

УДК 681.586

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ РОЗПОДІЛУ ЕНЕРГОПОТОКІВ У ГІДРО- ТА ПНЕВМОПРИВОДАХ

Л.Е. Пелевін, проф., к.т.н., М.М. Карпенко, асп.,
Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація. Створено теорію ефективності управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах робочих органів будівельних машин за рахунок розробки моделей та методів у рамках інформаційної технології для підтримки прийняття стратегічних рішень при синтезі оптимальних приводів нових машин.

Ключеві слова: енергопотік, гідропривід, пневмопривід, синтез, розподіл потоків.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТОКОВ В ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОДАХ

Л.Е. Пелевин, проф., к.т.н., Н.Н. Карпенко, асп.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Аннотация. Создана теория эффективности управления системой распределения энергопотоков в гидро- и пневмоприводах рабочих органов строительных машин за счет разработки моделей и методов в рамках информационной технологии для поддержки принятия стратегических решений при синтезе оптимальных приводов новых машин.

Ключевые слова: энергопоток, гидропривод, пневмопривод, синтез, распределение потоков.

THEORETICAL FUNDAMENTALS OF CONTROL FOR THE SYSTEM OF DISTRIBUTING ENERGY FLOWS IN HYDRAULIC AND PNEUMATIC DRIVES

L. Pelevin L., Prof., Cand. Sc. (Eng.), M. Karpenko, P.G.,
Kyiv National University of Construction and Architecture

Abstract. The theory of efficient control for the system of distributing energy flows in hydraulic and pneumatic drives of construction machines due to development of models and methods in the frames of information technology to support strategic decision-making when synthesizing optimal drives for new machines has been created.

Key words: energy flow, hydraulic drive, pneumatic drive, synthesis, distribution of flows.

Вступ

Безперервне збільшення потужності та швидкодії гідравлічних машин різного призначення, що пов'язане з необхідністю підвищення їх продуктивності, визначає проблему забезпечення динамічної точності та стійкості об'ємних приводів. При цьому робочий процес включає одночасну роботу різних робочих органів. Це нашоухує на ідею можливості керування процесом подачі робочої рідини (повітря) на робочі органи, тобто

розподілу енергії по споживачах з максимальною ефективністю.

Аналіз публікацій

Наразі відомо ряд формальних методів, які полегшують вибір оптимального управлінського рішення [1]. Вони спрямовані на подолання трьох основних проблем векторної оптимізації: нормалізації критеріїв оптимізації, визначення області компромісів або розв'язків (множина Парето) та визначення

схеми компромісів. Відомий і інший підхід – багатокритеріальна модель прийняття управлінських рішень [2]. Однак виникають такі проблеми: множини критеріїв не можна «згорнути» через їх різну природу; труднощі у побудові шкал оцінок критеріїв та неможливість отримання оцінки всіх варіантів розв'язків за шкалами критеріїв; не сформульовано остаточне правило, що дозволяє отримати необхідне в задачі впорядкування за пріоритетом допустимих розв'язків. До факторів, що спричиняють зазначені проблеми, можна віднести те, що властивості гідро- та пневмоприводів робочих органів будівельних машин як об'єктів управління характеризуються інформаційною невизначеністю (неповнотою інформації), нестаціонарністю, стохастичністю, а також складністю їх математичних моделей [3].

Тому виникає проблема, що пов'язана з необхідністю розробки моделей та методів у рамках інформаційної технології підтримки прийняття управлінських стратегічних рішень на стадії проектування, які об'єднують методи нечітких та експертних систем, формулювання вимог до нової технології проектування гідро- та пневмоприводів робочих органів будівельних машин.

Мета і постановка завдання

Мета роботи полягає у створенні теорії ефективності управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах робочих органів будівельних машин за рахунок розробки моделей та методів у рамках інформаційної технології для підтримки прийняття стратегічних рішень при синтезі оптимальних приводів нових машин.

Теоретичні засади управління системою

Дослідження полягає в забезпеченні інтенсифікації роботи великого класу будівельних машин за рахунок ефективності управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах їх робочих органів.

Імпульсна подача енергії робочої рідини на робочі органи у момент зростання опору, застосування гідроінерційного приводу в машинах із двома та більше ступенями вільності руху робочого органа дозволяють реалізувати найменш енергоємний процес формоутворення та деформації робочого середовища.

Для реалізації ідеї сформульовані такі робочі гіпотези:

– забезпечення ефективності управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах робочих органів будівельних машин досягається системним підходом на основі структурного та динамічного синтезу, поєднанням виявлених закономірностей поведінки властивостей навантажених робочих органів та елементів приводу в єдину систему;

– виявлення потенційних можливостей підсистем ґрунтується на розроблених моделях і методах підтримки прийняття рішень, в рамках інформаційної технології стратегічного управління, яке застосовує модель нечіткого логічного виведення та експертну базу знань і забезпечує ефективне управління розвитком в умовах апіорної невизначеності, зумовленої неточністю або неповнотою вхідних даних, стохастичною природою середовища.

Якість гідро- та пневмоприводів значною мірою закладається на етапі проектування, успіх якого пов'язаний з рівнем розуміння фізичних процесів у гідро- та пневмоприводах робочих органів будівельних машин, вмінням подати їх у математичній формі та аналізувати властивості приводів за математичними моделями.

Під час роботи будівельної машини з гідро- або пневмоприводом з декількома різними робочими органами, наприклад, бульдозера-розпушувача (рис. 1), відбувається перерозподіл енергопотоків у зв'язку з випадковим характером навантаження; при цьому збільшуються динамічні навантаження на окремі робочі органи, що призводить до перевантаження окремих приводів та недовантаження інших [4]. До цього часу ще не розроблено методології управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах робочих органів будівельних машин. Існуючий підхід при аналізі енергетики гідроприводів, коли оцінка втрат потужності виконується за сталих швидкостей рідини та вихідної ланки, дає похибки на 20–30 %.

Згідно з робочою гіпотезою виникає можливість забезпечити ефективне управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах робочих органів будівельних машин.

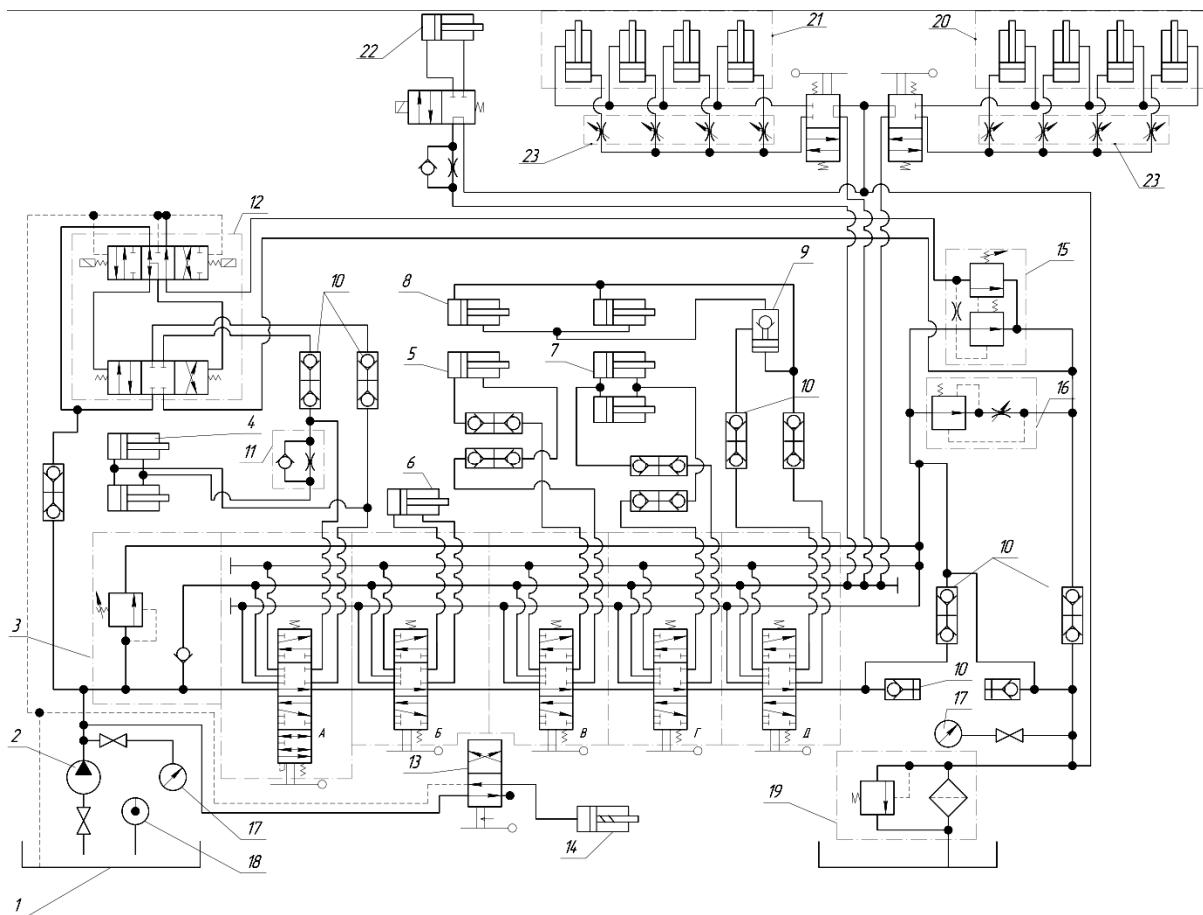


Рис. 1. Гідравлічна схема бульдозера-розпушувача: 1 – бак; 2 – насос постійної подачі; 3 – секційний розподільник; 4 – гідроциліндри підйому і опускання відвала бульдозера; 5, 6 – гідроциліндри нахилу і перекошу відвала; 7 – гідроциліндри блокування підвіски ходового механізму гусеничного рушія; 8 – гідроциліндри підйому і опускання рами розпушувача; 9, 10 – гідрозамок; 11 – дросель зі зворотним клапаном; 12 – трипозиційний золотник з електрогідравлічним керуванням; 13 – двопозиційний золотник; 14 – гідроциліндр односторонньої дії з пружинним поверненням; 15 – додатковий запобіжний клапан; 16 – дросель з регулятором; 17 – манометри; 18 – термометр; 19 – фільтр із переливним клапаном; 20 – віброзбудники відвала; 21 – віброзбудники динамічних зубів розпушувача; 22 – гаситель динамічних коливань; 23 – блок регульованих дроселів

Як один зі способів ефективного проектування даних систем – це побудова їх через певну кількість еволюційних прототипів, причому рівень невизначеності знижується для кожного наступного прототипу.

У проектуванні еволюційний підхід полягає у тому, що процес роботи над проектом можна скласти з циклів, що проходять ті самі стадії. Відмітною властивістю такого підходу є можливість багаторазового повернення до стадії, досягаючи таким чином зниження рівня невизначеності для кожного наступного циклу. Проектування розвитку пневмо- і гідросистем через певну кількість циклів дасть змогу багаторазово повертатися до стадії визначення вимог щодо конфігурації

системи її фізико-технічних параметрів, значень параметрів, що змінюються періодично з часом і статистично, таким чином на останньому циклі отримати модель системи, максимально наближену до вимог зовнішнього середовища.

Життєвий цикл такого проекту описує спіральна модель Баррі Боєма, яка поєднала в собі дві моделі: каскадну та модель розробки прототипів. Найбільш широко спіральна модель використовується у проектах розробки програмного забезпечення. Спіральна модель життєвого циклу проекту розвитку гідро-пневмосистем (рис. 2) для фази проектування виділяє шість стадій, причому чотири стадії (А, В, С, D) повторюються трьома циклами.



Рис. 2. Спіральна модель життєвого циклу проекту розвитку гідро- та пневмосистем

На першій стадії (стадія А) кожного циклу здійснюється збирання/уточнення вимог щодо елементів мережі її параметрів, конфігурації та структури. На другій стадії (стадія В) кожного циклу спіралі множина вимог трансформується у множину проектних рішень. На третій стадії (стадія С) відбувається оптимізація проектних рішень згідно з обраними критеріями, здійснюється вибір оптимального прототипу для поточного циклу і оцінка керованості обраного прототипу моделі. На четвертій стадії (стадія D) відбувається перевірка працездатності створеного прототипу моделі. Останній прототип визначається як дійсна модель, і проект переходить до стадій проектування (Е) і експлуатації (F).

Загальна тривалість (x) фази проектування (стадій А, В, С, D) визначається параметрами спіральної моделі, що описуються відповідно до закону Вейбула-Гнеденко щільності розподілів; кількість циклів для стадій А, В, С, D виражається залежністю між загальною тривалістю і обсягом робіт, виконуваних за один цикл.

Визначимо такі параметри спіральної моделі життєвого циклу:

- складність структури моделі (γ);
- рівень невизначеності в моделі чи її прототипі (β);
- продуктивність праці (α).

Тривалість (x) фази проектування (стадій А, В, С, D) життєвого циклу, необхідна для побудови моделі СВМ, буде визначатися залежністю

$$x = \beta \left[\ln \left(\frac{1}{1-p} \right) \right]^{\frac{1}{\alpha}} + \gamma,$$

де p – взята для проекту ймовірність успіху.

Обравши постійними значення ймовірності успіху p=0,7 і продуктивності праці α=1 і змінюючи показник складності моделі, визначимо тривалість фази проектування (Таблиця 1).

Таблиця 1 Залежність тривалості фази проектування від складності структури моделі

Рівень невизначеності (β)	Ймовірності успіху (p)	Складність структури (γ)	Тривалість (x)
5	0,7	10	16,01986
5	0,7	30	36,01986
5	0,7	13	19,01986
5	0,7	40	46,01986

Графічно залежність зображено на рис. 3, де збільшення показника складності веде до збільшення тривалості фази проектування і навпаки. Подібну залежність можна дослідити змінюючи показник невизначеності моделі.

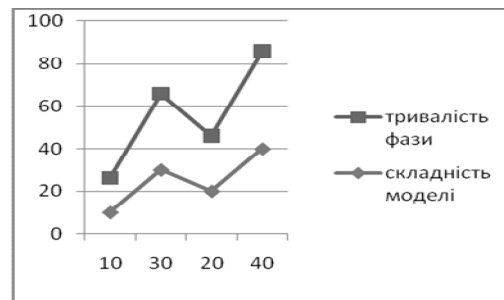


Рис. 3. Графік залежності тривалості фази проектування від складності моделі

Таблиця 2 Залежність тривалості фази проектування від рівня невизначеності

Рівень невизначеності (β)	Ймовірності успіху (p)	Складність структури (γ)	Тривалість (x)
20	0,7	10	34,07946
10	0,7	10	22,03973
40	0,7	10	58,15891
20	0,7	10	34,07946

Графічно залежність зображено на Рис. 4, де збільшення значення рівня невизначеності веде до збільшення тривалості фази проектування і навпаки.

Таким чином, використання спіральної моделі як моделі життєвого циклу розвитку

гідро- та пневмосистем може не тільки сприяти поліпшенню якості проектних рішень, а й певною мірою забезпечити успішне закінчення проекту в цілому.

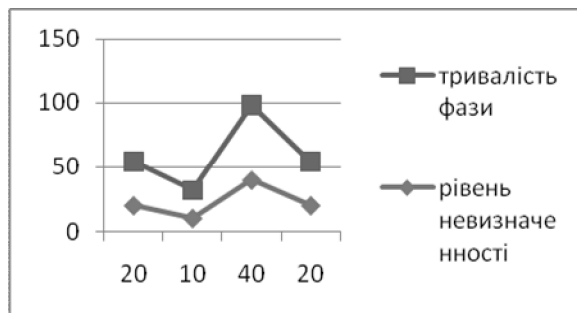


Рис. 4. Графік залежності тривалості фази проектування від рівня невизначеності моделі

Недоліки і переваги використання спіральної моделі наведено нижче.

До основних недоліків спіральної моделі належать такі: модель може виявитися дорогою для невеликих проектів; ускладнена структура може зумовити ускладнення її застосування менеджерами проектів; велика кількість проміжних стадій може призвести до необхідності обробки додаткової внутрішньої та зовнішньої документації.

До переваг моделі відносять: забезпечення розбиття великого потенційного обсягу роботи на невеликі частини; підвищення ймовірності, що характеристики продукту проекту будуть максимально наближені до вимог зовнішнього середовища. Модель дозволяє виділити параметри і приймати управлінські рішення на базі їх формальних оцінок, не розподіляти заздалегідь усі необхідні для виконання проекту фінансові ресурси.

Висновок

Результатом дослідження є створення вперше в Україні принципово нової теоретичної

засади управління системою розподілу енергопотоків у гідро- та пневмоприводах робочих органів будівельних машин. Це значно розширить уявлення про закономірності властивостей навантажених робочих органів та елементів приводу як єдиної системи і дозволить розв'язувати задачі конструювання приводів через застосування принципів стратегічного управління розвитком енергопотоків за рахунок інформаційних технологій, методи яких здатні аналізувати різні види знань – кількісних, нечітких, неповних і таких, що не формалізуються, але в той же час дозволить застосовувати та накопичувати знання спеціалістів-експертів.

Література

1. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности / Р.И. Трухаев. – М.: Наука, 1981. – 258 с.
2. Кошарна Ю.В. Математична модель прогнозування стану інженерних мереж за умов управління проектом їх реконструкції та розвитку / Ю.В. Кошарна // Зб. наук. праць XI Міжнародної наук.-практ.конф. – 2005. – Т.2. – С. 3–8.
3. Ягер Р.Р. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / под ред. Р. Р. Ягера; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
4. Навантаження на робочий орган відвального типу / Л.Е. Пелевін, М.М. Карпенко, С.В. Лаврик, М.О. Пристайло // Техніка будівництва: науково-технічний журнал. – 2013. – № 30. – С. 4–10.

Рецензент: Є.С. Венцель, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 23 березня 2016 р.