

АМПЛІТУДНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ НАТРІЄВИХ ЛАМП ВИСОКОГО ТИСКУ ЕЛЕКТРОННИМИ ПУСКОРЕГУЛЮВАЛЬНИМИ АППАРАТАМИ

Проведено апроксимацію вольт-амперної та вольт-ватної характеристики натрієвої лампи високого тиску методом найменших квадратів. Отримані результати верифіковані за допомогою математичного пакету Matlab R2010b (7.11).

Ключові слова: амплітудне регулювання, потужність, натрієва лампа високого тиску, електронний пускорегулювальний апарат.

A. Lupenko, I. Sysak, V. Say

VOLTAGE CONTROL OF HIGH PRESSURE SODIUM LAMPS DIMMING BY ELECTRONIC BALLAST

Voltage-ampere and voltage-watt approximation for high pressure sodium lamp by the method of square roots was done. The results are checked by the mathematical package Matlab R2010b (7.11).

Key words: voltage control, dimming, high pressure sodium lamp, electronic ballast.

При проведенні аналізу електричних режимів роботи електронних пускорегулювальних апаратів, які забезпечують регулювання потужності розрядних джерел світла, необхідно знати залежність опору розрядної лампи від робочої потужності. Цю залежність можна встановити на основі вольт-амперної характеристики (ВАХ) лампи.

Для знаходження ВАХ, як навантаження вихідного каскаду, було використано натрієву лампу високого тиску типу DeLux Sodium-70W.

Для отримання апроксимаційної кривої використовувався метод найменших квадратів.

З достатньою для практики точністю ВАХ можна описати поліномом четвертого степеня:

$$u = p_1 \cdot i^4 + p_2 \cdot i^3 + p_3 \cdot i^2 + p_4 \cdot i + p_5 \quad (1)$$

де i - струм лампи, А;

u - напруга на лампі, В.

Для визначення коефіцієнтів p_1, p_2, p_3, p_4 і p_5 в (1), вважаючи що $i = i_j$ і $u = u_j$, одержуємо n рівнянь

$$u_j = p_1 \cdot i_j^4 + p_2 \cdot i_j^3 + p_3 \cdot i_j^2 + p_4 \cdot i_j + p_5 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

відносно п'яти величин p_1, p_2, p_3, p_4 і p_5 , для яких абсолютні величини "помилки"

$$\eta_j = u_j - (p_1 \cdot i_j^4 + p_2 \cdot i_j^3 + p_3 \cdot i_j^2 + p_4 \cdot i_j + p_5) \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

були б "малими". Розрахунок коефіцієнтів p_1, p_2, p_3, p_4 і p_5 проводиться із виразу

$$Q = \sum_{j=1}^n \eta_j^2 = \min \quad (4)$$

Для знаходження точок $(p_1, p_2, p_3, p_4$ і $p_5)$, які задовольняють (4), складається система рівняння:

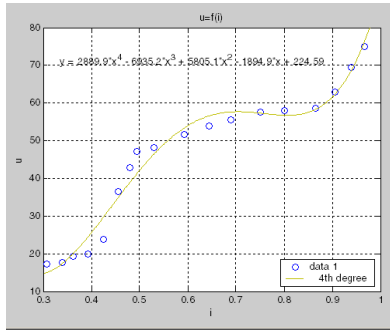


Рис. 1 - Експериментальні дані та крива апроксимації BAX

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial p_1} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot i_j^4 - p_1 \cdot i_j^8 - p_2 \cdot i_j^7 - p_3 \cdot i_j^6 - p_4 \cdot i_j^5 - p_5 \cdot i_j^4) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_2} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot i_j^3 - p_1 \cdot i_j^7 - p_2 \cdot i_j^6 - p_3 \cdot i_j^5 - p_4 \cdot i_j^4 - p_5 \cdot i_j^3) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_3} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot i_j^2 - p_1 \cdot i_j^6 - p_2 \cdot i_j^5 - p_3 \cdot i_j^4 - p_4 \cdot i_j^3 - p_5 \cdot i_j^2) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_4} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot i_j^1 - p_1 \cdot i_j^5 - p_2 \cdot i_j^4 - p_3 \cdot i_j^3 - p_4 \cdot i_j^2 - p_5 \cdot i_j^1) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_5} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot i_j^0 - p_1 \cdot i_j^4 - p_2 \cdot i_j^3 - p_3 \cdot i_j^2 - p_4 \cdot i_j^1 - p_5 \cdot i_j^0) \end{cases} \quad (5)$$

Після розв'язку даної системи рівнянь, поліном набуває вигляду:

$$u = 2889,9 \cdot i^4 - 6935,2 \cdot i^3 + 5805,1 \cdot i^2 - 1894,9 \cdot i + 224,59 \quad (6)$$

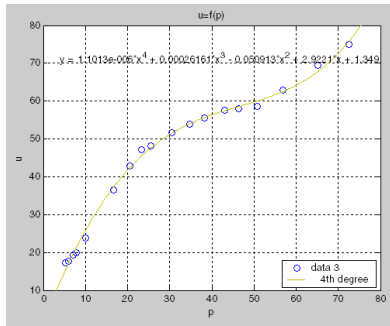


Рис. 2 - Експериментальні дані та крива апроксимації BBX

Для верифікації даних було проведено апроксимацію в математичному пакеті Matlab R2010b (7.11) – експериментальні дані та крива апроксимації BAX представлені на рис. 1.

Із знятих експериментальних даних можна також побудувати залежність напруги від потужності лампи – вольт-ватну характеристику (BBX).

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю підтримання заданої робочої потужності НЛ зміною напруги живлення інвертора.

BBX також опишемо поліномом четвертого степеня. Система рівнянь набуває вигляду:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial p_1} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot p_j^4 - p_1 \cdot p_j^8 - p_2 \cdot p_j^7 - p_3 \cdot p_j^6 - p_4 \cdot p_j^5 - p_5 \cdot p_j^4) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_2} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot p_j^3 - p_1 \cdot p_j^7 - p_2 \cdot p_j^6 - p_3 \cdot p_j^5 - p_4 \cdot p_j^4 - p_5 \cdot p_j^3) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_3} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot p_j^2 - p_1 \cdot p_j^6 - p_2 \cdot p_j^5 - p_3 \cdot p_j^4 - p_4 \cdot p_j^3 - p_5 \cdot p_j^2) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_4} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot p_j^1 - p_1 \cdot p_j^5 - p_2 \cdot p_j^4 - p_3 \cdot p_j^3 - p_4 \cdot p_j^2 - p_5 \cdot p_j^1) \\ \frac{\partial Q}{\partial p_5} = -2 \sum_{j=1}^n (u_j \cdot p_j^0 - p_1 \cdot p_j^4 - p_2 \cdot p_j^3 - p_3 \cdot p_j^2 - p_4 \cdot p_j^1 - p_5 \cdot p_j^0) \end{cases} \quad (7)$$

Після розв'язку системи рівнянь поліном набуває вигляду:

$$u = 1,1013 \cdot 10^{-6} \cdot p^4 + 0,00026161 \cdot p^3 - 0,050913 \cdot p^2 + 2,9221 \cdot p + 1,349 \quad (8)$$

Експериментальні дані та крива апроксимації BBX в середовищі Matlab представлені на рис. 2.

Як і у першому, так і у другому випадку верифікація даних в математичному пакеті підтверджує правильність виконаного методу найменших квадратів.

Результати досліджень можуть бути використані як основа для аналізу та проектування високоякісних схем ЕПРА.