

УДК 62-525

О.В. Левченко (канд. техн. наук, доц.)
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОПРИВІДНОЇ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ

Розглянуто фактори, які впливають на роботу багатопривідної гідравлічної системи. Визначено пріоритети важливості різних факторів при використанні типових гідросистем. Визначено залежність факторів один від одного та взаємозв'язок між ними. Розроблено методика розрахунку комплексного показника ефективності роботи гідросистеми з урахуванням факторів, які є однаковими для типових гідросистем. При розрахунку комплексного показника ефективності враховано технічні і економічні характеристики роботи гідравлічної системи.

Ключові слова: ефективність, багатопривідна гідравлічна система, енергоспоживання, втрати

Проблема та її зв'язок з науковими або практичними задачами. Питання ефективності багатопривідних систем, в тому числі й гідравлічних стають все більш актуальними. Це пов'язано з різними чинниками, такими як значне зростання вартості енергоносіїв, зменшення ліміту підприємствам на їх використання, підвищення рентабельності і якості виробництва в умовах жорсткої конкурентної боротьби між виробниками промислової продукції. Ефективність системи може бути визначена відповідно до різних критеріїв, це й тривалість робочого циклу, вартість одиниці готової продукції, вартість обслуговування технологічного обладнання за період одиничного циклу роботи системи і т.д. Ведучи мову про підвищення енергетичної ефективності роботи системи, тобто зменшення рівня енергетичних витрат за проміжок часу починаючи з етапу проектування до досягнення терміну рівному довговічності роботи системи, необхідно врахувати такі критерії і відповідно отримати такі результати, які б дозволили вибрати найбільш ефективну і власне найбільш економічну схему гідравлічної системи.

Постановка задачі. Розглянути критерії, які впливають на роботу багатопривідної гідравлічної системи та визначити ступінь їх вагомості при розрахунку енергетичної ефективності системи. Запро-

понувати комплексний показник, типовий для гідравлічних схем при визначенні енергетичної ефективності. Визначити можливість використання комплексного показника ефективності для розробки рекомендацій по вибору гідравлічних схем.

Запропоноване рішення. Основною задачею визначення ефективності системи є отримання таких характеристик, які дозволяють розробити максимально ефективну схему системи, тобто схему, яка забезпечить мінімальні витрати на проектування, створення і експлуатацію протягом терміну експлуатації (рис. 1). Ефективність може бути визначена порівнянням витрат, необхідних для проектування, технічних засобів і експлуатації гідросистеми з корисним ефектом, вираженим корисною роботою. Основними чинниками, які впливають на характеристики системи при проектуванні є наявність висококваліфікованих спеціалістів, які приймають участь в розробці та їх кількість. Рівень технічного оснащення системи залежить від обладнання, яке було обране під час проектування, тобто залежить не лише від фірми виробника, а й від способів його підключення, тобто від кваліфікації проектувальника. Експлуатаційні витрати характеризуються тривалістю експлуатації системи та схемними рішеннями, використаними для реалізації гідросистеми. Відповідно корисний ефект визначається корисною роботою, яка виконуються гідросистемою і яку можна визначити, наприклад, по кількості випущеної продукції.

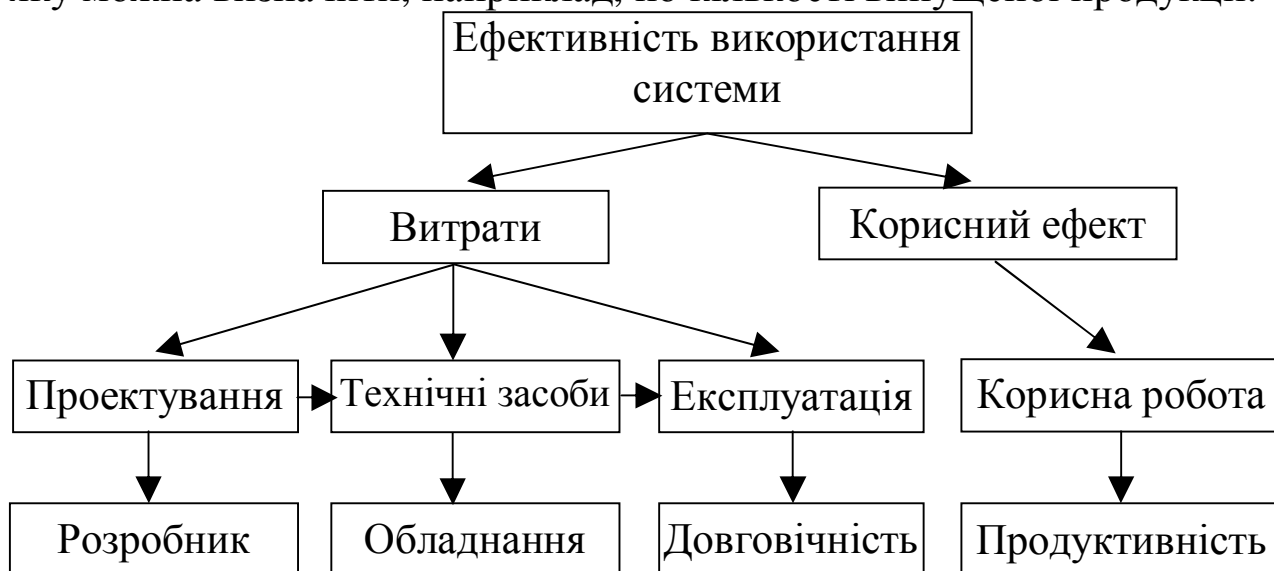


Рис.1. Баланс витрат і корисного ефекту багатопривідної гідравлічної системи

Для розробки спрощеної моделі багатопривідної гідравлічної системи необхідно задатись певними вихідними даними, які були б спільними для типових гідросхем (рис. 2). Логіко-функціональна мо-

дель гідросистеми дозволяє в залежності від напрямків, таких як визначення енергетичних характеристик роботи гідросистеми, прогнозування ресурсу роботи окремих пристроїв системи, зміни довговічності гідросистеми, режимів роботи пристроїв гідросистеми та робочої рідини, умов експлуатації, технологічного циклу, вартості енергоносіїв отримати раціональне схемне рішення.

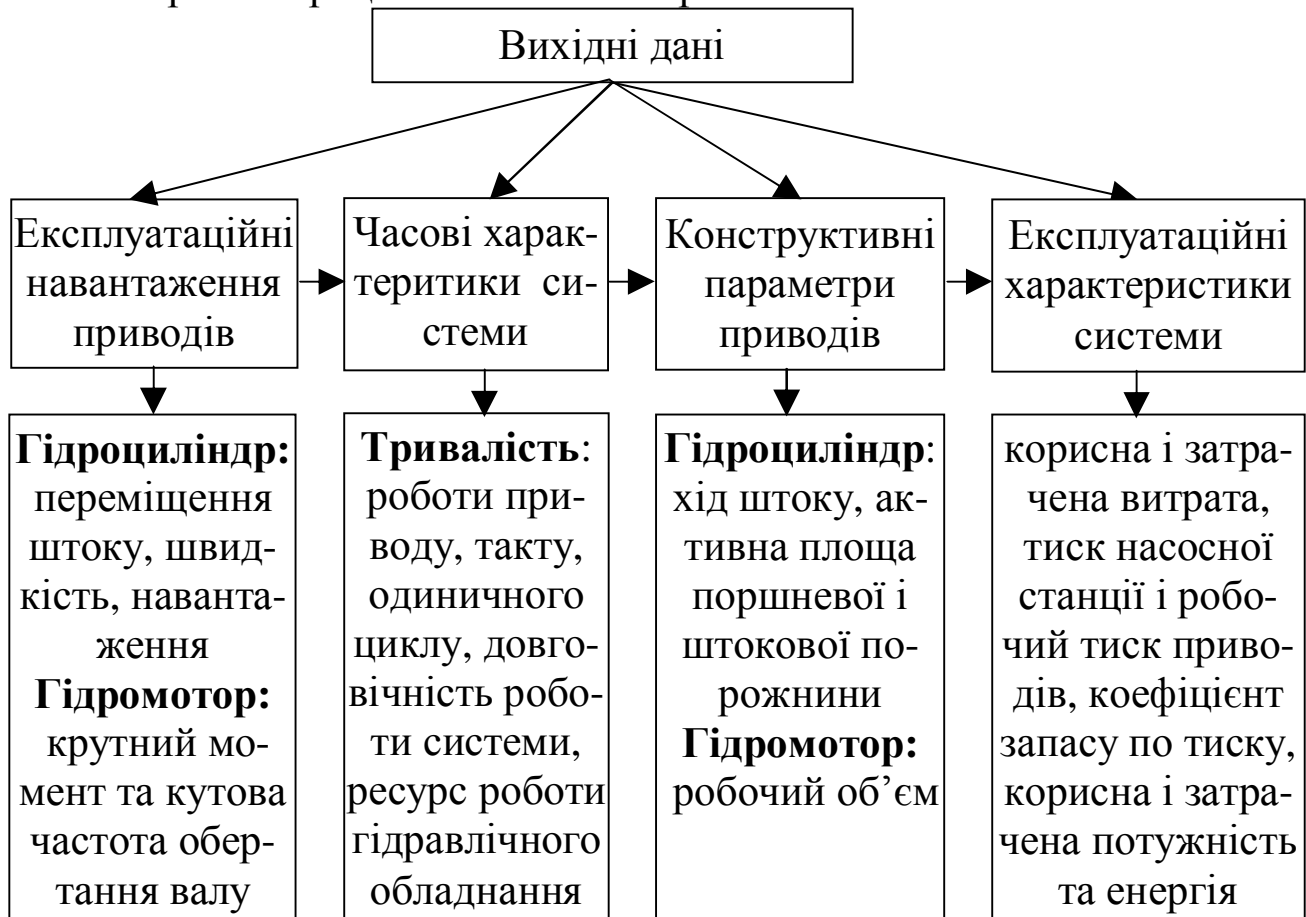


Рис.2. Вихідні дані для моделювання роботи багатопривідної гідросистеми

Основною задачею визначення ефективності є вибір схемного рішення, яке забезпечує максимальну ефективність роботи системи. Проводити порівняння того чи іншого схемного рішення можна лише маючи енергетичні показники роботи кожного варіанту при одних й тих же вихідних умовах. Тому в якості вихідних даних для розрахунку використано параметри роботи системи, за допомогою яких визначається енергетична ефективність.

При розробці моделі системи ми розглянули параметри приводів, які умовно можна поділити на декілька частин, таких як експлуатаційні навантаження на приводах, часові характеристики роботи системи, геометричні параметри приводів та експлуатаційні характеристики системи. До експлуатаційних характеристик системи відно-

сяться зусилля, які повинні створювати приводи для виконання технологічних операцій або дій, для яких вони призначені.

Результуючі енергетичні характеристики гідравлічної системи пов'язані з гідравлічними схемами системи та обладнанням, яке використовується для реалізації цих схем. Працюючи над питанням підвищення ефективності роботи гідравлічних багатопривідних систем було виявлено, що зміна виробника того чи іншого обладнання не призведе до значного підвищення ефективності роботи системи, так як типове гідравлічне обладнання має відношення показників ціна-якість на тому рівні, який з врахуванням довговічності роботи системи, дасть приблизно однаковий результат. Тому найбільш вірогідним способом і перспективним напрямком досягнення найкращого результату є вибір оптимальної гідравлічної схеми та способу її керування.

У процесі проектування, як правило, розглядається кілька варіантів конструкції технічної системи, з яких потім обирається найкращий. При їх порівнянні зручно користуватись параметрами ефективності, наприклад потужність, ККД, показники ефективності.

Ефективністю є ступінь відповідності системи цільовому призначенню у певних умовах експлуатації. Показником ефективності може бути деякий кількісний показник, що застосовується для оцінки і порівняння варіантів системи [2].

Розрізняють показники якості функціонування і вихідний ефект системи. Показники якості функціонування дають точкову оцінку, а вихідний ефект – інтервальну оцінку процесу функціонування системи.

Ефективність залежить від багатьох факторів, у тому числі й від надійності складових системи. Якщо для системи в цілому визначаються як показники надійності, так і показник ефективності, то для її складових оцінка ефективності є недоцільною. Не варто, наприклад, розглядати ефективність застосування дреселя або розподільника, як складових автоматичної системи керування.

Для великої сукупності об'єктів (автоматизована система керування технологічним процесом, автоматична лінія тощо) доцільним є визначення ефективності, оскільки при відмовах окремих її частин тільки погіршуються властивості такого комплексу.

Критерії, показники можуть бути імовірнісними, інформаційними, вартісними. Від цього залежить їх розмірність. Для інформаційних систем, основною метою яких є переробка інформації, розмірніс-

ттю можуть бути одиниці інформації, для обчислювальних систем – одиниці часу, для автоматичних систем – безрозмірні, на одиницю часу, з врахуванням експлуатаційних витрат або на випуск одиниці продукції [3].

За результатами проведеного аналізу було запропоновано враховувати не лише характеристики роботи приводів, а й такі інтегральні характеристики, як довговічність роботи гідравлічного обладнання, інтенсивність відмов в процесі роботи системи, режим роботи обладнання (кількість змін в день, кількість днів в місяці і т.д.), його завантаженість протягом зміни, частота обслуговування та ремонтів та ін. Це потрібно для того, щоб отримати загальну картину роботи системи не лише за робочий цикл чи певний короткий проміжок часу, а й для врахування всіх витрат за період експлуатації відповідно до строку експлуатації системи. Це дасть можливість отримати економічні показники ефективності роботи системи. Тобто, лише маючи сумарні економічні витрати на впровадження конкретної схеми, її експлуатацію, обслуговування, ремонти та ін. можна говорити про ефективність запропонованої схеми. Ці критерії повинні бути загальними для різних схем, легко для кожної з них обраховуватись і бути прийнятними для розуміння та порівняння. Вибір показника ефективності є складною задачею. Це пояснюється тим, що ефективність визначається сукупністю багатьох показників, таких як вартість, продуктивність, ремонтпридатність, час розробки та виготовлення та ін.

Проаналізувавши типові схемні рішення, які використовуються для багатопривідних гідравлічних систем [1] було виявлено, що для оцінки роботи системи найбільш об'єктивним є такий показник, як комплексний показник ефективності роботи системи за період рівний строку її експлуатації. В загальному випадку ефективність роботи системи можна представити у вигляді відношення корисної роботи, виконаної цією системою, до витрат, яких система потребує впродовж життєвого циклу:

$$E = C_{\Sigma} / D_{\Sigma}, \quad (1)$$

де: $C_{\Sigma} = C(x_j, y_j, z_j, t)$ – функція повної величини цільової віддачі всіх пристроїв системи;

D_{Σ} – повні затрати праці на проектування, виготовлення і експлуатацію системи;

x_j – організаційні фактори (інтенсивність створення, виробництва і експлуатації);

y_j – технічні характеристики;

z_j – техніко-економічні фактори (технологічність, ремонтпридатність та ін.).

Виявилось, що за цим показником при аналізі схемних рішень майже невраховані питання технологічного циклу в системі керування енергетичними агрегатами (способу регулювання насосних станцій). В запропонованому нами показнику ефективності вибраної схеми враховано початкову вартість на створення системи та витрати на експлуатацію системи:

$$K_{ef} = \frac{BC + E \cdot Q \cdot EC \cdot R}{365 \cdot T}, \quad (2)$$

де: BC – сумарні витрати на створення системи, грн;

E – затрачена енергія системи за один робочий цикл, Вт·год;

Q – кількість робочих циклів, які виконує система протягом однієї години, год⁻¹;

EC – вартість електроенергії, грн/кВт·год;

R – ресурс роботи гідросистеми (окремих апаратів), год;

T – строк експлуатації установки, років.

При розрахунку коефіцієнта ефективності було виконано ряд припущень. В витратах на створення системи не враховувано вартість тих пристроїв, які є однаковими для усіх схем, тобто не було враховано вартість приводів, запобіжних клапанів, баків, робочої рідини та ін. При визначенні затраченої потужності використовувались номінальні характеристики насосного агрегату, а не привідного електродвигуна, тобто не враховані ККД насосу і електродвигуна. При виборі кількості робочих циклів за годину не враховувано технологічні зупинки, зупинки на обслуговування (експлуатаційні зупинки: пуск системи, прогрів масла) і т.д. При розрахунках вартість електроенергії використана станом на 2007 рік.

При розрахунку коефіцієнта ефективності, для типових схем було обрано гідравлічне обладнання фірми Bosch Rexroth [6-10].

Сумарна вартість обладнання розраховувалась за кількістю пристроїв, необхідних для запуску системи та з врахуванням коефіцієнту завантаження обладнання в процесі експлуатації.

Для розрахунку витрат на створення системи визначається кількість обладнання кожного типу, яке необхідне для всього строку експлуатації:

$$K_{обл} = \frac{365 \cdot T \cdot S}{R}, \quad (3)$$

де: R – ресурс роботи конкретного обладнання, год;
 S – ступінь завантаження обладнання, год/добу;
 T – строк експлуатації гідросистеми, років.

З практичного досвіду проектування і експлуатації гідросистеми термін експлуатації можна оцінити: для гідроприводів станків – 12-15, в металургії і важкому машинобудуванні – 25-50, для коксохімічного виробництва – 35-60, термопластавтоматів – 7-8, гідроприводів харчових технологічних ліній – 4-5 років [2, 4, 5].

Ресурс системи є комплексним показником і на його величину впливає значна кількість чинників. Тому, з метою спрощення розрахунків, за ресурс системи було прийнято ресурс пристрою зі складу системи, який має найменший ресурс.

Порівнявши отримані результати, можна побачити що коефіцієнт ефективності змінюється в залежності від умов експлуатації. При розрахунку коефіцієнту ефективності витрати типової схеми можуть бути також визначені на одиницю виробленої продукції.

Аналогічно на вибір типової схеми гідросистеми можуть впливати і інші показники. Наприклад, проаналізувавши залежність, за якою проводився розрахунок запропонованого показника ефективності побачимо, що результат є наслідком низьких цін на електроенергію. У випадку підвищення ціни, пропорція між схемними рішеннями буде змінюватись на користь схем з більш дорогим обладнанням, але з меншим енергоспоживанням в процесі експлуатації системи.

Висновки:

1. Визначено ступінь важливості параметрів показників на енергетичної ефективності системи.
2. Розглянуто показники, які впливають на роботу багатопривідної гідравлічної системи.
3. Визначено можливість використання комплексного показнику ефективності для розробки рекомендацій по вибору гідравлічних схем.

Список літератури

1. Губарев А.П. MAS-1.0 – упрощенное моделирование многоприводных гидропневматических систем циклического действия / А. Губарев, Д. Козинец, О. Левченко // Всеукраїнський науково-технічний журнал “Промислова гідравліка і пневматика”. – 2005. – №4(10). – С. 72-77.
2. Сырицин Т.А. Надежность гидро- и пневмопривода / Т.А. Сырицин. – М.: Машиностроение, 1981. – 216 с.

3. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: справочник / В. Свешников, А.Усов. – М.: Машиностроение, 1982. – 464 с.
4. Ewald R. Proportional- und Servoventil-Technik, Der Hydraulik Trainer Band 2 / R. Ewald, J. Hutter, D. Kretz, A. Schmitt // Mannesmann Rexroth GmbH, Lohr am Main. Würzburg 1998.
5. Scholz D. Proportional Hydraulics, Workbook Basic Level / D. Scholz, A. Zimmermann, Festo Didactic GmbH&Co, OCKER Ingenieurbüro. Denkendorf 1998.
6. Inhaltsverzeichnis Preisliste für Standard-Hydraulik-Komponenten. Bosch Rexroth AG / The Drive & Control Company, Am Eisengieser, D-97816 Lohr am Main.
7. Hydromotoren, Axialkolbenmotoren, Radialkolbenmotoren, Zahnradmotoren, Langsamlaeuffer, Firmenschrift RD14000/04.92, Bosch Rexroth AG, Am Eisengieser, D-97816 Lohr am Main.
8. Allgemeine Betriebs- und Wartungsanleitung für hydraulische Anlagen, 1995, Bosch Rexroth AG, Am Eisengieser, D-97816 Lohr am Main (vorm. Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Hydraulik und Pneumatik).
9. Tips fuer Hydraulik, Firmenschrift HZ.00.A1.03, Sauer Danfoss GmbH (vorm. Danfoss Antriebs- und Regeltechnik GmbH, Geschäftsbereich Hydraulik), Karl-Legien-Str., D-63073 Offenbach/Main
10. Handbuch der Hydraulik, Firmendruckschrift, 1992, Eaton Fluid Power GmbH (vorm. Vickers Systems GmbH) Am Joseph 16, D-61273 Wehrheim.

Стаття надійшла до редакції 07.10.2012

О.В. Левченко. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Особенности оценки эффективности многоприводной гидравлической системы.

Рассмотрены факторы, влияющие на работу многоприводной гидравлической системы. Определены приоритеты важности разных факторов при использовании типовых гидросистем. Определена зависимость факторов друг от друга и взаимосвязь между ними. Разработана методика расчета комплексного показателя эффективности работы гидросистемы с учетом факторов, которые являются одинаковыми для типовых гидросистем. При расчете комплексного показателя эффективности учтены технические и экономические характеристики работы гидравлической системы.

Ключевые слова: эффективность, многоприводная гидравлическая система, энергопотребление, потери.

O. Levchenko. National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”

The Features of Effectiveness Estimation of a Multidrive Hydraulic System.

The factors, which affect the operation of a multidrive hydraulic system, are considered. The importance of various factors when using standard hydraulic systems is discussed. The interdependence of these factors is revealed. A method of calculating the versatility indicator of hydraulic system effective performance considering the factors typical of all hydraulic systems is suggested. This calculation takes into account technical and economic characteristics of a hydraulic system.

Keywords: efficiency, multidrive hydraulic system, power consumption, losses.