

УДК 621.311.001.57(063)

**Закладний О.О., канд. техн. наук, доцент**  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ,  
zakladniy@gmail.com

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОНАВАНТАЖУВАЧІВ**

Обираючи тяговий електродвигун для електроприводу (ЕП) електронавантажувача (ЕН), слід в першу чергу звернути увагу на галузь застосування та вимоги, що ставляться до ЕН. Загальні основні вимоги, які пред'являються тяговому ЕП: простота виготовлення; надійність; зручність обслуговування; легкість регулювання; простота системи керування; високий момент у всьому діапазоні частот обертання; придатність для рекуперативного гальмування; високий ККД.

Метою роботи є обґрунтування застосування ЕП з вентильними двигунами з постійними магнітами для ЕН. Для цього проведено порівняльний аналіз привода з вентильним двигуном (ВД).

**Напрямки та заходи для підвищення рівня енергоефективності ЕН.** Для більш ефективної роботи ЕН означимо основні напрямки та заходи підвищення їх рівня енергоефективності.

*Перший напрямок* полягає в економії електроенергії ЕН за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу. Для цього потрібно вжити такі заходи: контроль стану ЕН; узгодження режимів роботи установки при зміні навантаження; підвищення ККД ЕН; забезпечення нормованого завантаження; контроль стану ЕН; регулювання продуктивності ЕН; застосування Li-Ion АКБ.

*Другий напрямок* полягає у виборі раціонального типу ЕП для ЕН. Сюди входять: удосконалення процедури вибору двигуна для конкретної технологічної установки з метою дотримання номінального теплового режиму двигуна при експлуатації; перехід на енергозберігаючі двигуни та двигуни поліпшеної конструкції; використання вентильного двигуна; підвищення швидкодії ЕП; повернення енергії до АКБ при гальмуванні. Удосконалювання технологічних процесів безпосередньо пов'язано із застосуванням регульованого ЕП. Це сприяє вирішенню завдань забезпечення оптимальних режимів роботи механізмів, зростання продуктивності праці, підвищення ефективності використання енергії, надійності й строку служби устаткування.

*Третій напрямок* полягає у виборі раціональних режимів роботи й експлуатації ЕП. Сюди входять: вибір раціонального діапазону регулювання швидкості ЕП в залежності від технологічних умов роботи ЕН; вибір раціонального способу регулювання швидкості в залежності від характеру зміни навантаження; мінімізація струму і втрат енергії при зміні навантаження; оптимізація динамічних режимів.

Удосконалювання технологічних процесів безпосередньо пов'язано із застосуванням регульованого ЕП. Це сприяє вирішенню завдань забезпечення оптимальних режимів роботи механізмів, зростання продуктивності праці, підвищення ефективності використання енергії, надійності й строку служби устаткування.

**Вибір найбільш енергоефективного ЕП для ЕН.** Розглянемо три типи ЕП, які найчастіше використовуються в електричних навантажувачах, а саме: ВД; привод постійного струму (ППС); частотно-регульований привод (ЧРП). Результати порівняння зведено в табл. 1.

Порівняльний аналіз показав, що найбільш перспективним є ЕП з ВД на базі синхронної із збудженням від постійних магнітів, який має значно меншу вагу (в 1,5-2,5 рази менше в порівнянні з іншими), максимальний ККД і кращі регульовальні характеристики.

Таблиця 1 – Основні порівняльні характеристики тягових ЕП з двигунами: постійного струму, асинхронним і вентильним

Параметри	Тип тягового ЕП		
	ППС	ЧРП	ВД із збудженням від постійних магнітів
Максимальна потужність, кВт	40	40	40
Максимальний струм, А	410	500	192
Частота обертання			
- номінальна	2200	3000	5000
- максимальна	6700	8000	13000
Маса тягового двигуна, кг	92	70	26,4
Маса вентильного перетворювача, кг	8	22	22
Маса ТЕП, кг	109	92	48,4
ККД, %	75	85	94
Вартість ТЕП, у.о.	3500	5000	5400

**Дослідження та вибір оптимального способу керування ВД для ЕН.** Розглянемо три основні способи керування ВД.

*Перший (найпростіший) спосіб керування* полягає в підтриманні постійного значення кута випередження  $\beta_0 = const$ . При цьому джерелом напруги синхронізації служить датчик положення ротора (ДПР). Фазовий зсув між першою гармонікою струму і ЕРС холостого ходу:

$$\psi_1 = \varphi + \theta = \beta_0 - \frac{\gamma}{2},$$

де  $\varphi$  – кут зсуву між векторами основної гармоніки струму і фазної напруги;

$\theta$  – кут навантаження СМ;

$\gamma$  – кут комутації.

*Другий спосіб керування* полягає у підтримці сталим кут випередження  $\beta = const$ . Джерелом напруги синхронізації є датчик напруги статора (ДНС). В цьому випадку:

$$\psi_1 = \beta - \frac{\gamma}{2} + \theta$$

*Третій спосіб* полягає в підтриманні постійної величини кута запасу  $\delta$  на мінімальному рівні:

$$\beta_0 = \beta_{\min} = f(\gamma, \theta), \text{ при } \delta = \delta_{\min} = const;$$

$$\beta = \beta_{\min} = f(\gamma), \text{ при } \delta = \delta_{\min} = const.$$

При цьому

$$\psi_1 = \frac{\gamma}{2} \varphi + \delta_{\min}.$$

Цей спосіб є найбільш оптимальним та енергоефективним для роботи ЕП. Однак даний спосіб керування вимагає наявності датчиків кутів комутації та навантаження, а також системи імпульсно-фазового управління синхронізованої від ДПР або ДНС. Для цього способу керування параметри системи будуть постійно змінюватись для підтримки постійної величини кута запасу  $\delta$  на мінімальному рівні, для будь-якого режиму роботи двигуна. Отже, для реалізації цього способу керування ВД необхідно використати регулятор з fuzzy-логікою, котрий буде постійно змінювати необхідні параметри системи.

#### Список посилань.

1. Закладний О. М. Електропривод: Навч. посібник. / О.М. Закладний, В.В. Прокопенко, О.О. Закладний. – К.: Видавництво «Освіта України», 2009. – 351 с.