

УДК 004.942:62-83

П.О. Курляк, канд. техн. наук, В.С. Костишин, докт. техн. наук, проф.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОПРИВОДНИХ ТУРБОМАШИНАХ

P.O.Kurlyak, Ph.D., Assoc. Prof., V.S. Kostyshyn, Dr., Prof.

RESEARCH OF ENERGY CONVERSIONS EFFICIENCY IN THE ELECTRIC MOTOR DRIVEN TURBOMACHINES

Впровадження енергоефективних режимів роботи технологічного обладнання всіх галузей промисловості є одним із найактуальніших стратегічних завдань збереження енергетичної незалежності України в умовах сучасного стрімкого росту ціни на енергоносії. Велику частку – більше 70% від загального об'єму електроприводів, що використовуються в нафтогазовій промисловості займають електроприводні турбомашини (ЕПТМ), а саме: відцентрові насоси, вентилятори, компресори – характерною особливістю яких є велика чутливість зміни моменту на валу від кутової швидкості обертання.

Ефективність функціонування ЕПТМ в значній мірі залежить від узгодження характеристик електричних, механічних та гідравлічних (пневматичних) складових підсистем ЕПТМ. Однак, специфічна належність даної області досліджень до стику наук – електроенергетики і гідромеханіки – визначила той факт, що із єдиного електрогідромеханічного перехідного процесу спеціалісти-електрики виділяють для розгляду електромеханічні, а спеціалісти-гідромеханіки гідромеханічні складові. Таким чином не враховується взаємовплив електромагнітних, механічних і гідравлічних перехідних процесів, що мають місце в ЕПТМ. Тому, для реалізації заходів з енергозбереження в ЕПТМ необхідно проводити комплексні дослідження ефективності перетворення енергії в їх складових підсистемах різної фізичної природи.

Динамічну поведінку ЕПТМ, як складних технічних систем, можна охарактеризувати керуючись законом збереження енергії, оскільки у кожній із складових підсистем можна виділити аналогічну поведінку функцій енергії E , а саме: генерування, збереження, незворотне і зворотне перетворення та розповсюдження. Тому, саме енергія може завжди використовуватись як узагальнена координата для моделювання взаємозв'язаних підсистем різної фізичної природи. Потік енергії за одиницю часу між елементами системи у будь-якій фізичній області може бути виражений добутком двох змінних типу «зусилля» e та «потіку» f , які характеризують миттєве значення потужності

$$p = \frac{dE}{dt} = e \times f . \quad (1)$$

В підсистемах різної фізичної природи баланс потужності є місцевою властивістю, тому синтез моделі цілої системи необхідно проводити шляхом збалансування потужностей на всіх інтерфейсах моделей цих підсистем. Інформативним показником ефективності перетворення енергії в підсистемах ЕПТМ є ККД. Структура перетворення енергії в ЕПТМ при послідовному сполученні підсистем зображена на рисунку 1. Загальне значення ККД агрегату можна виразити співвідношенням

$$\eta_{\Sigma} = \prod_{i=1}^{n-1} \eta_i = \prod_{i=1}^{n-1} \frac{P_{i2}}{P_{i1}} = \frac{P_{n2}}{P_{11}} , \quad (2)$$

де η_i – ККД i -го перетворення енергії; P_{n1}, P_{n2} – відповідно вхідні та вихідні миттєві значення потужності i -ої підсистеми; n – кількість складових підсистем агрегату.

Саме на відображенні потоків енергії в підсистемах різної фізичної природи складних технічних об'єктів базується основна концепція комп'ютерно-орієнтованого методу Bond Graph [1]. В даному методі застосовується аналогія між різними фізичними змінними, тому складові підсистеми описують аналогічними рівняннями та фізич-

ними поняттями. За допомогою встановлених причинно-наслідкових зв'язків між змінними метод Bond Graph забезпечує можливість комп'ютерного формування системних рівнянь, перевірку правильності синтезу моделей та у графічній формі подає наглядний опис складних систем.

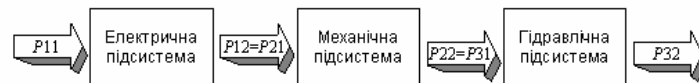


Рис. 1. Структура перетворення енергії в ЕПТМ

Для опису квазіусталених та перехідних режимів роботи ЕПТМ методом Bond Graph застосовують узагальнені змінні зусилля e , потоку f , інерції ρ , зміщення q , потужності p та енергії E [1]. В таблиці 1 наведена відповідність узагальнених та спеціалізованих змінних в різних фізичних областях ЕПТМ.

Таблиця 1 – Відповідність змінних методу Bond Graph змінним різних фізичних областей електроприводних турбомашин

Підсистеми Змінні	Електрична	Механічна (обертового руху)	Гідралічна
Зусилля, e	Напруга, U	Обертовий момент, T	Тиск, P_s
Потік, f	Струм, I	Кутова швидкість, ω	Об'ємна витрата, Q
Величина інерції, ρ	Потокозчеплення, ψ	Кінетичний момент, H	Момент тиску, M_p
Величина зміщення, q	Заряд, q_e	Кут переміщення, θ	Об'єм, V

В роботах [2,3] проведено моделювання динамічних режимів роботи електроприводних відцентрових насосних агрегатів методом Bond Graph. Аналогічні дослідження проводяться і для аналізу динамічної поведінки інших турбомашин.

Застосування методу Bond Graph дає можливість проводити дослідження ефективності перетворення енергії в підсистемах різної фізичної природи складних технічних систем, таких як ЕПТМ. Також це дає змогу враховувати взаємовплив електромагнітних, механічних і гідралічних перехідних процесів, що мають місце в ЕПТМ, прогнозувати найбільш енергоефективні режими роботи в умовах пуску та зупинки електромашин та розробляти і впроваджувати заходи з енергозбереження на нафтогазових підприємствах.

Література

1. Костишин В.С. Створення комп'ютерно-орієнтованих моделей електроприводних агрегатів нафтогазової промисловості [Текст] / Володимир Костишин, Петро Курляк // Нафтогазова енергетика. – 2007.– №1(2). – С.50–56. – ISSN 1993–9868.
2. Костишин В.С. Дослідження динамічних режимів роботи електроприводних відцентрових насосних агрегатів за допомогою їх комп'ютерно-орієнтованих Bond Graph моделей [Текст] / Володимир Костишин, Петро Курляк // Вісник Вінницького політехнічного інституту.–2012.– №2.–с.148–153. – ISSN 1997–9274.
3. Курляк П.О. Моделювання динамічних режимів роботи електроприводних відцентрових насосних агрегатів магістральних нафтопроводів на основі методу Bond Graph: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.09.03 “Електротехнічні комплекси та системи” / П.О. Курляк. — Вінниця, 2012. — 22 с.