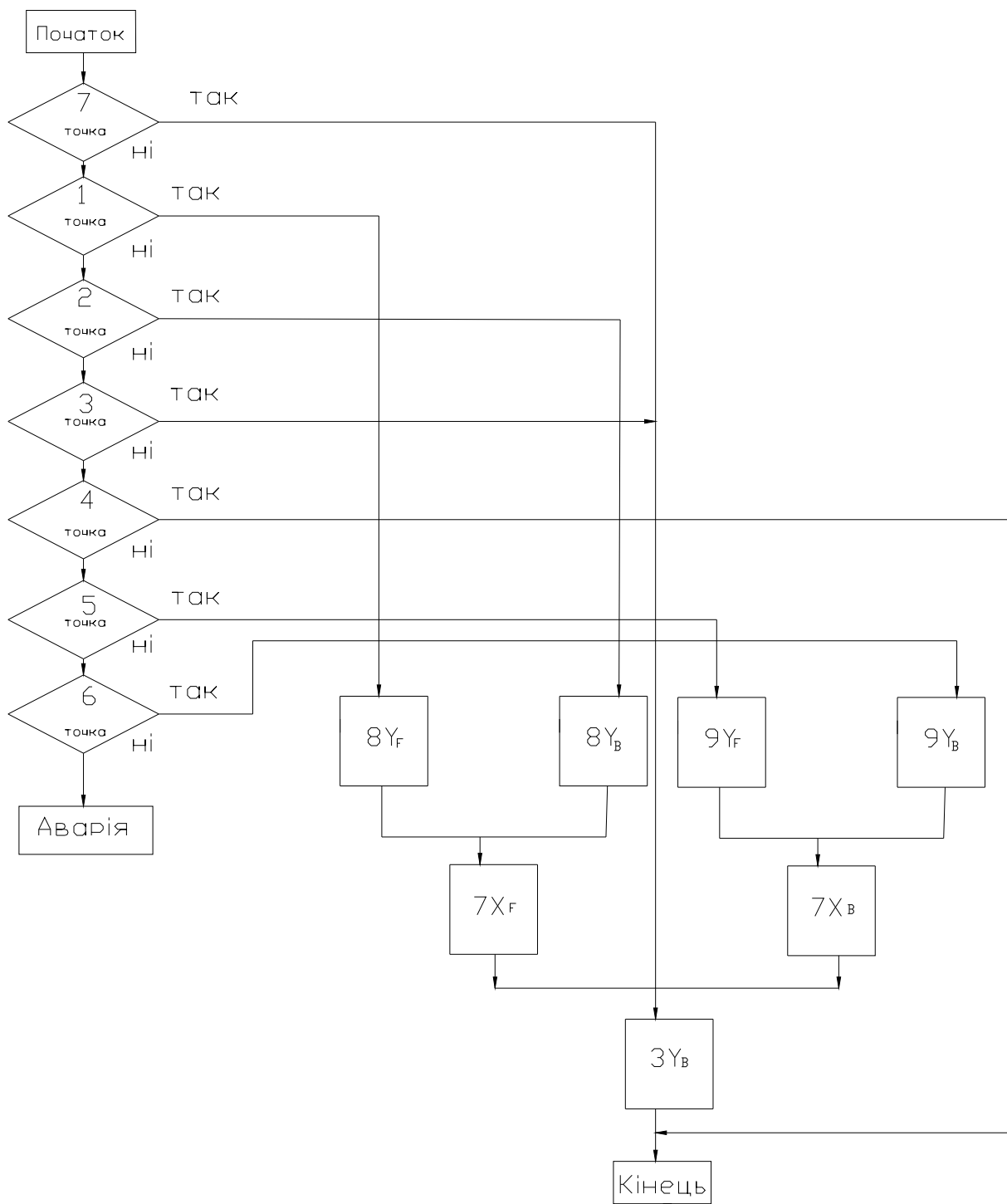


Рис. 3.14. Алгоритм переміщення МПП в четверте положення

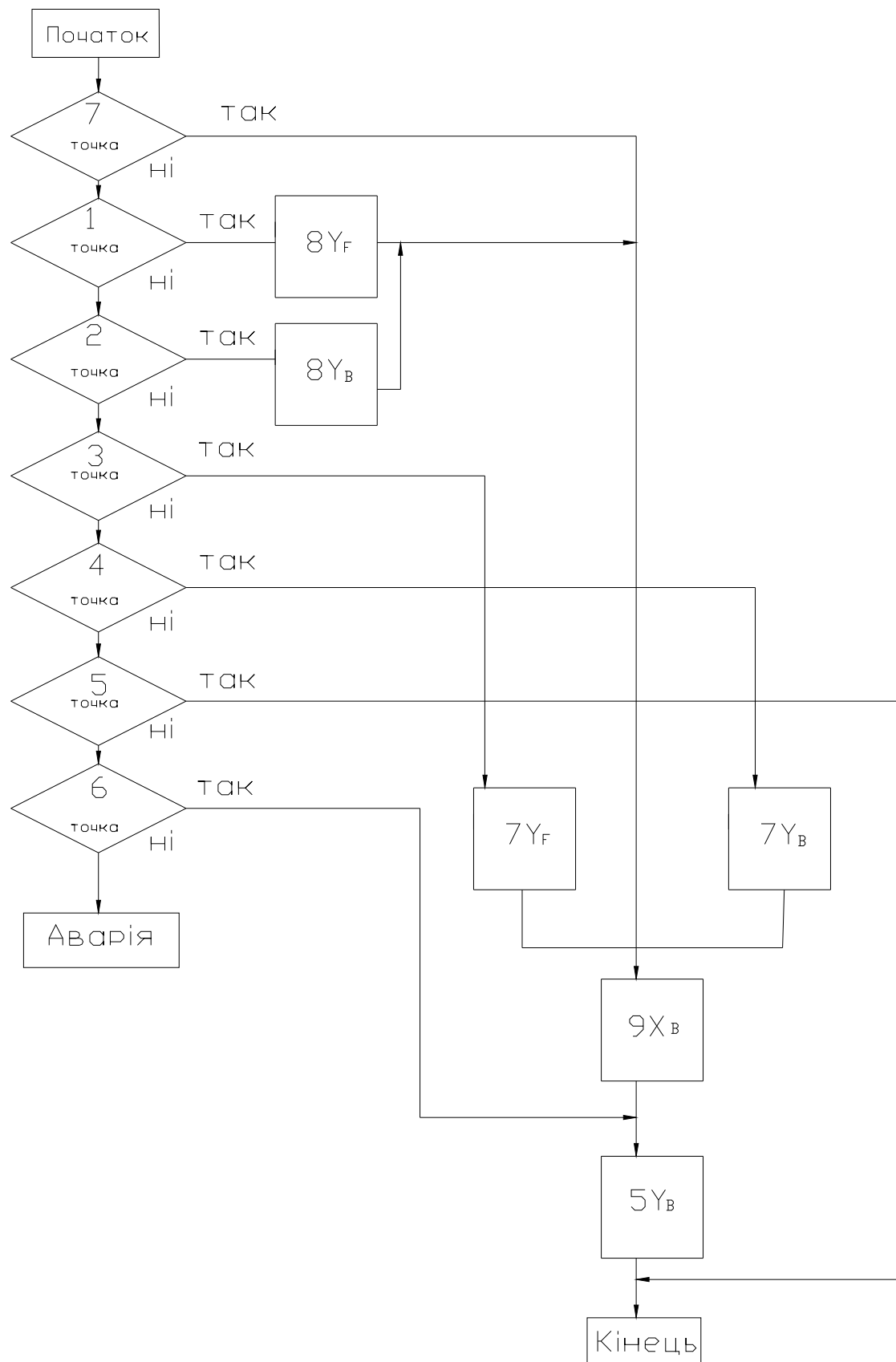


Рис. 3.15. Алгоритм переміщення МПП в п'яте положення.

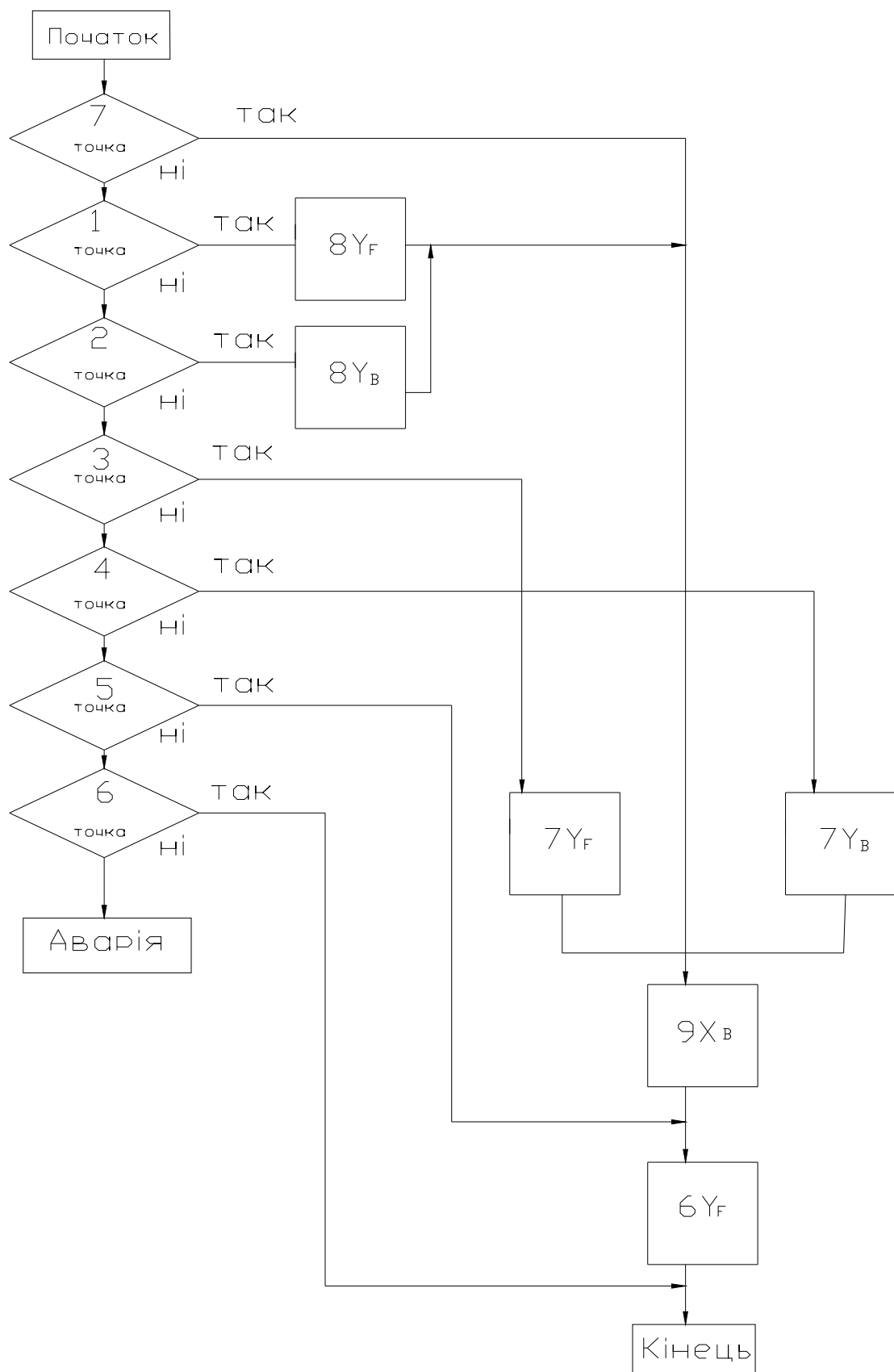


Рис. 3.16. Алгоритм переміщення МПП в шосте положення

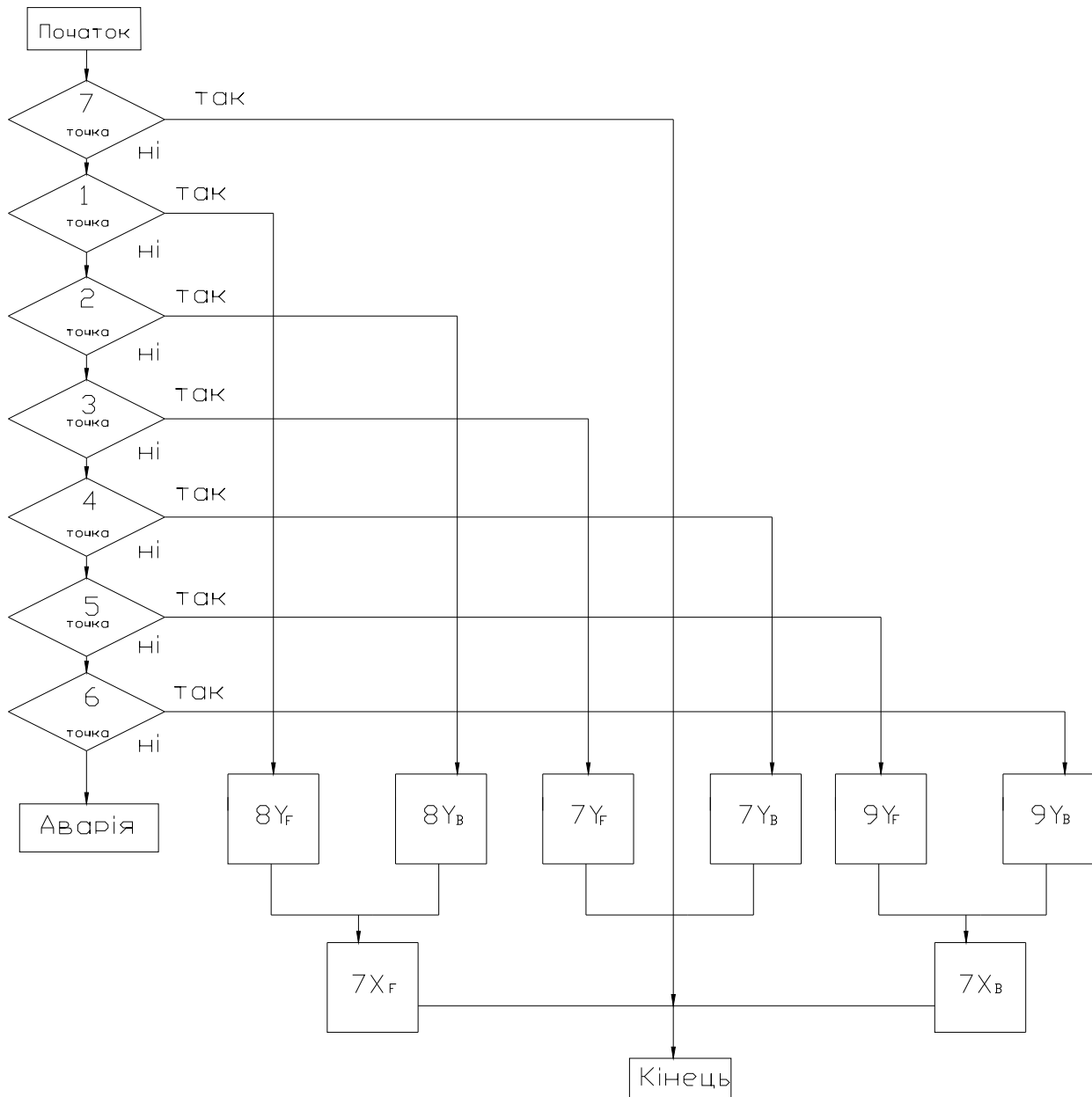


Рис. 3.17. Алгоритм переміщення МПП в сьоме положення

Для реалізації цього алгоритму встановлено два датчики частоти обертання. Один вимірює частоту обертання вторинного валу, а інший частоту обертання первинного валу.

Перерахунок частоти обертання потрібної шестерні відбувається на основі статусної інформації датчиків положення та передаточних чисел трансмісії, що заведені у пам'ять контролеру. Також наведемо алгоритми роботи блоку керування з реалізацією зазначеної функції та датчиків положення механізму вибору передачі зазначених на рис. 2.11.

Вказані алгоритми приведені на рис.3.18-3.17.

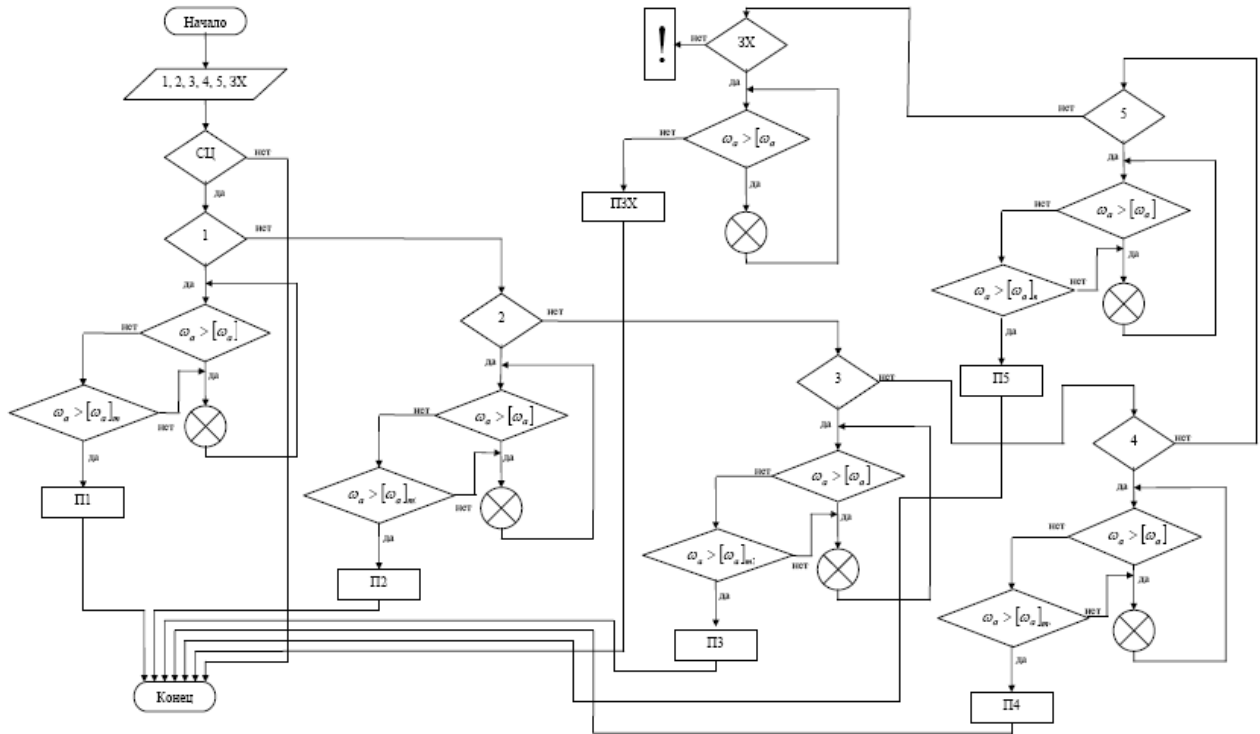


Рис. 3.18.Головна керуюча програма

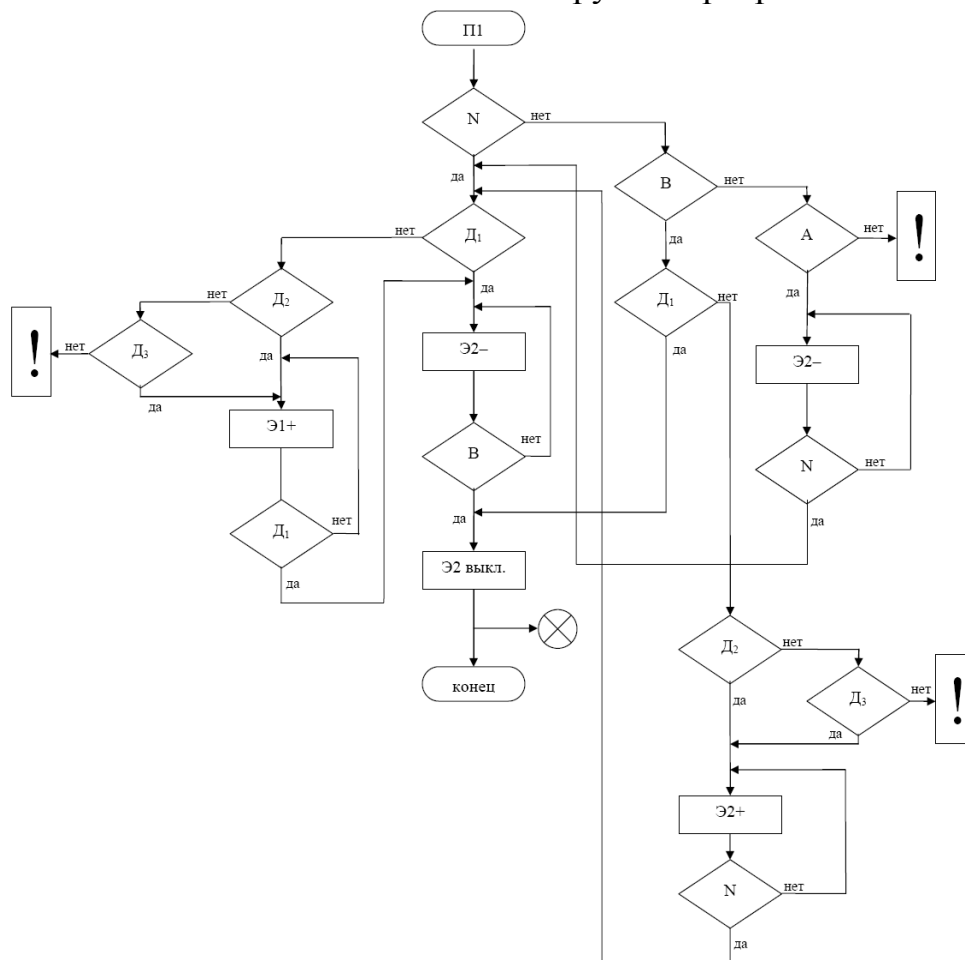


Рис. 3.19.Включення першої передачі

- передачі;



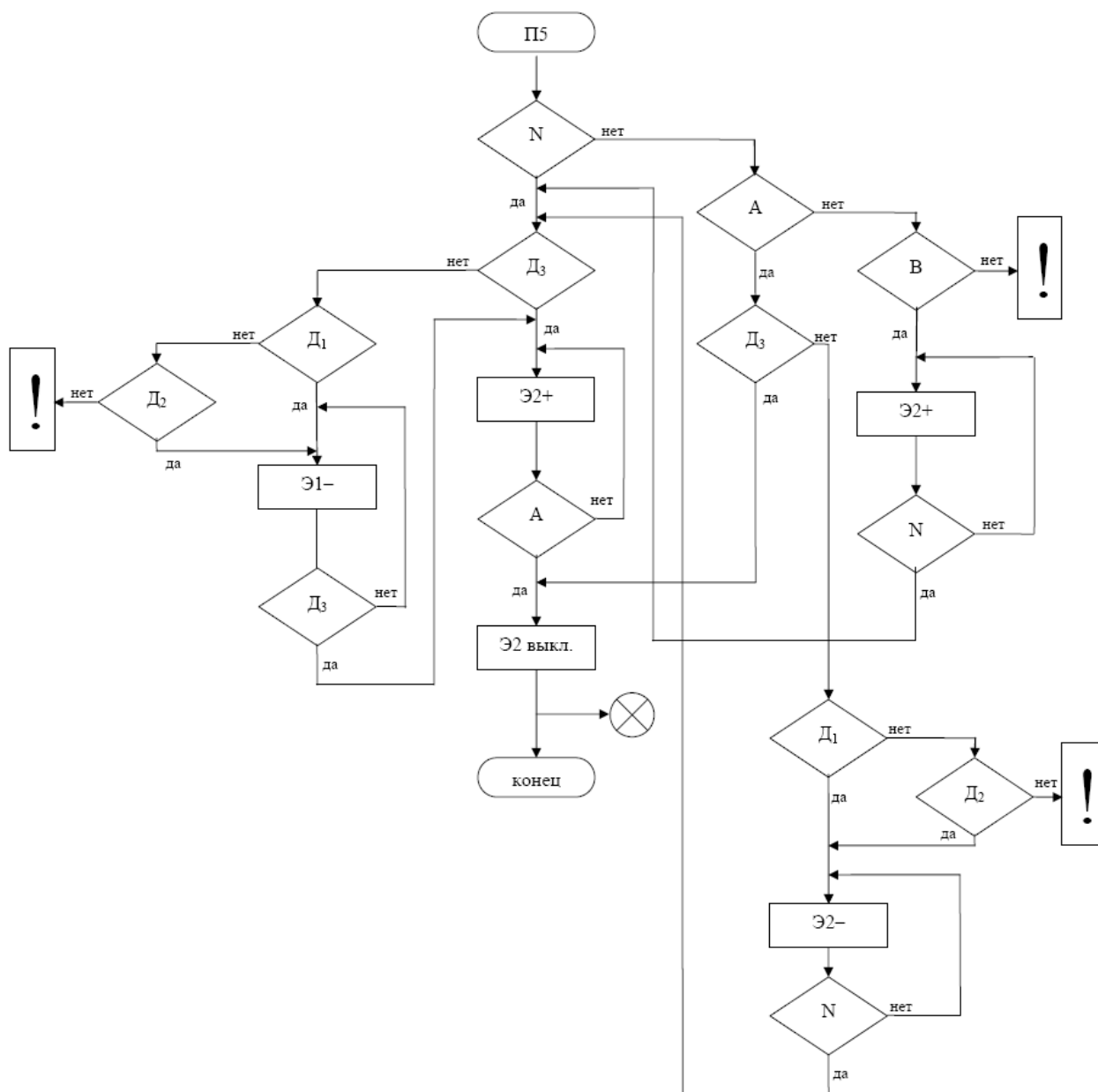


Рис. 3.23. Включення п'ятої передачі

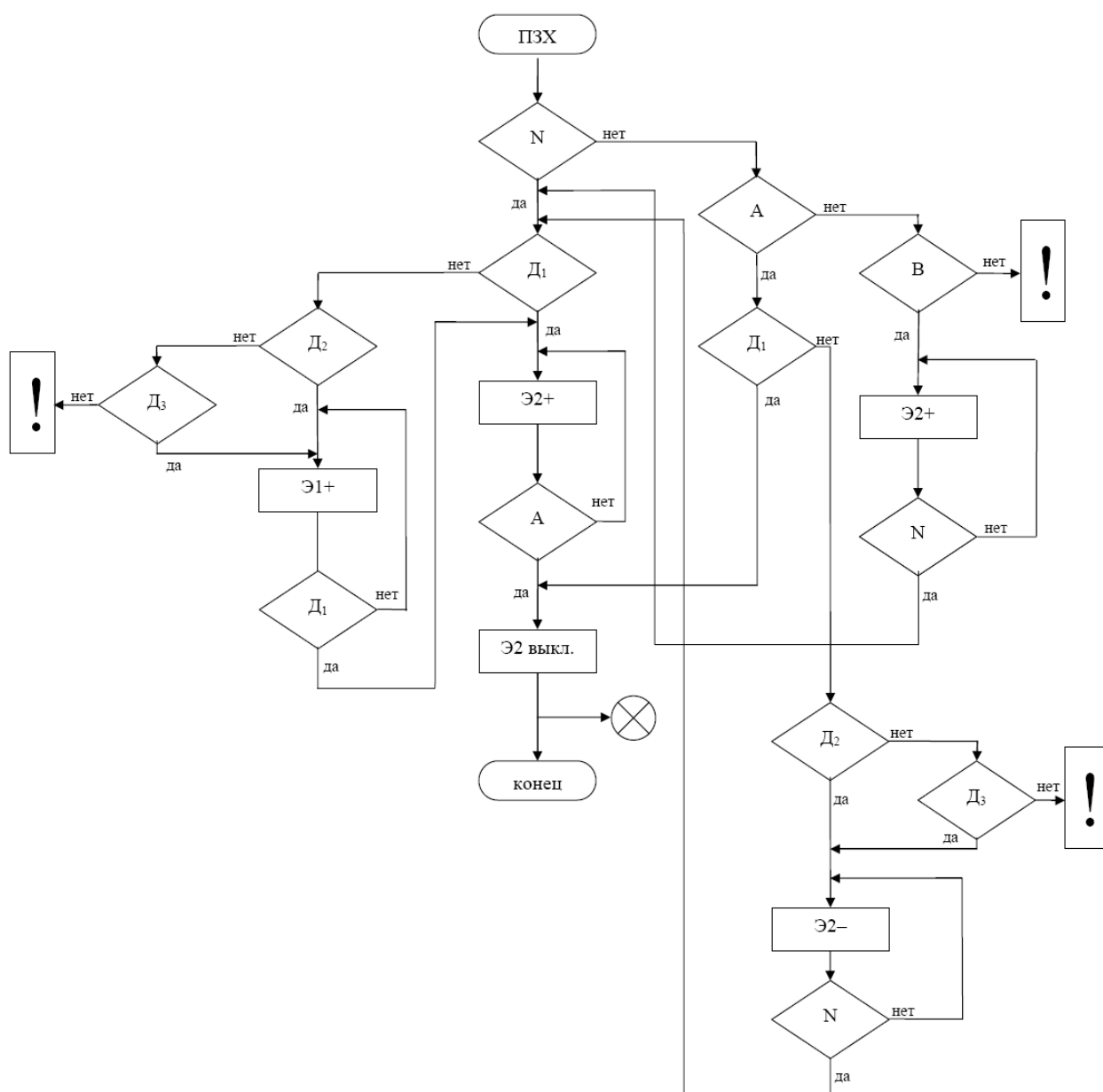


Рис. 3.24. Включения заднего хода

3.3 Розробка електричної принципової схеми електронного блоку керування коробкою передач

Функціонування пристрою управління автоматизованої КП базується на програмному способі обробки вхідної інформації, а також програмного способу формування вихідної інформації.

Так, наприклад, в модулі центрального процесора (МЦП) на базі програмної обробки по спеціальному алгоритму статусної інформації, що управляє, формуються сигнали управління електричними двигунами ЕДх і Еду. У силовому модулі (СМ)

програмним способом реалізуються необхідні режими роботи вказаних двигунів, а також здійснюється їх струмочасовий захист.

Таким чином, «серцем» обох модулів пристрою управління автоматизованої КП є мікроконтролери, алгоритм роботи яких визначається їх програмним забезпеченням (ПО).

При технічній реалізації пристрою управління перевага була віддана мікроконтролером 51-сімейства фірми Atmel, а саме:

- мікроконтролеру AT89C51 при реалізації МЦП;
- мікроконтролеру AT89C2041 при реалізації Див.

Обидва ці контролери мають однакове ядро і розрізняються тільки об'ємом периферійних пристроїв.

Основу структурної схеми мікроконтролера (рис. 3.25) утворює внутрішня двонаправлена 8-бітова шина, яка зв'язує між собою всі основні вузли і пристрої: резидентну пам'ять, АЛУ, блок регістрів спеціальних функцій, пристрій управління і порти введення-виведення.

Розглянемо основні елементи структури і особливості організації обчислювального процесу в мікроконтролері C51. 8-бітове АЛУ може виконувати арифметичні операції складання, віднімання, множення і розподілу; логічні операції І, АБО, що виключає АБО, а також операції циклічного зсуву, скидання, інвертування і т.п. В АЛУ є програмно неприступні регістри T1 і T2, призначені для тимчасового зберігання операндів, схема десяткової корекції і схема формування ознак.

Найпростіша операція складання використовується в АЛУ для інкрементування вмісту регістрів, просування регістра-показчика даних і автоматичного обчислення наступної адреси РПП. Найпростіша операція віднімання використовується в АЛУ для декрементування регістрів і порівняння змінних.

Найпростіші операції автоматично утворюють "тандеми" для виконання в АЛУ таких операцій, як, наприклад, інкрементування 16 регістрових пар. В АЛУ реалізується механізм каскадного виконання найпростіших операцій для реалізації складних команд. Так, наприклад, при виконанні однієї з команд умовної передачі управління по результату порівняння в АЛУ тричі інкрементується у СК, двічі проводиться читання з РПД, виконується арифметичне порівняння двох змінних, формується 16-бітова адреса переходу і приймається рішення про те, робити або не робити перехід за

програмою. Всі перераховані операції виконуються в АЛУ всього лише за 2 мкс.

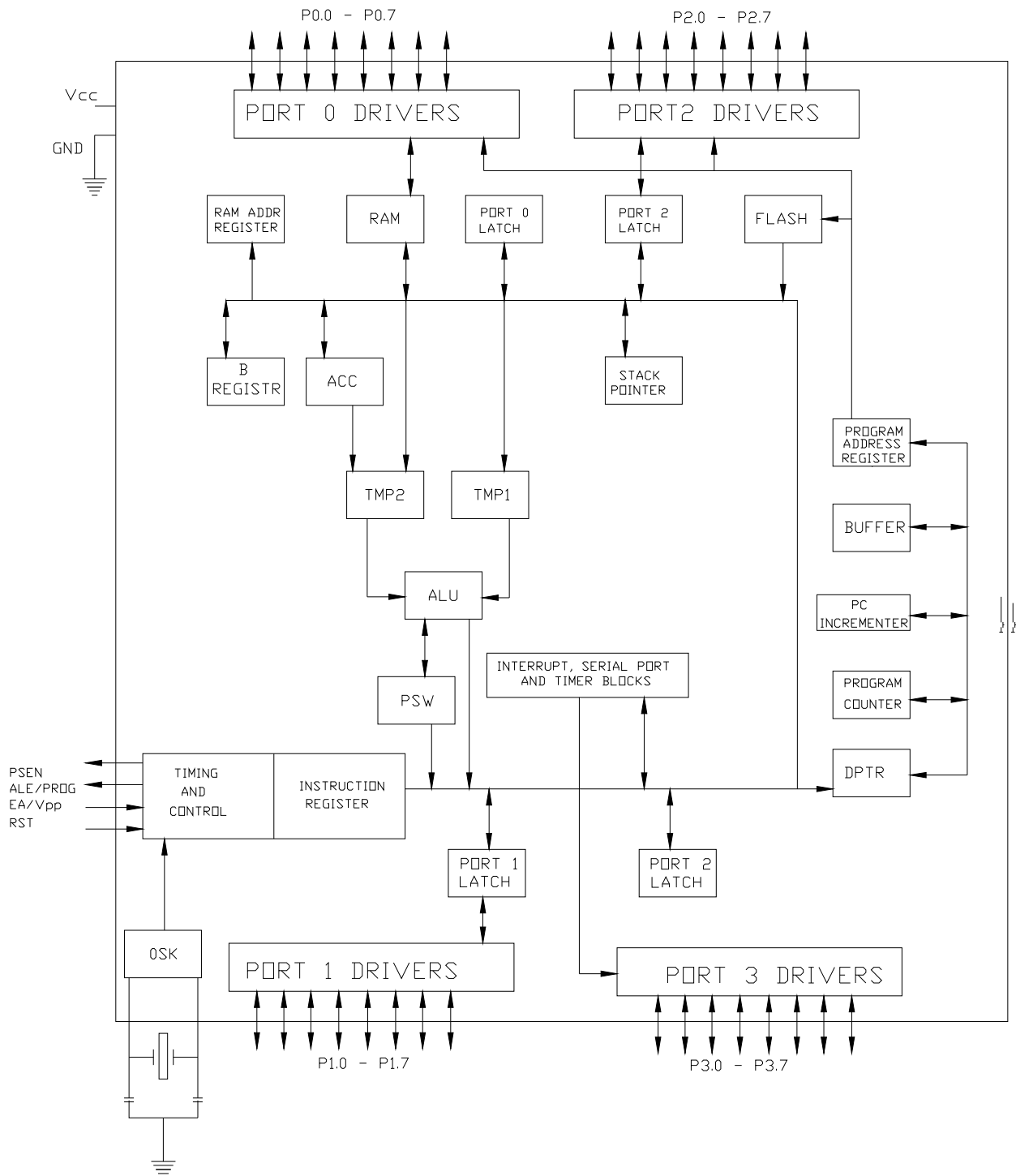


Рис. 3.25. Структурна схема мікроконтролера

Важливою особливістю АЛУ є його здатність оперувати не тільки байтами, але і бітами. Окремі програмно-доступні біти можуть

бути встановлений, скинений, інвертований, переданий, перевірений і використаний в логічних операціях.

Ця здатність АЛУ оперувати бітами така важлива, що в багатьох описах мікроконтролера мовиться про наявність в ньому "булевого процесора". Для управління об'єктами часто застосовуються алгоритми, що містять операції над вхідними і вихідними булевими змінними (правда/неправда), реалізація яких засобами звичайних мікропроцесорів зв'язана з певними труднощами.

Таким чином, АЛУ може оперувати чотирма типами інформаційних об'єктів: булевими (1 біт), цифровими (4 біти), байтними (8 біт) і адресними (16 біт). В АЛУ виконується 51 різна операція пересилки або перетворення цих даних. Оскільки використовується 11 режимів адресації (7 для даних і 4 для адрес), то шляхом комбінування «операція/режим адресації» базове число команд 111 розширяється до 255 з 256 можливих при однобайтному коді операції.

Пам'ять програм і пам'ять даних, розміщена на кристалі мікроконтролера C51, фізично і логічно розділена, вони мають різні механізми адресації, працюють під управлінням різних сигналів і виконують різні функції.

Пам'ять підпрограм (ПЗП або СППЗУ) має ємність 4 Кбайта і призначена для зберігання команд, констант, управляючих слів ініціалізації, таблиць перекодування вхідних і вихідних змінних і т.п. РПП має 16-бітову шину адреси, через яку забезпечується доступ з лічильника команд або з регістра-показчика даних. Регістр-показчик даних виконує функції базового регістра при непрямих переходах за програмою або використовується в командах, що оперують з таблицями.

Пам'ять даних (ОЗУ) призначена для зберігання змінних в процесі виконання прикладної програми, адресується одним байтом і має ємність 128 байт. Крім того, до адресного простору РПД примикають адреси регістрів спеціальних функцій (РСФ), які перераховані в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Блок реєстрів спеціальних функцій

Символ	Найменування	Адрес
* ACC	Акумулятор	0E0H
* B	Регістр-розширювач акумулятора	0F0H
* PSW	Слово стану програми	0D0H
SP	Регістр-показчик стека	81H
DPTR	Регістр-показчик даних (DPH) (DPL)	83H
		82H
* P0	Порт 0	80H
* P1	Порт 1	90H
* P2	Порт 2	0A0H
* P3	Порт 3	0B0H
* IP	Регістр пріоритетів	0B8H
* IE	Регістр маски переривань	0A8H
TMOD	Регістр режиму таймера/лічильника	89H
* TCON	Регістр управління/статусу таймера	88H
TH0	Таймер 0 (старший байт)	8CH
TL0	Таймер 0 (молодший байт)	8AH
TH1	Таймер 1 (старший байт)	8DH
TL1	Таймер 1 (молодший байт)	8BH
* SCON	Регістр управління приємопередатчиком	98H
SBUF	Буфер приємопередатчика	99H
PCON	Регістр управління потужністю	87H

Примітка. Регістри, імена яких відзначені знаком (*), допускають адресацію окремих біт.

Пам'ять програм, так само як і пам'ять даних, може бути розширений до 64 Кбайт шляхом підключення зовнішніх БІС.

Акумулятор є джерелом операнда і місцем фіксації результату при виконанні арифметичних, логічних операцій і ряду операцій передачі даних. Крім того, тільки з використанням акумулятора можуть бути виконані операції зсувів, перевірки на нуль, формування прапора паритету і т.п.

При виконанні багато кого, команд в АЛУ формується ряд ознак операції (прапорів), які фіксуються в реєстрі ССП.

У табл. 3.7 приводиться перелік прапорів ССП, описуються умови їх формування.

Формат слова стану програми (ССП)

Символ	Позиція	Ім'я та призначення
C	PSW.7	Прапор перенесення. Встановлюється і скидається апаратними засобами або програмою при виконанні арифметичних і логічних операцій.
AC	PSW.6	Прапор допоміжного перенесення. Встановлюється і скидається тільки апаратними засобами при виконанні команд складання і віднімання і сигналізує про перенесення або займе в біті 3.
F0	PSW.5	Прапор 0. Може бути встановлений, скинений або перевірений програмою як прапор, який специфікується користувачем.
RS1	PSW.4	Вибір банку регістрів. Встановлюється і скидається програмою для вибору робочого банку регістрів (див. примітку).
RS0	PSW.3	
OV	PSW.2	Прапор переповнювання. Встановлюється і скидається апаратно при виконанні арифметичних операцій.
-	PSW.1	Не використовується.
P	PSW.0	Прапор паритету. Встановлюється і скидається апаратно в кожному циклі команди і фіксує непарне/парне число одиничних біт в акумуляторі, тобто виконує по парності.

Вибір робочого банку регістрів представлено в табл. 3.8

Вибір робочого банку регістрів

RS1	RS0	Банк	Межі адрес
0	0	0	00H-07H
0	1	1	08H-0FH
1	0	2	10H-17H
1	1	3	18H-1FH

Найактивнішим "прапором" ССП є прапор перенесення, яке бере участь і модифікується в процесі виконання безлічі операцій, включаючи складання, віднімання і зсуви. Крім того, прапор перенесення (C) виконує функції "булевого акумулятора" в командах, що маніпулюють з бітами. Прапор переповнювання (OV) фіксує арифметичне переповнювання при операціях над цілими

числами із знаком і робить можливим використання арифметики в додаткових кодах. АЛУ не управляє прапорами селекції банку регістрів (RS0, RS1), і їх значення повністю визначається прикладною програмою та використовується для вибору одного з чотирьох регістрових банків.

Широке розповсюдження отримало уявлення про те, що в мікропроцесорах, архітектура яких спирається на акумулятор, більшість команд працюють з ним, використовуючи адресацію "за умовчанням" (не явну). У даному контролері справа йде інакше. Хоча процесор в контролері має акумулятор, проте він може виконувати безліч команд і без участі акумулятора. Наприклад, дані можуть бути передані з будь-якого осередку РПД в будь-який регістр, будь-який регістр може бути завантажений безпосереднім операндом і так далі Багато логічних операцій можуть бути виконані без участі акумулятора. Крім того, змінні можуть бути інкрементировані, декрементировані і перевірені (test) без використання акумулятора. Прапори і керівники біти можуть бути перевірені і змінені аналогічно.

8-бітовий показчик стека (PUC) може адресувати будь-яку область РПД. Його вміст інкрементується перш, ніж дані запам'ятають в стеку в ході виконання команд PUSH і CALL.

Вміст PUC декрементується після виконання команд POP і RET. Подібний спосіб адресації елементів стека називають преддекрементним / постдекрементним.

В процесі ініціалізації мікроконтролера після сигналу СБР в PUC автоматично завантажуються код 07 Н. Це значить, що якщо прикладна програма не перевизначає стек, то перший елемент даних в стеку розташовуватиметься в осередку РПД з адресою 08Н.

Двобайтовий регістр-показчик даних (РУД) звичайно використовується для фіксації 16-бітової адреси в операціях із зверненням до зовнішньої пам'яті. Командами мікроконтролера регістр-показчик даних може бути використаний або як 16-бітовий регістр, або як два незалежні 8-бітові регістри (DPH і DPL).

У складі засобів мікроконтролера є регістрові пари з символьними іменами TH0, TL0 і TH1, TL1, на основі яких функціонують два незалежні програмно-керовані 16-бітові таймери/лічильників подій.

Регістр з символічним ім'ям SBUF є двома незалежними регістрами - буфер приймача і буфер передавача. Завантаження байта в SBUF негайно викликає початок процесу передачі через послідовний порт. Коли байт прочитується з SBUF, це значить, що його джерелом є прийом послідовного порту.

Регістри з символічними іменами IP, IE, TMOD, TCON, SCON, PCON використовуються для фіксації і програмної зміни управляючих біт і біт стану схеми переривання, таймера/лічильника, приймача-передавач послідовного порту і для управління потужністю електроживлення контролера.

3.4 Розробка виконавчого пристрою блоку керування коробкою передач

Виконавчий пристрій керування коробкою передач базується на двох електричних двигунах постійного струму з напругою живлення 24 В. Один двигун виконує функції вибору повзуна, а інший силовий – виконує включення передач. Кожен двигун має редуктор. Параметри двигунів з редукторами наведені у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Параметри двигунів механізму керування коробкою передач

Тип двигуна	Напруга живлення, В	Потужність, Вт	Пусковий струм, А	Частота обертання без навантаження, хв ⁻¹	Частота обертання з навантаженням, хв ⁻¹	Крутний момент, Нм	Максимальний крутний момент що допускається короткочасно, Нм	Передавальне число редуктора
Селекторний	24	4	1,6	82	64	0,39	2	51
Силовий	24	77	20	30	27	19,8	25	100

Особливістю конструкції механізму є застосування важеля перемикавання передач поєднаного з рейкою вибору повзуна. Така

схема економить простір і дозволяє зменшити габарити пристрою. Конструкція силового валу дозволяє у разі необхідності виконати ручне включення будь якої передачі.

Така необхідність може виникнути у разі аварії блоку керування. Для ручного вмикання передачі достатньо зняти датчик положення силового валу, та вставити у отвір важіль. У тому разі якщо автомобіль обладнаний коробкою передач з ділителем водій отримує можливість рухатись у аварійному режимі вмикаючи дві передачі за допомогою перемикачів ділителя.

Зовнішній вигляд механізму керування та його будова наведені на рисунках 3.26, 3.27.

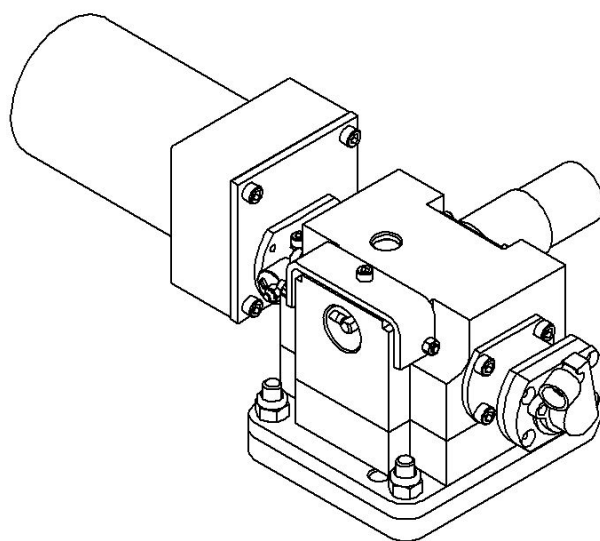


Рис. 3.26. Загальний вид виконавчого пристрою механізму керування коробкою передач

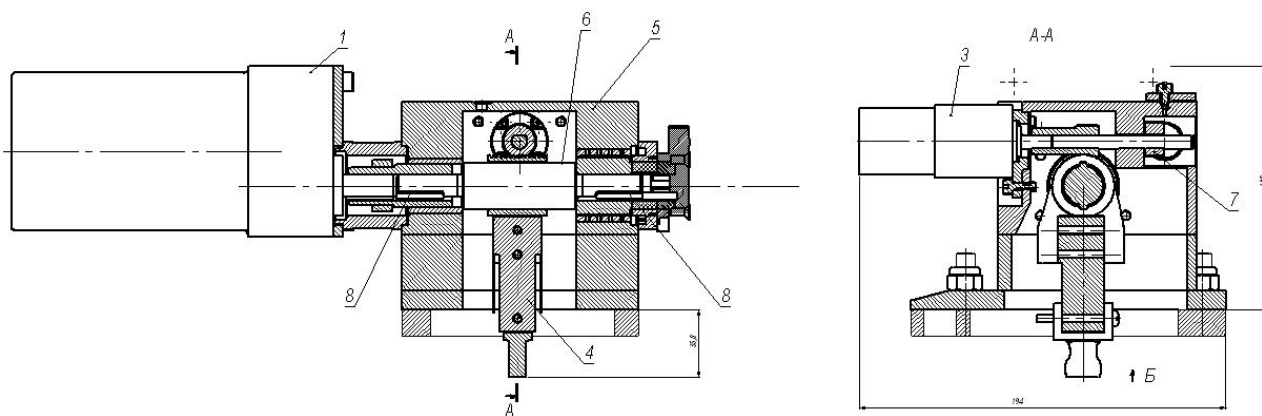


Рис. 3.26. Будова виконавчого пристрою механізму керування коробкою передач

4 ВИПРОБУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОРОБКОЮ ПЕРЕДАЧ

4.1 Розробка програми випробувань системи керування коробкою передач

Випробування проводилися у двох станах:

- при зупиненому двигуні;
- при двигуні, що працює.

На зупиненому двигуні проводилися, насамперед, включення передач що не мають синхронізаторів і не можуть бути увімкненими під час руху автомобіля. Також проводилося по чергово включення кожної передачі, які мають синхронізатори. Включення проводилось як з положення нейтралі, так і з положення включеної сусідньої передачі. Під час випробування механізму при не працюючому двигуні було виявлено динаміку перемикавання передач за відсутності часу синхронізації. Результати цих досліджень використовувались під час порівняння з динамікою перемикавання передач із запущеним двигуном внутрішнього згорання.

Для проведення випробувань необхідно подати живлення на блок керування, персональний комп'ютер та зовнішній пристрій сполучення між датчиками спостереження та комп'ютером. Запустити програму збору та обробки даних.

Програма обробки даних, що надходять на СОМ-порт комп'ютера, призначена для обробки даних контрольно-вимірювального комплексу (КВК), що надходять із певною дискретністю на СОМ-порт комп'ютера, і відображення інформації у вигляді графіків.

Програма виконує наступні функції:

- прийом інформації з КВК;
- формування масиву даних для обробки;
- запис результатів експериментів (масивів даних) у файли вихідної інформації;
- формування і відображення графіків залежностей різного характеру і їх масштабування.

Прийом інформації з КВК здійснюється через зовнішній пристрій сполучення (ЗПС), підключений між КВК і персональним комп'ютером (ПК) (рис. 4.1).

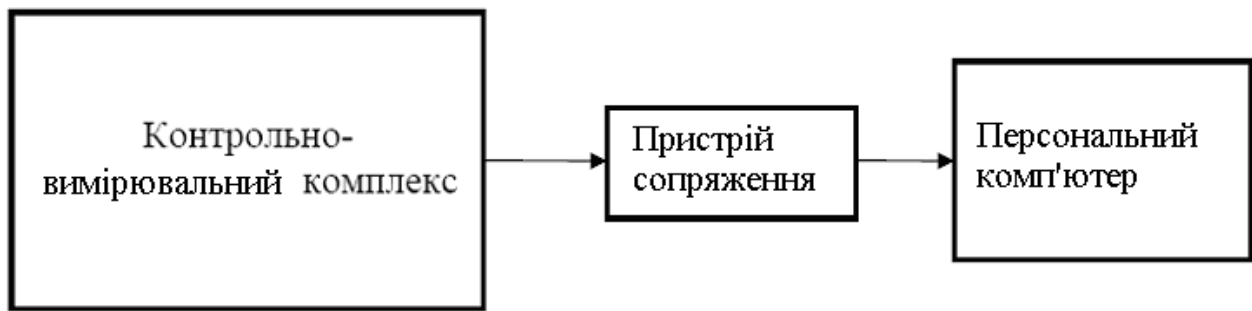


Рис. 4.1. Схема взаємодії КВК і програмного забезпечення

Інформація безперервно надходить через пристрій сполучення від 12 датчиків, розміщених КВК, у вигляді 24-байтних повідомлень. Інтервал надходження рівний 6.2 мсек. Програма відображає процеси роботи датчиків в реальному масштабі часу і записує дані, що надходять від датчиків, на магнітний носій для подальшої обробки.

Функціонування програми здійснюється в двох режимах:

- режим відображення (спостереження) і запису даних;
- режим обробки даних.

Вхідними даними програми є:

- для режиму спостереження і запису даних – вимірювання, що надходять від КВК, що є послідовність двобайтових чисел;
- для режиму обробки даних – сукупність файлів із розширенням «dat», розміщених в каталозі **Dates**.

Крім того вхідною інформацією для програми є масив тарировочных коефіцієнтів, що зберігається у файлі Tarir.dat, і масив коефіцієнтів масштабування, що зберігається у файлі Mnoz.dat.

Вихідними даними програми є:

- для режиму запису даних - сукупність файлів із розширенням «log», розміщених в каталозі **Dates**, призначених для обробки засобами Excel, і сукупність файлів із розширенням «dat», розміщених в каталозі **Dates**, призначених для обробки засобами даної програми. Крім того, в даному режимі видається графічна інформація (графіки залежностей) проведеного експерименту;
- для режиму обробки даних – графіки залежностей різного призначення.

Для інсталяції програми необхідно створити каталог (папку) **Working**, в якій необхідно створити каталог (папку) **Dates**, записати виконуваний файл Auto1.exe.

Запуск програми здійснюється за допомогою виконуваного файлу «Auto1.exe». При запуску програми відбувається настройка характеристик порту прийому, тарифовочних коефіцієнтів і коефіцієнтів масштабування шляхом прочитування їх значень із відповідних файлів Tarir.dat і Mnoz.dat. Внаслідок чого на екрані відображається головне вікно програми (рис. 4.2). У разі відсутності відповідних значень користувачем вводяться ці значення «вручну».

У лівій частині відображається панель управління, в правій – панель спостереження за процесами функціонування датчиків.

Панель управління включає:

- панель настройки порту «Параметри порту»;
- панель настройки характеристик датчиків «Таріровочні коефіцієнти»;
- панель настройки графічної інформації «Коефіцієнт збільшення графіків»;
- панель управління, на якій знаходяться:
 - кнопки, що управляють, «Пуск», «Стоп», призначені для запуску і останову програми, і індикатор процесу знімання інформації «СОМ-порт закритий» (червоний колір індикатора);
 - кнопки, що управляють, «Записати», «Зупинити», призначені для запуску і останову процесу запису вимірювань, і індикатор процесу запису (червоний кружок);
 - кнопка, що управляє, «Змінити параметри» для збереження змін в настройках.

Запуск програма на прийом вимірювань здійснюється натисненням кнопки «Пуск», після чого програма переходить в режим очікування даних від пристрою сполучення. У момент появи вимірювань від КВК на індикаторі процесу знімання інформації з'являється напис «СОМ-порт відкритий» (зелений колір індикатора), кнопка «Пуск» стає недоступним, кнопка «Стоп» стає активною, за допомогою якої можна зупинити процес збору інформації від КВК.

На панелі спостереження відображаються процеси отримання даних від 12 датчиків у вигляді рухомих графіків.

При необхідності збереження результатів експерименту користувач повинен скористатися кнопкою «Записати». При її натиснення відбувається процес запису вимірювань в масив даних, що зберігається в каталозі Dates. Індикатор процесу запису перетворюється в зелений кружок. У подальшому цей масив

використовується в режимі обробки. Для відключення режиму запису користувач використовує кнопку «Зупинити».

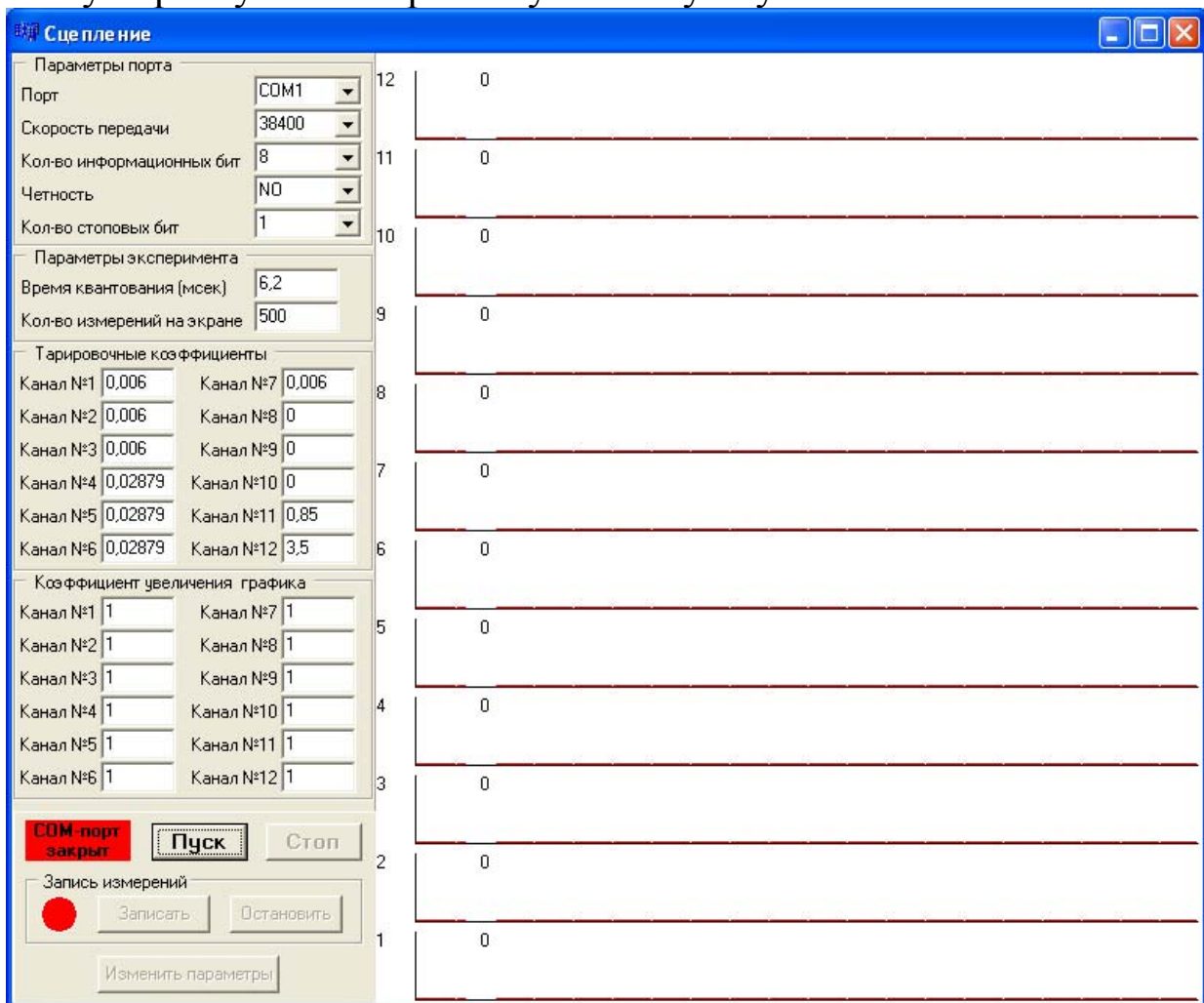


Рис. 4.2.Зовнішній вигляд програми при первинному запуску

Після закінчення роботи програми всі останні настройки зберігаються у файлах Tarir.dat і Mnoz.dat.

Після виконання дій по підготовці вимірювального обладнання натиснути клавішу відповідної передачі на платі блока керування механізмом. В процесі перемикання передачі необхідно слідкувати за зміною показань вимірювальної апаратури та співвідносити показання з реальним положення важеля перемикання передач. Після закінчення вимірів записати результати експериментальних досліджень.

Виконання досліджень із запуском двигуном внутрішнього згоряння має декілька особливостей пов'язаних із роботою двигуна та керування м коробкою.

Для запуску двигуна необхідно:

- перевірити наявність палива у баку;
- герметичність паливних трубопроводів;
- включити вентиляцію приміщення у якому знаходиться стенд;
- подати живлення на стенд, включивши випрямовувач, який вимкнути після пуску двигуна;
- переконатися у працездатності приладів приборної панелі стенду, щоб мати змогу контролювати робочі параметри двигуна (тиск масла, температурі охолоджувальної рідини, обороти колінчастого валу).

У режимі роботи двигуна приводилися по чергово включення кожної передачі, які мають синхронізатори (включення першої та задньої передачі заблоковане електронним блоком у тому разі коли має місце обертання вторинного валу коробки передач). Включення проводилось як з положення нейтралі, так і з положення включеної сусідньої передачі, але при цьому приймалася до уваги залежність обертів двигуна з яких відбувалися переключення між передачами. Перемикання між передачами у напрямку підвищення номера передачі необхідно виконувати при частоті обертання колінчастого валу двигуна 2200 об/хв, а перемикання між передачами у напрямку зниження номера передачі необхідно виконувати при частоті обертання колінчастого валу двигуна 1400 об/хв.

Після завершення випробувань зберегти данні, заглушити двигун та вимкнути вентиляцію приміщення, дочекавшись зникнення присутності запаху відпрацьованих газів, які потрапляють у приміщення скрізь можливі нещільності у системі випуску двигуна.

До пристрою сполучення між датчиками встановленими на стенді та персональним комп'ютером входять чотири датчики переміщення які представляють собою лінійні опори, два датчики тиску із струмовим виходом, датчик зусилля з тензодатчиками включеними в міст з двома датчиками швидкості. Для первинної обробки сигналів з датчиків був використаний мікро контролер, який задає алгоритм роботи пристрою. Структурна схема пристрою представлена на рис 4.3.

Як видно із структурної схеми блок складається з трьох основних вузлів. Вузол мікро контролера під управлінням програми записаною на нього управляє алгоритмом роботи всього пристрою.

До мікро контролера підключається вузол аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Цей вузол складається з восьми каналів АЦП.

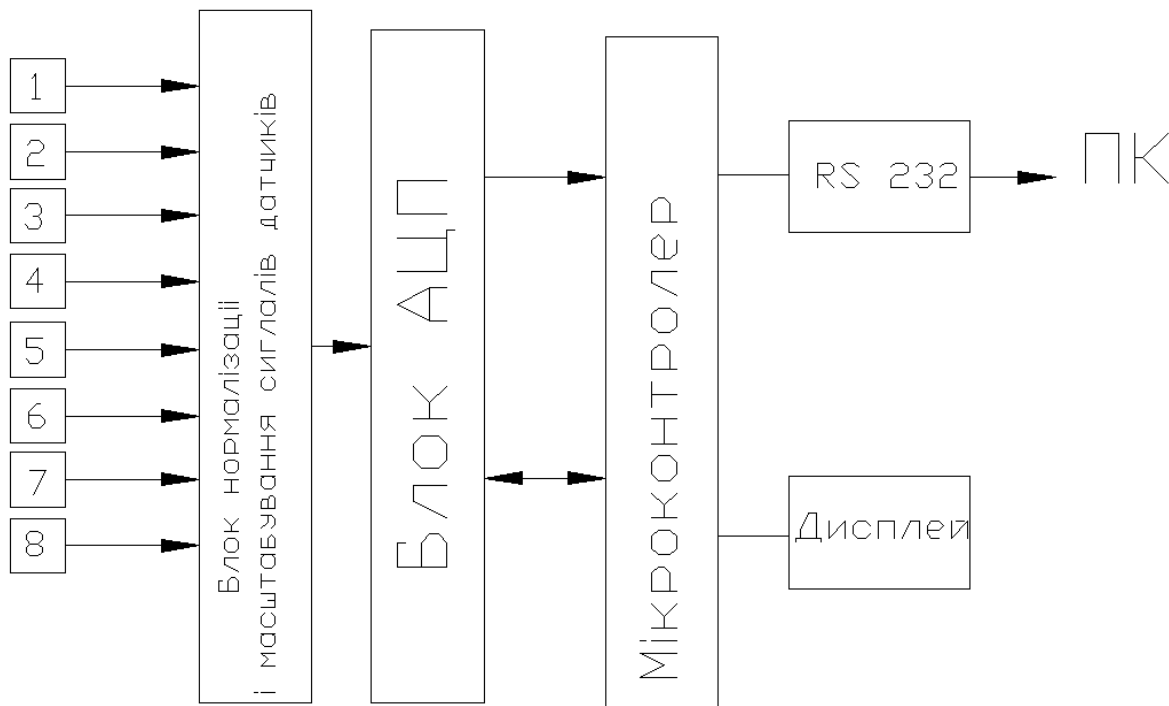


Рис. 4.3. Структурна схема пристрою сполучення

З вузла нормалізації і масштабування сигналів датчиків. Вимірювані параметри (переміщення, тиск, зусилля) діють на датчики перетворюються в електричний сигнал. Але щоб подати ці сигнали на АЦП їх необхідно підсилити і, і відфільтрувати перешкоди. Це і виконує вузол нормалізації.

У програмі записаною в мікро контролер передбачено три режими роботи.

1. Тестовий
2. Статичний
3. Динамічний

Перший режим дозволяє тестувати даний пристрій тобто на входи АЦП подається тестова напруга потім запускається АЦП після закінчення перетворення інформація з них прочитується і виводиться на дисплей. Що дозволяє судити про працездатність системи.

Статичний режим дозволяє зробити одне вимірювання по всіх аналогових датчиках і вивести одне вимірювання на дисплей.

У динамічному режимі пристрій працює таким чином. При початковому запуску мікро контролер запускає АЦП по всіх восьми

каналах. Вони оцифровують нормалізовані сигнали з датчиків, після закінчення перетворення мікро контролер прочитує дані з АЦП і записує в буфер пам'яті, після чого по інтерфейсу RS-232 вміст буфера пам'яті передається в персональний комп'ютер і цикл повторюється.

4.2 Проведення стендових випробувань системи керування коробкою передач

Випробування системи керування коробкою передач проводилося на стенді, що було описано у розділі 2.6. Для керування процесом перемикавання коробки передач було змонтоване місце оператора із педаллю керування зчепленням та оборотами двигуна. Також для контролю за показниками працездатності двигуна була встановлена панель приборів (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Обладнання стенду робочім місцем оператора та вимірювальними пристроями

У процесі проведення досліджень робочих процесів, що відбуваються під час перемикавання передач були виявлені режими керування механізмом керування коробкою передач відповідно до

кожної передачі. Згідно з описом коробки передач, що застосована на стенді у кожна передача має граничне зусилля на повзуні під час роботи синхронізатора, для забезпечення необхідного строку служби. Регулювання зусилля на синхронізаторі коробки передач відбувається за рахунок зміни величини струму в обмотці електродвигуна. Максимальні допустимі зусилля для кожної передачі, згідно із можливостями коробки передач КамАЗ, наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Зусилля при включенні передач у коробці КамАЗ 142

№ передачі	Зусилля, Н
2	1357
3	659
4	595
5	396

Оптимальні зусилля для перемикавання, згідно технічного завдання вказані у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

Зусилля при включенні передачі у коробці КамАЗ 142 у залежності від послідовності включення

Величина	I -> II	II <- III	II -> III	III <- IV	III -> IV	IV <- V	IV -> V
Оберти двигуна n, хв -1	2200	1400	2200	1400	2200	1400	2200
Pc, Н	924	743	448	476	406	353	269

Регулювати момент електродвигуна електронний блок керування може згідно силової характеристики, яку заздалегідь визначено та уведено у пам'ять блоку керування. Залежність моменту на валу електродвигуна від струму в його ланцюгу визначено на стенді під час окремого навантаження електродвигуна. Під час навантаження електродвигуна була знята статична і декілька динамічних характеристик (рис. 4.4 – 4.7).

Зусилля визначалося тензометричним датчиком на який натискав штатний важіль механізму вибору передачі. Струм ланцюга електродвигуна регулювався електронним блоком за допомогою широтно імпульсної модуляції. Значення струму фіксувалися електронним амперметром. Інформація від датчика зусилля надходила у блок оцифровки та обробки інформації.

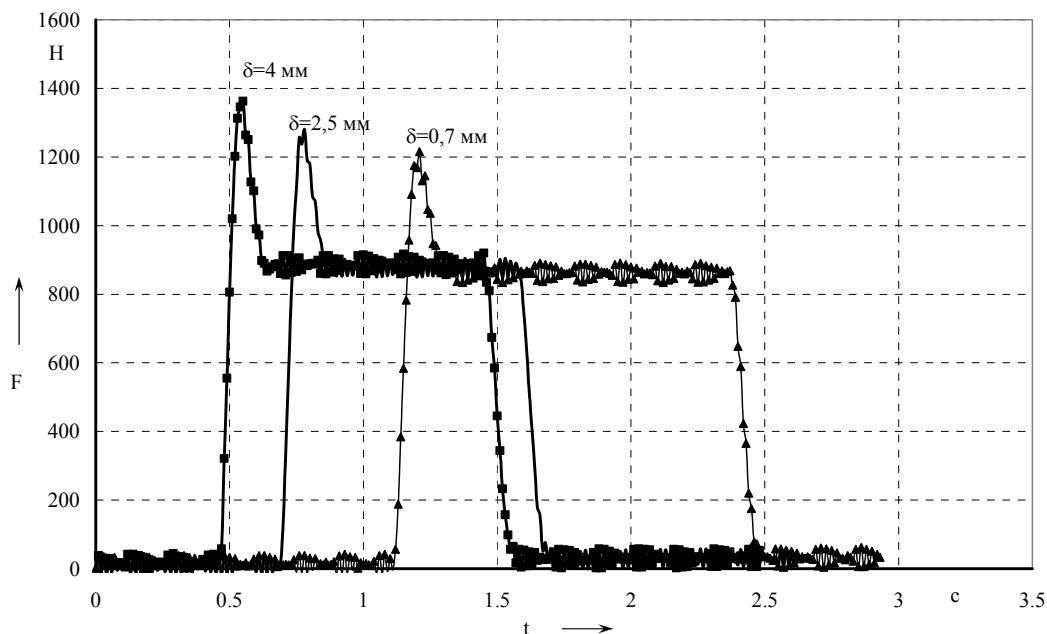


Рис. 4.4. Динаміка зміни сили на важелі коробки передач при струмі на обмотці силового двигуна 9 А та різних зазорах між важелем та опорною поверхнею

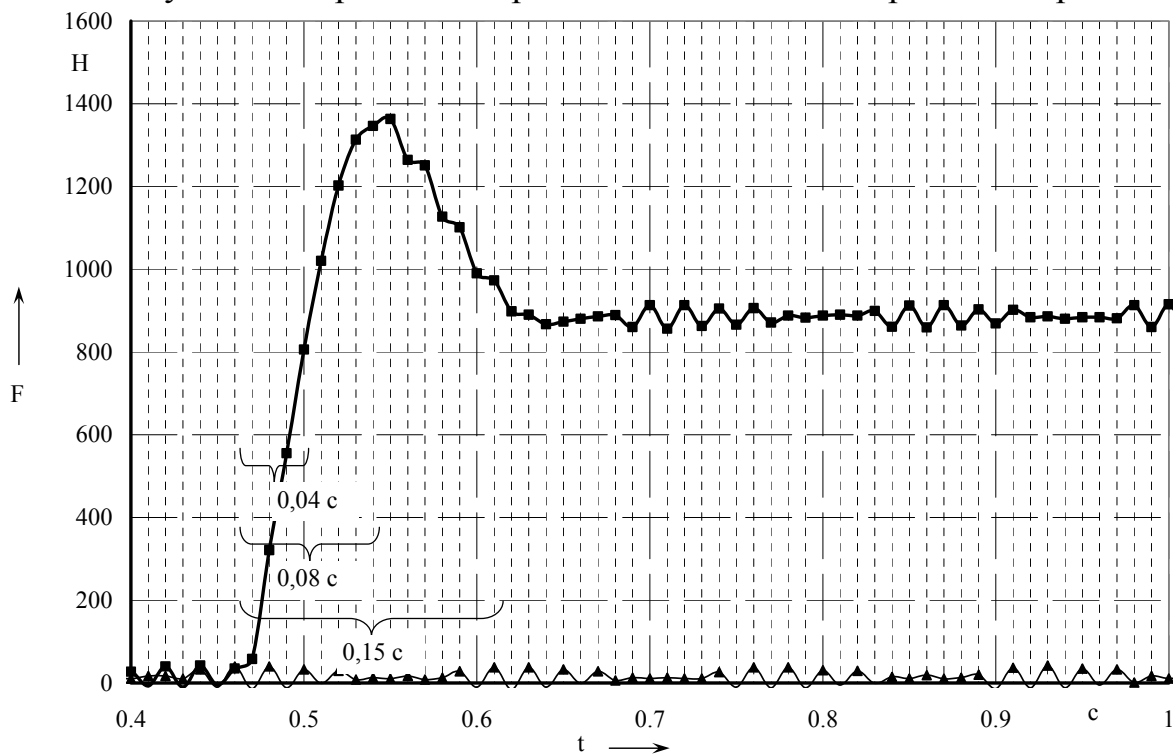


Рис. 4.5. Динамічні характеристики процесу наростання зусилля на важелі коробки передач (струм 9 А, зазор 4 мм)

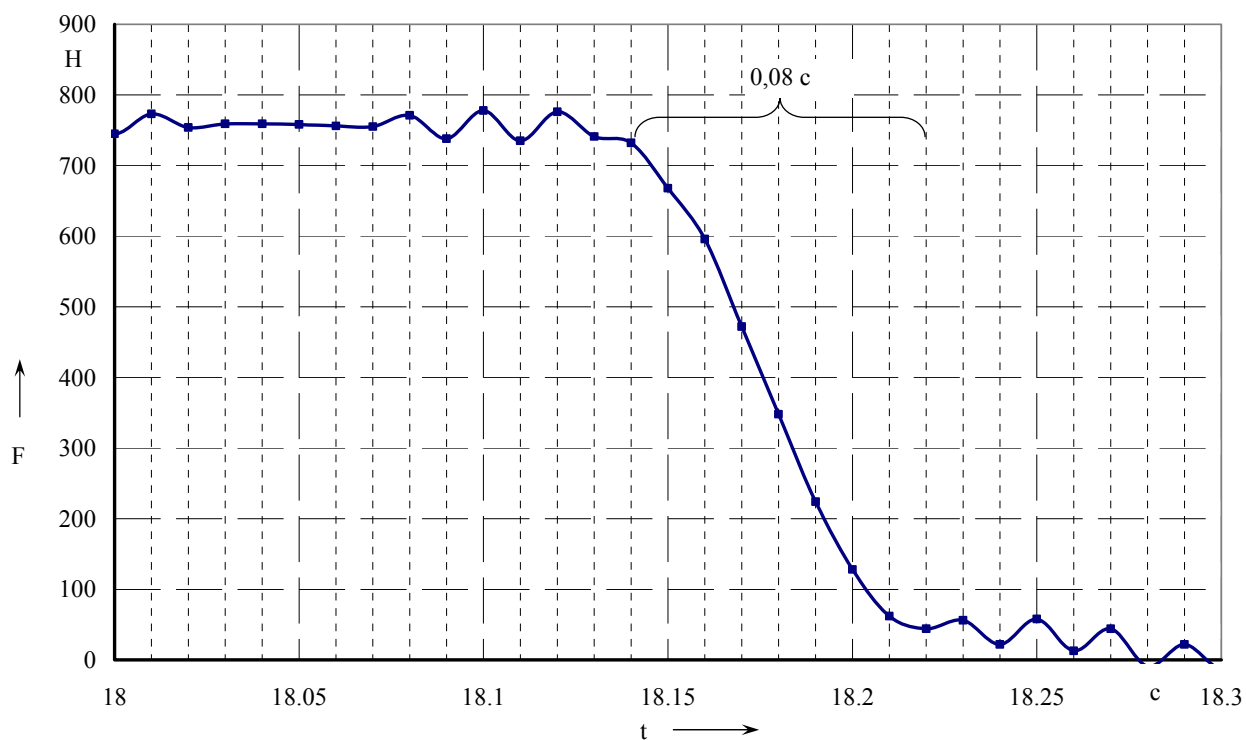


Рис. 4.6. Динамічні характеристики процесу зменшення зусилля на важелі коробки передач (струм 9 А)

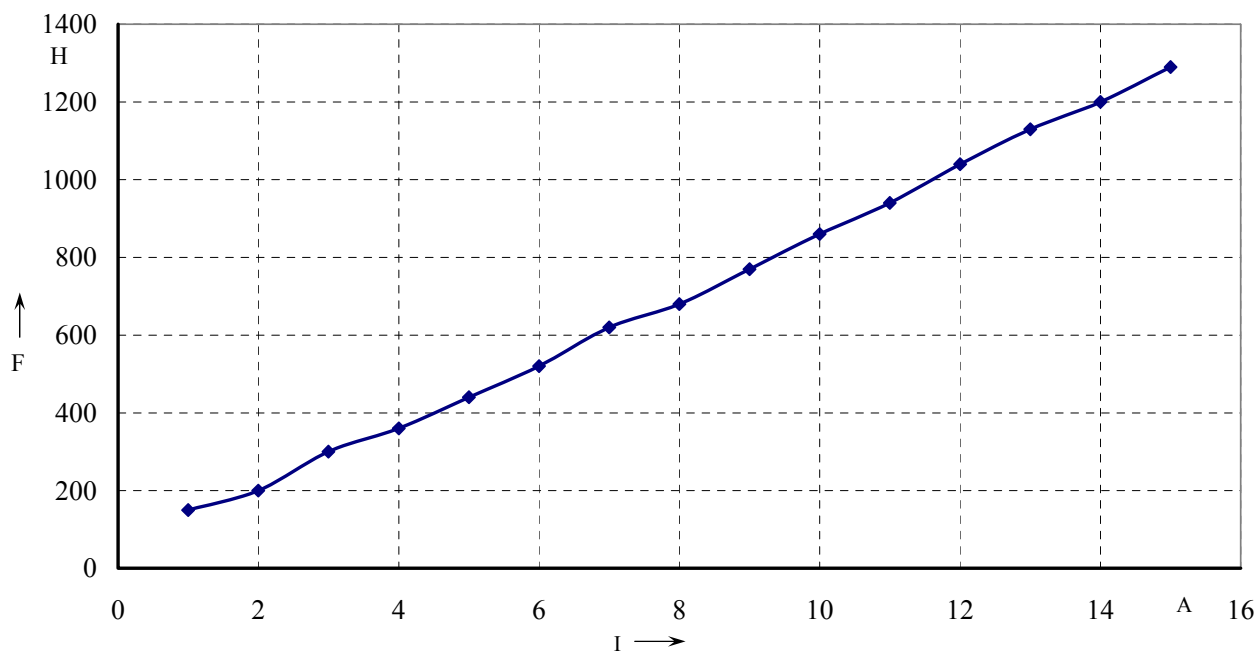


Рис. 4.7. Залежність сили на важелі перемикавання від величини струму

Навантаження важеля з зазором моделює переміщення у коробці передач переміщення синхронізатора до торкання конічних поверхонь тертя.

За даними вимірювання побудована статична характеристика залежності зусилля на важелі від величини струму у обмотці (рис. 3.21).

Порівнявши данні статичної характеристики із значення ми у табл. 4.2 можна зробити висновок що для перемикавання перебач у наявній коробці передач достатньо одного електродвигуна. Значення струму у обмотці електродвигуна для кожній передачі наведено у табл. 4.3 та 4.4

Таблиця 4.3

Обмеження максимально допустимого струму на кожній передачі

№ передачі	Струм, А
2	10
3	7
4	6,8
5	4,5

Таблиця 4.4

Обмеження струму на кожній передачі під час роботи коробки у оптимальному режимі

Величина	I -> II	II <- III	II -> III	III <- IV	III -> IV	IV <- V	IV -> V
I, А	10,8	8,7	5,1	5,45	4,575	3,883	2,69
P _c , Н	924	743	448	476	406	353	269

Регуляторна характеристика електричного двигуна для процесів переключення на нижчі та вищі передачі матиме вигляд (рис. 4.8)

Таким чином, користуючись цією характеристикою а також залежностями зміни зусилля від динамічного зазору у синхронізаторі можливо визначити необхідний характер зміни струму не тільки для конкретної передачі та режиму її включення, а також у залежності від величини динамічного зазору у синхронізаторі.

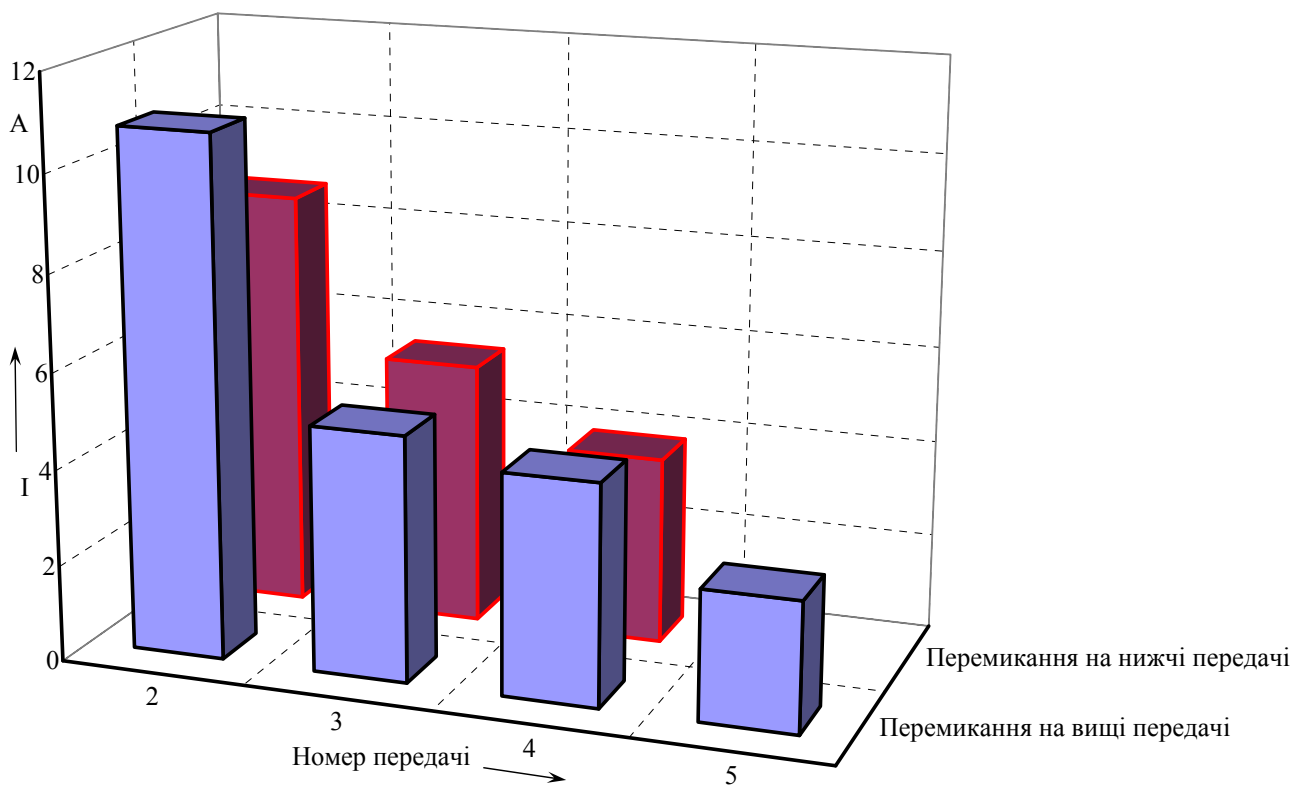


Рис. 4.8. Регуляторна характеристика електричного двигуна для двох напрямків перемикання передач

ВИСНОВКИ

1. При розробці пристрою управління автоматизованої КП були використані мікроконтролери 51-сімейства фірми Atmel. З рівним зусиллям в розробленому пристрої можуть бути використані недорогі мікроконтролери сімейства AVR фірми Atmel або сімейства PIC фірми Microchip. Використані вказаних мікроконтролерів доцільно при реалізації в пристрої управління цифрової обробки вимірювальної інформації (вихідних сигналів датчиків переміщення), оскільки до складу їх периферійного устаткування входять аналогово-цифрові перетворювачі, наявність яких дозволяє виконати квантування вхідних аналогових сигналів.

2. Формування інформації, що управляє, відповідної вибраної передачі на яку необхідно виконати перемикання, можливо при будь-якій конструкції релейних датчиків (кнопок) з дотриманням єдиної вимоги – виконання ергономічних норм до робочого місця водія автомобіля.

3. Технічна реалізація дисплея може бути проведена з використанням знак синтезуючих індикаторів будь-якого типу з розмірами знаків символів, що відображаються, ергономічним нормам, що відповідають, до робочого місця водія автомобіля.

4. Пристрій управління доцільно виконати у вигляді двох конструктивних блоків. У першому блоці, який розміщений в кабіні водія, міститься модуль контролера, що управляє, а в другому, розміщеному поблизу об'єкту управління (автоматизованої КПП) – силовий модуль.

5. Оскільки розроблений пристрій призначений для експлуатації на відкритому повітрі, то всі елементи конструкції, а також всі його електронні компоненти, повинні зберігати свою працездатність в інтервалі температур від – 400С до 850С.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Гируцкий О.И., Есеновский-Лашков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. М.: Транспорт, 2000. 213 с.

2 Shifting Along nicely. International journals Applied pneumatics. Vol. 11. №87. 1987. P. 16-17.

3 ZF Easyshift. Electro-pneumatische Schaltung (ES), ZF Semishift. Semiautomatic mit electro-pneumatischer Schaltung (SES), ZF Ecoshift. Automatisierte Vorwahl-Schaltung (AVS), ZF Autoshift. Automatische Schaltung (AS) (проспект фирмы Zahnradfabric. Германия).

4 CAG – Computer-aided gear changing (проспект фирмы Scania. Швеция).

5 Jahier F. Gamme, boites, moteur 500ch pour Voivo (Les Officiel des Transports. Франция. 1991, №1667, p. 15-17).

6 Roboshift Electrically operated pneumatic gear shift system for heavy duty vehicles (проспект фирмы Вольво).

7 Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В., Колесніков А.В. Гібридні автомобілі. Наукове видання: Монографія – Харків, ХНАДУ, 2008. – 327 с.

8 Бажинов А.В., Смирнов О.П. Концепция создания экологически чистого автомобиля. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля. Луганськ, 2006. - №7, С. 15-19.

9 Смирнов О.П. Тенденція створення екологічно чистого транспортного засобу // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. Харьков: РИО ХНАДУ. – 2005. – Вып. № 17. – С. 103-105.

10 Говорущенко Н.Я. Основные направления развития автомобильного транспорта в XXI веке // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. Харьков: РИО ХНАДУ. – 2003. – Вып. № 13. – С. 7-11.

11 Смирнов О.П. Аналіз схемних рішень побудови автомобіля з гібридною енергетичною установкою. // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. Харьков: РИО ХНАДУ. – 2006. – Вып. № 32. – С. 41-43.

12 Е. М. Михайловский, К.Б. Серебряков, Е.Я. Тур. Устройство автомобиля. Москва „Машиностроение” 1987г.

13 Осепчугов В.В., Фрумкин А.К., Автомобиль :Анализ конструкции, элементы расчета - Машиностроение 1989

14 Автомобильный справочник „Bosch”- ЗАО „КЖИ „За рулем”
„, 2002 г

15 Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др. Основы конструкции автомобиля. – М. ООО „Книжное издательство „За рулем” „, 2005 г.

16 Бороденко Ю.М., Серіков С.А., Смирнов О.П. Система керування гібридною силовою установкою з пневмодвигуном // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДВНЗ «ДонНТУ». – Горлівка, 2008. № 1(6), С. 32-38.

17 Смирнов О.П. Синергетичний підхід до створення силової установки автомобіля // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. Харьков: РИО ХНАДУ. – 2007. – Вып. 37. – С. 131-133.

18 Петров В.А. Автоматические системы транспортных машин. М.: Машиностроение, 1974. 336 с.

19 Румянцев Л.А. Проектирование автоматизированных автомобильных сцеплений. М.: Машиностроение, 1975. 176 с.

20 Microprocessor applied to automobile transmission control. Automotive Engineering. August. 1982. Vol. 90. №8. P. 36-42.

21 Поляк Д.Г., Есеновский-Лашков Ю.К. Электроника автомобильных систем управления. М.: Машиностроение, 1987. 200 с.

22 Automatic clutch and throttle System ACTS (проспект фирмы Borg&Beck. Великобритания).

23 Electronisches Kupplungssystem EKS (проспект фирмы SACHS. Германия).

24 Крутов В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. М.: Машиностроение, 1978. – 472 с.

25 Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

26 Смирнов О.П., Калмиков В.І. Характерні режими роботи гібридної енергетичної установки автомобіля // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. Харьков: РИО ХНАДУ. – 2006. – Вып. 18. – С. 13-15.

27 Смирнов О.П., Смирнова А.О. Схемные решения и особенности построения автомобилей с гибридной силовой установкой. Материалы доклада в техническом университете г. Варна (Болгария) на XIII научно-технической конференции с международным участием на тему: «Транспорт, экология –

устойчивое развитие» 10-12 мая 2007 года, Варна, 2007. – С. 613 - 619.

28 Смирнов О.П., Калмиков В.И., Боженков В.С., Быков А.М., Воробьев Д.А. Исследование функциональных возможностей вентильных машин в электроприводе автомобилей. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДВНЗ «ДонНТУ». – Горлівка, 2007. № 1(4), С. 129-132.

29 Смирнов О.П., Калмиков В.И. Обоснование использования вентильных электрических машин в гибридных силовых установках автомобилей // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. Харьков: РИО ХНАДУ. – 2007. – Вып. № 21. – С. 31-33.

30 Смирнов Д.О., Сараєв А.В. Схемні рішення застосування вентильних машин у електроприводі автомобілів // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. Харьков: РИО ХНАДУ. – 2008. – Вып. 41. – С. 45-47.

31 Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник/Под общ. ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

32 Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчёта: Учебник. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

33 Барун В.Н., Азаматов Р.А., Трынов В.А. Автомобили КамАЗ: Техническое обслуживание и ремонт. – М.: Транспорт, 1984. – 251 с.

34 Мотовилин Г.В. Масино М.А., Суворов О.М. Автомобильные материалы: Справочник. – М.: Транспорт, 1989. – 464 с.

35 Крамской А.В. Совершенствование методов расчёта динамики пневмоаппаратов и пневматического тормозного привода автотранспортных средств. Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.02. – Харьков, 2006. – 219 с.

36 Смирнов О.П. Теоретические основы повышения топливной экономичности автомобиля за счет использования гибридной энергетической установки. Материалы доклада в техническом университете г. Варна (Болгария) на XII научно-технической конференции с международным участием на тему: «Транспорт, экология – устойчивое развитие» 18-20 мая 2006 года, Варна, 2006. – с. 80-85.

37 Смирнов О.П., Боженков В.С. Математичне моделювання тягово-швидкісних характеристик гібридного автомобіля // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2006. – Вып. № 2(8). – С. 46-49.

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Наукове видання

БОГОМОЛОВ Віктор Олександрович
КЛИМЕНКО Валерій Іванович
МИХАЛЕВИЧ Микола Григорович
ЛЕОНТЬЄВ Дмитро Миколайович
СИЛЬЧЕНКО Микола Миколайович
ЯРИТА Олександр Олександрович

РОЗРОБКА АДАПТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ

Монографія

Відповідальний за випуск *В. І. Клименко*

Авторська редакція

Видавництво

**Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.
Тел./факс: (057) 700-38-64; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua**

Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції, серія № ДК № 897 від 17.04.2002 р.

Підписано до друку 15.11.2018 р. Формат 60х84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman Суг. Віддруковано на ризографі.
Умовн. друк. арк. 12,0. Обл.-вид арк. 8,72.
Замовлення № 16/11/18. Тираж 300 прим. Ціна договірна.

Віддруковано ПП «Видавничий Будинок «Перлина»
Свідоцтво № 070950 видане Виконавчим Комітетом
Харківської міської Ради 02.03.2006 р.