УДК 373.7

Н.О.КОНДРАТЕНКО
Українська інженерно-педагогічна академія, м.Харків

ДИНАМІЧНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ ВЕЛИКИХ ГАБАРИТІВ З МІНІМАЛЬНИМИ ВИТРАТАМИ ЕНЕРГІЇ

Розглядаються питання мінімізації енерговитрат при виробництві великогабаритних деталей. Застосовано оригінальний підхід до вирішення цієї проблеми у вигляді динамічного керування процесом виробництва.

Виробництво деталей великих габаритів, таких як ротори або робочі колеса турбін відзначається високими витратами енергії на їх виготовлення.

Для кожної деталі технологічний процес характеризується функцією зміни витрат енергії протягом часу. На рис.1 показано графік зміни встановленої потужності при виготовленні робочого колеса турбіни.

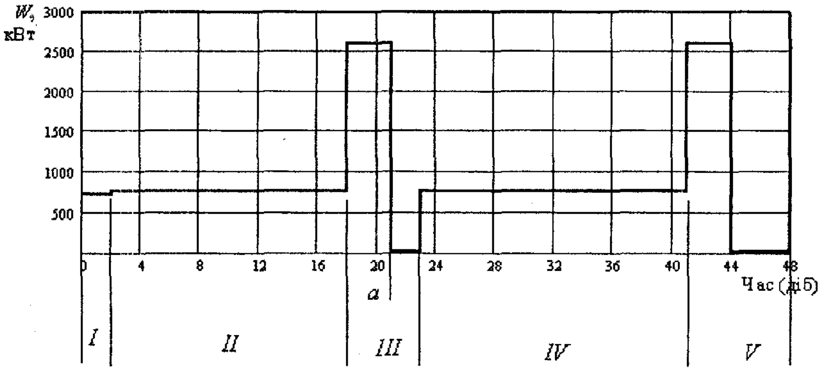

Рис.1 – Графік зміни потужності під час виготовлення робочого колеса турбіни

Окремі витрати енергії по ділянках передбачають: ділянка I – збирання, попереднє нагрівання, ділянка II – зварювання (50% обсягу) при одночасному нагріванні, ділянка III – проміжна термообробка (5 діб), що складається з ділянки нагрівання і ділянки охолодження, ділянка IV – завершення зварювання (100% обсягу) при одночасному нагріванні, ділянка V – кінцева термообробка (5 діб).

Треба зазначити, що крім витрат електричного струму, які становлять близько 730 МВт·год, процес потребує використання природного газу в обсязі близько 600 м^3, технічної води і 1500 м^3 вуглекислого газу.

Загальна система виробництва на підприємстві складається з виготовлення цілого ряду подібних деталей. Стан системи в кожний момент часу характеризується загальною потужністю, в яку входять потужності, необхідні для виробництва кожної деталі. Слід сказати, що ця величина повинна мати якомога більш плавний вигляд і в ніякому разі не перевищувати встановленого лімітного значення:

$$W(t) = \sum w_i \le W_{\lim} .$$

Стан системи протягом часу змінюється, змінюється відповідно і потужність, причому цей стан проявляється не самовільно, тому ним можна керувати.

Керовані параметри можна розписати у вигляді вектора початкових умов

$$X_0^T = \{x_{01}, x_{02}, ..., x_{0n}\},$$

де x_{0i} – час початку виготовлення окремої деталі; n – загальна кількість деталей, що визначається певним замовленням.

У початковий момент часу система знаходиться у фазовому стані, що відповідає нульовій витраті енергії і відповідно нульовому виробництву всіх деталей. Завдання полягає в тому, щоб зайти таке керування X_0^T, яке переведе систему в кінцевий фазовий стан, що відповідає повному процесу виготовлення всіх деталей. При цьому вимагається, щоб перехідний процес був найкращим, тобто щоб витрати енергії були мінімальними.

Оскільки встановлена потужність для кожної деталі є характеристикою технологічного процесу, актуальним буде завдання оптимальної швидкодії. Такий процес матиме і мінімальні загальні витрати енергії, оскільки всі допоміжні й шкідливі витрати, пов'язані з процесом, також мінімізуються.

Таким чином, ставимо завдання серед усіх припустимих керувань, під дією яких система переходить із заданого початкового стану, коли на початок технологічного процесу подаються заготовки, у необхідний кінцевий стан, коли всі деталі виготовлені до кінця, знайти таке, для якого цей перехід здійснюється у найкоротший час.

Час, протягом якого здійснюється оптимальний перехід з початкової до кінцевої точки, позначимо $t_F = T(x)$. Оскільки система має n координат $x_{01}, x_{02}, ..., x_{0n}$, то $T(x)$ є функцією n змінних $T(x) = T(x_{01}, x_{02}, ..., x_{0n})$. Тому має сенс розмовляти про безперервність і диференційованість цієї функції. Для забезпечення цієї вимоги такі ж властивості повинні мати і всі функції, що беруть участь у процесі керування. Уважно розглядаючи процес, показаний на рис.1, можна стверджувати, що в такому вигляді в ряді точок буде розрив похідної. Для перетворення такого процесу в безперервну функцію проведемо перетворення Фур'є і відповідно перетворимо процес у тригонометричний ряд.

Приклад такого перетворення для описаного процесу, виконаний за допомогою математичного середовища MathCAD для різної кількості членів тригонометричного ряду, показаний на рис 2.

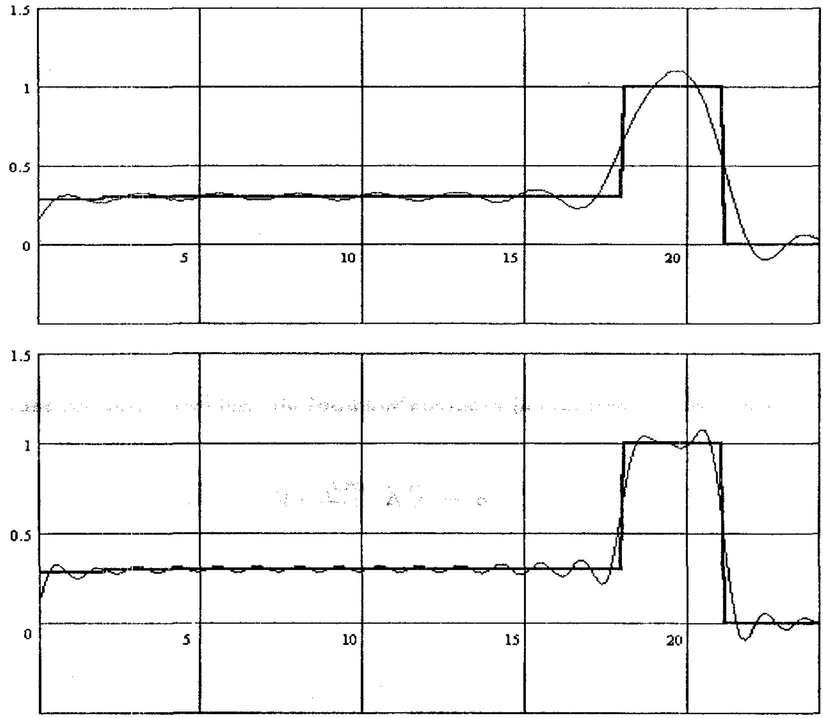

Рис.2 – Безперервна функція відносної потужності для 10 і 20 членів тригонометричного ряду

Зрештою нас турбують витрати енергії, що залежать від часу, витраченої енергії на цей час, накопиченої енергії за рахунок створення теплового балансу з іншими деталями. Для енергії, що затрачена у даний момент для виробництва кожної деталі, можна записати диференційне рівняння

$$\frac{dQ_i}{dt} = f_i\left(Q_1, Q_2, ..., Q_n, x_{01}, x_{02}, ..., x_{0n}\right).$$

Як початкові параметри можна взяти умови $Q_1(0) = 0$, $Q_2(0) = 0, ..., Q_n(0) = 0$. Треба мінімізувати час $x_0(t_F) = t_F = \int_0^{t_F} dt$, необхідний для досягнення кінцевої точки шляхом вибору параметрів $x_{01}, x_{02}, ..., x_{0n}$.

Оптимальне керування, що мінімізує вказаний функціонал, реалізується припустимими керуючими змінними, які максимізують функцію

$$H\left(Q_1, Q_2, ..., Q_n, p_0, p_1, ..., p_n, x_{01}, x_{02}, ..., x_{0n}\right) = \sum_{i=0}^{n} p_i f_i$$

для кожного t між t_0 та t_F.

Завдання оптимального керування зводиться до вирішення системи диференційних рівнянь

$$\frac{dQ_i}{dt_i} = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_i}.$$

Крім того, оптимальні рішення повинні відповідати обмежувальним умовам і умовам трансверсальності:

$$p_i = \sum_{i=1}^{n} \Lambda_i \frac{\partial G_i}{\partial Q_i} = 0.$$

Головним завданням при побудові оптимального керування є визначення функцій стану для кожної деталі, після чого завдання може бути поставлене коректно.

Отримано 04.10.2001

ББК 65.052(9)2

І.М.ЯКИМЧУК
Київський національний технічний університет будівництва і архітектури

БУХГАЛТЕРСЬКИЙ ОБЛІК В БУДІВНИЦТВІ ЗГІДНО З П (С) БО-18

Подана порівняльна характеристика застосування бухгалтерського обліку в будівництві відповідно до Положення про планування, облік і калькулювання собівартості будівельно-монтажних робіт і П (С) БО-16 та новим П (С) БО-18.