

## ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ КОМПЛЕКСІВ ГРАФІТАЦІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ

*Запорізька державна інженерна академія, кафедра ЕЕЕ*

На сучасному етапі розвитку промислового виробництва існує стійка тенденція зростання частки електротехнологій. Електротермічні процеси і установки характеризуються високою енергоємністю і є одними з основних споживачів електричної енергії. Це відноситься, зокрема, до потужних технологічних комплексів з електричними печами опору прямого нагрівання.

Серед технологічних комплексів з електропечами опору прямого нагрівання найбільш потужними є комплекси графітації. Вони характеризуються складною структурою, перетіканнями реактивної потужності і істотним перевищенням встановленої потужності компенсуючого пристрою над встановленою потужністю живлячих трансформаторів, а також, значною тривалістю технологічних процесів і втратами в коротких мережах систем електроживлення. Можливість контролю електричних параметрів коротких мереж і параметрів печей графітації, як об'єктів управління, істотно обмежені впливом високих температур, зовнішніх електромагнітних полів і агресивних середовищ. Це обумовлює необхідність в математичному моделюванні складних взаємодій пов'язаних електромагнітних і електротеплових процесів в 3D областях систем живлення і електропечей графітації з урахуванням нелінійності їх електро- та теплофізичних властивостей.

Структура комплексу визначається кінцевою множиною взаємопов'язаних діючих елементів. Печі графітації є фінальними елементами цієї структури, так як результатом їх впливу на заготовки електродних виробів є кінцеві цілі технологічного процесу графітації.

Так як процес графітації не є формотворчим, тобто не приводить до зміни розмірів і форми заготовок, то в якості кінцевої мети приймається множина електрофізичних  $E_A = \{e_{A,\alpha}\}$ , теплофізичних  $H_A = \{h_{A,\alpha}\}$  і механічних параметрів і характеристик  $M_A = \{m_{A,\alpha}\}$ , які встановлюються (нормуються) для готової електродної продукції з урахуванням заданого рівня її якості, тобто

$$A = \{E_A, H_A, M_A\} = \{c_{A,\alpha}\} = \{\{e_{A,\alpha}\}, \{h_{A,\alpha}\}, \{m_{A,\alpha}\}\}, \alpha = 1, \overline{\chi_A}, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – номер електродного виробу або його типовиконання в номенклатурі виробництва,

$\chi_A$  – загальне число електродних виробів відповідних типів і типовиконання в номенклатурі виробництва.

Безліч заготовок електродних виробів, які повинні бути виготовлені відповідно з виробничою програмою підприємства, слід розглядати як множину об'єктів графітації  $\{\alpha\}$ .

Складність локальної структури комплексу визначається загальною кількістю типів заготовок електродних виробів, для яких графітація забезпечується однією електропеччю з множиною фінальних елементів всіх секцій:

$$q_{\Sigma\alpha} = \{q_{i,\alpha}^{пр}, q_{i,\alpha}^{кк}, q_j^{тп}, q_j^{кк}\}, i \in (1, N^{пр}), j \in (1, N^c), \alpha \in (1, \chi_A). \quad (2)$$

Отже, необхідність обліку об'ємного розподілу щільності струмів і їх фаз при розрахунках електричних опорів обумовлює 3D моделювання електромагнітних і електротеплових процесів в діючих і фінальних елементах комплексу графітації. У свою чергу це просторове моделювання повинно забезпечити високу точність ідентифікації параметрів і характеристик діючих елементів структури комплексу (2), їх взаємозв'язків, як в кожному чинному елементі, так і між різними дійовими елементами підструктур комплексу.