

8. СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Мехатронні системи рульового керування формувалися в процесі його еволюційного розвитку та вдосконалення – від чисто механічної системи з використанням мускульної сили водія, потім гідравлічного та електрогідравлічного підсилювача до систем з електронним керуванням. Звідси й різний ступінь мехатронної інтеграції компонентів та рівня їх інтелектуалізації.

Системи рульового керування з підсилювачем знайшли широке застосування (рис. 8.1). Однак без інтеграції електроніки підсилювачі, як правило, мають постійний коефіцієнт підсилення, що негативно позначається на занадто великих і занадто малих швидкостях руху автомобіля. На малій швидкості потрібні більші зусилля на рульовому колесі, а на великій швидкості – менші (рис. 8.2).

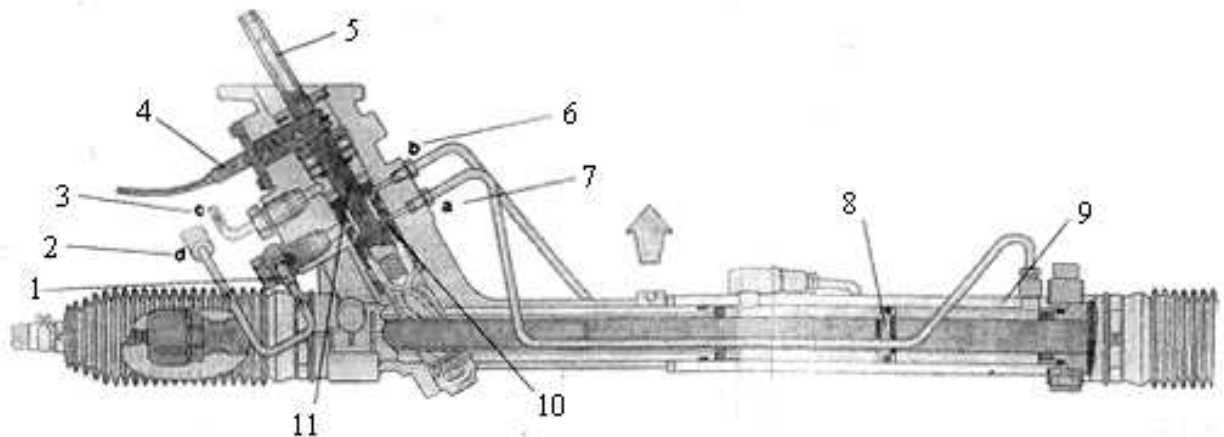


Рис. 8.1. Гідравлічний вузол гідропідсилювача рульового керування фірми KOYO:

1 – зворотний клапан; 2 – від шестеренного насоса; 3 – зливний трубопровід; 4 – датчик підсилювача (G250); 5 – торсіон; 6 – до лівої порожнини силового циліндра; 7 – до правої порожнини силового циліндра; 8 – поршень; 9 – силовий циліндр; 10 – розподільна гільза; 11 – поворотний золотник

Розробки з метою підвищення ефективності рульового керування базуються на інтеграції електронної техніки і мають два напрямки:

- керування, що реагує на швидкість руху автомобіля для зміни підсилення відповідно до швидкості автомобіля;
- керування, що реагує на частоту обертання колінчастого вала двигуна.

В обох напрямках мета зміни полягає у тому, щоб зробити легшим керування на низькій швидкості та менш чутливим – на високій.

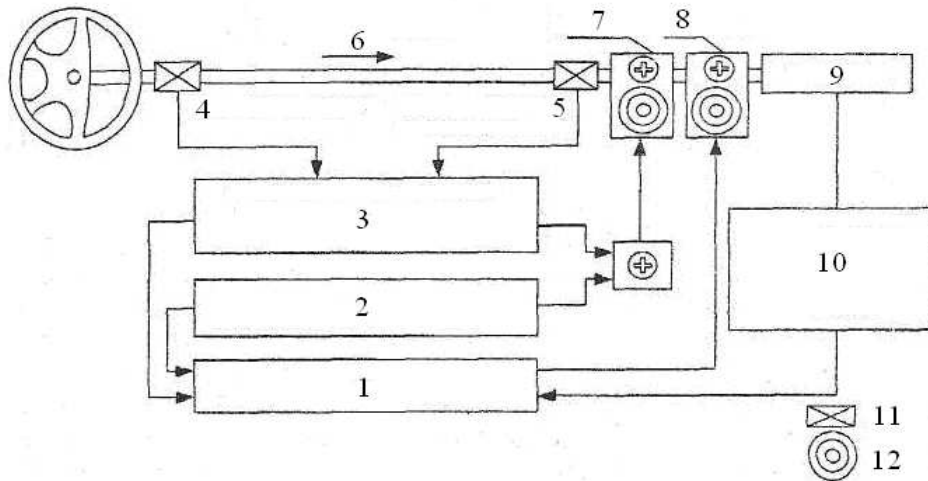


Рис. 8.2. Активна система рульового керування з підсилювачем:

1 – контроль зусилля рульового керування; 2 – регулювання коефіцієнта рискання, інтерферійне вирівнювання; 3 – зміна коефіцієнта підсилення зусилля холостого ходу рульового керування; 4 – датчик кута повороту рульового колеса; 5 – датчик зусилля на рульовому колесі; 6 – ручне керування кутом повороту і моментом; 7 – стабілізатор рульового керування; 8 – підсилювач рульового керування; 9 – автомобіль; 10 – коефіцієнт рискання, бокове прискорення, швидкість, момент на рульовому колесі; тиск у гальмівній системі; 11 – датчик; 12 – двигун

Об'єднання електронних блоків керування з датчиками та виконавчими механізмами в єдиний вузол дозволяє суттєво розширити функціональні можливості електронних систем керування.

Існують також системи, які з допомогою мікропроцесорних засобів дають можливість керувати рульовим підсилювачем за показниками кутової швидкості повороту рульового колеса або встановлювати його за бажанням водія.

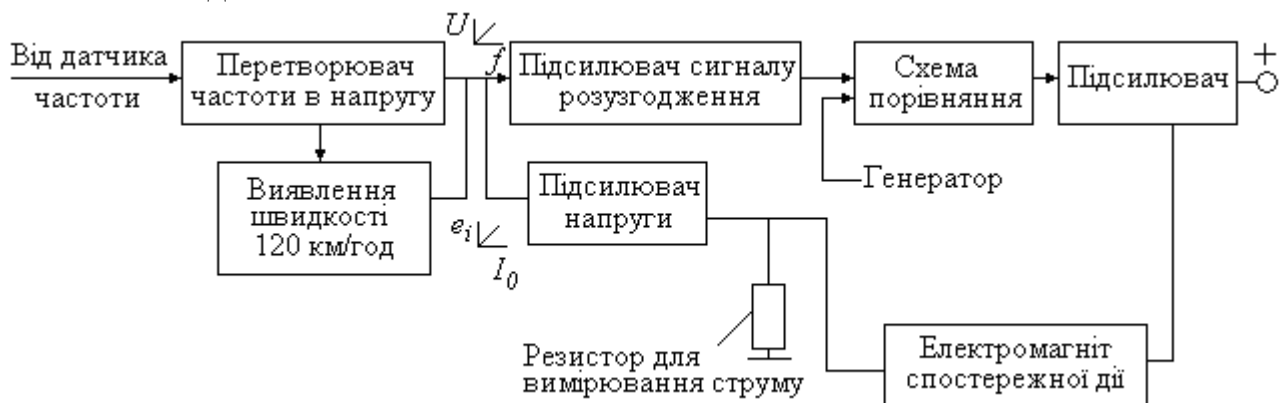


Рис. 8.3. Структурна схема електронного блока рульового керування з підсиленням за швидкістю автомобіля

Необхідність використання систем підсилення з можливістю модуляції сил, що діють на рульове керування, за швидкістю руху

викликана зростаючими вимогами комфортабельності та безпеки руху сучасних автомобілів. В таких системах електронний блок керування (ЕБК), виготовлений у вигляді аналогової схеми, (рис. 8.3) оцінює сигнали, що відповідають швидкості руху автомобіля, і визначає рівень реакції гідравлічного або електронного підсилювача (рис. 8.4)

Найбільш досконалим з точки зору конструкції є електромеханічний підсилювач рульового керування. Відомими конструкціями такого підсилювача є (рис. 8.4, 8.5):

- електромеханічний підсилювач руля з двома шестірнями;
- електромеханічний підсилювач руля з паралельним приводом.

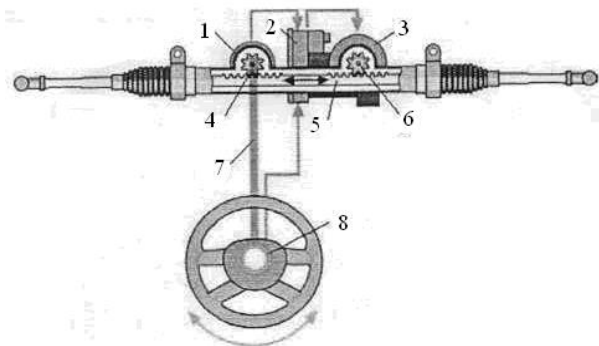


Рис. 8.4. Схема електромеханічного підсилювача руля з двома шестірнями:

1 – датчик крутного моменту на рульовому колесі; 2 – електронний блок керування; 3 – електродвигун; 4 – шестірня вала рульового керування, 5 – зубчаста рейка; 6 – шестірня підсилювача руля; 7 – карданний вал рульового керування; 8 – датчик кута повороту рульового колеса

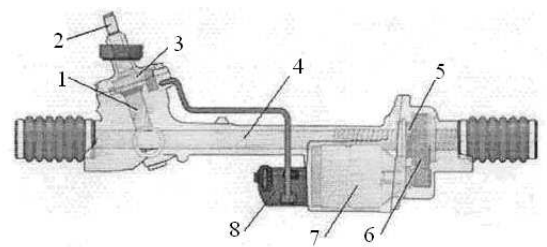


Рис. 8.5 - Схема електромеханічного підсилювача руля з паралельним приводом:

1 – вал-шестірня; 2 – торсійний стрижень; 3 – датчик крутного моменту на рульовому колесі; 4 – зубчаста рейка; 5 – гайка на циркулюючих кульках; 6 – ремінна передача; 7 – електродвигун; 8 – електронний блок керування

Електромеханічний підсилювач рульового керування має такий склад:

- електродвигун підсилювача;
- механічна передача;
- система керування.

Механічна передача забезпечує передачу крутильного моменту від електродвигуна до рейки рульового механізму. В електропідсилювачі з двома шестірнями одна шестірня передає крутильний момент на рейку рульового механізму від рульового колеса, інша – від електродвигуна підсилювача. Для цього на рейці передбачені дві ділянки зубців, одна з яких служить приводом підсилювача.

В електропідсилювачі з паралельним приводом зусилля від електродвигуна передається на рейку рульового механізму з допомогою

ремінної передачі та спеціального кулькогвинтового механізму.

Система керування електропідсилювачем руля включає такі елементи:

- вхідні датчики;
- електронний блок керування;
- виконавчий пристрій.

До вхідних датчиків належать датчик кута повороту рульового колеса і датчик крутильного моменту на рульовому колесі. Система керування електропідсилювачем руля також використовує інформацію, що надходить від блока керування ABS (датчик швидкості автомобіля) і блока керування двигуном (датчик частоти обертання колінчастого вала двигуна).

Електронний блок керування обробляє сигнали датчиків. Згідно із закладеною програмою виробляється відповідний керуючий вплив на виконавчий пристрій – електродвигун підсилювача.

Електропідсилювач руля забезпечує роботу рульового керування автомобіля у таких режимах:

- поворот автомобіля;
- поворот автомобіля на невеликій швидкості;
- поворот автомобіля на великій швидкості;
- активне повертання коліс у середнє положення;
- підтримка середнього положення коліс.

Поворот автомобіля здійснюється поворотом рульового колеса. Крутильний момент від рульового колеса передається через торсіон на рульовий механізм. Закрутка торсіона вимірюється з допомогою датчика крутильного моменту, кут повороту рульового колеса – датчика кута повороту рульового колеса. Інформація від датчиків, а також інформація про швидкість автомобіля, частоту обертання колінчастого вала двигуна передаються в електронний блок керування. Блок керування розраховує необхідну величину крутильного моменту електродвигуна підсилювача і шляхом зміни величини сили струму забезпечує її на електродвигуні. Крутильний момент від електродвигуна передається на рейку рульового механізму і далі, через рульові тяги, на ведучі колеса.

Таким чином, поворот коліс автомобіля здійснюється за рахунок об'єднання зусиль, що передаються від рульового колеса та електродвигуна підсилювача.

Поворот автомобіля на невеликій швидкості звичайно виконується під час паркування. Він характеризується великими кутами повороту рульового колеса. Електронна система керування забезпечує у даному разі максимальний крутильний момент електродвигуна (так званий «легкий руль»).

Під час повороту на великій швидкості, навпаки, електронна система керування забезпечує найменший крутильний момент (так званий «важкий руль»).

Система керування може збільшувати реактивне зусилля, що виникає при повороті коліс. Відбувається активне повертання коліс у середнє положення.

При експлуатації автомобіля часто виникає потреба у підтримці середнього положення коліс (рух при боковому вітрі, різному тиску в шинах). У цьому разі система керування забезпечує коригування середнього положення керованих коліс.

До складу електрогідравлічного підсилювача, що на сьогодні широко застосовується, входять: силовий гідроциліндр з розподільними клапанами, насосний агрегат з електродвигуном, датчик повороту рульового колеса, нагнітальний і зливний трубопроводи. До підсилювача руля висуваються особливо високі вимоги:

- підсилювач, що вийшов з ладу, не повинен призводити до заклинювання рульового керування, його довільній дії або яким-небудь іншим тяжким наслідкам;

- рульове керування повинне забезпечувати добре відчутну реакцію на рульовому колесі, мати високий ККД і бути здатним до спільної роботи з іншими системами автомобіля;

- розміщенню підсилювача на автомобілі не повинні перешкоджати його габарити та спосіб приводу;

- функціонування підсилювача повинне відповідати режимові руху автомобіля і бути достатньо інформативним; при цьому підсилювач повинен створювати помірні, але достатньо інформативні реактивні зусилля на рульовому колесі.

На рис.8.6 показані механічні, електромеханічні й електронні елементи мехатронної системи рульового керування. Для регулювання зусилля руля в залежності від швидкості руху автомобіля додатково встановлений датчик (4) підсилювача руля, який передає сигнал, що відповідає швидкості повороту рульового колеса, на електронний блок керування (7). Електродвигун (1) підсилювача рульового керування (потужністю від 580 до 830 Вт) установлений в корпусі рульового механізму, і його вал розташований паралельно рульовій рейці. Підтримувальне зусилля для рульового механізму передається від електродвигуна на рейку з допомогою зубчастого ременя.

Керування підсилювачем рульового керування здійснюється на основі вхідних сигналів від таких датчиків: повороту рульового колеса, кількості обертів вала двигуна, моменту повороту рульового колеса, кількості обертів вала електродвигуна та швидкості автомобіля. Блок керування (рис.8.6, а) приймає рішення про необхідний рівень з боку підсилювача рульового керування, а потім розраховується необхідні для приводу електродвигуна величина і напрям струму в статорі.

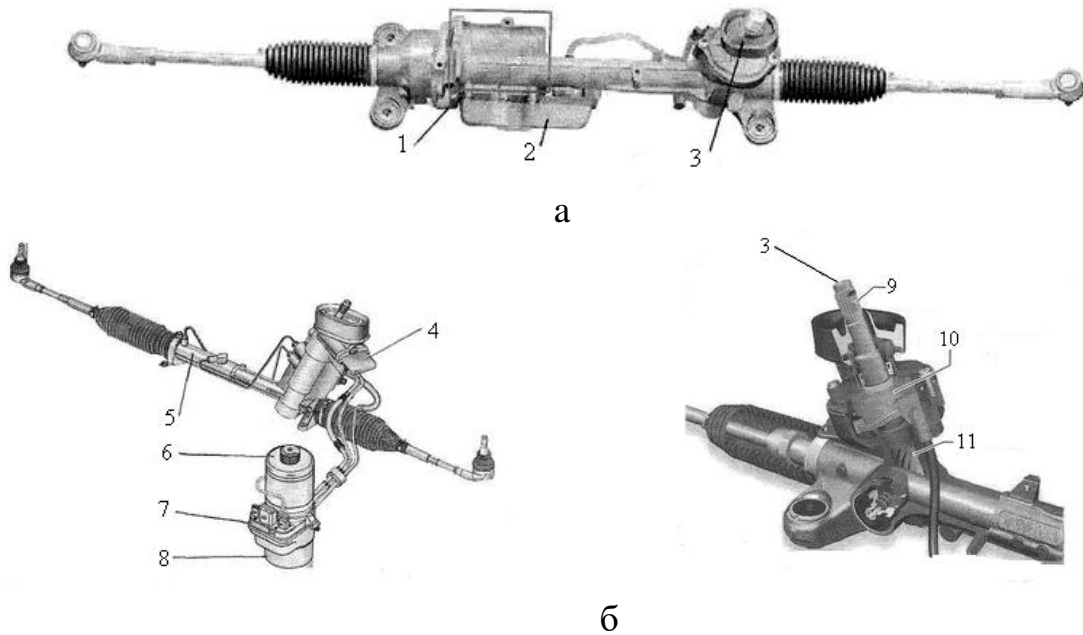


Рис.8.6. Електричні елементи рульового керування (а) й електрогідрравлічний підсилювач рульового керування (б)

На рис. 8.6 такі позначення: 1 – електродвигун підсилювача рульового керування; 2 – блок керування підсилювачем рульового керування; 3 – вхідний вал рульової колонки з шестірнею та датчиком моменту повороту рульового колеса; 4 – датчик підсилювача руля; 5 – рульовий механізм; 6 – бачок для робочої рідини; 7 – блок керування підсилювачем руля; 8 – шестеренний насос з електродвигуном; 9 – вхідний вал рульової колонки; 10 – датчик моменту повороту рульового колеса; 11 – вал-шестірня.

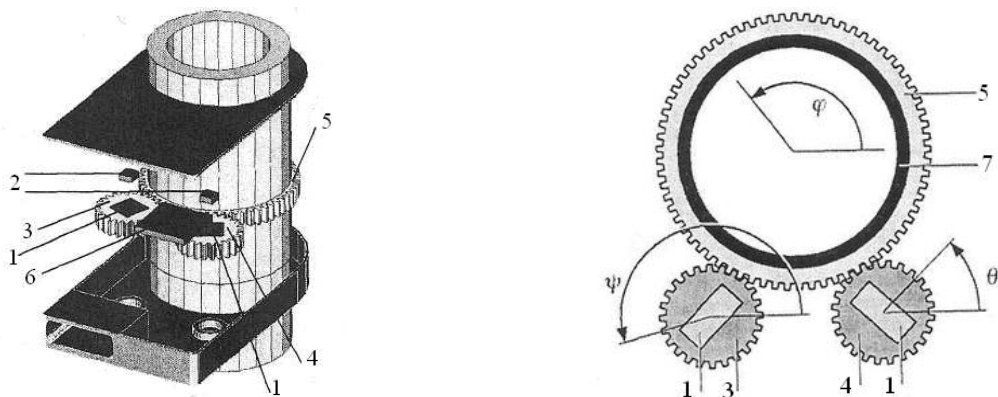


Рис.8.7. Датчик кута повороту рульового колеса:

1 – магніт; 2 – AMR-датчик; 3 – шестірня з m зубцями; 4 – шестірня з $m+1$ зубцями; 5 – привідна шестірня з n зубцями ($n > m$); 6 – блок обробки; 7 – рульовий вал; ψ , φ , θ – кути повороту

Датчик кута повороту рульового колеса LWS 3 (компоненти датчика приведені на рис.8.7) працює з «анізотропними магніторезистивними датчиками» (AMR), у яких електричний опір змінюється в залежності від

напряму дії зовнішнього магнітного поля. Діапазон вимірювання – чотири повних оберти. Шестірні (3 і 4), які приводяться в дію від рульового вала, відрізняються за кількістю зубців на один зубець, завдяки чому будь-якому положенню рульового колеса відповідає певне співвідношення кутів впливу магнітного поля. Таким чином можливе визначення актуального положення рульового колеса. Шестірні встановлюються у вихідний стан лише після кількох обертів (в одному напрямку), тобто немає необхідності у лічильнику обертів.

Датчик має функцію самодіагностики, що значно підвищує достовірність сигналу. Інформація про положення рульового колеса передається в блок керування шиною CAN. В електронній системі стабілізації (ESP) застосовується оптичний датчик кута повороту. Датчик складається з дев'яти світлодіодів для визначення положення шторок та двох мікропроцесорів, які утворюють єдину одиницю зі схемою обробки сигналу. Світлодіоди розташовані на однакових відстанях у каналі бар'єра, через який рухаються вісім шторок різної довжини. Оптичний датчик через шину CAN дає можливість визначити кут повороту з точністю $\pm 1^\circ$.

ЕБК у рульовому керуванні регулює зусилля на рульовому колесі (за наявності гідروпідсилювача) або поворот чотирьох коліс.

Керування зусиллям зводиться до його зменшення, коли автомобіль стоїть чи рухається з невеликою швидкістю, і, навпаки, до його збільшення у разі великих швидкостей, що забезпечує курсову стійкість і керованість. Можлива також зміна зусилля на рулі за бажанням водія.

Керування підсилювачем рульового механізму відбувається в залежності від швидкості за параметричним полем у згідно з програмою, що записана в пам'яті блока керування. Залежно від маси та оснащення автомобіля параметричне поле програмується у пам'яті блока керування на останньому етапі виробництва автомобіля.

Контрольні запитання

1. Яка тенденція розвитку мехатронних систем рульового керування?
2. Як здійснювалася інтеграція електроніки в рульове керування?
3. Через які причини відбувалася інтеграція електронних систем у рульове керування?
4. Які завдання автоматизації рульового керування були вирішені з допомогою електронних систем?
5. Наведіть схему рульового керування з гідравлічним підсилювачем, робота якого модулюється від швидкості руху?
6. Який склад елементів електрогідравлічного підсилювача?
7. Який принцип функціонування датчика кута повороту рульового колеса?