

Механізація сільськогосподарського виробництва

УДК 621.29:621.85.41:

М.І. Іванов, канд.техн.наук,
О.М. Переяславський, канд.техн.наук,
С.А. Шаргородський, канд.техн.наук,
О.О. Моторна
Вінницький національний аграрний університет

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ГІДРООБ'ЄМНОГО РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Проведен анализ рынка гидрообъемных систем рулевого управления, рассмотрены основные тенденции развития гидрообъемных систем рулевого управления, показаны основные конструкции насосов-дозаторов и выполнен сравнительный анализ систем на их основе.

The analysis of the market hydrostatic steering system are made. The basic trends of hydrostatic steering systems, the basic design of steering control unit and the comparative analysis of systems based on them are made too.

Вступ

Світове виробництво виробів і послуг у галузі гідро- і пневмоприводів у 2010 р. досягло об'єму \$34,3 млрд. (27,3 млрд. євро). Переважав випуск машинобудівної гідравліки, що склав \$24,6 млрд. (71,7%), а виробництво компонентів пневматики склало \$9,7 млрд.

Основний об'єм виробництва і продажів гідроапаратури, що становить 89% цієї галузі, лежить на великих компаніях міжнародного масштабу в шести технічно і економічно розвинених країнах.

Серед найбільш потужної і одночасно багатой пштістки країн упевнено домінує перша четвірка: США, Німеччина, Японія й Китай, які роблять понад 70% світової гідравліки. Протягом останніх років відбулися істотні зміни серед лідерів ринку машинобудівної гідравліки. Головним «винуватцем» цього є Китай. Частка цієї країни на ринку гідравліки в 1999 р. була менша за 2%, а в 2010 р. досягла 9,4%. Динаміка продажів становила понад 15%, що обумовлено прискореним економічним ростом — більшими інвестиціями відомих компаній, що працюють у секторі машинобудівної гідравліки.

Розвиток сучасної гідроапаратури тісно пов'язаний із електронікою і інформатикою, що вимагає значних фінансових вкладень для досліджень, освоєння нових технологій, впровадження у виробництво нових виробів і присутності на ринку. Виходячи із цих факторів і спостерігається перевага декількох світових компаній, а саме PARKER HANNIFIN, BOSCH-REXROTH, SAUER-DANFOSS, EATON HYDRAULICS.

На європейському ринку машинобудівної гідравліки і пневматики домінують країни, що входять до Європейського комітету гідравліки та пневматики, який об'єднує 17 національних асоціацій виробників і дистриб'юторів машинобудівної гідравліки і пневматики з 16 країн: Бельгії, Великої Британії, Німеччини, Іспанії, Італії, Нідерландів,

Норвегії, Польщі, Румунії, Словенії, Туреччини, Фінляндії, Франції, Чехії, Швейцарії й Швеції.

Основними виробниками машинобудівної гідравліки є США, Німеччина і Японія. Слідом за ними до складу лідерів входять Італія й Франція. Серед великих виробників — Індія і Туреччина. За останні роки ці країни помітно підсилили свою присутність на міжнародному ринку.

Виклад основного матеріалу

Однією із найважливіших складових ринку гідроприводів є системи гідрооб'ємного рульового керування, які на сьогодні фактично є безальтернативними для використання у сільськогосподарських, будівельних та навантажувальних машинах. Розвиток цього виду гідравлічних систем за останні роки відбувається у напрямку підвищення безпеки руху, швидкодії, підвищенню якості роботи у аварійних режимах. Слід відзначити, що на сьогодні основними виробниками компонентів до систем гідрооб'ємного рульового керування є три фірми BOSH-REXROTH, SAUER-DANFOSS, EATON HYDRAULICS. На вітчизняному ринку виробництвом компонентів до систем гідрооб'ємного рульового керування займається підприємство ЗАТ «Будгідравліка», досить відоме серед виробників важкої сільськогосподарської техніки не тільки на вітчизняному ринку, а і за межами України завдяки насосам-дозаторам великого об'єму (до 2000 см³), які дозволяють створювати системи гідрооб'ємного рульового керування важких машин без підсилювача потоку, що значно спрощує, здешевлює систему рульового керування та робить її більш надійною.

На закордонному ринку слід відзначити збільшення типорозмірного ряду насосів дозаторів фірмою SAUER-DANFOSS. Максимальний робочий об'єм насоса-дозатора типу OSPL LS становить 1200 см³, в той час як мінімальний робочий об'єм насоса-дозатора становить

40 см³.

Питанням керування транспортним засобом у аварійному режимі роботи перелічені вище фірми також приділяють значну увагу. Для забезпечення керованості в аварійному режимі важких машин з насосом-дозатором великого об'єму були розроблені системи, у яких в штатному і аварійному режимах змінюється потік робочої рідини, що подається у виконавчий гідроциліндр. Цей потік в аварійному режимі відповідає робочому об'єму робочої пари 800-1000 см³, який забезпечує при нормованому зусиллі достатній тиск для повороту керованих коліс. Існує ряд способів вирішення проблеми забезпечення керованості в аварійному режимі важких машин з насосом-дозатором великого об'єму. Один з них полягає у використанні двоконтурної схеми системи рульового керування з насосом-дозатором малого об'єму в першому контурі і підсилювачем потоку в другому. Підсилювач потоку забезпечує керування потоком робочої рідини, що поступає від насоса до виконавчого гідроциліндра відповідно до напрямку і величини потоку керування, що задається насосом-дозатором.

На рисунку 1 представлено схему об'ємного гідропривода рульового керування з підсилювачем потоку [1]. Вона містить основний насос 1, який через регулятор потоку 2 сполучений з напірним каналом насоса-дозатора 3 і вхідним каналом підсилювача потоку 4. Рульове колесо 5 механічно сполучено із золотником гідророзподільника 6 насоса-дозатора, а його гільза через кардан сполучена з ротором робочої пари 7. Вихідні канали насоса-дозатора сполучені із робочими кромками гідрокерованого золотника 8 підсилювача потоку і паралельно підключені до торцевих порожнин цього золотника. У комутуючих каналах підсилювача потоку встановлені малий 9 і великий 10 дроселі, пов'язані з порожнинами регулятора тиску 11. Вихідні канали підсилювача потоку підключені до виконавчого гідроциліндра 12. Для забезпечення роботи системи рульового керування в аварійному режимі в системі встановлено зворотні клапани 13 і 14.

Система працює таким чином. При нерухомому рульовому колесі 5 робоча рідина від насоса 1 через регулятор потоку 2 тече на злив. При цьому кромки гідророзподільника 6 і гідрокерованого золотника 8 закриті. При повороті рульового колеса 5 золотник гідророзподільника 6 насоса-дозатора 3, зміщуючись з нейтрального положення, створює тиск в напірній магістралі і направляє потік робочої рідини через робочу пару 7 під відповідний торць гідрокерованого золотника 8, зміщуючи його із середнього положення. При цьому створюється тиск під торцем регулятора тиску 11. Робоча рідина від насоса-дозатора через малий дросель 9 і гідрокерований золотник 8 поступає до гідроциліндра 12. Одночасно з потоком керування робоча рідина від основного насоса через підсилювач потоку (регулятор тиску 11, великий дросель 10 і золотник 8) так само подається в гідроциліндр 12.

При непрацюючому основному насосі 1 робоча пара 7 працює як насос і, всмоктуючи робочу рідину з бака через зворотний клапан 13, подає її через кромки гідрокерованого розподільника 8 до гідроциліндра 12. У цьому режимі до виконавчого гідроциліндра надходить лише

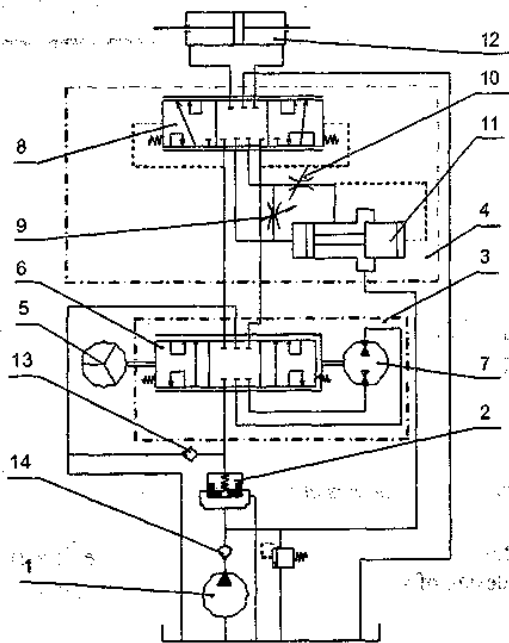


Рисунок 1 — Схема системи рульового керування із підсилювачем потоку.

потік від насоса-дозатора, оскільки на вхідний канал регулятора тиску 11 потік від основного насоса не подається.

Характерною особливістю систем рульового керування такого типу є те, що внаслідок недосконалості конструкцій підсилювачів потоку при штатному режимі роботи гідросистеми кінематичний зв'язок переміщення поршня виконавчого гідроциліндра від кута повороту рульового колеса залежить від швидкості обертання рульового колеса і від навантаження на виконавчому гідроциліндрі. Це знижує показники якості і обмежує сферу застосування систем рульового керування такого типу.

Інший спосіб вирішення проблеми зміни потоку робочої рідини за різних режимів роботи системи рульового керування полягає у використанні дозуючого вузла з двома робочими парами. На рисунку 2 показано схему такої системи рульового керування [2], запропоновану фірмою DANFOSS. Пристрій містить насос-дозатор з двома робочими парами 5 і 6, які механічно сполучені між собою. Вихідні канали однієї з них підключено до виконавчого гідроциліндра 7 через додатковий розподільник 8.

При повороті рульового колеса 3 золотник 4 насоса-дозатора 2, зміщуючись з нейтрального положення, створює тиск у напірній магістралі і направляє потік робочої рідини під торць гідрокерованого розподільника 8, переміщуючи його в крайнє положення. Крім того, робоча рідина подається на робочі пари 5 і 6 через гідророзподільник 4. Від робочої пари 5 робоча рідина через гідророзподільник 4 подається безпосередньо у виконавчий гідроциліндр 7. А від робочої пари 6 у штатному режимі

роботи робоча рідина подається у виконавчий гідроциліндр 7 через гідророзподільник 4 і гідрокерований золотник 8.

При аварійному режимі роботи системи рульового керування, коли у напірній магістралі тиск робочої рідини відсутній, гідророзподільник 8 зберігає положення, при якому потік робочої рідини від другої робочої пари 6 відводиться на злив. При цьому до робочого гідроциліндра подається лише потік робочої рідини від робочої пари 5, чим забезпечується зміна характерного об'єму насоса-дозатора в аварійному режимі роботи.

Таке виконання системи рульового керування дозволяє стабілізувати її статичні характеристики при штатному режимі роботи гідросистеми, проте виконання насоса-дозатора з двома робочими парами робить його громіздким.

У зв'язку з цим останнім часом з'явилися конструкції систем рульового керування, де використовуються насоси-дозатори з робочою парою із змінним робочим об'ємом.

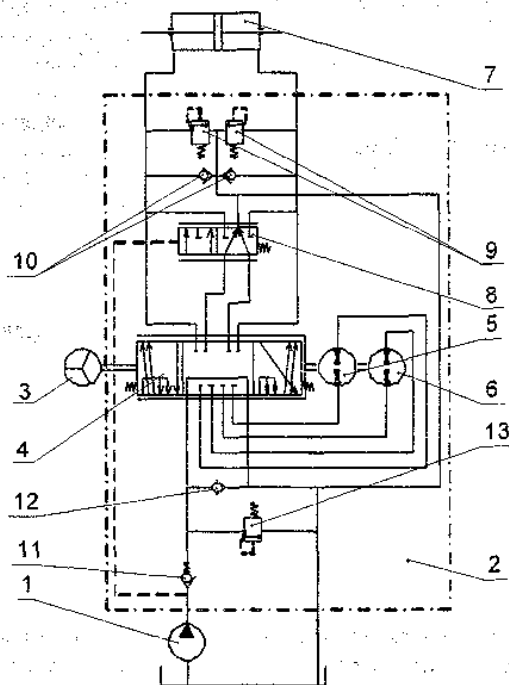


Рисунок 2 — Схема системи рульового керування з двома робочими парами.

Особливістю схем такого типу є наявність однієї робочої пари, але кількість активних робочих камер цієї пари

змінюється при різних режимах роботи системи рульового керування, тобто використовується принцип фазового регулювання характерного об'єму робочої пари. У штатному режимі роботи активні всі камери робочої пари і в порожнину виконавчого гідроциліндра подається повний об'єм робочої рідини. А в аварійному режимі частина камер робочої пари відключаються на злив, зменшуючи робочий об'єм робочої пари до необхідної величини.

На рисунку 3 представлено схему системи рульового керування з робочою парою із змінним робочим об'ємом, яку запропоновано фірмою BOSH-REXROTH [3]. Камери робочої пари розділено на дві групи, і кожна група забезпечується на гідророзподільнику 4 окремою системою розподілу. У вихідних каналах однієї з груп встановлено додаткові розподільники 7, до нижнього торця яких підведено тиск керування з напірного каналу основного насоса.

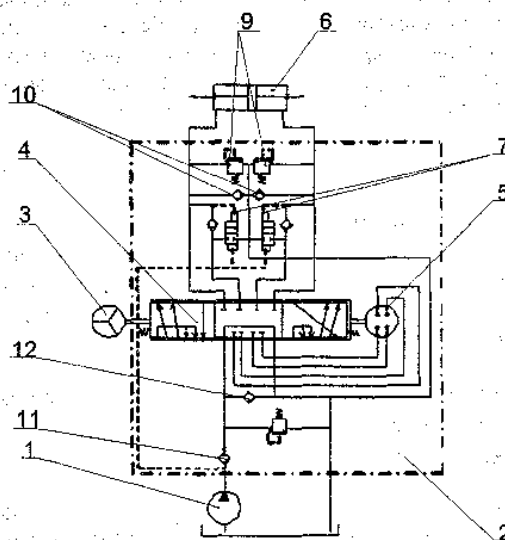


Рисунок 3 — Схема системи рульового керування з робочою парою із змінним робочим об'ємом.

При повороті рульового колеса 3 золотник 4 насоса-дозатора, зміщуючись з нейтрального положення, створює тиск у напірній магістралі. Робоча рідина подається на робочу пару 5 через гідророзподільник 4. Оскільки додаткові розподільники 7 тиском у напірній магістралі переміщуються у верхнє положення, то друга група камер робочої пари разом з першою групою подає робочу рідину до виконавчого гідроциліндра, тим самим забезпечуючи необхідний характерний об'єм робочої пари насоса-дозатора.

При аварійному режимі роботи додаткові розподільники 7 переміщуються в інше (нижнє) крайнє положення, в якому потік робочої рідини від другої частини робочих камер відводиться на злив, зменшуючи робочий об'єм

робочої пари до необхідної величини. Таке виконання насоса-дозатора дозволяє отримати добрі показники якості системи рульового керування як в штатному, так і в аварійному режимах роботи, маючи порівняно невеликі габарити пристрою.

Недоліком розглянутої конструкції є виконання двох рядів системи розподілення у гидророзподільнику насоса-дозатора. Це ускладнює конструкцію розподільного вузла і збільшує його лінійні розміри.

Досить цікаву розробку запропоновано фірмою EATON HYDRAULICS. Запатентована технологія універсального рульового керування (VersaSteer), забезпечує оператору функцію вибору із двох режимів роботи, вбудованих в одному насосі-дозаторі. Насоси-дозатори Char-Lynn серії 10 і серії 20, обладнані VersaSteer, дозволяють операторові підвищити продуктивність праці й комфорт при зниженні прикладених зусиль і втоми (до 95%).

Технологія VersaSteer пропонує операторові вибирати між режимами дозування або швидкого маневрування у будь-який час, шляхом натискання кнопки або щиглика маніпулятора, крім того, забезпечує гнучкість у поліпшенні продуктивності. Дозуючий (традиційний) режим керування забезпечує кращу курсову стійкість і можливості для прийняття екстреного маневрування. Режим швидкого маневрування (в обхід геротора) використовується у ситуації, де потребується швидке обертання кермового колеса, що веде до зниження зусиль і робочого циклу. Універсальна технологія керування також забезпечує зниження ціни, крім установки окремого джойстика. Вона поєднує функцію джойстика і рульового керування в традиційне кермове колесо. Насоси-дозатори Eaton Char-Lynn серії 10 і 20 можуть бути з функцією, чутливою до навантаження (LS), з відкритим і закритим центром.

У дозуючому режимі насос-дозатор працює, як традиційна гідростатична кермова система. Маневрування (витрата робочої рідини) це функція частоти обертання кермового колеса. Дозуючий режим (героторний) забезпечує точне, упевнене й плавне керування. Звичайно виконується 4 оберти кермового колеса від крайнього лівого положення, до крайнього правого і навпаки. Швидкість повороту коліс машини пропорційна частоті обертання кермового колеса. Геротор насоса-дозатора подає потрібну кількість витрати робочої рідини на циліндри повороту. Особливістю насоса-дозатора EATON є широкий кут у серії 20, яку спеціально спроектовано для машин із ламаною рамою. Вона збільшує кут, знижуючи підсилення, внаслідок чого знижується кількість ривків і забезпечується рівномірне керування.

При роботі у режимі швидкого маневрування оператор може направити машину у поворот невеликим відхиленням кермового колеса. Це дає відчуття високої маневреності. Ця функція гідравлічно блокує витрату через геротор за допомогою золотника. Геротор перестає обертатись. Рульове керування здійснюється тільки відхиленням золотника, і поворот стає функцією кута відхилення кермового колеса. Оскільки геротор механічно з'єднаний із втулкою привода, втулка також не обертається. Оператор обертає кермове колесо, обертаючи золотник усередині насоса-дозатора, відкриваючи необхідні отвори для

подачі витрати до циліндрів повороту.

У такий спосіб насос-дозатор діє як звичайний розподільник потоку. Чим більше кут повороту кермового колеса, тим більше витрата для рульового керування. Кут відхилення кермового колеса ($\pm 150^\circ$ для серії 10 і $\pm 50^\circ$ для серії 20) є режимом, у якому витрата подається від 0 до максимального значення.

Недоліком даних систем є наявність великої кількості датчиків, які контролюють стан системи, що призводить до збільшення вірогідності відмови і погіршення експлуатаційних показників в цілому.

Висновки

На сьогодні актуальним є розвиток систем гідрооб'ємного рульового керування у напрямі підвищення безпеки експлуатації та підвищення зручності застосування систем гідрооб'ємного рульового керування. Виникають варіанти виконання систем гідрооб'ємного рульового керування, які є більш комфортними, але і більш складними, із великою кількістю електронних датчиків і пристроїв перемикачів режимів роботи системи, що у свою чергу негативно впливає на надійність даної системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Погорілець, О.М. Гідропривід сільськогосподарської техніки: Навчальне видання / О.М. Погорілець, М.С. Волянський, В.Д. Войтюк, С.І. Пастушенко; за ред. О.М. Погорілець. — К.: Вища освіта, 2004. — 368 с.
2. OSPM Mini-Steering Unit. Technical information // Sauer Danfoss. — 2011. — 20 с.
3. OSPB, OSPC, OSPF, OSPD, OSPQ, OSPL, Load Sensing, Steering Units, OLS Priority Valves, OSQ Flow Amplifiers. Technical information // Sauer Danfoss. — 2011. — 88 с.
4. Steering unit Type LAGU. Technical information // Bosh-Rexroth AG. — 2011. — 30 с.
5. EATON Char-Lynn. Універсальное рулевое управление (технология VersaSteer). Техническое описание принципа работы // Eaton Corporation. — 2011. — 23 с.