

IDENTIFICATION OF THE PARAMETERS OF ELECTRO-MECHANICAL SYSTEM MODEL BASED ON GENETIC ALGORITHMS

S. Baluta, L. Kopulova, J. Klymenko
National University of Food Technologies

Key words:

Two-mass mechanical model
Electro mechanical systems
Genetic algorithms
Identification of the mechanical parameters

Article history:

Received 14.12.2012
Received in revised form
20.02.2013
Accepted 03.03.2013

Corresponding author:

E-mail:
chelsy@bigmir.net

ABSTRACT

The article presents a method of identification based on genetic algorithms, the mechanical parameters and their optimization for a two-mass electromechanical system. An algorithm for the identification of parameters of the model and its application to the two-mass model with backlash and no backlash in the mechanical system is shown. As a result of an identification of the general linear model, the delay time, which is distributed between the time constant of the loop current and the transport delay, has been set. Thus, the sum of the two time constants has a small standard deviation, i.e. value for multiple optimization processes is constant. Parameter identification of nonlinear two-mass model with a play has shown that the influence of big backlash is clearly manifested in the time variation of the amplitude of the time in the air gap of the drive motor. Thus, very different values for transport delays and the equivalent time constant of the inverter are obtained. However, the sum of two time constants, respectively, are constant. The quality of the identification by genetic algorithm can be evaluated by comparing the actual and modeled data on the basis of identified parameters of the transitional process. A significant time reduction of the parameters optimization, identified using genetic algorithms, can be achieved with the original definition of these parameters using traditional methods, such as the least-square method, regression analysis and others. The comparison of model results with optimized parameters and measurements is given.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

С.М. Балюта, Л.О. Копилова, Ю.О. Клименко
Національний університет харчових технологій

В статті представлена методика ідентифікації механічних параметрів та їх оптимізації для двомасової електромеханічної системи на основі генетичних алгоритмів. Представлено алгоритм ідентифікації параметрів моделі і його застосування до двомасової моделі з люфтом і без люфту в механічній системі. В результаті ідентифікації для лінійної моделі встановлено загальний час затримки, який розподіляється між сталою часу контуру регулювання струму та транспортним запізненням. При

цьому сума обох постійних величин має мале середньоквадратичне відхилення, тобто значення для кількох процесів оптимізації є постійним. Ідентифікація параметрів для нелінійної двомасової моделі з люфтом, показала що вплив великих люфтів чітко проявляється на зміні в часі амплітуди моменту в повітряному зазорі. При цьому отримані дуже різні значення для транспортного запізнення і еквівалентної постійної часу частотного перетворювача. Однак, сума обох постійних часу, є відповідно постійною. Якість ідентифікації за допомогою генетичного алгоритму можна оцінити зіставленням фактичного і модельованого на підставі ідентифікованих параметрів перехідного процесу. Суттєве скорочення часу оптимізації параметрів, що ідентифіковані за допомогою генетичних алгоритмів, може бути досягнуто при первісному визначенні зазначених параметрів за допомогою традиційних методів — найменших квадратів, регресійного аналізу та інших. Наведено порівняння результатів моделювання з оптимізованими параметрами та вимірювань.

Ключові слова: двомасова механічна модель, електромеханічна система, генетичні алгоритми ідентифікації механічних параметрів.

Підвищення якості виготовлення готової продукції на автоматизованих лініях з використанням електромеханічних систем висуває підвищені вимоги до системи автоматичного управління [1]. Суттєвого підвищення якості управління системою вдається досягнути при використанні для керування електромеханічними системами з двомасовими моделями механічної частини модальних регуляторів і оптимальних регуляторів [2,3].

Синтез модальних та оптимальних регуляторів проводиться на основі математичної моделі електромеханічної системи. Часто використовується еквівалентна двомасова модель. Параметри зазначеної моделі визначають розрахунковими методами на основі геометрії механічної частини [4]. Зазначені методи забезпечують універсальність застосування, однак не дозволяють врахувати такі особливості, як знос окремих механічних деталей, наприклад, валків прокатної кліті і наявність люфтів. В достатній мірі підвищити точність ідентифікованих параметрів дозволяють методи визначення на основі вимірюваних даних [5].

Метою цієї роботи є розробка методу ідентифікації і оптимізації параметрів для механічної моделі електромеханічної системи на основі генетичних алгоритмів.

Принцип еволюційних (генетичних) алгоритмів полягає в тому, що для певного математичного критерію оцінки якості за допомогою еволюційних механізмів, таких як мутації, схрещування і селекція значень параметрів змінюють таким чином, щоб функціонал якості досягав мінімуму. Ці ефективні процеси оптимізації, засновані на генетичних алгоритмах для бінарних систем або на еволюційних стратегіях для реальних значень завдань оптимізації параметрів успішно, існують вже приблизно три десятиліття й одержують усе більш широке застосування [6].

Генетичні алгоритми працюють на основі принципів біологічної еволюції. Відповідно введено багато позначень з понять біології, які використовуються в подальшому [6].

Генетичні алгоритми одночасно працюють з деякою кількістю потенційних рішень, що позначаються особинами, які в підсумку утворюють популяцію. До особин застосовують такі механізми як розмноження, мутація і селекція. Таким чином відбувається схрещування і зміна спадкової інформації від однієї генерації до наступної. Нашадки мають різну конкурентоздатність і знаходяться в постійній конкуренції один до одного. В результаті виживають ті особини, які найкраще адаптовані до навколишнього середовища (принцип еволюції Дарвіна).

Існують різні напрямлення реалізації еволюційних алгоритмів: стратегії еволюції згідно Регенберга (REGENBERG) [7] та генетичні алгоритми Голланди (HOLLAND) [8].

Спрощена математична модель об'єкта регулювання, наприклад, головного приводу прокатної кліті враховує механічну систему у вигляді двомасової моделі, систему управління приводним двигуном, а також транспортне запізнення і нелінійність у формі люфту. Вектор ідентифікованих параметрів θ представимо у вигляді

$$\theta^T = [T_M \quad k_j \quad T_E \quad T_A \quad T_T \quad \Delta\vartheta] \quad (1)$$

До стратегії оптимізації для проведення визначення параметра спрощеної повної моделі нелінійного об'єкта регулювання висувають такі вимоги:

- для функціоналу якості не потрібні передумови про структуру, сталості та диференційованість функції, оскільки сама функція якості не існує в аналітичній формі, а розраховується на основі даних вимірювань і даних моделювання;

- стратегія повинна забезпечувати достатньо швидко збіжність і надійність щодо багатомодельності і відповідно багатозначності, так, наприклад, після заміни валків прокатної кліти при визначенні параметрів об'єкта регулювання для адаптації параметрів регулятора обмежується тільки час, який є в розпорядженні.

- оскільки результати вимірювань через наявність потужних електронних регулюючих органів можуть містити сильний вимірювальний шум, велике значення має бути приділено нечутливості методу до стохастичних перешкод. Виходячи з елементів вектора параметрів за кожним елементом буде закріплена певна область пошуку. Цим вже задаються області пошуку в результаті швидше буде проходити оптимізація. Придатність дійсного вектора параметрів (генів особини) згідно обмеженням буде визначатися за допомогою функціоналу якості $Q(\theta)$. Проблема оптимізації вирішується, якщо функціонал якості має екстремум. При множенні функції якості на (-1) завдання максимізації може бути переведене в рівноцінну задачу мінімізації. Надалі у вигляді проблеми оптимізації будемо розглядати задачі мінімізації: чим більш малим є функціонал якості ($Q(\theta)$), тим краще вирішується завдання оптимізації

$$Q(\theta) \rightarrow \min \quad (2)$$

При оптимізації параметрів системи управління двомасовою електромеханічною системою у розпорядженні знаходяться — задане значення числа обертів n_u , момент в повітряному зазорі m_z і число оборотів приводу n . В якості вхідної величини моделі використовується уставка частоти n_u . Вибираючи ширину кроку алгоритму моделювання рівною часу зчитування результатів вимірювань, в результаті для кожного дискретного моменту часу t_k отримують як результат вимірювання y_k , так і значення моделювання y_{Mk} .

Функціонал якості, задається у вигляді:

$$Q(p) = a_1 \sum_{i=1}^l (n_{1,M} - n_{1,Mod})^2 + a_2 \sum_{i=1}^l (m_{z,M} - m_{z,Mod})^2 \quad (3)$$

де l це кількість значень вимірів і відповідно моделювання, $n_{1,Mod}$, і $m_{z,Mod}$ відповідно результати моделювання частоти обертання і моменту в повітряному зазорі.

За допомогою коефіцієнта a_i зважуються окремі складові наближення частоти обертання і моменту в повітряному зазорі. Це дозволяє врахувати, що при ступінчастій активації коливання дійсного значення числа обертів на порядок менші, ніж коливання моменту в повітряному зазорі. З іншого боку, потрібно враховувати, що вплив люфтів є особливо вираженим для моменту в повітряному зазорі. Численні дослідження показали, що оптимальним є співвідношення $a_1/a_2 = 100/1$. Зміни частоти обертання двигуна і відповідно моменту в повітряному зазорі у часі переводяться у простір змінних за допомогою передавальних функцій:

$$W_m(s) = \sum_{i=0}^4 b_{m,i} \cdot s^i / \sum_{j=0}^5 a_{m,j} \cdot s^j ; W_n(s) = \sum_{i=0}^3 b_{n,i} \cdot s^i / \sum_{j=0}^5 a_{n,j} \cdot s^j$$

На етапі ініціалізації в якості початкових значень вектора параметрів (гени особини) задаються значення з області допустимих значень кожного з параметрів, які генеровані за

алгоритмом випадкових чисел. Число встановлених особин, яким присвоюються параметри позначається як розмір популяції. Після ініціалізації якості параметрів (гени особин) оцінюються за допомогою функціоналу якості.

Оптимізація параметрів особин виконується за допомогою математичних алгоритмів: рекомбінація, мутація і селекція.

Після ініціалізації настає рекомбінація або розвиток: вектори параметрів двох особин старої генерації схрещуються (комбінуються) один з одним. Це означає, що гени першої та другої особин з певною ймовірністю знову передаються особині, яка створена. Параметри (гени) створеної особини оцінюється за допомогою критерію якості. Додатково частина популяції піддається мутаціям. Це означає, що окремі гени особин змінюються. Число особин, які мутують, задається за допомогою так званого рівня мутацій. Для індивідів, які змінилися, також розраховується функціонал якості. В результаті схрещування чисельність особин в популяції зростає. Це вимагає проведення селекції (відбору), який полягає у зменшенні популяції до початкового розміру. Селекція проводиться до тих пір, поки сила майбутньої генерації не досягне початкового значення.

Перевага ітеративного алгоритму пошуку параметрів полягає в розширеному розсіюванні параметрів особин в області допустимих значень. Це збільшується ймовірність того, що крім окремих локальних мінімумів функціоналу якості може бути визначений його абсолютний мінімум. Цю ймовірність збільшують шляхом вибору великого числа розрахункових популяцій.

Ініціалізація. Ініціалізація починається з встановлення початкової чисельності популяції. Після цього в межах попередньої області пошуку проводиться ініціалізація особин першої генерації. У дослідженнях початкова чисельність популяції була в три рази більшою, ніж чисельність популяції під час оптимізації. Якщо в наявності немає ніякої попередньої інформації про місцезнаходження глобального оптимуму, тоді в цій заявленій області пошуку початкова ініціалізація популяції підпорядковується суто випадковій функції. Таким чином зростає ймовірність того, що розрахунок оптимізації проводиться в близькості до глобального оптимуму. Для реалізації кожного елементу вектора параметрів у заданому інтервалі $[z_1, z_2]$ за допомогою наступної формули [8] задається однаково-розподілене випадкове число a :

$$z_i = a_i + (b_i - a_i) \cdot z_{0,i} \quad (4)$$

при $a_i \leq z_i \leq b_i$, i -, — кількість генів; дійсне випадкове число однакового-розподілу з інтервалу (0...1). Граничні значення відповідних генів, відповідно реальної системи, параметри моделі якої ідентифікуються за допомогою генетичного алгоритму. Потім проведенням аналізу функціоналу якості кожен індивідуум оцінюється на придатність або непридатність. Чим більш мала придатність, тим більш точно описується фіктивна, з індивідуумом параметрична модель, реальний об'єкт регулювання. Через функції якості придатність може приймати тільки позитивні значення.

Рекомбінація. В результаті рекомбінації (схрещування) двох особин (батьків) утворюються нащадки. При цьому елементи генів нащадків (вектора параметрів) комбінуються з генерації батьків один з одним.

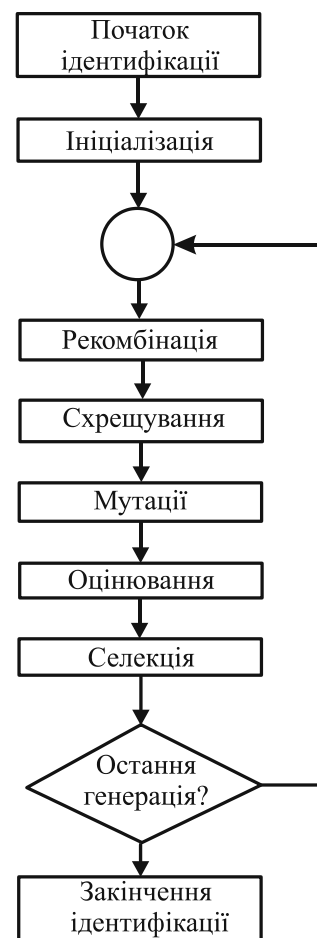


Рис. 1 Блок схема генетичного алгоритму

Існують три різні варіанти рекомбінацій [7]:

- проста рекомбінація (просте схрещування)
- арифметична рекомбінація (арифметичне схрещування)
- евристична рекомбінація (евристичне схрещування)

Проста рекомбінація визначена як зазначено нижче: якщо елементи вектора параметрів однієї особини $\theta_1 = [x_1, \dots, x_q]$ перехрещуються з елементами вектору параметрів іншої особини $\theta_2 = [y_1, \dots, y_q]$ у випадково встановленій позиції k , то виходять нащадки з генами: $\theta'_1 = [x_1, \dots, x_k, y_{k+1}, \dots, y_q]$ і $\theta'_2 = [y_1, \dots, y_k, x_{k+1}, \dots, x_q]$.

При арифметичній рекомбінації будується дві компліментарні лінійні комбінації векторів, з параметрів батьків. Якщо будуть схрещуватися батьки з генами θ_1 та θ_2 , то виходять нащадки з генами θ'_1 та θ'_2

$$\theta'_1 = \alpha \cdot \theta_1 + (1 - \alpha) \cdot \theta_2 \quad (5)$$

$$\theta'_2 = \alpha \cdot \theta_2 + (1 - \alpha) \cdot \theta_1 \quad (6)$$

α є при цьому однаково-розподіленим випадковим числом з інтервалу $(0 \dots 1)$.

Евристична рекомбінація відрізняється від простої і арифметичної рекомбінації. Вона проводиться за допомогою функції, яка встановлює напрямок пошуку оптимізації. Оператор встановлює єдиного нащадка θ'_3 з векторів батьків із θ_1 і θ_2

$$\theta'_3 = \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \theta_2 \quad (7)$$

де α — значення однакового розподілу, що задається випадковим числом з інтервалом $(0,1)$. При цьому придатність θ'_2 не може бути більш поганою, ніж придатність θ_1 . Для завдання мінімізації повинно виконуватися співвідношення $Q(\theta_2) \leq Q(\theta'_1)$. Можливо, що виникла особина є недійсною, оскільки її гени знаходяться поза пошуковим простором. У такому випадку генерується нове значення α і знову проводиться запуск формули (7). Якщо після w спроб гени ніякого нащадка не перебувають у полі заданих значень, рекомбінація відміняється.

Мутації. В результаті розвитку у частини особин популяції змінюється генна спадковість, що називається мутацією. Мутації представляють основний момент генних алгоритмів. Без мутацій була б не можливою еволюція, відповідно покращення якості. Ймовірність мутацій гену називається рівнем мутацій. Для кожної особини цей рівень задається випадковим числом з інтервалу $[0,1]$. Якщо воно менше або дорівнює рівню мутацій ρ_M , кожен ген особини повинен мутувати. Мутації гену можна описати формулою (8).

$$z_i = z_i + c \cdot z_i \quad (8)$$

Густина випадкової величини задається через нормальний розподіл середнього значення:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (9)$$

На практиці нормальний розподіл також може задаватися іншим шляхом, відмінним від представленого вище виразу. Мутації, які орієнтовані на нормальний розподіл типу Гауса. Стандартне відхилення, у цьому зв'язку також позначається як ширина кроку, становить 0,1.

Тільки мутації, які призводять до покращення придатності, роблять взагалі можливою еволюцію. Для оптимізації використовуються такі різновиди мутацій: одноманітні мутації; неодноманітні мутації; неодноразові неодноманітні мутації; мутація граничного значення.

При одноманітних мутаціях з вектора параметрів θ формують параметри спадкоємців θ' . З вектора $\theta = [x_1, \dots, x_k, \dots, x_q]$ оператор випадково вибирає компонент $k \in (1, \dots, q)$ і

формує вектор $\theta' = [x_1, \dots, x'_k, \dots, x_q]$. Причому x'_k це випадкова величина в межах дійсної області пошуку. Оператор відіграє важливу роль на початку оптимізації, якщо мова йде про те, що пошук виробляється вільно в межах області рішення. Пізніше в процесі оптимізації він приймає значення, щоб залишати локальні мінімуми.

Неодноманітні мутації відповідальні за проведення здібностей, точних налаштувань під час оптимізації та її закінчення. Мутації виконуються наступним чином: з вектора батьків $\theta = [x_1, \dots, x_k, \dots, x_q]$ випадково вибирається елемент x_k . Результат мутацій — це нащадок $\theta' = [x_1, \dots, x'_k, \dots, x_q]$, причому розраховується згідно формули

$$x'_k = \begin{cases} x_k + (x_{\max} - x_k) \cdot f(A), & a_i < 0,5 \\ x_k - (x_{\max} - x_k) \cdot f(A), & a_i \geq 0,5 \end{cases}$$

Де $f(A)$ функція актуальної генерації і розраховується за наступним масштабом: a_1 і a_2 випадкові числа з інтервалу (0..1), A — поточна генерація, A_{\max} — максимальна кількість генерацій; b фактор форми впливає на здатність до тонкої настройки.

Якщо x'_k лежить поза області пошуку, тоді задають $x'_k = x_k$.

Багаторазова неодноманітна мутація працює за тим же принципом, що і неодноманітна мутація з єдиною відмінністю, що мутують усі елементи вектора параметрів θ .

При граничних мутаціях мова йде про варіації єдиної мутації. Оператор вибирає випадковий компонент $k \in (1, \dots, q)$ вектора $\theta = [x_1, \dots, x_k, \dots, x_q]$ і генерує $\theta = [x_1, \dots, x'_k, \dots, x_q]$ при цьому x'_k з однаковою ймовірністю відноситься до внутрішньої або зовнішньої границі виділеного допустимого простору пошуку. Гранична мутація особливо підходить до процесу оптимізації, при цьому оптимальне рішення знаходиться поблизу кордону пошуку.

Котування. Нові особини, які прийшли, повинні бути проаналізовані за допомогою функціонала якості (8). При цьому використовується модель, параметри якої визначаються особинами, які отримані мутаціями і рекомбінацією. Придатність визначається на основі квадратичної помилки між вимірними значеннями процесу і даними моделювання.

Селекція. Селекція має завдання східчасто зменшити популяцію, яка зросла через рекомбінацію і мутацію. При цьому особини і відповідно вектори параметрів вибираються відповідно до їх придатності. Ці особини знову використовуються для отримання нащадків. У запропонованому випадку для оптимізації застосовується нормована геометрична селекція. Відповідно для кожної особини встановлюється ранг придатності. Найкращим особинам встановлюють $r_i = 1$, для гірших $r_i = \gamma$, де γ — величина популяції. Імовірність $V_{S,i}$ для i -ї особини розраховується як:

$$V_{S,i} = \frac{V_M}{1 - (1 - V_M)^\gamma} (1 - P_M)^{r_i - 1}$$

V_M ймовірність вибору кращих особин, що задається користувачем. Для кожного вектора параметрів генерації розраховується кумулятивна ймовірність C_i :

$$C_i = \sum_{j=1}^i V_{S,j}$$

Селекція проводиться таким чином. Вибір випадкового числа α в інтервалі (0..1) якщо потім для нової генерації використовують особина з θ_1 . В іншому випадку проводять селекцію i -го індивідуума $\theta_i (2 \leq i \leq q)$ до тих пір поки дійсно:

$$C_{i-1} < \alpha \leq C_i$$

Процес повторюється до тих пір поки селекцією не буде досягнута стара чисельність генерації q . Очевидно, існує ймовірність того, що особина буде неодноразово обрана для нової генерації. Це повністю відповідає поняттю селекції: самі кращі особини відтворюються частіше, ніж середні залишаються рівними в їхній кількості і найгірші вимирають.

Оцінка та селекція (відбір). Розмноженням у популяції є можливість збільшити розмір популяції за рахунок рівня рекомбінації. За допомогою селекції повинна відновлюватися первісна чисельність популяції. Для цього всі особини спочатку оцінюються через функцію якості. При оцінці контролюється, щоб після мутації всі гени особин також знаходилися в межах дійсних значень. Якщо при оцінці встановлено, що значення гена знаходяться поза допустимою областю, представленою в таблиці, тоді ця відповідна особина буде відзначена штрафним терміном, який значно підвищує функцію якості і таким чином знижує тренування (фітнес) особини. Для відбору використовуються два процеси. При першому процесі відбору з популяції випадково вибирають дві особини. Для цього, як і раніше для кожної особини задається випадкове число із інтервалу $[0,1]$. Якщо воно менше ніж зворотна величина чисельності популяції, тоді ця особина видаляється з популяції. Іншими словами: якщо для $r < p_s = 1/\mu$, де μ - чисельність популяції, тоді вважають, що особина вибирається до відбору. Після порівняння двох таких обраних особин в наступному поколінні буде використана особина з кращою якістю, в той час як інша особина буде відсіяною. Цей процес повторюється так довго, до тих пір, поки чисельність популяції не досягне початкового значення.

Таблиця. Порівняння ідентифікованих і фактичних параметрів об'єкта регулювання.

Вид моделі	Вид значення	T_t , мс	k_j	T_E , мс	$\Delta\theta, ^\circ$	T_A , мс	T_M , с	$T_A + T_t$, мс
лінійна	x	5,67	0,06	9,25		1,5	0,234	7,17
	\bar{x}	4,75	0,062	9,43		3,27	0,249	7,74
	σ	0,77	0,0059	0,39		0,98	0,023	0,266
нелінійна	x	5,67	1,03	9,25	5,32	1,5	0,234	7,17
	\bar{x}	4,75	1,15	9,46	5,33	1,72	0,249	7,74
	σ	0,77	0,16	0,28	0,47	0,62	0,015	0,23

x — значення параметра; \bar{x} — середнє значення ідентифікованого параметра; σ — середньоквадратичне відхилення ідентифікованих параметрів.

Інший процес позначається як процес рулетки. У цьому процесі будуть використані величини зворотні до величини функції якості, ці величини нормують за рахунок суми зворотних величин. Відповідно чим краще якість індивідуума, тим більш незначною є його якість і тим більш нормована зворотна величина якості. Ця зворотна величина використовується як критерій, причому особини з високою зворотною величиною переважно будуть обрані в нову популяцію. За допомогою цього процесу чисельність популяції нового покоління знову буде приведена до початкової чисельності популяції.

Ідентифікація параметрів лінійної моделі. Блок-схема проведення ідентифікації представлена на рис. 2. На модель і об'єкт регулювання подається вхідний сигнал управління $w(t)$ — при постійному числі обертів подається сигнал збільшення числа обертів на $2 - 5\% n_{in}$. В якості виміряних даних реєструються n_1 , m_2 і w . Потім розраховується зсув вимірюваних величин, щоб уникнути значних ініціалізацій моделі.

Для кожного розрахованого за допомогою генетичного алгоритму протягом оптимізації вектора параметра θ розраховують функціонал якості.

Після розрахунку заданого числа ітерацій оптимізація буде закінчена. Оптимальний вибір настановних параметрів залежить від постановки задачі і для кожного випадку повинен бути перевірений по-новому. Оскільки еволюційні алгоритми в цілому працюють надійно, малі відхилення параметрів не є критичними. Початкова чисельність популяції склала 150 особин. Під час оптимізації достатньою виявилось чисельність від

50 особин. У літературі для заданого числа шуканих параметрів від 5 до 6, пропонується чисельність популяції від 50 до 100 особин [8]. Гени (параметри) окремих особин рівномірно розподілені випадковим чином. Цей розподіл є доцільним, коли немає ніяких відомостей про глобальні оптимуми.

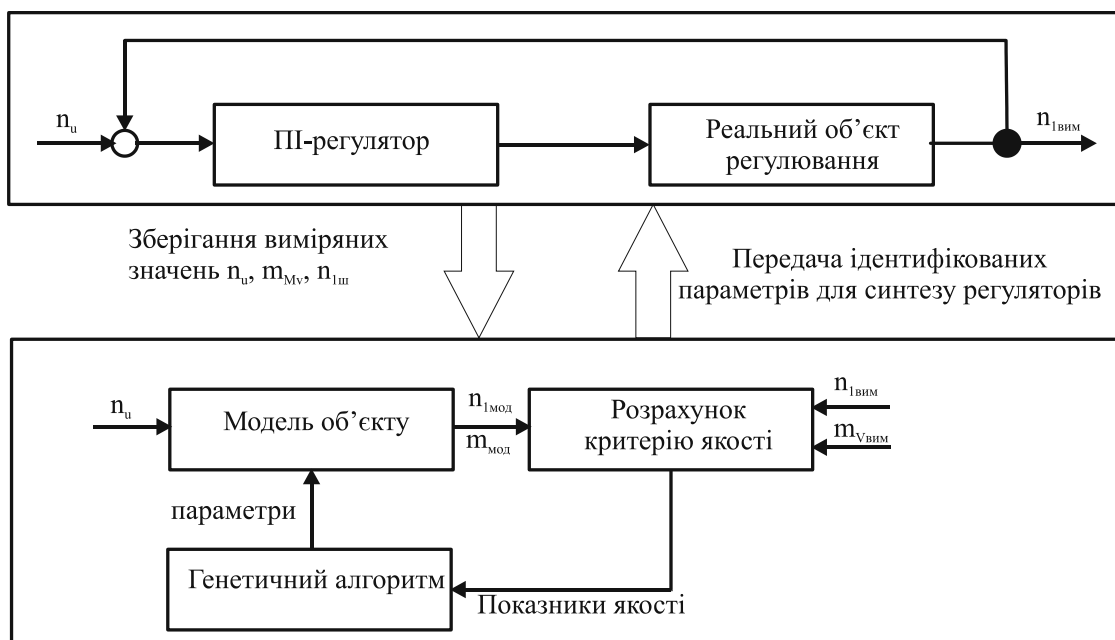


Рис.2. Блок схема ідентифікації і оптимізації параметрів з допомогою генетичного алгоритму

Норми мутації, рекомбінації та селекції повинні бути підігнані до чисельності популяції. Занадто велика норма мутації призводить до чисто випадкового пошуку оптимальної величини, а занадто велика кількість розмножень завдає генну бідність в межах генерації.

Ідентифікація для об'єкта регулювання у вигляді двомасової моделі без люфту (лінійна модель) $k_j = 0.05$ проводилася з початковою популяцією з 150 особин. Результати ідентифікації показали, що після 50 генерацій ніякого істотного поліпшення функціоналу якості не відбувається.

Порівняння процесу зміни уставки частоти і результатів моделювання з ідентифікованими параметрами представлені на рис 2.

Помітним є велике середньоквадратичне відхилення постійних часу T_t і T_E . Встановлений загальний час затримки $T_{Ek} = T_t + T_A$ розподілений між параметрами. Однак, сума обох постійних величин має, тільки мале середньоквадратичне відхилення, тобто значення для кількох процесів оптимізації є постійним.

Ідентифікація параметрів нелінійної моделі. Ідентифікація параметрів проводилася для двомасової моделі, яка містить люфти шириною від $5,32^\circ$ і співвідношенням мас $k_j \approx 1$. Вплив великих люфтів чітко проявляється на зміні в часі амплітуди моменту в повітряному зазорі. Результати ідентифікації показали, що після 50 генерацій ніякого істотного покращення функціоналу якості не відбувається. Зіставлення фактичних і ідентифікованих параметрів представлено в таблиці.

Дуже різні значення отримують для затримки часу T_t і еквівалентної постійної часу T_{Ek} частотного перетворювача, який живить двигун. Однак, сума обох постійних часу, є відповідно постійною. Якість ідентифікації за допомогою генетичного алгоритму можна оцінити зіставленням фактичного і модельованого на підставі ідентифікованих параметрів перехідного процесу.

Висновки

1. Метод ідентифікації параметрів спрощеної математичної моделі технологічного об'єкту (наприклад головного приводу прокатної кліті широкоугового стану гарячої прокатки), що заснований на генетичних алгоритмах, дозволяє з достатньою для практичних цілей точністю ідентифікувати механічні параметри ЕМС в складі технологічної установки.

2. Суттєве скорочення часу оптимізації параметрів, що ідентифіковані за допомогою генетичних алгоритмів, може бути досягнуто при первісному визначенні зазначених параметрів за допомогою традиційних методів — найменших квадратів, регресійного аналізу та інших.

Література

1. АСУ листопркатных станов. //Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Васичкин В.И. и др. М., Металлургия, 1994. 334 с.

2. Балюта С.Н., Богаенко И.Н. Васичкин В.И. Управление скоростным режимом чистовой группы клетей широкополосного стана горячей прокатки //Автоматизация виробничих процесів, №1, 2006. с. 46 – 52.

3. *Электротехнический справочник*: В 3-х т. Т.3. Кн.2. Использование электрической энергии./ Под общ. ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова. И др. — 6-е изд., испр. И доп. — М.: Энергоатомиздат., 1982. — 560 с., ил

4. *Laschet A.* Simulation von Antriebssystemen.// Berlin. — Heidelberg — New York. — Springer_Verlag .1988.

5. *Beineke S., Schutte, F., Grotstollen, H;* Comparasion of metods for state estimation and on0line Parameter Identification in Speed and Position Control loops// Proccedings of EPE. — 1997, Trondheim, Norway. — PP. 3364 – 3369

6. *Ротштейн Д.П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети.- Винница- 1999.- 302 с. Ил.

7. *Rechenberg, I.* Evolutionsstrategie — Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. — Stuttgart Cannstatt — Frommann-Holzboog 1973. — 340 s.

8. *Holland, J.H.;* Adaption in Natural and Artificial Systems; Ann Arbor. The University of Michigan Press. 1975.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

С.Н. Балюта, Л.А. Копылова, Ю.А. Клименко
Национальный университет пищевых технологий

В статье представлена методика идентификации на основе генетических алгоритмов механических параметров и их оптимизации для двухмассовой электромеханической системы. Представлен алгоритм идентификации параметров модели и ее применение к двухмассовой модели с люфтами без люфта в механической системе. В результате идентификации для линейной модели установлено общее время задержки, которое распределяется между постоянной времени контура регулирования тока и транспортным опозданием. При этом сумма обоих постоянных времени имеет малое среднеквадратичное отклонение, т.е. значение для нескольких процессов оптимизации является постоянным. Идентификация параметров нелинейной двухмассовой модели с люфтом, показала что влияние крупных люфтов четко проявляется на изменении во времени амплитуды момента в воздушном зазоре приводного двигателя. При этом получены очень разные значения для транспортного опоздания и эквивалентной постоянной времени частотного преобразователя. Однако, сумма обоих постоянных времени, являются соответственно постоянной. Качество идентификации с помощью

генетического алгоритму оцінюється сопоставленням фактичного і моделюваного на основі ідентифікованих параметрів перехідного процесу. Суттєвове скорочення часу оптимізації параметрів ідентифіковані з допомогою генетических алгоритмів, може бути досягнуто при первоначальному визначенні вказаних параметрів з допомогою традиційних методів — найменших квадратів, регресійного аналізу і других. Приведено порівняння результатів моделювання з оптимізованими параметрами і вимірювань.

Ключевые слова: двухмассовая механическая модель, электромеханическая система, генетические алгоритмы идентификации.