

АНАЛІЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ЕЛЕКТРОВАКУУМНОГО ПРИВОДА КЕРУВАННЯ ЗЧЕПЛЕННЯМ

Сагоров Дмитро Миколайович, ст.гр. АА-41,
Sagorev13@mail.ru

Сучасні умови експлуатації автомобілів характеризуються значною напруженістю дорожнього руху із частими зупинками й інтенсивним розгоном. Рух автомобіля в цих умовах вимагає великої кількості перемикачів зчеплення. На найбільш напружених міських маршрутах водій вантажного автомобіля за зміну натискає на педаль зчеплення до 1500-2000 разів [1]. Через велике навантаження, пов'язаної з управлінням зчеплення, водій нерідко намагається швидше відпустити педаль зчеплення при початку руху автомобіля з місця, або при перемиканні передачі. Керування зчепленням у цих умовах супроводжується значними поздовжніми коливаннями автомобіля, що погіршують комфортабельність їзди, і приводять до підвищеного зношування агрегатів трансмісії.

Найбільше гостро стоїть питання полегшення керування зчепленням на автобусах і вантажних автомобілях. Відомі два напрямки полегшення керування зчепленням: застосування автоматичних зчеплень і застосування різних підсилювачів у приводах зчеплень (сервоприводів) [1]. Другий напрямок отримав найбільше поширення на автобусах і вантажних автомобілях великої вантажопідйомності, у той час як автоматичні зчеплення частіше застосовуються на легкових автомобілях особливо малого й малого класу. Застосування автоматичних зчеплень усуває педаль керування зчепленням. Автомобіль плавно рушає з місця в різних дорожніх умовах незалежно від кваліфікації водія.

При використанні в приводі підсилювачів педаль зчеплення зберігається, однак максимальне зусилля, прикладене до неї, значно зменшується.

Робота автоматичного електровакуумного привода керування зчепленням

На блоки автоматики електронних систем керування покладають завдання формування команд примусового вимикання зчеплення на період перемикання передач або у випадку зменшення частоти обертання вала двигуна нижче встановленої межі, повного включення (блокування) зчеплення при розгоні колінчатого вала до заданої частоти обертання, а також забезпечення плавного регулювання моменту, переданого зчепленням, відповідно до передбаченого закону керування $M_c = f(n_k)$

Для одержання такого закону керування необхідно на вхід електронного блоку подавати електричний сигнал, частота проходження якого є функцією n_k

Практично дане завдання вирішується або в результаті використання сигналу, видаваного датчиком частоти обертання, що приводять від вала двигуна, або при використанні як вхідний сигнал напруги, формованого на

первинній обмотці котушки запалювання двигуна. Як у цьому, так й 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 запалювання, причому схема електронного блоку залишається незмінною незалежно від того, якою системою запалювання (класичної, безконтактної або мікропроцесорної) обладнаний автомобіль.

Легкові автомобілі масового виробництва розташовують двома видами енергоісточника - розрідженням, що створюється у впускному колекторі двигуна (вакуумом), і електроенергією, що виробляється генератором автомобіля й запасається в його акумуляторній батареї. Виходячи із цього, в описуваній системі автоматичного керування зчепленням, розробленої в ДП, застосований виконавчий механізм привода зчеплення у вигляді вакуумної сервокамери, розрідження в якій регулюється за допомогою клапанного пристрою із приводом від електромагніта. Залежно від розрідження відповідно змінюється й приводне зусилля вакуумної сервокамери. Режимом роботи електромагніта привода клапанного пристрою управляє електронний блок, виконаний на основі аналого - цифровий схемотехніки. Відповідно до цього описувана система надалі позначається терміном "Електровакуумний привід керування зчепленням" (ЕВПКЗ) (дивитися рис.1).

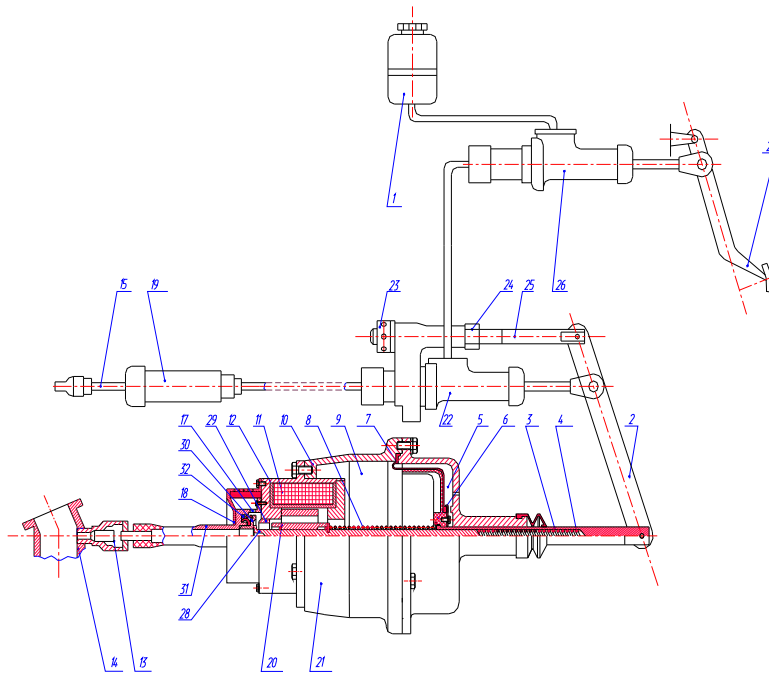


Рисунок 1- Електровакуумний привід керування зчепленням

Вакуумна сервокамера, клапан регулювання тиску в ній і приводний електромагніт виконані у вигляді єдиного конструктивного вузла. Зчеплення включається й вимикається в результаті переміщення поршня 6 і пов'язаного з ним штока 3 сервокамери. Якщо, наприклад, поршень 6 втягується усередину сервокамери, то шток 3, впливаючи на важіль 2, переміщає ліворуч поршень головного гідроциліндра 22 сервокамери. Це викликає переміщення поршня робочого гідроциліндра 19 (ліворуч), внаслідок чого шток 15, натискаючи на

важіль привода зчеплення, пересуває віджимний підшипник, виключаючи при цьому зчеплення.

При русі поршня *б* у зворотному напрямку зчеплення включається.

Ліворуч від поршня *б* розташована порожнина *5*, постійно з'єднана з атмосферою, а праворуч від поршня перебуває порожнина *9* регульованого тиску, рівень якого може мінятися від атмосферного до розрідження 60-70 кПа ($0,6 \cdot 0,7 \text{ кгс/см}^2$). Чим вище розрідження в порожнині *9*, тим більша різниця сил діє на стінки поршня *б*, у результаті чого зростає сила, що прагне перемістити поршень усередину сервокамери. Під її дією через приводні вузли зчеплення стискаються його натискні пружини, внаслідок чого зменшується притиснення натискного диска до веденого, і відповідно зменшується момент, переданий зчепленням.

У міру зменшення розрідження в порожнині *9* знижується результуюча сила, що діє на поршень *б*. У результаті цього зменшується зусилля на натискні пружини, що приводить до збільшення сили притиснення натискного диска до веденого. При цьому забезпечується зростання моменту, переданого зчепленням.

Розрідження в порожнині *9* регулюється за допомогою клапана *31*, на який з однієї сторони діє пружина *32*, а з іншого боку — штовхач *28*. У свою чергу, на штовхач діє, по-перше, зусилля послідовно встановлених пружин *4* й *8*, що прагне пересунути його праворуч ліворуч, і, по-друге, сила $F_{ем}$, що розвиває електромагніт *12*, спрямована назустріч зусиллю цих пружин.

Характеристики пружини *8* вибрані таким чином, що, по-перше, вона повністю стискується при втягуванні поршня *б* усередину сервокамери на 20+25 % від його повного переміщення *й*, по-друге, при повністю стислому стані вона розвиває зусилля, що становить не більше 15 % від повного зусилля могутнішої пружини *4*.

В зазначених межах втягування поршня *б*, що відповідає переміщення віджимного підшипника зчеплення, зменшення його моменту M_c не відбувається. Тому пружина *8* практично не робить впливу на інтенсивність зміни моменту M_c в міру переміщення поршня *б*, а її роль зводиться лише до того, щоб забезпечувати початок включення зчеплення при заданому положенні поршня. Із цієї причини пружина *8* надалі позначається терміном "регульовальна", а більш докладно її функції будуть розглянуті нижче.

В результаті сказаного при розгляді принципу дії ЕВПЗ у розрахунок буде прийматися дія тільки пружини *4*, що надалі позначається терміном "слідкуюча".

Електромагніт *12* на відміну від електромагнітів звичайного типу з якорем, що втягується, виконаний без центрального нерухомого сердечника. У результаті цього в міру втягування якоря усередину порожнини електромагніта тягове зусилля $F_{эм}$, що не зростає, як у звичайних електромагнітів (рис. 2, криві *1* й *2*), а зменшуються (криві *3—8*). Тим самим шляхом регулювання сили струму в обмотці електромагніта створюється можливість переміщати його якор у будь-яке положення, що є стійким для даної сили струму. Такий вид тягових характеристик електромагніта є необхідною умовою для функціонування ЕВПЗ.

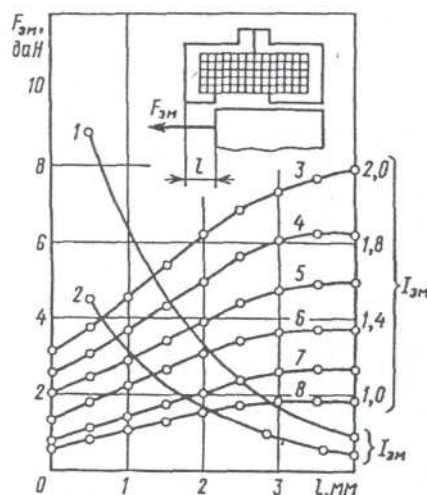


Рисунок 2. Залежність тягового зусилля $F_{эм}$ електромагніта з якорем, що втягує, від переміщення l якорі й сили струму в обмотці електромагніта: 1,2— із центральним нерухомим сердечником; 3—8 — без нього

Якщо зусилля $F_{эм}$ перевищить зусилля $F_{пр}$ пружини 4, то штовхач 28 зміститься в праве положення, і його рухливе сідло 30 відійде від клапана 31. У результаті цього клапан 31 під дією пружини 32 переміститься в крайнє праве положення й наблизиться до нерухомого сідла 29.

У результаті порожнина 9 через зворотний клапан 13 з'єднується із впускним колектором 14 двигуна, завдяки чому в даній порожнині виникне розрідження, що забезпечує втягування поршня 6 усередину сервокамери. Тим самим буде досягнуте зменшення моменту M_c , переданого зчепленням.

Якщо ж зусилля пружини 4 стає більше сили $F_{эм}$, то рухоме сідло, поперше, закрийє центральний отвір у клапані 31 і тим самим роз'єднає порожнина 9 із впускним колектором двигуна, і, по-друге, відсуне клапан від нерухомого сідла 29, завдяки чому порожнина 9 через отвір 17 у корпусі 31 клапана з'єднається з атмосферою. У результаті відбудеться зменшення розрідження в порожнині 9, внаслідок чого, як відзначалося вище, збільшиться момент, переданий зчепленням.

Зусилля $F_{пр}$ пружини 4 залежить від положення поршня 6, зростаючи в міру його втягування усередину сервокамери, а сила $F_{эм}$, що розвиває електромагнітом, визначається силою струму, що проходить через його обмотку.

Якщо при окремому положенні поршня сила $F_{эм}$ виявиться більше зусилля пружини 4, то це, як згадувалось вище, приведе до переміщення поршня усередину сервокамери. Але при такому переміщенні внаслідок стиску пружини 4 зросте зусилля, що при певному положенні поршня стає рівним зусиллю електромагніта.

У результаті штовхач 28 установиться в такому положенні, при якому його рухливе сідло 30 тільки закрийє центральний отвір у клапані 31, не відсуваючи сам клапан від нерухомого сідла 29.

У цьому положенні клапана буде забезпечене від'єднання порожнини 8 як від впускного колектора двигуна, так і від атмосфери, завдяки чому в даній порожнині встановиться певне постійне розрідження, і подальше переміщення поршня припиниться.

Якщо ж у процесі роботи сервокамери при якимсь положенні поршня зусилля F_{np} пружини 4 перевищить силу $F_{эм}$, то в результаті з'єднання порожнини сервокамери з атмосферою це приведе до переміщення поршня 6 у напрямку його виходу із сервокамери. Але в результаті зменшиться зусилля пружини 4, і, коли воно зрівняється із силою $F_{эм}$ клапан 31 стикнеться як з рухомим, так і з нерухомим сідлами. Внаслідок цього порожнина 9 сервокамери буде від'єднана як від джерела розрідження, так і від атмосфери, завдяки чому в ній установається певне постійне розрідження, і положення поршня 6 не буде змінюватися.

Дане положення клапана 31 і штовахача 28 відповідає сталому режиму роботи сервокамери. Практично ж у процесі її роботи поршень коливається з невеликою амплітудою й з високою частотою щодо сталого його положення. При цьому амплітуда коливань поршня поступово зменшується й у випадку сталості сили $F_{эм}$, через деякий час, поршень зупиниться у своєму сталому положенні.

Чим вище сила струму $I_{эм}$, що проходить через обмотку електромагніта, тим при більшому стиску пружина 4 забезпечує рівність розвиває нею зусилля F_{np} й сили $F_{эм}$ електромагніта. Для збільшення зусилля пружини 4 поршень 6 повинен далі втягтися усередину камери, внаслідок чого зменшиться момент M_c . Таким чином, розглянутий привод являє собою систему, що стежить, у якій елементом зворотного зв'язку є пружина 4.

В вихідному стані ЕВПЗ, що відповідає повному включенню зчеплення, поршень гідроциліндра 22 займає крайнє ліве положення, що не залежить від установки опори 25 важеля 2. Тому, якщо у вихідному стані ЕВПЗ подовжити опору 25 шляхом переміщення вліво її кінця, де вона з'єднана з важелем 2, то це приведе до того, що протилежний кінець даного важеля пересуне шток 3 і поршень 6 усередину сервокамери, тобто зміниться їхнє вихідне положення.

У результаті зменшиться повний хід штока 3 від цього вихідного положення до свого кінцевого положення, при якому поршень 6 дійде до упору в корпус сервокамери.

Це означає, що при переміщенні штока 3 у своє кінцеве положення, що відповідає повному вимиканню зчеплення, натискний диск буде відсунутий від веденого диска зчеплення на тим меншу відстань, чим далі ліво була пересунена опора 25 важеля 2.

Внаслідок цього залежно від довжини опори 25 буде змінюватися й переміщення штока 3 від свого кінцевого положення в положення, при якому відбудеться контакт натискного й веденого дисків, чому відповідає початок передачі зчепленням моменту. Оскільки ж положення штока 3 визначається тільки силою струму $I_{эм}$, то це означає, що залежно від довжини опори 25 буде змінюватися й сила струму $I_{эм}$, при якій автомобіль, буде рушати з місця.

В свою чергу, система керування ЕВПЗ виконана таким чином, що сила струму $I_{эм}$ зменшується зі збільшенням частоти обертання вала двигуна (рис.3).

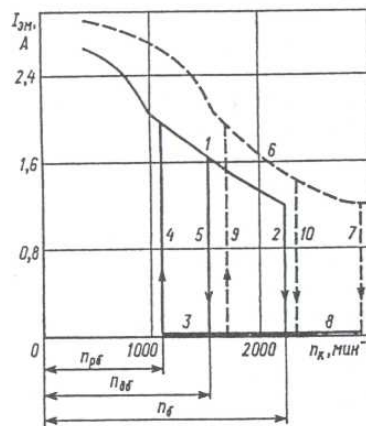


Рисунок 3. Залежність сили струму $I_{эм}$ в обмотці електромагніта ЕВПЗ від частоти обертання n_k колінчатого вала: 1—4— основний режим роботи; 5 — доблокировка, основний режим; 6—9 — допоміжний режим роботи; 10 — доблокировка, допоміжний режим.

Отже, у результаті подовження опори 25 забезпечується зменшення частоти обертання n_k , що відповідає початку рушання автомобіля з місця, а для збільшення цієї частоти обертання необхідно зменшити довжину опори 25. Для зміни положення опори 25 варто відвернути гайку 24, а потім, обертаючи гайку 23, перемістити опору 25 у необхідне положення й зафіксувати її в ньому, затягнувши гайку 24. Зміна вихідного положення штока 3 внаслідок його переміщення усередину сервокамери викликає стиск пружини 8. Однак оскільки дана пружина, по-перше, розрахована на невелике зусилля й, по-друге, має малу жорсткість, зміну її зусилля при регулюванні вихідного положення штока 3 буде незначним. Внаслідок цього загальне зусилля, створюване пружинами 4 й 8, при роботі ЕВПЗ буде практично залежати тільки від характеристики пружини 4

Завдяки лінійності характеристики цієї пружини, буде зберігатися зразкова сталість зміни частоти обертання n_k , що відповідає початку рушання автомобіля з місця, на кожен оберт регульовальної гайки опори 25.

Темп включення зчеплення визначається швидкістю заповнення порожнини 9 повітрям, що надходить у неї через отвори 17 у корпусі 18 клапана при установці клапана 31 у положення впуску повітря. Діаметр отворів 17 обраний таким чином, що при повністю відкритому клапані 31 забезпечується швидке включення зчеплення після закінчення процесу перемикання передач без надмірного збільшення навантажень у трансмісії.

Примусове вимикання зчеплення незалежно від частоти обертання колінчатого вала виконується за допомогою вхідні до складу ЕВПЗ вимикача, встановленого усередині рукоятки важеля перемикання передач. Контакти даного вимикача замикаються, коли водій прикладає зусилля до важеля

перемикання передач. У результаті цього до обмотки електромагніта підводить майже вся напруга джерела живлення, що забезпечує проходження через неї струму $I_{эм} = 3,5 - 4A$ й гарантує повне вимикання зчеплення.

Закони керування, реалізовані системою ЕВПЗ.

Для одержання оптимальних тягово-швидкісних якостей автомобілів при їхньому встаткуванні автоматично діючим зчепленням системою керування ЕВПЗ передбачене регулювання моменту тертя M_c зчеплення по трьох параметрах: частоті обертання n_k колінчатого вала, швидкості руху V_a автомобіля й положення α дросельної заслінки карбюратора. При цьому основним параметром керування є частота обертання n_k колінчатого вала, залежно від зміни якої здійснюється плавне регулювання моменту M_c й виробляються команди блокування й розблокування зчеплення. Інші два параметри керування (V_a і α) виконують лише функції коректування основного закону регулювання $M_c = f(n_k)$. Це досягається завдяки встаткуванню автомобіля датчиком швидкості (ДШ) і вимикачем $S_{др}$, на який впливає важіль керування дросельною заслінкою карбюратора. Сигнали від датчиків і перемикачів системи надходять до її електронного блоку, що формує необхідні закони керування зчепленням.

С метою одержання оптимальних режимів спільної роботи двигуна й зчеплення, що визначає показники автомобіля при різних умовах його експлуатації, у системі керування ЕВПЗ передбачена можливість реалізації двох законів регулювання моменту тертя зчеплення, що формують основний і допоміжний режими роботи системи. Розходження між ними полягає в тім, що в порівнянні з основним режимом роботи системи керування залежності $I_{эм} = f(n_k)$ й, отже, $M_c = f(n_k)$ при допоміжному режимі зміщуються в зону більше високих частот обертання n_k (рис. 4).

У результаті цього зчеплення починає передавати момент при більше високих частотах обертання n_k в порівнянні з основним режимом, завдяки чому забезпечується можливість збільшення частоти обертання $n_{х.х.}$ в режимі холостого ходу двигуна без небезпеки різкого рушання автомобіля з місця.

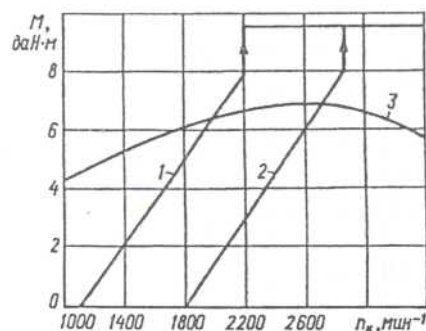


Рисунок 4 Вплив залежності $M_c = f(n_k)$ на тягові характеристики автомобіля: 1 – основний режим; 2 – допоміжний режим; 3 – залежність $M_c = f(n_k)$.

Така зміна характеристики зчеплення є необхідним, наприклад, при початку експлуатації автомобіля з погано прогрітим двигуном, коли щоб уникнути його зупинки доводиться збільшувати частоту обертання $n_{x.x}$.

Крім того, при зазначеному зсуві залежності $M_c = f(n_k)$ її перетинання з характеристикою $M_k = f(n_k)$ відбудеться при більше високому значенні n_k , чому будуть відповідати більші значення M_c й M_k у крапці перетинання зазначених кривих. Завдяки цьому покращаться тягові характеристики автомобіля, що здобуває особливе значення при його експлуатації в важких дорожніх умовах (наприклад, якщо буде потреба рушання з місця на крутому підйомі).

Для переходу від основного до допоміжного режиму водій повинен або перемкнути у відповідне положення електричний перемикач режимів роботи системи, або хоча б злегка відкрити повітряну заслінку карбюратора, із приводом якої зв'язаний вимикач контролю її стану. При цьому в результаті замикання контактів даного вимикача (який є стандартним елементом електроустаткування автомобіля) одночасно із включенням сигнальної лампи системи електроустаткування електронний блок керування зчепленням одержить команду для автоматичного включення допоміжного режиму.

Висновок

Аналіз існуючих приводів керування зчепленням й їхніх характеристик показав, що перспективним для вантажних автомобілів є застосування автоматичного електровакуумного привода зчеплення (ЕВПЗ). Огляд конструкцій існуючих підсилювачів і методик їхнього проектування дозволив виявити їхні недоліки, обумовлені недостатньою вивченістю фізичних процесів, що протікають у них, і більшою кількістю допущень, прийнятих при

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности “Автомобили и тракторы” /П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с., ил.
2. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник/Под общ. ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984, - 272 с., ил.
3. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмисия: [Учеб. Пособие для спец. ‘Автомобили и тракторы’]/А.И. Гришкевич, В.А. Вавуло, А.В.Карпов и др.]; Под ред. А.И. Гришкевича. – Мн.: Выш. шк., 1985. – 240 с., ил.

Научный консультант: Шепеленко И.Г.: