

УДК 621.225

DOI: 10.31388/2078-0877-19-2-103-109

ПРОБЛЕМИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДВИГУНІВ У ГІДРАВЛІЧНОМУ АГРЕГАТІ

Гавриленко О. М., здобувач*
Сумський державний університет
Тел/факс (0542) 68-78-55

Анотація – розглянуто роботу багатодвигунного гідравлічного агрегату, в якому необхідно забезпечити синхронне переміщення двох гідравлічних двигунів, що працюють на спільне навантаження. Виконано аналіз схем синхронізації гідродвигунів, розглянуто фактори, які впливають на узгодження руху вихідних ланок двигунів (штоків гідроциліндрів, роторів гідромоторів). Розглянуто схеми синхронізації гідравлічних двигунів з дросельними та об'ємними дільниками потоку. Проведена оцінка похибок синхронізації двигунів в ustalених режимах роботи гідравлічного агрегату.

За результатами аналізу поставлені задачі по вдосконаленню процесу синхронізації руху гідравлічних двигунів у багатодвигунному гідравлічному агрегаті.

Ключові слова – багатодвигунний агрегат, гідравлічний двигун, синхронізація.

Постановка проблеми. Досить часто для забезпечення роботи технологічного обладнання застосовуються декілька робочих органів, які забезпечують переміщення одного елемента. Тому з'являється необхідність у синхронізації їх руху. Синхронізації руху робочих органів полягають у забезпеченні строго погодженого в часі їхніх переміщень, швидкостей, прискорень. Оскільки розглядаються робочі органи, для забезпечення руху яких застосовуються гідравлічні двигуни (гідроциліндри, гідромотори), необхідно забезпечити синхронне переміщення вихідної ланки гідродвигуна (шток гідроциліндра, вал гідромотора).

Синхронність переміщення вихідних ланок гідродвигунів залежить від таких параметрів [1]:

- величина й характер робочих навантажень;
- внутрішнього й зовнішнього тертя в гідравлічних і механічних ділянках привода;
- величини переміщень, швидкості й прискорення рухів;
- здатності рідини стискуватися й наявності в ній повітря;

© Гавриленко О. М.

*Науковий керівник – к. т. н., доц. Кулініч С. П.

- жорсткості вузлів привода;
- температурних змін у механічних і гідравлічних ділянках;
- в'язкості робочої рідини;
- відхилення від номінальних значень і зміни розмірів і характеристик робочих органів та контрольно-регулюючої апаратури.

Для обґрунтування раціонального методу синхронізації руху гідравлічних двигунів в багатодвигунному гідравлічному апараті необхідно проаналізувати відомі методи та вибрати схему для подальшого детального дослідження.

Аналіз останніх досліджень. Для синхронізації руху гідродвигунів використовуються дросельні й об'ємні пристрої [3].

На рис.1 приведено схему синхронізації руху гідравлічних двигунів встановленням незалежних регульованих дроселів [2]. Синхронізація швидкості руху штоків гідроциліндрів Ц1,

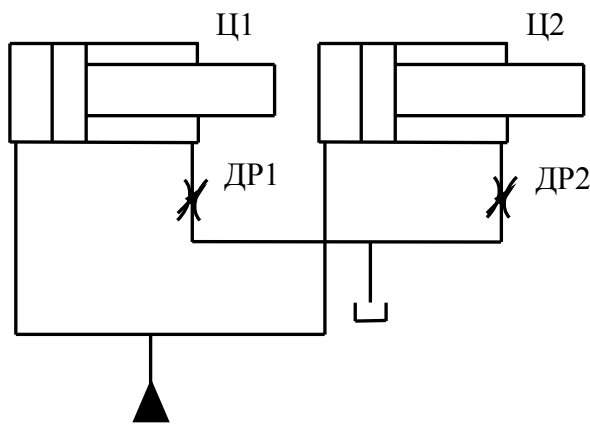


Рис. 1. Синхронізація швидкості руху штоків гідроциліндрів встановленням дроселів.

Ц2 забезпечується регулюванням витрат робочої рідини через дроселі ДР1 та ДР2. Регулюванням площі робочих вікон дроселів можна отримати задане відношення витрат через них, а значить і задане відношення швидкостей руху. Недоліком даної схеми синхронізації є залежність витрат через дроселі від перепаду тиску на них, а перепад тиску в свою чергу залежить від навантаження гідравлічних двигунів.

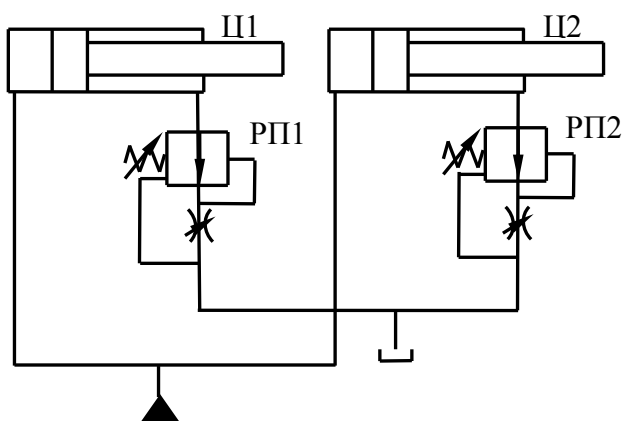


Рис. 2. Синхронізація швидкості руху штоків гідроциліндрів встановленням регуляторів потоку.

Для зменшення похибки синхронізації замість регульованих дроселів можна встановити регулятори потоку рідини (рис. 2). Регулятори потоку менш чутливі до зміни перепаду тиску, тому точність синхронізації швидкості руху гідравлічних двигунів буде вищою.

Для синхронізації руху гідравлічних двигунів застосовують також спеціальні гідравлічні апарати – дільники та суматори потоку рідини. Вони ділять потік рідини на дві частини в потрібному співвідношенні.

Робоча рідина від джерела живлення через розподільник поступає на вхід дільника потоку (рис. 3, а). Далі через нерегульовані дроселі ДР1 та ДР3 у торцеві камери золотникового розподільника. З торцевих камер через регульовані дроселі ДР2 та ДР4 до об'ємних гідродвигунів (рис. 3, б). Золотник знаходиться у стані рівноваги тільки за умови рівності тисків p_1 та p_2 . За цієї умови перепад тисків на нерегульованих дроселях буде однаковим, тому й витрати робочої рідини через них будуть однаковими.

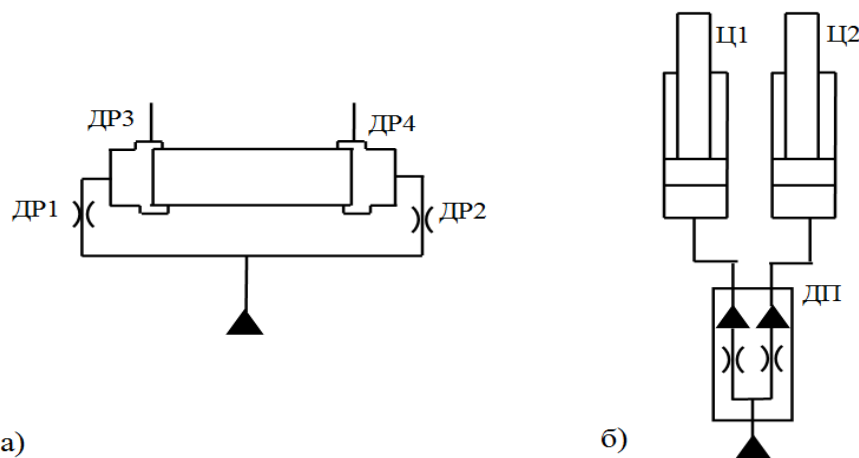


Рис. 3. Синхронізація швидкості руху штоків гідроциліндрів встановленням дільника потоку.

Об'ємні дільники потоку (рис. 4) мають більшу точність синхронізації, менш чутливі до несиметричності навантажень на гідравлічних двигунах.

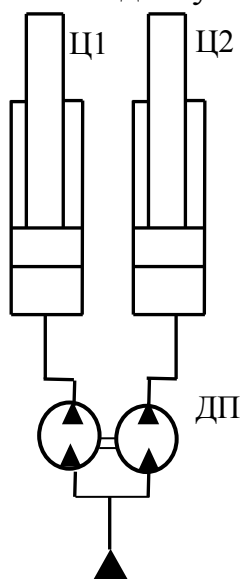


Рис. 4. Об'ємний дільник потоку.

Робоча рідина від насоса поступає до дозатора обертання – два насос-мотора посаджені на спільний вал. Відношення витрат робочої рідини в гідролініях залежить від співвідношення робочих об'ємів насос-моторів. При номінальних навантаженнях на гідравлічних двигунах тиски в напірних лініях однакові, насос-мотори дозатора працюють у рівних умовах і витрати робочої рідини в лініях однакові. При несиметричному навантаженні одна з машин працює в режимі насоса, а інша в режимі гідромотора. Внаслідок цього

співвідношення витрат рідини в лініях буде відрізнятися від номінального.

Для зменшення похибок регулювання співвідношення витрат робочої рідини інколи паралельно дозаторам можуть включатись дроселі [1].

Основна частина. При синхронізації швидкості руху за допомогою встановлених у зливній лінії регульованих дроселів (рис. 1), швидкість руху поршнів гідроциліндрів залежить від витрат робочої рідини через дроселі

$$v_1 = \frac{Q_1}{S_2}, \quad (1)$$

$$v_2 = \frac{Q_2}{S_2}, \quad (2)$$

де v_1, v_2 – швидкості руху штоків гідроциліндрів; Q_1, Q_2 – витрати рідини в порожнинах гідроциліндрів, S_2 – площа поршня зливної порожнини.

Витрати рідини через дроселі

$$Q_1 = \mu S_{op} \sqrt{\frac{2\Delta p_1}{\rho}}, \quad (3)$$

$$Q_2 = \mu S_{op} \sqrt{\frac{2\Delta p_2}{\rho}}, \quad (4)$$

де μ – коефіцієнт витрат дроселів; S_{op} – площа дроселя; $\Delta p_1, \Delta p_2$ – перепади тиску на дроселях; ρ – густина рідини.

Перепади тиску на дроселях за умови відсутності втрат тиску в трубопроводах та направляючих розподільниках

$$\Delta p_1 = p_n \frac{S_1}{S_2} - \frac{F_1}{S_2}, \quad (5)$$

$$\Delta p_2 = p_n \frac{S_1}{S_2} - \frac{F_2}{S_2}, \quad (6)$$

де p_n – тиск на виході з насосу; S_1 – площа поршня напірної порожнини; F_1, F_2 – зусилля на штоках.

З урахуванням (1-6) відношення максимальне відношення швидкостей руху штоків в гідроциліндрах буде

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)_{max} = \sqrt{1 + \frac{(F_1 - F_2)_{max}}{S_2 \Delta p_{2min}}}. \quad (7)$$

З (7) видно, що мінімальна похибка синхронізації буде за умови, що $\frac{(F_1 - F_2)_{max}}{S_2 \Delta p_{2min}}$ наближається до 0.

Тобто, несиметричність навантаження призводить до суттєвого відхилення швидкостей руху штоків гідроциліндрів.

Для схеми, приведеної на рис. 4 (об'ємний дільник потоку) швидкості руху штоків гідроциліндрів, як і для синхронізації встановленням незалежних дроселів (рис. 1), визначаються за формулами (1, 2). Витрати рідини в порожнинах гідроциліндрів визначаються за формулами (вважаємо, що навантаження несиметричне, зусилля $F_1 > F_2$, тобто гідромашина 1 працює в режимі насоса, а гідромашина 2 – в режимі гідромотора).

$$Q_1 = V_{0.1} n_1 \eta_{o1}, \quad (8)$$

$$Q_2 = \frac{V_{0.2} n_2}{\eta_{o2}}, \quad (9)$$

де $V_{0.1}$, $V_{0.2}$, – робочі об'єми гідромашин; n_1 , n_2 – частоти обертання валів гідромашин; η_{o1} , η_{o2} – об'ємні коефіцієнти корисної дії гідромашин.

З (8, 9), враховуючи (1, 2) та $V_{0.1} = V_{0.2}$ (гідромашини однакові) і $n_1 = n_2$ (вали гідромашин жорстко з'єднані), отримаємо відношення швидкостей руху штоків гідроциліндрів

$$\left(\frac{v_1}{v_2} \right)_{max} = \eta_{o1} \eta_{o2}, \quad (10)$$

Якщо прийняти, що

$$\eta_{oi} = 1 - (1 - \eta_{o.ном}) \frac{\Delta p}{\Delta p_{ном}}, \quad (11)$$

та

$$\Delta p = \frac{F_{max} - F_{min}}{2S_1}, \quad (12)$$

$$\Delta p_{ном} = \frac{F_{max}}{S_1}, \quad (13)$$

де $\eta_{o.ном}$ – номінальний об'ємний коефіцієнт корисної дії гідромашини; $\Delta p_{ном}$ – номінальний перепад тиску гідромашини, отримаємо

$$\left(\frac{v_1}{v_2} \right)_{max} = \left[1 - (1 - \eta_{o.ном}) \frac{F_{max} - F_{min}}{2F_{max}} \right]^2. \quad (14)$$

З формул (7, 14) видно, що різниця швидкостей в усталеному режимі роботи залежить від несиметричності навантаження.

Висновки. Аналіз роботи синхронізованих гідравлічних двигунів в гідравлічному агрегаті показав, що існуючі методи синхронізації не можуть забезпечити абсолютної синхронності руху вихідних ланок гідродвигунів. Тому є необхідність у подальшому дослідженні процесу синхронізації для покращання роботи гідравлічного агрегату.

Література:

1. *Навроцкий К. Л.* Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. Москва: Машиностроение, 1991. 384 с.
2. Гідроприводи та гідро- пневмоавтоматика: підручник / В. О. Федорець та ін. Київ: Вища школа, 1995. 464 с.
3. *Сахно Ю. А.* Многопоточные гидравлические делители. Москва: Машиностроение, 1988. 157 с.

ПРОБЛЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ В ГИДРАВЛИЧЕСКОМ АГРЕГАТЕ

Гавриленко А. Н.

Аннотация – рассмотрена работа многодвигательного гидравлического агрегата, в котором необходимо обеспечить синхронное перемещение двух гидравлических двигателей, работающих на совместную нагрузку. Выполнен анализ схем синхронизации гидромоторов, рассмотрены факторы, влияющие на согласование движения выходных звеньев двигателей (штоков гидроцилиндров, роторов гидромоторов). Рассмотренные схемы синхронизации гидравлических двигателей характеризуются постоянной погрешностью скорости движения гидравлических двигателей в установившемся режиме. По результатам анализа поставлены задачи по совершенствованию процесса синхронизации движения гидравлических двигателей в многодвигательном гидравлическом агрегате.

PROBLEMS OF ENGINES SYNCHRONIZATION IN HYDRAULIC UNIT

O. Havrylenko

Summary

The efficiency of using modern technological equipment, which is a complex automated complex with a large number of executive bodies, largely depends on the ability to predict the characteristics of

power drives as a part of this equipment. In the overwhelming majority of modern technological machines for the use of working bodies, hydraulic systems which develop significant efforts at small dimensions and masses are used. For some technological processes it is necessary to ensure the synchronization of the movements of several working bodies.

Therefore, the study of the hydraulic drive, which provides synchronization of the transfer of working units of process equipment, is an actual scientific problem, which has practical application in the industry.

The synchronization of the movement of working bodies is an ensuring of strictly coordinated in time of their movements, speeds, accelerations. Since the working bodies of the hydraulic drive are considered, this is about the synchronization of displacement of hydraulic motors.

The work of a multi-engine hydraulic unit, in which it is necessary to ensure the synchronous movement of two hydraulic motors moving on a joint load, is considered. The analysis of the schemes of hydraulic motors synchronization is carried out. Factors which influence on the coordination of movement of the source segments of engines (hydrocylinder stocks, rotors of hydraulic motors) are considered. The schemes of synchronization of hydraulic motors with throttle and volume flow dividers are presented. An estimation of errors of engines synchronization in the established modes of operation of the hydraulic unit is carried out.

The considered schemes of hydraulic motors synchronization are characterized by a constant error of hydraulic motors speed in the steady state. It has been established that in the case of asymmetric load, the synchronization error at the position of the hydraulic motor starting point is proportional to the displacement (time of motion).

The tasks for improving the process of synchronization of hydraulic motors motion in a multi-engine hydraulic unit are set.