

ЕЛЕКТРОННЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЗАКОНУ РУХУ РОБОЧОГО ОРГАНУ РОЗЧИНОНАСОСА ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ПУЛЬСАЦІЇ ТИСКУ РОЗЧИННОЇ СУМІШІ

Постановка проблеми. Розчинонасоси, які приводяться в дію від електромеханічного приводу, до складу якого входить кривошипно-шатунний механізм, мають особливість, а саме: оскільки закон руху такого механізму близький до синусоїдального, то поблизу від «мертвих» точок швидкість руху робочого органу дорівнює нулю, що в результаті призводить до виникнення помітної пульсації, котра зумовлена різницею у величинах подачі протягом такту й поблизу від «мертвих» точок.

Аналіз останніх досліджень. Одним із способів зменшення величини пульсації є використання двох- або однопоршневих диференціальних розчинонасосів, подача розчинної суміші в напірний трубопровід у яких відбувається в обох тактах, а саме в такті усмоктування й у такті нагнітання. Двопоршневі розчинонасоси не одержали широкого розповсюдження через складність їх конструкції, значну металоємність й неможливість регулювання подачі під час роботи.

Для подальшого зменшення величини пульсації в диференціальних розчинонасосах застосовують кулачковий [1, 2] або гідравлічний [3, 4] привод. У першому випадку профіль кулачка задає такий режим руху робочого органу, при якому він має постійну швидкість протягом такту й незначну частину часу порівняно із тривалістю всього такту витрачає на проходження ділянок поблизу від «мертвих» точок. Гідравлічний привод забезпечує взагалі майже миттєвий перехід між напрямками руху, у результаті чого тиск у напірному трубопроводі не встигає суттєво зменшитися між тактами й подача суміші в магістраль відбувається в режимі зменшеної пульсації порівняно із кривошипно-шатунним приводом.

Ціль статті. Основною метою проведених досліджень було з'ясування можливості зменшення пульсації тиску подачі розчинної суміші шляхом керування режимом роботи диференціального розчинонасоса за допомогою електронного регулятора частоти електричного струму й спеціального пристрою, який забезпечує зміну частоти електричного струму протягом циклу роботи.

Виклад основного матеріалу. Завдяки стрімкому розвитку електронної техніки можливим стає зменшення пульсації тиску подачі диференціального розчинонасоса з електро-механічним приводом без використання кулачків спеціального профілю або гідравлічної частини. Електронне регулювання частоти обертання останнім часом знайшло широке поширення. Високий ККД електронного регулятора, порівняно невисока вартість і можливість збереження крутного моменту при зміні частоти в значному діапазоні обертання дозволяє суттєво полегшити розв'язок завдання зміни частоти обертання електродвигуна й, як наслідок, зміни продуктивності розчинонасоса. Крім того, можливим є зміна частоти обертання під час робочого циклу подачі розчинонасоса, причому найбільш доцільно прискорювати частоту обертання при переході поршня через «мертві» точки й сповільнювати її в середині циклу.

Це завдання вирішується за допомогою того, що диференціальний розчинонасос із гідравлічним компенсатором пульсації тиску обладнується регулятором частоти електричного струму фірми ABB «ACS 300» і спеціальним пристроєм керування зі зворотним зв'язком, який встановлюється на осі колінчастого вала розчинонасоса й підключається до цифрових входів регулятора частоти (рис. 1).

Даний регулятор частоти електричного струму дає можливість запрограмувати чотири будь-які частоти струму й відповідно чотири різні частоти обертання кривошипа, і включати їх у потрібному порядку шляхом подачі постійної напруги +24В на цифрові входи регулятора частоти (рис. 2).

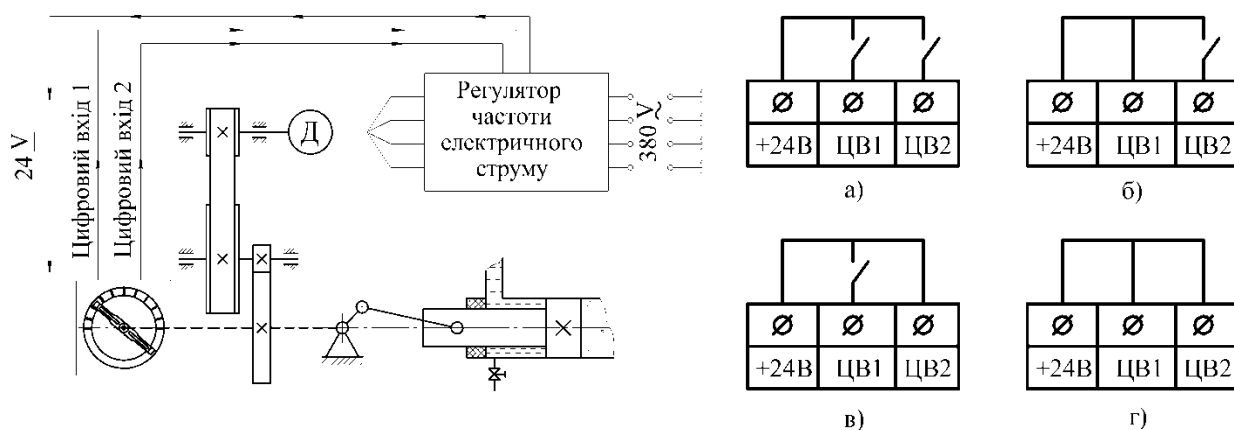


Рис. 1. Схема підключення пристрою керування до розчинонасоса з гідравлічним компенсатором пульсації тиску.

Рис. 2. Схема активації різних частот електричного струму шляхом замикання цифрових входів (ЦВ1, ЦВ2) на постійну напругу керування (+24В): а), б), в), г) – частоти обертання 1, 2, 3 і 4 відповідно.

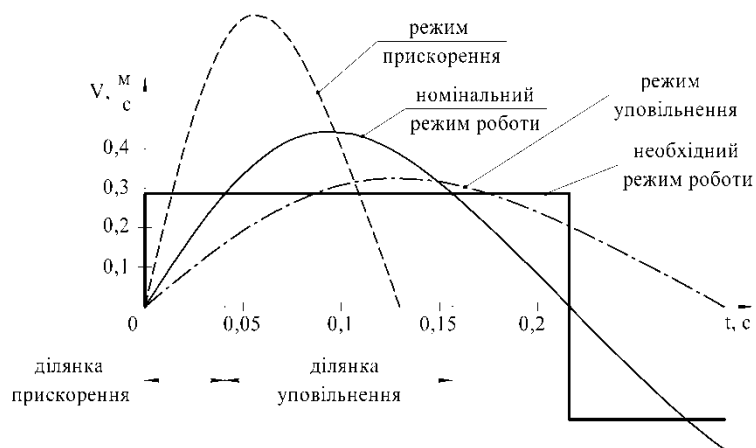


Рис. 3. Схема розташування ділянок зміни швидкості руху поршня для досягнення малоімпульсної подачі розчину.

Послідовність розташування ділянок різних частот обертання електродвигуна на пристрої створюється в такому порядку, щоб забезпечити високу швидкість поршня поблизу від крайніх положень і помірну в проміжних положеннях. У результаті закон зміни швидкості поршня виглядає таким чином: швидкий розгін поблизу від «мертвих» точок ходу поршня й постійна швидкість в інших положеннях, що дозволяє знизити пульсацію тиску подачі (рис. 3). Це відбувається за рахунок того, що тиск у магістралі не встигає значно знизитися за час, поки поршень швидко проходить свої «мертві» точки, і залишається майже постійним.

Рівняння переміщення поршня для існуючої конструкції однопоршневого диференціального розчинонасоса із кривошипно-

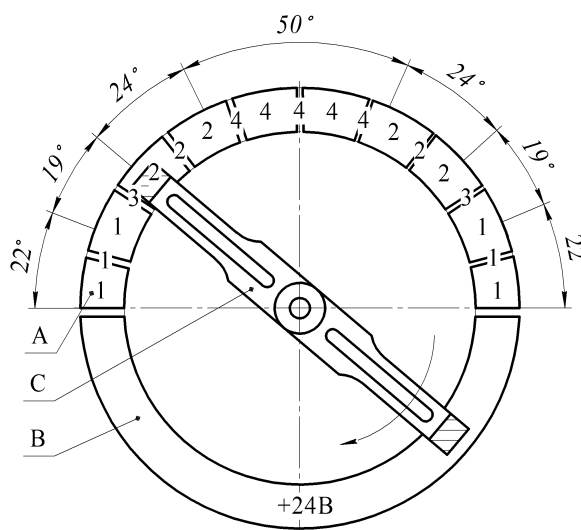


Рис. 4. Схема пристрою керування: А – ділянки, під'єднані до цифрових входів регулятора частоти струму; В – ділянка, до якої підведений постійний струм напругою +24В; С – замикаюча скоба. Розподіл частот по ділянках: 1 – 2500 об/хв, 2 – 1700 об/хв, 3 – 1400 об/хв, 4 – 1100 об/хв.

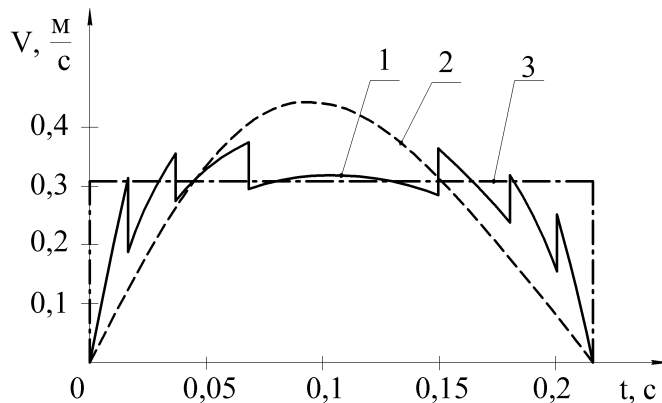


Рис. 5. Графік швидкості поршня залежно від часу: 1 – при застосуванні пристрою й регулятора частоти; 2 – без застосування регулятора частоти; 3 – бажаний закон зміни швидкості.

шатунним механізмом приводу має вигляд

$$S(t) = r \cdot \cos(\omega \cdot t) + \sqrt{l^2 - r^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t)}, \quad (1)$$

де r – радіус кривошипа, м;

l – довжина шатуна, м;

ω – кутова швидкість кривошипа, з^{-1} ;

t – час, с.

Пристрій керування (рис. 4) складається з контактних ділянок А і замикаючої скоби С, яка по черзі замикає контактні ділянки, розташовані по півколу, на ділянку В, до якого підведена напруга керування. У процесі роботи замикаюча скоба попарно поєднує ділянки А, передаючи регулятору частоти сигнал на зміну частоти.

Графік теоретичної залежності швидкості поршня V , м/с, залежно від часу t , с, при прийнятих параметрах частоти обертання ω , с^{-1} , є диференціалом функції (1), тому він буде описуватися залежністю

$$V = \omega \cdot r \cdot \sin(\omega \cdot t) + \frac{\omega \cdot r^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \cos(\omega \cdot t)}{\sqrt{l^2 - r^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t)}}. \quad (2)$$

Якщо досліджувати закон зміни швидкості поршня при застосуванні регулятора частоти й пристрою, він буде мати вигляд, наведений на рис. 5, а саме: це буде комбінація залежності (2) з різними значеннями ω .

З аналізу кривої 1 рис. 5 видно, що при застосуванні пристрою для зміни характеру руху й при доборі необхідних частот обертання характер залежності подачі розчину від часу в циклі із синусоїдального, який мав місце без застосування пристрою, перетворюється в схожий на трапецієподібний, більш властивий розчинонасосам з гідравлічним або кулачковим приводом.

Під час роботи розчинонасоса завдяки наявності опору трубопроводу й маси ланок приводу виникає деяка інерційність у зміні швидкості, тому перехід між частотами перемикання буде більш плавним, як і сам графік швидкості поршня, тобто не буде мати характерних «зубців» у місцях перемикання пристроєм частоти обертання кривошипа (рис. 6).

Безпосереднє порівняння графіків швидкості поршня в обох режимах – із застосуванням регулятора частоти й без нього наведено на рис. 7.

Враховуючи ті обставини, що залежність подачі розчину від часу відрізняється від залежності швидкості поршня (2) на величину площі поршня, тобто на деяку константу, то й графіки залежностей будуть однакові з різним градуванням вертикальної осі. Тому, з аналізу кривої 1 (рис. 7) видно, що завдяки збільшенню рівномірності швидкості, а відповідно й подачі суміші протягом такту, величина пульсації тиску також зменшиться.

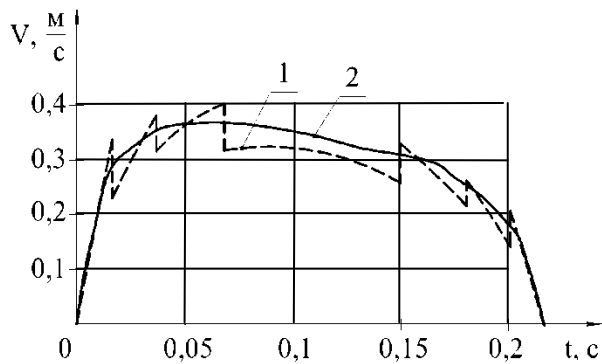


Рис. 6. Залежність швидкості поршня від часу із застосуванням регулятора частоти: 1 – теоретична; 2 – з урахуванням інерційних сил.

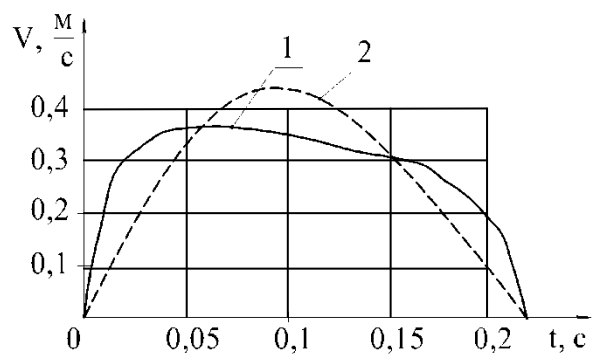


Рис. 7. Залежність швидкості поршня від часу: 1 – із застосуванням регулятора частоти; 2 – без регулятора частоти.

Висновки. Таким чином, застосування такого методу зміни характеру руху робочого органу дозволяє без збільшення металоємності конструкції підвищити експлуатаційні можливості розчинонасоса, а саме – змінювати закон руху будь-якого розчинонасоса з електромеханічним приводом таким чином, щоб без застосування громіздких пневматичних компенсаторів пульсація тиску подачі була мінімальною. До того ж можна змінити задані частоти обертання й переналадити пристрій на іншу продуктивність без внесення конструктивних змін. Відсутність зайвих елементів конструкції, у свою чергу, здешевлює конструкцію й знижує ймовірність виходу її з ладу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малоимпульсный дифференциальный растворонасос с кулачковым приводом / А. Г. Онищенко, В. У. Устьянцев, Б. О. Коробко [та ін.] // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва – Київ: «Київський політехнічний інститут», 1998. – Т.1. – 1998 – С. 237-242.
2. Коробко Б. О. Оптимізація профілю кулачка приводу вертикального диференціального розчинонасоса // Галузеве машинобудування, будівництво: Збірник наукових праць. – Полтава: ПДТУ. – Вип. 3. – 1998. – С. 11–22.
3. Васильєв А. В. Вивчення ступеня стабільності роботи гідроприводного розчинонасоса / А. В. Васильєв // Галузеве машинобудування, будівництво: Збірник наукових праць. – Полтава: ПолтНТУ – 2001. – № 7 – С. 13–17.
4. Кукоба А.Т. Гідропривідний розчинонасос подвійної дії: Дис... канд. техн. наук: 05.05.02 / Кукоба Анатолій Тихонович. – Полтава, 2000. – 142 с.