

УДК 62-525

О.П. Губарев, д-р техн.наук, проф., О.В. Левченко канд.техн.наук, В.З. Аверін канд.техн.наук, доц.
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

УТОЧНЕНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В БАГАТОПРИВІДНИХ ЦИКЛОВИХ СИСТЕМАХ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ

Рассмотрено влияние количества исполнительных устройств, величины нагрузки на приводах, времени переключения распределительных клапанов, одновременной работы исполнительных устройств и избыточного давления в общей сливной магистрали на величину энергопотребления многоприводных цикловых систем гидроприводов. Выполнена оценка влияния перечисленных факторов на энергетическую эффективность систем циклового гидропривода.

Influence of quantity of actuation mechanisms, load on drives, frequency of switching of regulating valves, simultaneous operation of actuating devices and superfluous pressure in the general drain line on power consumption of cyclic hydraulic systems with many drives is considered. The estimation of influence of the listed factors on power efficiency of cyclic hydraulic systems with many drives is executed.

Енергетична ефективність використання гідроприводу найчастіше визначається спожитою та корисною потужністю, тобто ККД системи. ККД системи формується, в першу чергу, з ККД окремих гідроапаратів, які входять до складу системи, а також шляхом врахування енергетичних втрат на транспортування енергоносія (робочої рідини) від апаратів системи енергозабезпечення до виконавчих пристроїв [1, 2]. Власне більшість методик базується на врахуванні лише цих факторів, не враховуючи фактори, притаманні безпосередньо для систем циклових гідроприводів [3, 4].

Аналіз гідравлічних схем та роботи потужних промислових систем гідроприводів, таких як кувальний маніпулятор МК30 Новокаматорського машинобудівного заводу «НКМЗ» (потужність 483 кВт), ливарна машина ДП-10 доменної печі Дніпродзержинського металургійного комбінату ім. Дзержинського «ДМКД» (потужність 874 кВт), автоматизований прес для калібрування труб D125/150 фірми Demag Нікопольського південнотрубного заводу «НПТЗ» (потужність 2560 кВт), автоматизований прес для пресування целюлози ВР-10000 фірми Bosch Rexroth (потужність 213 кВт), показав значні розбіжності між розрахунковими значеннями потужності та показниками вимірювальних приладів за визначений проміжок часу. Це пояснюється тим, що на енергетичну ефективність гідросистеми впливає значно більша кількість факторів, які повинні бути враховані при визначенні енергоспоживання [5].

Метою досліджень є експериментальна перевірка величини впливу характеристик і режимів роботи гідравлічного обладнання на рівень енергетичних втрат. Відповідно до проведеного аналізу факторів [6, 7], які впливають на енергоефективність циклових систем гідроприводів, експериментальна перевірка проводилась для тих факторів, які мають значний вплив (більше 3%) на енергоспоживання. Для досягнення поставленої мети розроблено типові принципіві схеми гідравлічного приводу та експериментально досліджено вплив величини навантаження на приводах, частоти та часу переключення розподільних клапанів, одночасної роботи виконавчих пристроїв та змін надлишкового тиску в загальній зливній лінії на величину енергоспоживання.

В першій серії експериментів визначено вплив величини навантаження на різних приводах. Тиск навантаження задавався на першому і другому приводі відповідно для кожного експерименту у процентному відношенні 50, 75 та 125% від номінального. Вплив різних значень навантаження в тактах циклограми на приводах досліджено за допомогою гідросистеми з постійним тиском і витратою та двома гідромоторами (рис. 1). В схемі використано 2 реверсивні нерегульовані гідромотори ГМ1 та ГМ2, гідравлічний розподільний клапан Р1 для підключення другого гідромотора, насосний агрегат НА з нереверсивним нерегульованим насосом 3, електричний лічильник Л, два клапани 5 та 8, налаштовані на різні тиски для імітації навантаження на валах гідромоторів, манометрів 6.

В першій частині експерименту на приводі 1 імітувалось постійне значення навантаження за допомогою налаштування тиску P_{F1} на клапані тиску 5. На приводі 7 навантаження в кожному замірі збільшувалось від мінімального до максимального за допомогою налаштування тиску P_{F2} на клапані тиску 8. Тиск підпору на першому приводі встановлений на постійне значення $P_{F1} = 40$ бар, тиск підпору на другому приводі P_{F2} встановлювався на значення $0,5 \cdot P_{F1}$, $0,75 \cdot P_{F1}$, $1,25 \cdot P_{F1}$.

В другій частині експерименту на приводі 2 імітувалось постійне значення навантаження за допомогою налаштування тиску P_{F2} на клапані тиску 8 та різні значення навантажень за допомогою налаштування тиску P_{F1} на клапані тиску 5 та проводились заміри аналогічно першій частині експерименту. По результатам експерименту визначено залежність споживаної потужності від величини навантаження на приводах.

Результати експериментів засвідчують, що вплив зміни величини навантаження на одному з виконавчих пристроїв системи на втрати енергії знаходиться в межах точності експерименту і не впливає на рівень енерговитрат гідросистеми (рис. 3.).

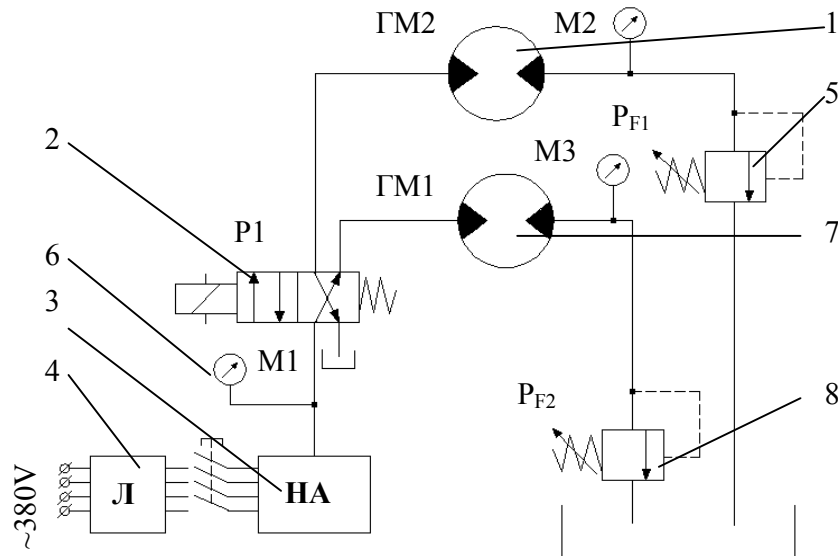


Рис. 1. Схема системи для дослідження впливу величини навантаження: 1 – гідравлічний мотор 1, 2 – розподільник, 3 – насосний агрегат, 4 – електричний лічильник, 5 – клапан тиску 1, 6 – манометр, 7 – гідравлічний мотор 2, 8 – клапан тиску 2

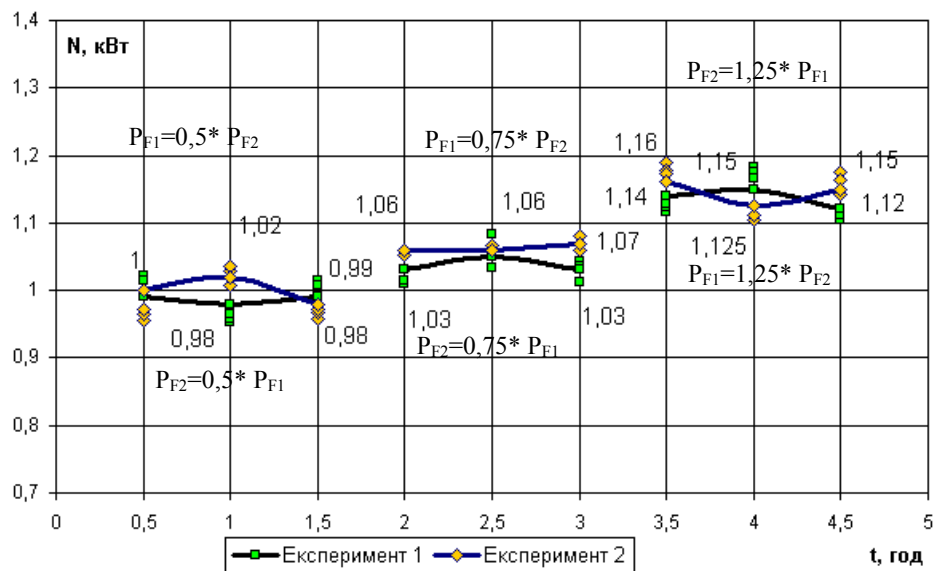


Рис. 3. Залежності затраченої енергії при різних рівнях навантаження P_{Fi}

Визначення впливу відносного часу переключення розподільчих клапанів в системі здійснено шляхом зупинки рухомих елементів та рідини або їх реверсування, що потребує витрат енергії, які не визначаються коефіцієнтами корисної дії пристроїв. Під відносним часом переключення розподільного клапану розуміємо тривалість заданої кількості переключень розподільника. В серії експериментів використано 4 значення відносного часу переключення. Дослідження впливу відносного часу переключення гідророзподільника виконано на гідросистемі з постійним тиском і витратою, гідравлічним циліндром двохсторонньої дії та керуванням за допомогою вільнопрограмованого контролера (рис. 4).

Експеримент складався з чотирьох серій, в кожній з яких встановлювався за допомогою алгоритму керування PLC різний відносний час переключення, який відповідає тривалості циклу 1, 2, 4 та 8 с.

Отримані залежності вказують на вплив відносного часу переключення на рівень енергоспоживання при зменшенні відносного часу переключення розподільного клапану до 1 с. (рис. 5).

Додаткове енергоспоживання має лінійну залежність від відносного часу переключень із зменшенням, що відображає початкову акумулюючу спроможність системи:

$$K_{ak} = 1 - (\Delta p / E_{pp}) \cdot W_s$$

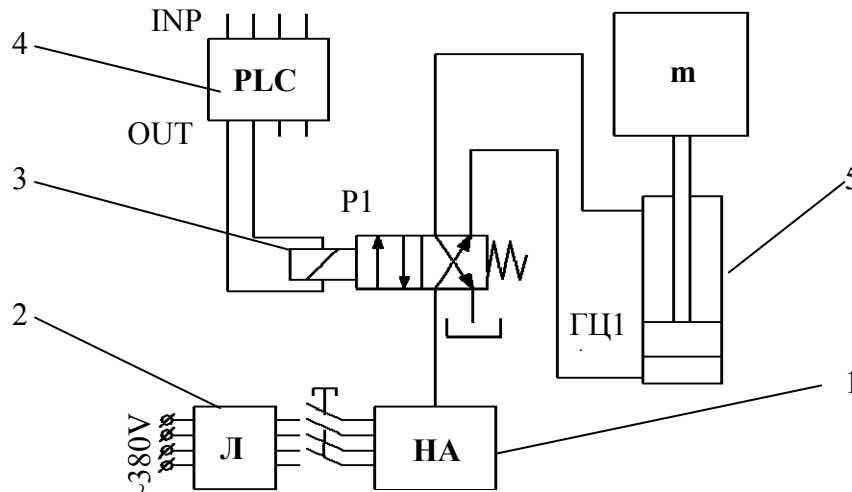


Рис. 4. Схема системи для дослідження впливу відносного часу переключення розподільного клапану P1:
1 – насосний агрегат, 2 – електричний лічильник, 3 – розподільник, 4 – вольнопрограмований контролер,
5 – циліндр

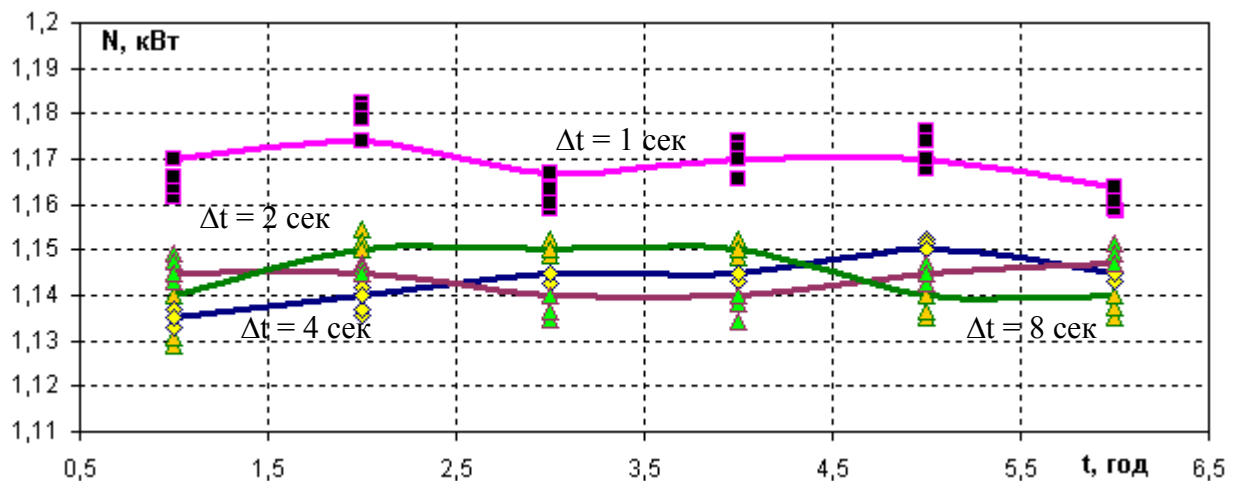


Рис. 5. Вплив відносного часу переключення на рівень енергоспоживання: в 5-годинній зміні ($n=150$ об/хв, $P_{F1}=P_{F2}=5,5$ МПа, $t_{\text{масла}}=74^{\circ}\text{C}$)

Порівняння результатів чотирьох серій експериментів показує, що при зменшенні тривалості циклу, який відповідає рівню, нижчому за коефіцієнт зміщення (для досліджуваної системи 0,006 при часі 1с) відбувається зростання рівня енергоспоживання гідросистеми, що перевищує 3%, і його необхідно враховувати при визначенні енергоефективності системи.

В наступному експерименті проводилось визначення впливу змін тиску в зливній лінії, спричиненого одночасною роботою приводів, на величину енергетичних втрат гідравлічної системи. Для дослідження використано гідросистему з агрегатом постійного тиску і витрати, двома гідромоторами та керуванням розподільним клапаном за допомогою вольнопрограмованого контролера (рис. 6.). В першій серії встановлювався мінімальний тиск в зливній лінії, що імітував роботу системи за умов вимкнених інших виконавчих пристроїв. В другій та третій серіях імітувалося одночасне підключення інших пристроїв, що призвело до збільшення витрати в зливній лінії та відповідного зростання тиску.

Порівняння результатів трьох серій експериментів показало (рис. 7.), що при одночасній роботі в такті кількох виконавчих пристроїв сумарні витрати енергії будуть відрізнятися від суми енергетичних втрат при роздільній роботі кожного виконавчого пристрою.

Додаткові втрати енергії спричинені збільшенням надлишкового тиску в загальній зливній магістралі. За умов постійної температури робочої рідини зростання рівня енергоспоживання гідросистеми в залежності від кількості виконавчих пристроїв, які одночасно спрацюють, може перевищувати 3% і його має бути враховано при прогнозуванні енергетичних характеристик багатопривідних циклових систем.

Висновки: Проведено серію експериментальних досліджень, які показали необхідність врахування факторів, характерних для багатопривідних циклових систем гідроприводів, при визначенні рівня енергоспоживання. Особливістю цих втрат є те, що вони є не постійними в структурі системи, а змінюють впродовж тривалості робочого циклу системи.

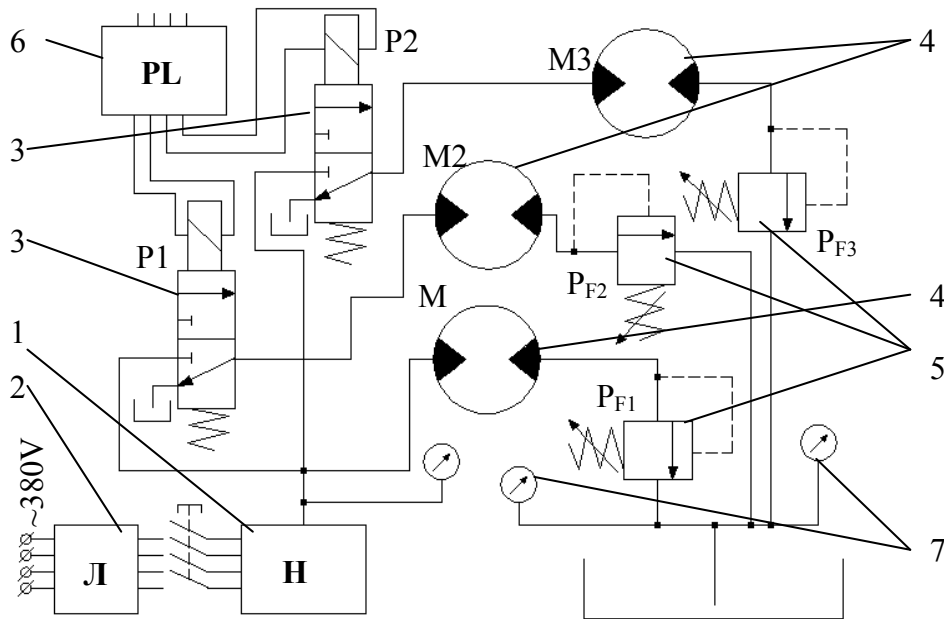


Рис. 6. Схема системи дослідження впливу одночасної роботи приводів: 1 – насосний агрегат, 2 – електричний лічильник, 3 – розподільник 3/2, 4 – гідромотор, 5 – клапан тиску, 6 – вільнопрограмований контролер, 7 – манометр

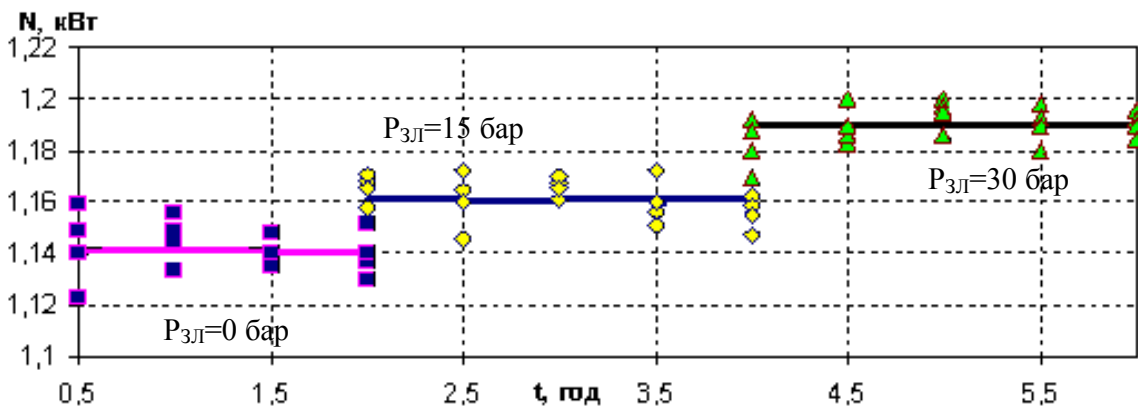


Рис. 7. Зміни споживаної потужності при одночасній роботі виконавчих пристроїв

Результати експериментів показали, що такі фактори як, одночасна робота виконавчих пристроїв, зміна тиску в загальній зливній лінії та зменшення відносного часу реверсування розподільчих клапанів призводять до зростання енергетичних втрат системи більш ніж на 3% і повинні бути враховані при розрахунку і проектуванні багатопривідних циклових систем гідроприводів.

Почергова зміна величини навантаження на виконавчих пристроях системи суттєво не впливає на рівень енергоспоживання і може бути не врахована при визначенні енергетичної ефективності системи.

Список літератури

1. Mechatronika/ pod kier. Dietmara Schmida.- Polish edition REA, Warszawa.- 2002.- 384p.
2. Абрамов Е.І. Гідравлічні слідуючі приводи систем керування літальних апаратів. Навчальний посібник / Абрамов Е.І., Зайончковський Г.Й. -К.: КМУЦА, 2000.-224с.
3. Введение в механотронику: Учеб. Пособие для студ. спец. «Гидравл. и пневмат. машины», «Прикладная механика», «Инженерная механика» / О.М. Яхно, А.В. Узунов, А.Ф. Луговской и др. – К.: НТУУ «КПИ», 2008. – 528с.
4. Левченко О.В. Особливості керування гідравлічними пропорційними розподільниками в багатопривідних виробничих системах / Левченко О.В. – В кн.: Вестник Национального технического университета Украины («КПИ») Серия машиностроение. – Киев: НТУУ, 2007, вып.51. – с.154-160.
5. Яхно О.М., Пастушенко С.И. Повышение эффективности использования энергии в гидравлических механизмах сельскохозяйственных машин /Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика» №3 - 2004- с92-98
6. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник.- Житомир: ЖШТШ, 2001-612с
7. Губарев О.П. Особливості моделювання роботи механотронних систем з гідравлічними і пневматичними силовими приводами / О.П. Губарев, О.В. Левченко. – «Опто-електронные информационно-энергетические технологии» №1 (11), 2006, Вінницький національний технічний університет. – с. 207-214.