

УДК 629.3.014.2

КОНСТРУКТИВНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ РУЛЬОВИХ КЕРУВАНЬ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Петров В. О., к.т.н.,

Бондар А. М., к.т.н.,

Петров А. В., інж.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-57-97

Анотація – робота присвячена реалізації нових типів керування напрямом руху мобільних машин. Пропонується ряд конструктивних рішень рульових приводів для відомих типів шасі. Показано перспективність електромеханічних підсилювачів керма (ЕМПР) і можливість їх використання як асинхронного сервоприводу.

Ключові слова – людина-оператор, об'єкт управління, об'ємно-гідролічне рульове управління (ОГРУ), електромеханічний підсилювач рульового керування (ЕМПР), сервопривод, автовихід із занесення, добротність.

Постановка проблеми. Традиційні системи рульового керування мобільних машин досить прості, але спосіб управління об'єктом, який є інтегратором зі змінною швидкістю накопичення, досить складний і перешкоджає оператору точно і швидко управляти напрямом руху машини. Основні недоліки цих систем:

- із зростанням швидкості чутливість керма лінійно наростає, помилка відстеження зростає квадратично і на підвищених швидкостях система працює на межі стійкості. Спроба понизити чутливість за рахунок передатного відношення рульового приводу різко погіршує маневреність машини.

- час реакції водія лежить в межах 0,5 - 2,5 с., що обумовлено складністю прогнозування "поведінки" інтегратора [1].

Є необхідність конструктивного втілення нових з урахуванням тенденцій розвитку і використання компонентів сучасних систем рульових керувань.

На сьогодні намічені два перспективні шляхи розвитку рульових приводів: забезпечення постійної чутливості рульового керування; спосіб управління по положенню.

Актуальною є проблема поліпшення керованості мобільних машин. Вчені: Гельфенбейн С.П., Петров В.А., які займалися цією про-

блемою, вказували на перспективний спосіб управління "по положенню" [1,2]. Проте технічного рішення запропоновано не було, тому що у рамках механічної схеми це занадто складно. Відомо, що людина-оператор найлегше і точно здійснює операції спостереження за відхиленням контрольованого параметра при управлінні по положенню [1]. В цьому випадку об'єкт управління є простим підсилювачем, де положення керма визначає напрям руху мобільної машини.

Попередній аналіз переваг такого способу управління було наведено в роботі [2], де була застосована методика інтерактивного моделювання.

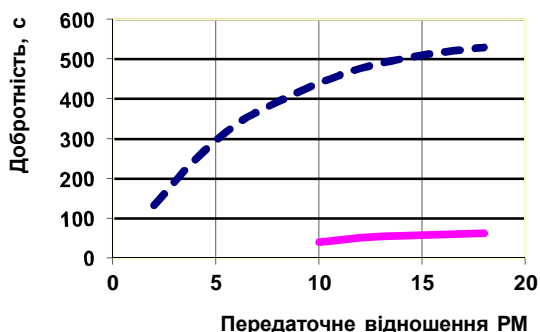
Аналіз останніх досліджень. Аналіз традиційних систем управління руху мобільних машин показує, що вони, як об'єкт управління, є інтегратором зі змінними параметрами. Можна запропонувати більш ергономічний спосіб управління мобільними машинами, в рульове управління яких вбудована диференціююча ланка. Практично це означає, що напрям руху машини має бути пов'язаний з положенням рульового колеса.

Для оцінки керованості нових типів рульових управлінь (РУ) були проведені дослідження, вони показали наступне:

- РУ по положенню забезпечує на порядок більш високу точність відслідковування траєкторії руху і дає можливість понизити передаточне відношення рульового приводу, а також поліпшити автовихід із заносу;

- спрощення управління в цьому випадку знижує час реакції водія удвічі, на порядок збільшує точність відстежування траєкторії [4].

На рисунках 1 і 2 приведені залежності добротності від швидкості і передаточного відношення рульових керувань (РК; добротність - це відношення швидкості руху до середньоквадратичної помилки відслідковування траєкторії) [1].



----- - добротність керування для традиційного РК;

— - добротність керування по положенню та з постійною чутливістю

Рис. 1. Залежність добротності РК від передаточного відношення

Слід зазначити, що добротність системи управління по положенню із зростанням швидкості залишається постійною, помилка відслідковування траєкторії росте лінійно, а не квадратично, як у традиційного РК.

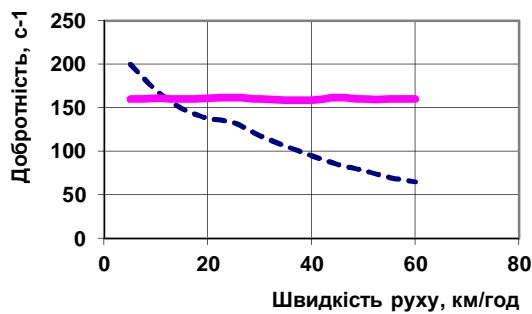


Рис. 2. Залежність добротності від швидкості руху транспортного засобу (км/год)

Аналогічні дослідження для рульового управління з постійною чутливістю показали подібні результати.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є реалізація перспективних напрямів розвитку рульових керувань: постійної чутливості і по положенню для відомих типів шасі мобільних машин.

Основна частина. Для гусеничних машин, напрям руху яких визначається кінематичною узгодженістю рушіїв лівого і правого борту шасі, реалізація способу управління по положенню вирішується до-

сить просто. Для цього у відому схему управління треба внести наступні зміни: замість гальмівних фрикціонів, пов'язаних з планетарним механізмом, встановити шестерні і замкнути їх через кінематичний ланцюг, пов'язаний з об'ємно-гидравлическим рульовим управлінням, як це показано на рис. 3.

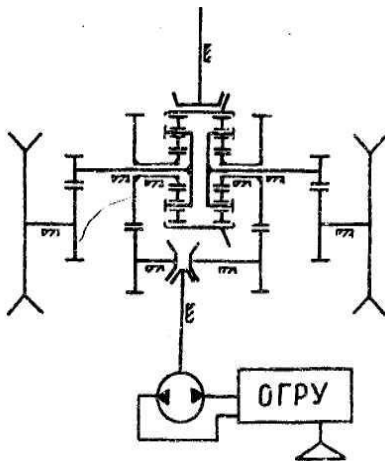


Рис. 3. Схема реалізації засобу управління по положенню для гусеничних шасі

Пристрій працює таким чином: при нерухомому рульовому колесі гусенична машина рухається прямо при тому, що права і ліва гусениці рухаються погоджено, поворот рульового колеса, незалежно від режиму руху, викликає відповідний "забіг" правої гусениці відносно лівої, що викликає відповідний поворот транспортного засобу [3].

Недоліки цієї схеми очевидні: досить висока складність механічної частини, дуже велика потужність ОГРУ, оскільки поворот здійснюється за його рахунок.

Завдання реалізації управління по положенню для колісних машин значно складніше. Це пов'язано з тим, що в колісних машин синхронний поворот машини і рульового колеса принципово неможливий.

Для того, щоб вирішити це завдання пропонується наступний підхід:

1. У будь-який момент часу водій за допомогою керма задає напрям керованих коліс в просторі.

2. При нерухомому кермі система управління забезпечує рух машини за керованими колесами подібно при цьому відбувається самоповернення системи управління в нейтральне положення під час пересування транспортного засобу.

Очевидно, що система управління повинна утримувати два незалежні канали управління [5, 6]. По першому каналу відбувається завдання положення направляючих елементів ходової частини (керованих коліс, передній візок шарнірно зчленованої машини). По другому здійснюється самоповернення системи в нейтральне положення без зміни положення направляючих елементів на місцевості, при цьому використовується інформація з двох вимірювальних перетворювачів:

1. Кута відхилення положення направляючих елементів ходової частини (керованих коліс, передній візок шарнірно зчленованої машини) α від нейтрального положення;

2. Переміщення транспортного засобу (одометр).

Рівняння зв'язку кінематичних параметрів і параметрів руху виражаються залежністю (1), а схеми представлені на рисунку 4.

$$\Delta\alpha = -\frac{\Delta X}{L} \cdot \sin(\alpha); \quad \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_0}{2}\right) \cdot e^{-\frac{X}{L}}.$$

$$\Delta\alpha = -\frac{\Delta Y}{L} \cdot \operatorname{tg}(\alpha); \quad \sin(\alpha) = \sin(\alpha_0) \cdot e^{-\frac{Y}{L}}.$$

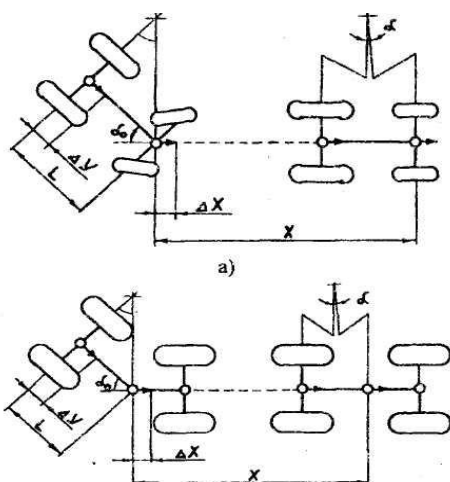


Рис. 4. Схема виходу з повороту колісних шасі при нерухомому рульовому колесі:

а) шасі з передніми керованими колісами;

б) шарнірно зчленованих колісних шасі.

Другий шлях полягає у використанні автопілота. Для його реалізації достатньо використати один вимірювальний перетворювач положення в просторі (гіроскоп).

Досить точний автопілот включає гіроскоп. Сучасні електронні компоненти недорогі, надійні, економічні і досить точні. Наприклад, є трьохосьовий гіроскоп L3G4200D/DH з цифровим виходом (рис. 5).



Рис. 5. Трьохосьовий гіроскоп L3G4200D/DH з цифровим виходом

Завдяки малим розмірам і низькому споживаному струму, трьохосьові гіроскопи L3G4200D/DH можуть застосовуватися в системах позиціонування.

Для важких машин з ОГРУ управління по положенню може бути реалізоване в системах з вільним золотником. Другий незалежний канал управління організовується за рахунок введення додаткового насоса дозатора пов'язаного з гіроскопом. Двоканальна схема рульового управління приведена на рисунку 6.

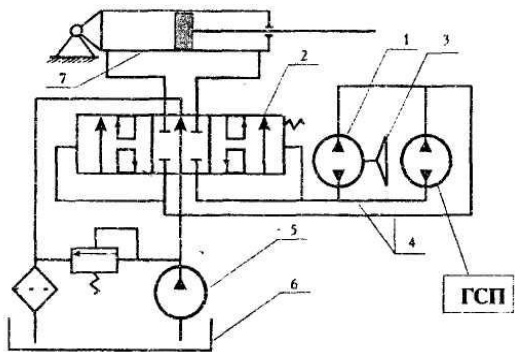


Рис. 6. Двоканальне об'ємно-гідрравлічне рульове керування зі вбудованим стежачим приводом

Насос 1, пов'язаний з рульовим колесом 3, задає положення направляючих елементів ходової частини (керованих коліс, передньої вісі шарнірно зчленованої машини) на місцевості. Насос 2, пов'язаний з гіроскопом, забезпечує незмінність положення направляючих елементів ходової частини (керованих коліс, передньої вісі шарнірно зчленованої машини) під час повернення в нейтральне положення при нерухомому рульовому колесі.

Для легких колісних машин запропоноване спрощене технічне рішення [6] (рис. 7).

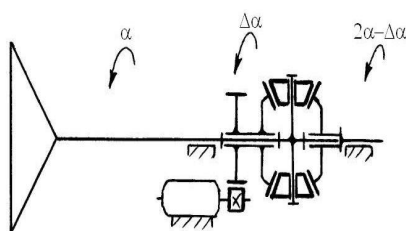


Рис. 7. Модернізована рульова колонка

Модернізована рульова колонка дозволяє здійснити управління по положенню. Диференціальний механізм забезпечує властивості двоканального рульового управління. Виконуючий механізм стабілізуючої системи (крокові двигуни незначної потужності до 300 Вт) здійснює поворот керованих коліс, згідно з рівнянням (1). Керуючий сигнал для крокового двигуна можна безпосередньо отримати з гіроскопа.

Цей шлях реалізації способу управління (по положенню) мобільною машиною, в порівнянні з першим, є переважним при русі на слизькій дорозі, оскільки забезпечує "автовихід" із заносу.

Недоліками таких рішень є те, що коригувальна дія вводиться в систему управління паралельно за допомогою специфічного енергонасиченого сигналу (насос-дозатор, кроковий привод). Правильніший підхід полягає у формуванні комплексного сигналу управління до стадії посилення, що дозволить використати стандартний підсилювач. На цьому етапі розвитку транспортного машинобудування провідні світові виробники транспорту, як правило, випускали машини, обладнані гідروпідсилювачами рульового керування. Проте останніми роками гідропідсилювачі все частіше стали замінюватися електропідсилювачами.

Електромеханічний підсилювач рульового управління - абсолютно новий напрям в рульовому керуванні колісних машин і буде основним при розробці і оснащенні нових перспективних моделей. Поява електропідсилювача усуває необхідність в насосі гідропідсилювача, шлангах, гідравлічних рідинах, приводному ремені і шківі на двигуні. В результаті рульовий привод з електричним підсилювачем економить енергію і покращує екологію довкілля, і в той же час, в порівнянні з гідропідсилювачем, має ряд переваг:

- спрощене налаштування;
- адаптивність в компонуванні;
- незалежне від двигуна рульове управління;

Пропонується реалізація багатоканального рульового управління на базі ЕМПР. Аналіз конструкції показав, що є технічна можливість його перетворення в асинхронний сервопривод. Для цього слід ввести додатковий блок управління, оснащений групою датчиків контролю режиму руху і позиціонування транспортного засобу і також автономним задатчиком дії. Цей додатковий надблок управління використовує у своїй роботі сигнали серійних датчиків:

- крутного моменту;
- положення ротора;
- швидкості транспортного засобу.

Перетворена схема має вигляд, що пояснений на рис. 8.

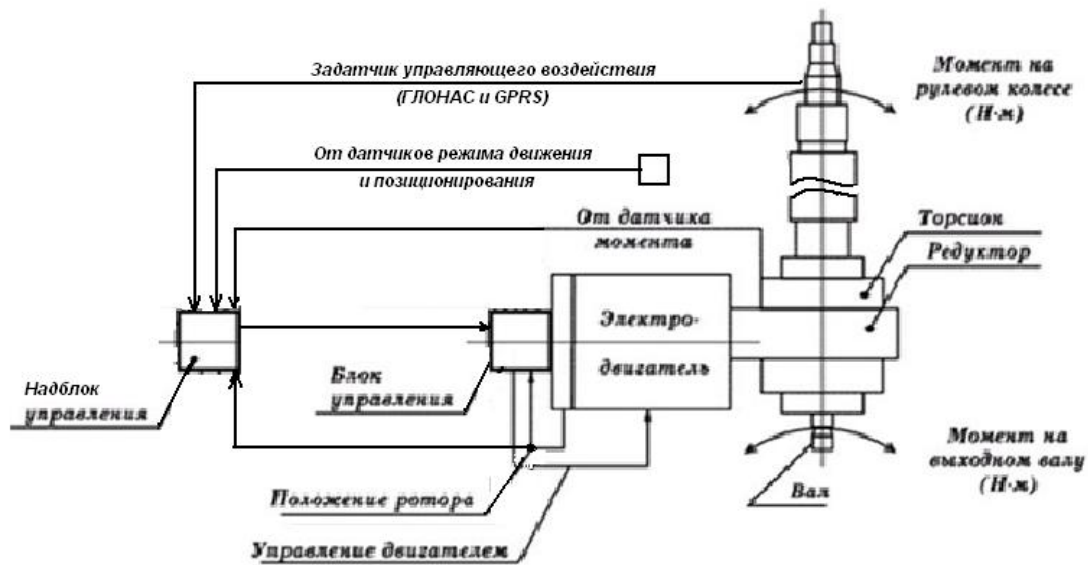


Рис. 8. Перетворена схема сервоприводу на базі ЕМДР

Використання ЕМДР як асинхронного сервоприводу дозволяє організувати два різновиди керування (з постійною чутливістю і по положенню).

Висновки.

1. Реалізація управління з постійною чутливістю і по положенню можлива на основі багатоканальних систем управління.

2. Використання ЕМДР за схемою сервоприводу, у поєднанні з надсистемою управління дозволить значно поліпшити керованість транспортних засобів. Завдяки появі сучасних електромеханічних компонентів з'явилася можливість для втілення теранавігації.

3. На порядок підвищується точність відстежування траєкторії, а також:

- знижується час реакції водія;
- при використанні автопілота в другому каналі управління забезпечується автовихід із занесення;
- принцип постійної чутливості рульового керування забезпечує стійкість прямолінійного руху і маневреність мобільної машини.

Література:

1. Гельфенбейн С. Терранавігація / С. Гельфенбейн. – М.: Колос, 1981. – 207 с.

2. Петров В. А. Улучшение управляемости сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов: дис. канд. техн. наук / В. А. Петров.- М. 1989.- 178 с.

3. Пат. 35247 Україна, МКИ⁷ В62D1/18. Рульове керування по положенню гусеничним транспортним засобом / Петров В.А., Петров А.В., М.М. Луб'яний // Опубл. 10.09.2008, бюл.№17.

Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

4. *Петров А. В.* Впровадження керування «по положенню» в конструкціях рульових управлінь мобільних машин / *А. В. Петров* // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – Дніпропетровськ, 2009.- Спецвипуск №2-09. – С. 271-273.

5. Пат. 34001 Україна, МКИ⁷ В62D1/18. Двоканальне рульове керування транспортного засобу з підсилювачем/ *В. О. Петров*, [та ін.]. - № 200801763; заявл. 11.02.08; опубл. 25.07.08, бюл. №14.

6. Пат. 9846 Україна, МКИ⁷ В62D1/18. Рульова колонка транспортного засобу / *В. О. Петров* [та ін.] (Україна). - №200503317; заявл. 04.11.05; опубл. 17.10.05, бюл. №10.

7. Пат. на твір №48695, Україна. Симулятор руху машинно-тракторного агрегату (МТА): комп'ютерна програма / *А. М. Бондар, А. В. Петров*; ТДАТУ. – К.: Державна служба інтел. власності України. – 2013.10.04.

КОНСТРУКТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Петров В.О., Бондарь А.Н., Петров А.В.

Аннотация – работа посвящена реализации новых типов управления направлением движения мобильных машин. Предлагается ряд конструктивных решений рулевых приводов для известных типов шасси. Показаны перспективность электромеханического усилителя рулевого управления и возможность их использования как асинхронного сервопривода.

STRUCTURAL REALIZATION OF PERSPECTIVE STEERING MANAGERMENTS OF MOBILE MACHINES

O. Petrov, A. Bondar, A. Petrov

Summary

A paper considers realization of new types of the management of direction of the motion of mobile machines. Several designs of steering drives for well-known types of chassis are proposed. Perspective of an electromechanic steering assist unit and possibility of its using as an asynchronous servodrives are shown.