

УДК 629.1.03

*Чумакевич В. О., к. т. н., доцент,  
Пулеко І. В., к. т. н., доцент,  
Оріщук І. О., ст. викладач  
Оніщенко О. О., ст. викладач*

*Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова,  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Державний університет «Житомирська політехніка»*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРЯМОГО КЕРУВАННЯ МОМЕНТОМ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В РУШІЙНИХ СИСТЕМАХ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Використання наземних транспортних засобів з електричними двигунами, до недавнього часу, обмежувалось електричними рушіями на залізницях, міському електротранспорті тощо. Сьогодні в наше сьогодення зайшов цілий пласт безпілотних систем, які в якості рушія мають електричні двигуни. Здебільшого вони приводяться в рух двигунами постійного струму (ДПС) та синхронними двигунами змінного струму (СД). Окремим напрямком є використання brushless motor (скорочено BLDC двигуни). Використання асинхронних двигунів змінного струму (АСД) залишається не розповсюдженим, хоча відомі проекти електротракторів, міського електротранспорту, де тяговими двигунами виступають саме АСД.

Важливою складовою частиною електроприводу є система керування. Завдяки стрімкому розвитку транспортної мехатроніки, асинхронні двигуни позбувся основних своїх недоліків: складність та висока вартість систем керування з плавною зміною швидкості обертання ротора, відносно менший (порівняно з двигунами постійного струму) крутний момент тощо.

На рис. 1. показана система електропривода наземного роботизованого комплексу (НРК), яка має власне бортове джерело електроенергії, силовий перетворювач, на який приходять сигнали керування, та можуть бути трансмісія та диференціал. При безпосередньому приводі останніх два елементи відсутні.

В сучасному тяговому електроприводі є перспективним заміна двигунів постійного струму на дешевші асинхронні. Для керування асинхронними двигунами широко використовується пряме керування моментом. Завданням прямого керування моментом є забезпечення швидкої реакції електромагнітного моменту на керуючий сигнал. На відміну від складніших систем векторного керування, де зміна моменту здійснюється дією на струм статора, який є керуючою величиною, в системі DTC керуючою величиною є потокощеплення статора. Зміна

потощеплення досягається оптимальною роботою силового перетворювача, який керує асинхронним двигуном.

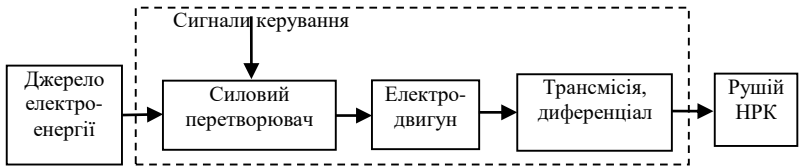


Рис. 1. Загальна структура електропривода НРК

Для математичного моделювання електропривода за принципом прямого керування двигуна використовуємо рівняння рівноваги напруги статора в нерухомій системі координат:

$$\vec{U}_{s\alpha\beta} = R_s \vec{I}_{s\alpha\beta} + \frac{d}{dt} \vec{\psi}_{s\alpha\beta},$$

та електромагнітного моменту двигуна, які записані через потощеплення статора і ротора у нерухомій системі координат:

$$M_d = \frac{3}{2} Z_p \frac{k_s}{\sigma L_r} (\psi_{s\alpha} \psi_{r\beta} - \psi_{s\beta} \psi_{r\alpha}),$$

де  $\psi_{s\alpha}, \psi_{r\beta}$  – потощеплення статора та ротора у нерухомій системі координат.

Проведені моделювання підтвердили можливість використання прямого керування моментом асинхронного двигуна як привода рушія НРК. Воно забезпечує швидку реакцію електромагнітного моменту на керуючий сигнал.

#### Список використаних джерел:

1. Янко А. С., Михайличенко О. В., Крук О. І. Оптимальні алгоритми автоматичного керування робототехнічною платформою, які забезпечують її високу продуктивність та надійність функціонування. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. 2025. №2. С. 70-75. DOI: 10.26906/SUNZ.2025.2.070.
2. Simon M.G., Fodor D. Comparative Analysis of Field Oriented Control and Direct Torque Control Through Simulation in MATLAB Simulink for an Automotive Drive Motor. Engineering Proceedings. 2024; Vol. 79(1) P. 33. <https://doi.org/10.3390/engproc2024079033>