

УДК 621.3

Тиховод С.М.¹, Братченко І.О.², Новік Д.А.³, Лбабуз М.⁴, Левченко С.О.⁵

¹ д-р. техн. наук, доц. НУ "Запорізька політехніка"

^{2, 3, 4, 5} студ. гр. Е-310м НУ "Запорізька політехніка"

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА НА ОСНОВІ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Одна з можливостей, яка може бути успішно реалізована в наслідок застосування методу планування експеримент, полягає в тому, що він дозволяє встановити безпосередній функціональний зв'язок між тими параметрами електромеханічного об'єкта дослідження, які пов'язані між собою неявно. При цьому складний математичний опис розглянутого процесу або явища (оригіналу) замінюється відносно простий поліноміальною моделлю.

Розглянемо можливості методу планування експерименту на конкретному прикладі. Нехай вивчення робочих властивостей спеціального несиметричного асинхронного двигуна, що має на роторі зовнішні і короткозамкнені внутрішні обмотки, ведеться на основі аналізу його схеми заміщення, складеної для однієї еквівалентної фази (рис. 1).

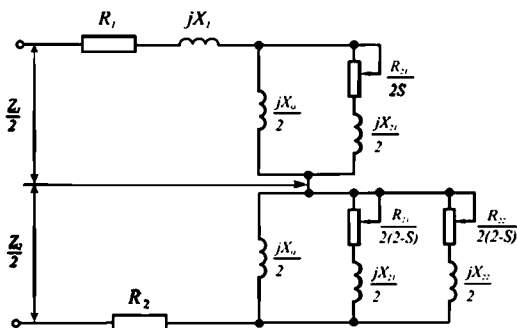


Рисунок 1 - Схема заміщення асинхронного двигуна

Для схеми заміщення (рис. 1) прийняті наступні позначення Z_1, Z_2 - комплексні опори струмів прямої і зворотної послідовності; R_1, X_1 - активний і індуктивний опір розсіювання фази обмотки статора; R_{12}, X_{12} - індуктивний опір взаємної індукції; R_{21}, X_{21} - активний і індуктивний опір розсіювання обмотки ротора; R_{22}, X_{22} - активний і індуктивний опір розсіювання внутрішньої (загальною для трьох фаз) обмотки ротора; S - ковзання.

Аналітичний вираз для визначення механічної характеристики двигуна:

$$M = M_1 - M_2 = \frac{Z_1 \cos \varphi_1 - Z_2 \cos \varphi_2}{Z_1^2 + 2Z_1 Z_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + Z_2^2}. \quad (1)$$

де M_1, M_2 - обертаюча і гальмова складові результуючого електромагнітного моменту M ; $Z_1, Z_2, \varphi_1, \varphi_2$ - модулі і аргументи опорів Z_1 і Z_2 .

Аналітичний вираз для визначення механічної характеристики двигуна не дає функціонального зв'язку максимального крутного моменту і критичного ковзання з параметрами схеми заміщення

Ставиться завдання синтезу параметрів двигуна, що забезпечують отримання максимально можливого значення моменту в зоні малих ковзань при достатньому пусковому моменті. Ця екстремальна задача може бути вирішена із застосуванням математичного апарату методу планування експерименту.

В умовах пандемії експерименти проводити неможна на реальній установці, а проведемо їх в віртуальній лабораторії на основі системи Electronics Workbench (EWB).

Як параметри оптимізації у встановлюємо результуючий момент M , а незалежних змінних x_1, x_2 (факторів) - параметри схеми заміщення і ковзання S , критичне значення якого забезпечує необхідну жорсткість механічної характеристики $M = f(S)$. Два фактори будемо вважати змінними величинами, а решту чинників будемо вважати константами.

Оскільки в якості об'єкта дослідження виступає математична модель (схема заміщення), то основні вимоги, що пред'являються в теорії планування експерименту до об'єктів дослідження, параметрам оптимізації, а також до факторів і їх сукупності, виконуються.

Невідому функцію, яка обчислює значення крутного моменту

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k, \dots, x_n). \quad (2)$$

будемо апроксимувати алгебраїчним поліномом першого ступеня. Для мінімізації числа дослідів N доцільно використовувати поліном першого ступеня

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 \quad (3)$$

Він повинен містити інформацію про зміну параметра оптимізації при варіюванні рівнів факторів і про напрямлення градієнта, тобто напрямку, в якому параметр оптимізації збільшується швидше, ніж в будь-якому іншому напрямку.

При виборі кордонів зміни факторів, виходимо з реальних умов здійсненості досліджуваного двигуна і аналізу апріорної інформації, отриманої в результаті попередніх розрахункових досліджень.

Схема в EWB представлена на рис. 2.

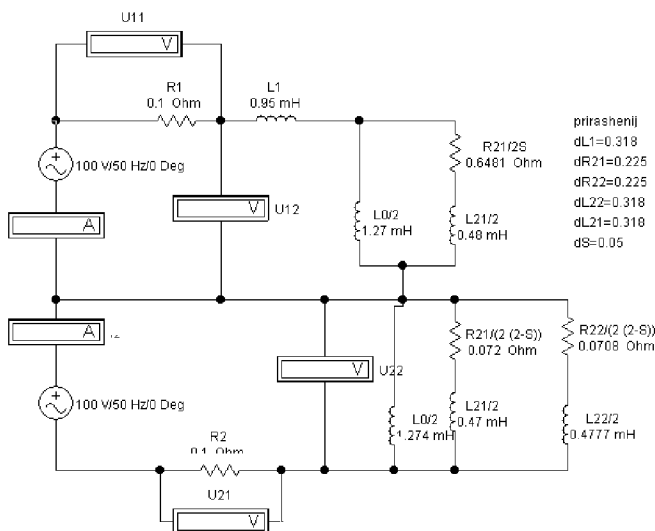


Рис. 2.- Модель асинхронного двигуна в EWB

Параметр оптимізації (ψ), при цьому, обчислювався за висловом електромагнітного моменту $M(1)$, в яке підставлялися відповідні значення параметрів схеми заміщення (рис. 2), взяті на верхньому (+) або нижньому (-) рівнях відповідно до матриці планування.

Коефіцієнти лінійної моделі обчислюються за виразами:

$$b_1 = \frac{(-1) \cdot y_1 + (+1) \cdot y_2 + (-1) \cdot y_3 + (+1) \cdot y_4}{4}; \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{(-1) \cdot y_1 + (-1) \cdot y_2 + (+1) \cdot y_3 + (+1) \cdot y_4}{4}.$$

Значення коефіцієнтів характеризують міру впливу на параметр оптимізації.

Найбільше значення функцій мети, тобто екстремум, може бути знайдений так званим методом крутого сходження.

У нашому випадку «круте сходження» по градієнту, тобто в напрямку максимуму, дозволить визначити значення факторів, що забезпечують цей максимум, при фіксованих на основному рівні значеннях всіх інших параметрів схеми заміщення.

Для спрощення розрахунків розроблена програма M1_3 в системі Matlab. Програма має основний скрипт і підпрограму Moment1 обчислення моменту.

Графік зміни моменту за кроками «крутого сходження» по градієнту, тобто в напрямку максимуму моменту приведений на рис. 3.

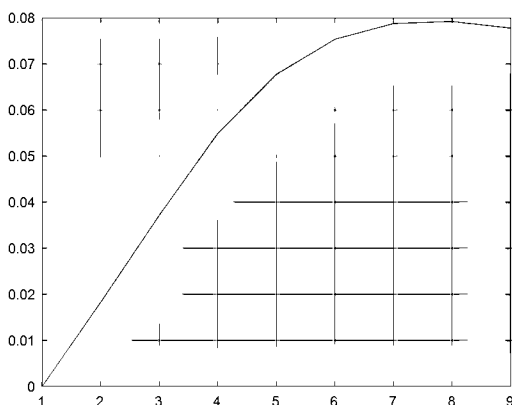


Рис. 3- Графік зміни значення моменту в напрямку його максимуму

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адлер, Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер – М.: Металлургия, 1969. – 320 с.
2. Ивоботенко Б.А., Ильинский Н.Ф., Копылов И.П. Планирование эксперимента в электромеханике. – М.: Энергия, 1971. – 185 с.
3. Тиховод С.М. «Використання методів теорії експерименту для оптимізації електротехнічних комплексів та систем»: Посібник / С.М. Тиховод, А.В. Пирожок, І.М. Коцур, С.І. Арсеньєва. – Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2020. – 125 с.
4. Карлашук В.І. Електронна лабораторія на IBM PC. Програма Electronics Workbench і її застосування. М.: Солон-Р, 2003. 726 с.
5. Алієв І.І. Віртуальна електротехніка. Комп'ютерні технології в електротехніці й електроніці. М.: Радіософт, 2003. 112 с.