

**СИНХРОНІЗАЦІЯ РОБОТИ ДВОХ НЕЗАЛЕЖНИХ БЕЗДАТЧИКОВИХ
ПРИВОДІВ У СТРУКТУРІ ЖОРСТКОЇ БАЗИ ДВООСЬОВОГО ЕЛЕКТРОВОЗА**

Синхронізація роботи двох незалежних бездатчикових приводів у структурі жорсткої бази двоосьового електровоза становить актуальну теоретичну проблему сучасної тягової електро-механіки, оскільки забезпечує стабільність тягового зусилля, запобігає просковзуванню колісних пар та оптимізує розподіл навантаження в умовах жорстко фіксованої геометрії ходової частини. Жорстка база двоосьового електровоза, де колісні пари розташовані на фіксованій відстані без незалежного підресорювання, створює механічну жорсткість системи, через яку навіть незначні розбіжності в периферійних швидкостях коліс безпосередньо впливають на коефіцієнт зчеплення з рейками, викликаючи динамічні навантаження, прискорений знос бандажів та потенційну втрату стійкості руху. Застосування незалежних приводів дозволяє реалізувати індивідуальне векторне керування кожним двигуном, що підвищує гнучкість регулювання моменту та ефективність енергоперетворення порівняно з традиційними системами, однак вимагає прецизійної синхронізації для компенсації можливих варіацій адгезії та перенесення ваги під час прискорення або гальмування [1].

Бездатчикове керування ґрунтується на принципах оцінки положення ротора та швидкості виключно за допомогою електричних сигналів напруги та струму, використовуючи спостерігачі, які експлуатують модель задньої ЕРС або ефект салієнтності через інжекцію високо-частотних сигналів на низьких швидкостях. Це забезпечує високу надійність у вібраційних умовах локомотивної експлуатації без ризику відмови механічних датчиків. Теоретично синхронізація двох таких приводів досягається шляхом обміну оцінюваними параметрами швидкості між незалежними інверторами через цифрову комунікацію або застосування майстер-веденого алгоритму, де один привід генерує опорну швидкість на основі своєї оцінки, а другий коригує свій момент для мінімізації розбіжності, тим самим підтримуючи рівність кутових швидкостей роторів та запобігаючи вимушеному просковзуванню в жорсткій базі [1,2]. Цей підхід інтегрується з принципами керування зчепленням, де оцінки швидкості та моменту від кожного датчикового спостерігача дозволяють динамічно коригувати тягове зусилля залежно від реальних умов рейкового контакту, забезпечуючи адаптивну реакцію на нерівномірність навантаження без додаткових механічних зв'язків.

У широкому діапазоні швидкостей бездатчикові спостерігачі забезпечують плавний перехід між методами оцінки на основі салієнтності та моделі задньої ЕРС, що є критичним для двоосьової структури, оскільки дозволяє підтримувати синхронізацію навіть під час перехідних процесів з високими динамічними моментами. Переваги такої організації полягають у підвищенні загальної енергетичної ефективності системи за рахунок відсутності механічних втрат у редукторах при прямому приводі, зменшенні маси ходової частини та підвищенні ресурсу обладнання завдяки точному балансуванню навантажень, що особливо важливо в жорсткій базі. Незалежність приводів у поєднанні з бездатчиковим керуванням сприяє відмовостійкості системи, оскільки вихід з ладу одного каналу оцінки не призводить до повної зупинки локомотива, а лише до переходу на резервний режим синхронізації за оцінюваними параметрами другого приводу [2].

Список літератури

1. Liu J., Nie R., Li Z. Multimotors Coordination Control Method for Consistent Total Traction Torque of Electric Locomotives. *Journal of Advanced Transportation*. 2020. Vol. 2020. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1155/2020/2092463>.
2. Research on internal model control and hybrid modulation strategy of a MW-level direct-drive PMSM for traction drives in electric locomotive / R. Zhang et al. *Energy Reports*. 2023. Vol. 9. P. 688–698. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.04.276>