

ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ВІБРАТОР З ВБУДОВАНИМ ГЕНЕРАТОРОМ ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ ТА ЗОЛОТНИКОВО- КЛАПАНОЮ ГЕРМЕТИЗАЦІЄЮ З АДАПТИВНИМ КЕРУВАННЯМ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація.

Запропоновано вдосконалену конструкцію гідроімпульсного вібратора з адаптивною системою керування та золотниково-клапанною герметизацією. Встановлення обмежувальних гвинтів та сидла дозволяє налаштовувати постійний діапазон віброударного навантаження, що сприяє автоматизації режимів роботи та розширює функціональні можливості пристрою.

Ключові слова: гідроімпульсний вібратор, генератор імпульсів тиску, адаптивна система керування, золотниково-клапанна герметизація, віброударне навантаження.

Abstract

An improved design of a hydro-pulse vibrator with an adaptive control system and spool-valve sealing is proposed. The installation of restricting screws and a seat allows for setting a constant range of vibro-impact load, which facilitates the automation of operating modes and expands the functional capabilities of the device.

Keywords: hydro-pulse vibrator, pressure pulse generator, adaptive control system, spool-valve sealing, vibro-impact load.

Вступ

Віброударні гідравлічні приводи знаходять широке застосування в галузі машинобудування, зокрема у приводах випробувальних стендів, віброударних пресів, а також будівельних та комунальних машин. Проте існуючі рішення (наприклад, гідроімпульсні вібратори з прорізними пружинами) мають суттєві недоліки, які пов'язані зі складністю забезпечення герметизації елементів проміжної порожнини під час виготовлення та експлуатації. Це безпосередньо впливає на загальну ефективність роботи системи та параметри вібронавантаження, обмежуючи їх функціональні можливості. Метою роботи є розробка гідроімпульсного вібратора з вбудованим генератором

імпульсів тиску (ГІТ), який би забезпечував надійну герметизацію та адаптивне керування параметрами вібрації.

Результати дослідження.

Для вирішення поставленої задачі було розроблено пристрій, що містить магістралі вводу та відводу енергоносія, а також корпус, у центральний отвір якого встановлено плунжер та прорізну пружину. Прорізна пружина утворює з відповідними розточками корпусу напірну, проміжну і зливну порожнини. Головною відмінністю запропонованої конструкції є те, що в корпус додатково встановлені обмежувальні гвинти та сідло, яке обперте безпосередньо на прорізну пружину.

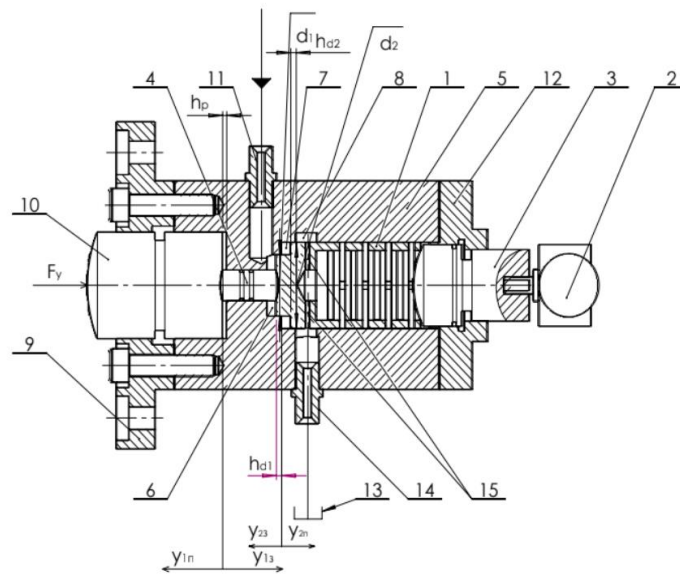


Рисунок 1 - Схема гідроімпульсного вібратора з вбудованим генератором імпульсів тиску та золотниково-клапаною герметизацією з адаптивним керуванням

На рисунку 1 представлено гідроімпульсний вібратор з вбудованим генератором імпульсів тиску з адаптивною системою керування та золотниково-клапаною герметизацією, що містить магістралі вводу 11 та відводу 14 енергоносія, корпус 5, в якому встановлено плунжер 10, навантажений через прорізну пружину 1, яка з розточками центрального отвору в корпусі 5 утворює напірну 6, проміжну 7 і зливну 8 порожнини, а її торець виконано у вигляді золотника, який обпертий через штовхач 4 в плунжер 10, встановлений між корпусом 5 та фланцем 9, при цьому для мащення напрямної частини прорізної пружини в золотнику виконані радіальні отвори 15, що через зливну порожнину 8 з'єднані з баком 13, а для адаптивного регулювання параметрів вібронавантаження вібратор оснащений кріпильною кришкою 12, обпертою на регульовальний гвинт 3 для регулювання жорсткості прорізної пружини 1, та сервоприводом 2.

Гідроімпульсний вібратор з вбудованим генератором імпульсів тиску з адаптивною системою керування та золотниково-клапаною герметизацією працює таким чином. Робоча рідина (енергоносія) від гідронасосу поступає через магістраль вводу 11 в напірну порожнину 6 генератора імпульсів, які знаходяться в корпусі 5, порожнина 6 додатнім перекриттям $h_{\partial 1}$ відділяється від проміжної порожнини 7, а додатнім перекриттям $h_{\partial 2}$ проміжна порожнина 7 відокремлюється від зливної порожнини 8. Зливна порожнина 8 через магістраль відводу 14 з'єднується з баком 13. Пружна частина золотника прорізної пружини 1 прорізного типу постійно з'єднана через радіальні отвори 15 із зливною порожниною 8, що забезпечує рідинне тертя по всій довжині золотника прорізної пружини 1.

В наслідок зростання тиску енергоносія в напірній порожнині 6 до величини тиску відкриття ГПТ:

$$p_1 \geq k_1 \cdot y_{02} / f_1 \quad (1)$$

де: k_1 , y_{02} - відповідно жорсткість прорізної пружини 1 і її попередня деформація; $f = \pi d_1^2 / 4 \approx 0,785 d_1^2$ - площа поперечного перерізу меншого ступеня прорізної пружини 1, - золотник прорізної пружини 1 починає переміщуватися на шляху $0 \leq y_{2II} \leq h_{\partial 1}$. В цей же момент під дією сили:

$$F_{p1}'' \geq p_1 f_3 - F_y \quad (2)$$

де: $f_3 = \pi d_3^2 / 4 \approx 0,785 d_3^2$ - площа поперечного перерізу штовхача 4, з діаметром d_1 ; F_y - зусилля від попереднього технологічного зусилля; в фланці 9 встановлений плунжер 10, який рухається на шляху $0 \leq y_{1n} \leq h_p$ до вибирання зазору h_p (де індекс "п" при y_1 та y_2 означають прямий хід).

Додатні перекриття $h_{\partial 1}$ та $h_{\partial 2}$ вибирають за умовою збереження потрібної герметичності запірної частини прорізної пружини 1 таким чином щоб $h_{\partial 2} > h_{\partial 1}$ це необхідно для того, щоб після переміщення прорізної пружини 1 на відстань $y_{2II} \geq h_{\partial 1}$ тиск в проміжній порожнині 7 певний час зберігається на рівні p_1 (припускається, що в момент з'єднання порожнин напірної 6 і проміжної 7, в наслідок малого її об'єму, миттєво зростає до рівня p_1).

В момент з'єднання напірної 6 і проміжної 7 порожнин дія енергоносія під тиском p_1 розповсюджується на всю площу поперечного перерізу f_2 запірної частини прорізної пружини 1, що спричиняє пришвидшений рух прорізної пружини 1 на шляху $y_{2n} = h_{\partial 2} - h_{\partial 1}$ під дією сили:

$$F_{p2} \geq p_1 f_2 - \bar{F}_{III1}; \quad (3)$$

де: $F_{np1} = [k_1(y_{02} + h_{\partial 1}) + k_1(y_{02} + h_{\partial 2} - h_{\partial 1})] / 2 = k_1(y_{02} + 0,5 h_{\partial 2})$ - середня сила прорізної пружини 1 під час руху на вказаному шляху.

Під час з'єднання напірної 6 і проміжної 7 порожнин із зливною порожниною 8 та руху прорізної

пружини 1 на шляху від'ємного перекриття h_{62} тиск енергоносія в напірній порожнині 6 гідроприводу вібратора падає до рівня тиску закриття ГІТ.

$$p_2 < k_1(y_{02} + h_{02} + h_{62})/f_2 = p_1 f_1/f_2 + k_1(h_{g2} + h_{62})/f_2, \quad (4)$$

Зниження тиску енергоносія в напірній порожнині 6 до рівня $p_a \leq p_2$, спричиняє зворотній рух (хід) прорізної пружини 1 на шляху ходу $h_{23} \geq h_{01} + h_{62}$ під дією сили:

$$F_{236} = \bar{F}'_{\text{ПР1}} - p_2 \cdot f_2, \quad (5)$$

де: $\bar{F}'_{\text{ПР1}} = [k_1(y_{02} + h_{02} + h_{62}) + k_1(y_{02} + h_{01})]/2 = k_1[y_{02} + 0,5(h_{02} + h_{62} + h_{01})]$ - середня сила прорізної пружини 1 на цьому його переміщенні (індекс “з” - означає зворотній хід).

Переміщення прорізної пружини 1 на шляху $y_{23} = h_{01}$ виконується під дією сили:

$$F'_{236} = \bar{F}''_{\text{ПР1}} - p_2 \cdot f_1, \quad (6)$$

де: $\bar{F}''_{\text{ПР1}} = [k_1(y_{02} + h_{02}) + k_1 y_{02}]/2 = k_1(y_{02} + 0,5 h_{01})$ - середня сила прорізної пружини 1 на цьому шляху його руху.

Сідло 16 обпирається в обмежувальні гвинти 17, які встановленні в корпусі 1.

Регулювання типу відкриття ГІТ здійснюється сервоприводом 2 посередністю регульованого гвинта 3 який підпирає кріпильна кришка 12, що безпосередньо здеформує пружну частину прорізної пружини 1. За параметрами від сенсорів переміщення та тиску адаптивно в залежності від зміни параметрів робочого процесу змінюється за допомогою автоматичної системи налаштування ГІТ.

Висновки

Запропонована конструкція гідроімпульсного вібратора вирішує проблему герметизації проміжної порожнини завдяки використанню нових елементів: сідла та обмежувальних гвинтів. Це дозволяє надійно підтримувати необхідний тиск у системі. Використання адаптивної системи керування на базі сервоприводу дає змогу налаштовувати постійний діапазон вібраційного та віброударного навантаження, що суттєво розширює функціональні можливості пристрою та дозволяє автоматизувати його робочі режими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гідроімпульсний вібратор з вбудованим генератором імпульсів тиску з адаптивною системою керування: пат. на корисну модель 161695 Україна : МПК F15B21/12. № u202502748 ; заявл. 10.06.2025 ; опубл. 24.12.2025, Бюл. № 52/2025.

2. Обертюх Р. Р., Слабкий А. В. Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода : монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.

Слабкий Андрій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця e-mail: slabkiyandrey@gmail.com

Котик Сергій Іванович - аспірант кафедри галузевого машинобудування. Вінницького національно технічного університету, Вінниця. e-mail: sergii.kotik@gmail.com

Slabkyi Andrii V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : slabkiyandrey@gmail.com

Kotyк Serhii I. — PhD student, Department of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : sergii.kotik@gmail.com