

# ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ВХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ

Приймак Б.І., к.т.н., доц., Кульбашний О.І., магістрант

НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

**Вступ.** Системи енергоощадного керування асинхронним електроприводом (АЕП) будуються на основі пошукової або безпошукової оптимізації споживаної потужності [1-5]. Пошукові системи з давачем потужності мають цінну властивість параметричної інваріантності, проте в них надто мала швидкодія. Безпошуковим системам властива висока швидкодія але параметрична робастність не є високою. Поєднання переваг обох типів систем можливе при комбінованій оптимізації. У цьому зв'язку актуальним є вивчення відомих алгоритмів пошукової оптимізації вхідної потужності для можливості вибору кращого з них.

**Метою праці** є дослідження відомих алгоритмів пошукової оптимізації вхідної потужності у векторно-керованих АЕП для подальшого застосування кращого із них в системі комбінованої мінімізації втрат потужності.

**Матеріали дослідження.** Векторно-керований АЕП з пошуковою оптимізацією вхідної потужності може бути побудований згідно з функціональною схемою, що представлена на рис. 1.

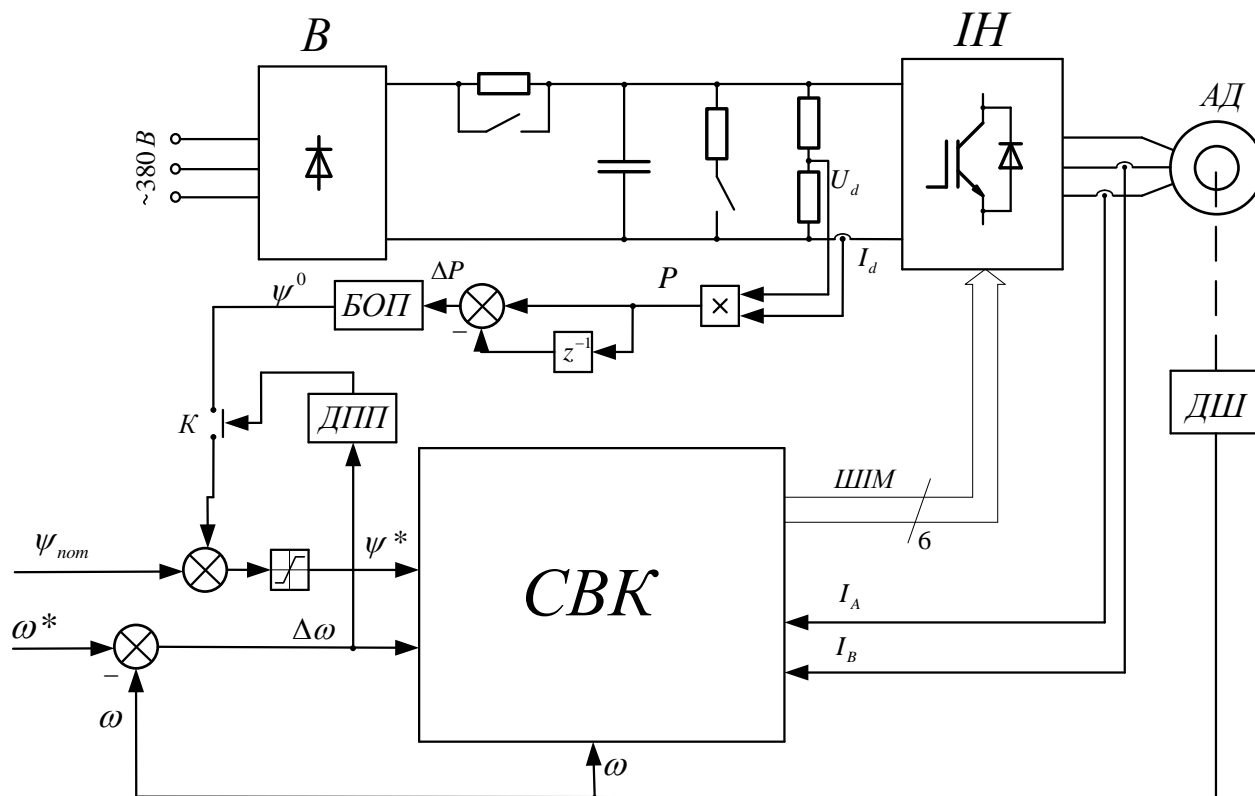


Рисунок 1 – Функціональна схема векторно-керованого АЕП з пошуковою оптимізацією споживаної потужності

У цій схемі застосовано наступні позначення: В – випрямляч; ІН – інвертор напруги; АД – асинхронний двигун; БОП – блок оптимізації потужності; СВК – система векторного керування; ДПП – детектор перехідного процесу; ДШ – давач швидкості; ШІМ – широтно-імпульсна модуляція; К – ключ. Задачею СВК є регулювання швидкості двигуна згідно з сигналом завдання  $\omega^*$  при використанні зворотних зв'язків у вигляді сигналів струмів фаз  $I_A, I_B$  та сигналу швидкості обертання ротора  $\omega$ . На основі алгоритму векторного керування генеруються ШІМ-сигнали для керування ключами інвертора. На контур регулювання модуля вектора потокозчеплення ротора поступає сигнал завдання  $\Psi^*$ , що є сумою номінального потокозчеплення  $\Psi_{nom}$  та оптимізуючого сигналу  $\Psi^o$ .

За струмом  $I_d$  та напругою  $U_d$  визначається споживана потужність  $P$  у ланці постійного струму АЕП. Приріст потужності  $\Delta P$  поступає у БОП, де за алгоритмом пошуку екстремуму отримується поточне значення оптимізуючого сигналу  $\psi^o$ .

В системі передбачено здійснення пошукової оптимізації лише в усталених режимах роботи. Протягом перехідних процесів, наявність яких встановлюється в ДПП за помилкою швидкості  $\Delta\omega$ , дія підсистеми оптимізації вхідної потужності за допомогою розмикання ключа К призупиняється.

Пошуковий алгоритм Розенброка має вигляд

$$\psi_n^0 = \psi_{n-1}^0 + k\Delta\psi_{n-1}^0; \Delta\psi_{n-1}^0 = \psi_{n-1}^0 - \psi_{n-2}^0; \Delta P_n = P_n - P_{n-1}, \quad (1)$$

де  $k = 1$ , якщо  $\Delta P_n < 0$ ;  $k = -1/2$ , якщо  $\Delta P_n > 0$ .

Пропорційний алгоритм пошуку записується як

$$\psi_n^0 = \psi_{n-1}^0 + k\Delta\psi_{n-1}^0 \operatorname{sgn}(\Delta P_n); \Delta\psi_{n-1}^0 = \psi_{n-1}^0 - \psi_{n-2}^0; \Delta P_n = P_n - P_{n-1}, \quad (2)$$

де  $k$  – параметр налаштування.

Пошуковий градієнтний алгоритм має вигляд

$$\psi_n^0 = \psi_{n-1}^0 - k\Delta\psi_{n-1}^0 \nabla P_{n-1}; \Delta\psi_{n-1}^0 = \psi_{n-1}^0 - \psi_{n-2}^0, \quad (3)$$

де  $\nabla P_{n-1} = P_{n-1} - P_{n-2} / \psi_{n-1} - \psi_{n-2}$  – градієнт потужності;  $k$  – параметр налаштування.

Система векторного керування АЕП з пошуковою оптимізацією споживаної потужності досліджувалася шляхом математичного моделювання з використанням даних типового АД потужністю 1.5 кВт.

Моделювання системи проводилося за наступним сценарієм. Спочатку АЕП працював з від'єднаним контуром оптимізації при номінальному потокозчепленні ротора і значеннями швидкості та момента відповідно 0.5 та 0.1 від своїх номіналів. В момент часу  $t = 10$  с замикався ключ К і починав діяти БОП з відповідним алгоритмом пошуку екстремуму.

Результати досліджень представлені на рис. 3-5, де номери кривих відповідають наступним величинам: 1 – потокозчеплення ротора; 2 – швидкість ротора; 3 – струм фази статора; 4 – споживана потужність АЕП.

Аналіз рис. 3-5 показує, що найбільшу швидкість збіжності до мінімуму має алгоритм Розенброка. Пропорційний алгоритм відшукує мінімум приблизно вдвічі довше, а градієнтний метод є найповільнішим. Коливання

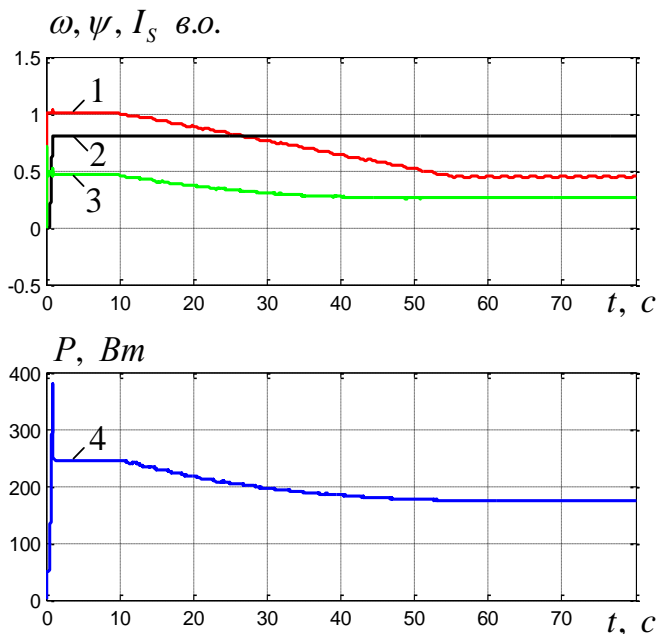


Рисунок 3 - Процеси оптимізації потужності пропорційним методом

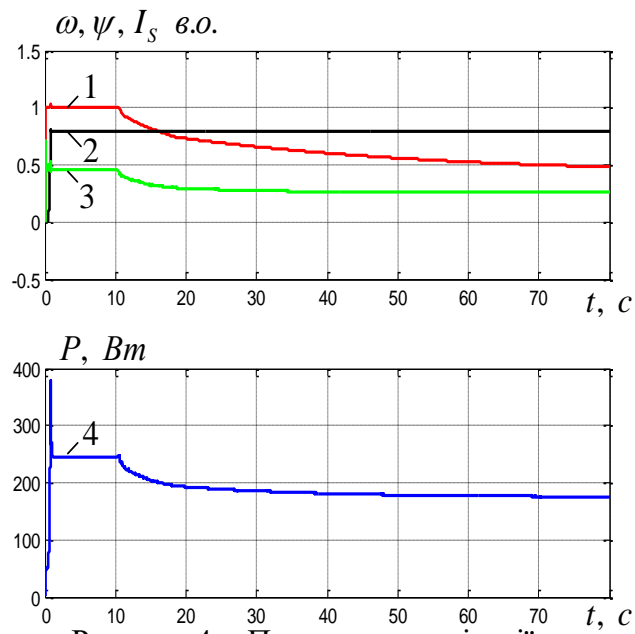


Рисунок 4 - Процеси оптимізації потужності градієнтним методом

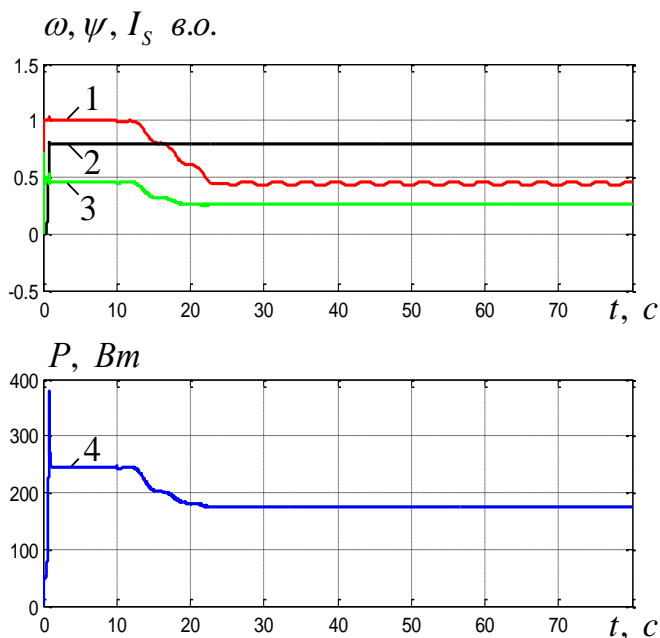


Рисунок 5 - Процеси оптимізації потужності методом Розенброка

потокочеплення в околі екстремуму найістотніші для методу Розенброка, проте на кривій швидкості це практично не проявляється.

**Висновки.** Проведено дослідження векторно-керованого АЕП з пошуковою оптимізацією споживаної потужності при трьох алгоритмах пошуку екстремуму. Встановлено, що найбільш швидкодійним із досліджуваних є алгоритм Розенброка. Він може бути рекомендованим для застосування у перспективній системі комбінованої оптимізації втрат.

#### Перелік посилань

1. Вакулєнко К.Н., Агабабян Э.М. Об оптимальном регулировании асинхронного двигателя // В кн.: Электромашиностроение и электрооборудование, вып.1. – Харьков: изд. ХГУ, 1965. –С. 92-98.
2. Лисєнков М.Г., Козлик Г.О., Гагарін П.П. Пошукові системи енергозберігаючого керування асинхронним електроприводом. // Автоматизація виробничих процесів, 2000. № 2. – С. 36-41.
3. Kim G.S., Ha I.J., Ko M.S., Control of Induction Motors for Both High Dynamic Performance and High Power Efficiency, IEEE Trans. Ind. Elec., Vol. 39, No.4, 1992, pp. 323-333.
4. Kioskeridis I., Margaris N., Loss Minimization in Scalar-Controlled Induction Motor Drives with Search Controllers, IEEE Trans. Pow. Elec., Vol. 11, No.2, 1996, pp. 213-220.
5. Та С.-М., Hori Y. Convergence improvement of efficiency-optimization control of induction motor drives, IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. 37, No.6, Nov/Dec, 2001, pp. 1746-1753.