

## АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Основними споживачами електричної енергії (близько 70%) промислових підприємств є електродвигуни. Найбільшого поширення серед всіх типів приводів набув асинхронний двигун з короткозамкнутим ротором, який має ряд переваг над двигунами постійного струму послідовного чи незалежного збудження, що використовується в електротранспорті, а саме: простота конструкції та обслуговування, відносно невелика ціна, відсутність щіток, надійність, хороші показники ККД та коефіцієнта потужності. [1] Проте асинхронний двигун АД має свої недоліки, основним з яких є малий пусковий момент при досить великому струмі статора.

Технологічне завдання, що поставлене до тягового електротранспорту, характеризується широким діапазоном зміни моменту навантаження при фіксованому значенні заданого значення швидкості. Доцільне застосування законів екстремального керування – з одного боку, потрібне забезпечення максимально можливого моменту електроприводу на всьому діапазоні зміни швидкостей, з іншого боку при зміні моменту навантаження та задання на швидкість потрібне збереження енергетичних показників ( $\cos\phi$ , ККД) на максимально можливому рівні. Тенденція збільшення вартості одиниці електричної енергії для споживачів, а також часті випадки дефіциту потужності (зниження якості енергії) в енергосистемі України вимагає від промислових підприємств запроваджувати енергоефективні технології з можливістю обмежувати споживану потужність [2].

Внаслідок масовості виробництва перетворювальної напівпровідникової техніки, вдосконалення технологій та зменшення цін все більшого поширення в різних галузях промисловості набуває система перетворювач частоти – асинхронний двигун (ПЧ-АД). Така система задовольняє як і умови до технічної частини регулювання (діапазон і швидкодія) так і з енергоефективної – ПЧ, який в своєму складі має фільтр електромагнітної сумісності, споживає з мережі тільки активну потужність, має високі показники ККД системи при регулюванні електропривода, хоч і вимагає відносно великих капітальних вкладень [3].

Оптимізаційна задача керування формулюється наступним чином: у кожній робочій точці приводу необхідно вибрати такий закон керування, яке доставить екстремум обраному показнику якості, а при виході струму або напруги статора на обмеження необхідно вибрати закон керування, що забезпечує максимальну перевантажувальну здатність  $\lambda$ .

Всередині робочої області приводу (до виходу струму або напруги статора на обмеження), як показник якості можливо вибрати наступне типове завдання оптимізації режимів двигунів: по мінімуму втрат (визначається струмом) при сталості головного магнітного потоку та обмеження реактивної потужності, що споживається від перетворювача або від мережі ( $\Delta p \rightarrow \min$  при  $\Phi_m \rightarrow const$ )

При виході напруги та струму силового перетворювача на обмеження вирішується завдання екстремального керування за максимумом моменту ( $m \rightarrow \max$ ). Для оцінки якості керування по максимуму електромагнітного моменту двигуна в скалярних системах введемо електромеханічний показник якості «електромагнітний момент/струм статора»:

$$C_M = \frac{M_e}{i_s} \rightarrow \max \quad (1)$$

Для розв'язання задачі максимізації моменту при обмеженнях виділяють три зони, умови досягнення максимуму в яких різні:

- 1 зона: при  $0 \leq \omega \leq \omega_1$ ;  $i_s = i_{rp}$ ;  $u_s \leq u_{rp}$ ;
- 2 зона: при  $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ ;  $i_s = i_{rp}$ ;  $u_s = u_{rp}$ ;
- 3 зона: при  $\omega > \omega_2$ ;  $i_s \leq i_{rp}$ ;  $u_s = u_{rp}$ .

На рис. 1 показано ряд механічних характеристик при використанні в типовій скалярній системі

керування закону, що доставляє максимум моменту при фіксованому струмі.

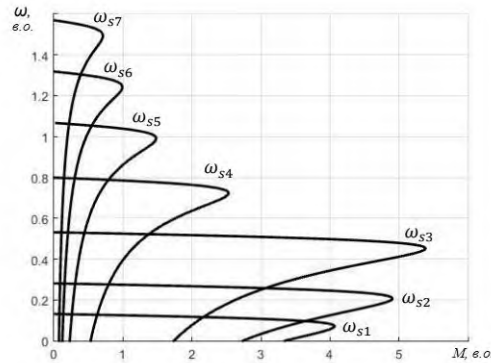


Рисунок 1 – Механічні характеристики частотно-регульованого приводу

Граничний закон керування синтезується виходячи із забезпечення максимально можливого електромагнітного моменту двигуна в умовах обмежених ресурсів джерела живлення за гранично допустимим струмом та напругою. Статичний закон керування - при формуванні оптимальних законів керування двигуном у встановлених режимах можливі різні підходи та відповідні закони керування [4], включаючи закон статичного керування при постійній потужності (відношення швидкостей пропорційне відношенню напруг в степені  $\frac{1}{2}$ ).

Для реалізації поставленої оптимізаційної задачі, пропонується використати модернізовану систему скалярного керування ПЧ-АД, доповнено струмовою відсічкою статора АД з нелінійною роботою ПІ регулятора (Рис. 2).

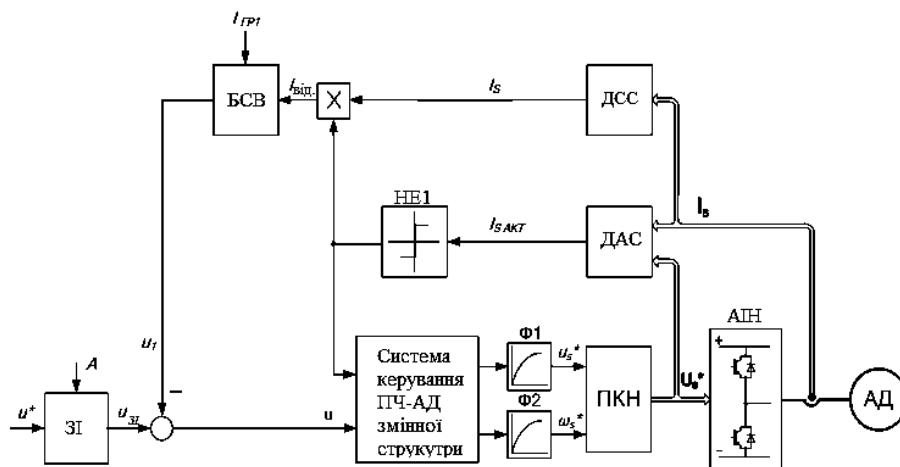


Рисунок 2 - Функціональна схема скалярної системи керування із системою струмообмеження

На схемі позначено: ЗІ – задатчик інтенсивності, який являє собою нелінійний пристрій, що обмежує темп (А) зміни в часі задаючого значення напруги  $u^*$ ; НЕ – нелінійний елемент; АІН – автономний інвертор напруги (мостовий); АД – асинхронний двигун; ДСС – датчик струму статора; ДАС – датчик активного струму;  $\Phi 1$ ,  $\Phi 2$  – функціональний перетворювач; БСВ – блок струмової відсічки; ПКН – перетворювач координат напруги.

#### Список використаних джерел:

1. Петренко О.М. Визначення ефективності електрорухомого складу. Основні положення та підходи/ О.М. Петренко, Б.Г. Любарський // Інформаційнокеруючі системи на залізничному транспорті – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – № 6. – С. 8-13
2. Попович М. Г. Теорія електропривода: Підручник / За ред. Поповича М. Г. –К.:Вища школа, 1993. – 494с.
3. Мигаль В.Д., Аргун Щ.В. Вибір методу оцінки якості асинхронних тягових електродвигунів для електробусів // Автомобіль І Електроніка Сучасні Технології. 2019. Вип. 15. С. 105–113.
4. Карплюк Л. Ф. Вибір системи регулювання для електроприводів транспортних механізмів / Л. Ф. Карплюк // Вісник НУ «Львівська політехніка», «Електроенергетичні та електромеханічні системи». — 1997. — № 334. — С. 57—59