

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 і виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. 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.

Формулювання цілей 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 електромеханічним 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).

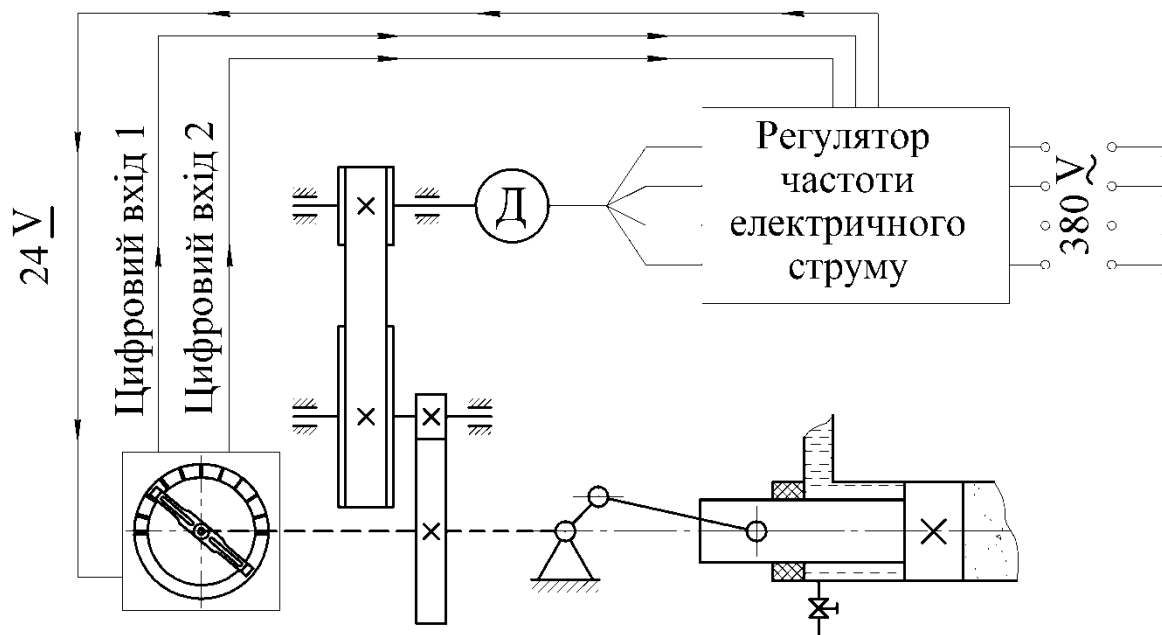


Рис. 1. Схема підключення пристрою керування до розчинонасоса з гідравлічним компенсатором пульсації тиску

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).

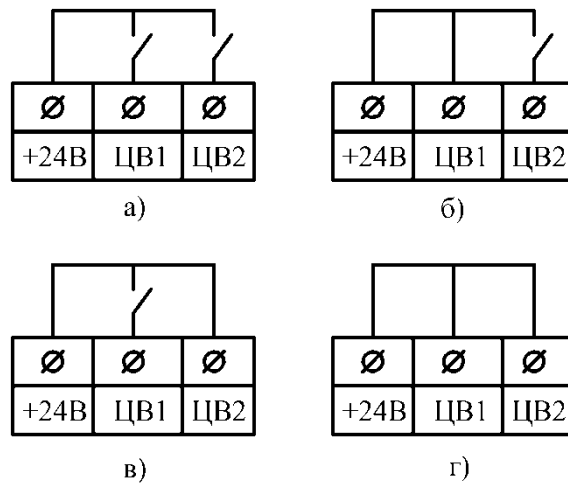


Рис. 2. Схема активації різних частот електричного струму шляхом замикання цифрових входів (ЦВ1, ЦВ2) на постійну напругу керування (+24В): а), б), в), г) – частоти обертання 1, 2, 3 і 4 відповідно

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.

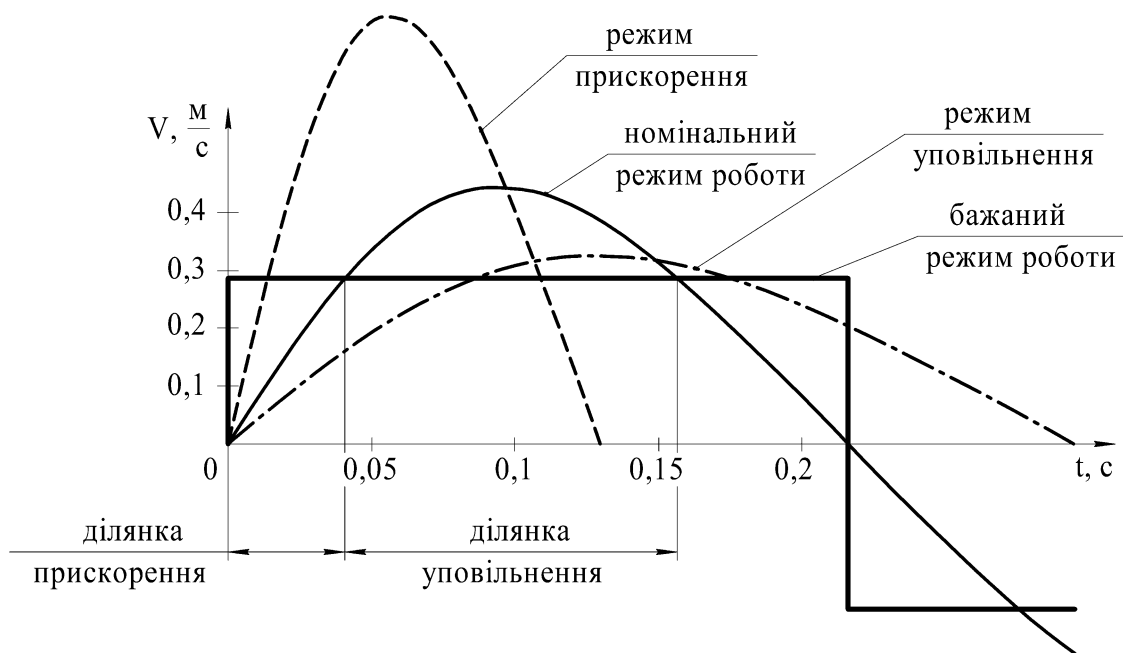


Рис. 3. Схема розташування ділянок зміни швидкості руху поршня для досягнення малоімпульсної подачі розчину

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

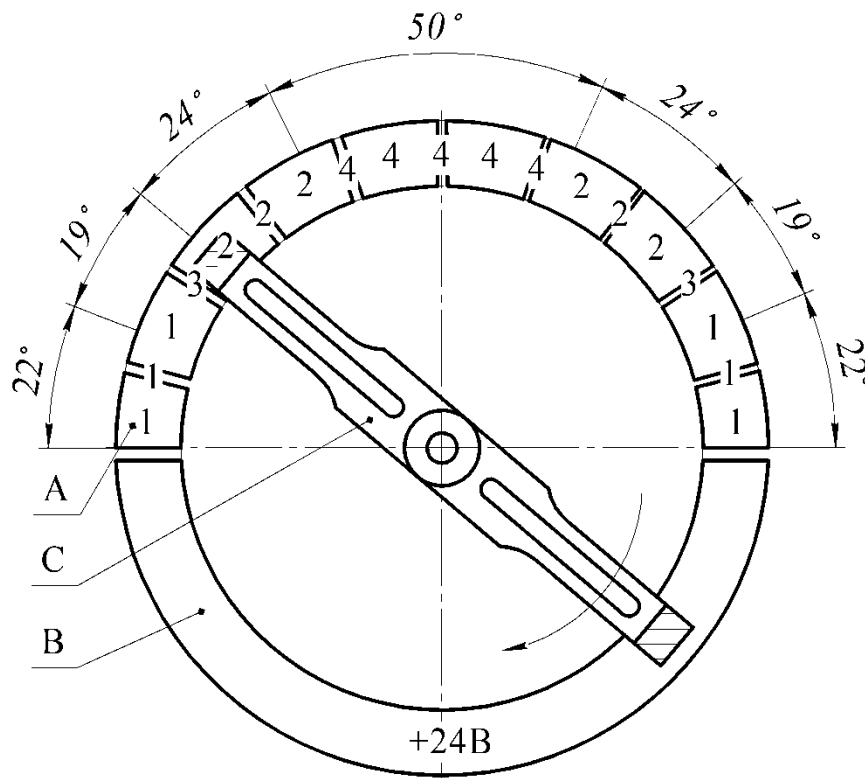


Рис. 4. Схема пристрою керування: А – ділянки, під'єднані до цифрових входів регулятора частоти струму; В – ділянка, до якої підведений постійний струм напругою +24В; С – замикаюча скоба. Розподіл частот по ділянках: 1 – 2500 об/хв, 2 – 1700 об/хв, 3 – 1400 об/хв, 4 – 1100 об/хв

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.

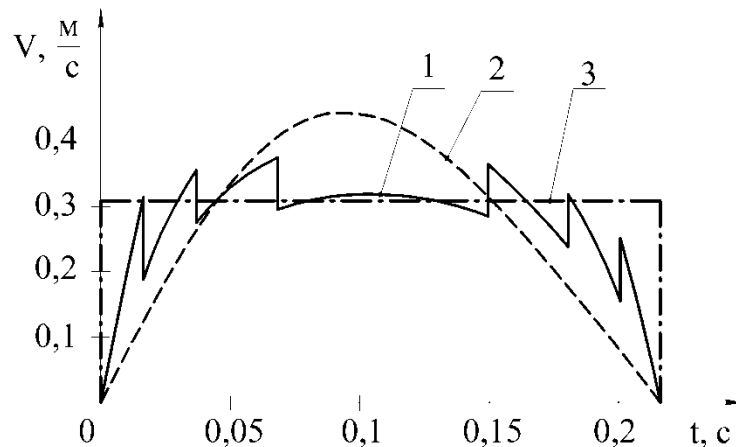


Рис. 5. Графік швидкості поршня залежно від часу: 1 – при застосуванні пристрою й регулятора частоти; 2 – без застосування регулятора частоти; 3 – бажаний закон зміни швидкості

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.

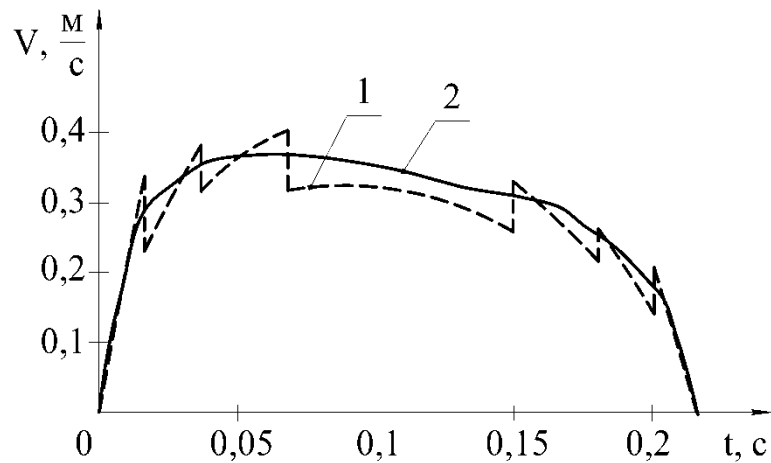


Рис. 6. Залежність швидкості поршня від часу із застосуванням регулятора частоти: 1 – теоретична; 2 – з урахуванням інерційних сил

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.

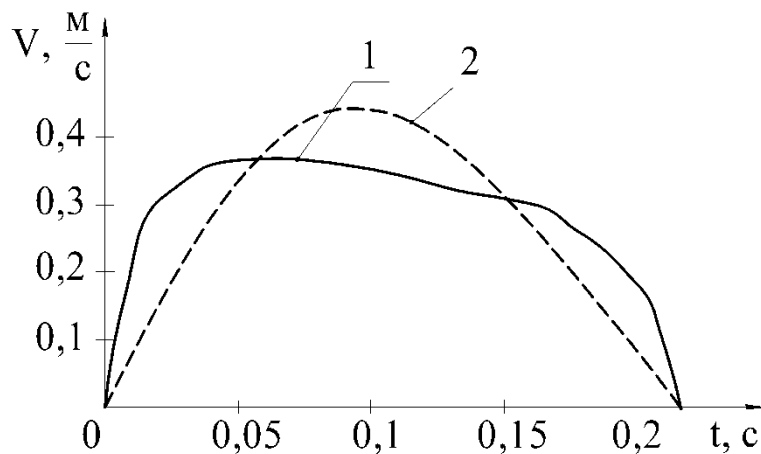


Рис. 7. Залежність швидкості поршня від часу: 1 – із застосуванням регулятора частоти; 2 – без регулятора частоти

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.