

## ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТА ЇЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

канд. техн. наук, проф. М.Й. Заполовський, канд. техн. наук, доц.  
М.В. Мезенцев, асп. Оліфір, НТУ "ХПІ", м. Харків

Як слідує із [1 – 4] перспективним видом тягового електроприводу залізничного транспорту, в тому числі дизель-поїздів, є електропривод змінного струму з використанням тягових асинхронних двигунів (ТАД) і системою векторного керування.

В основу оптимізаційної математичної моделі електроприводу покладено алгоритм методу векторного керування. Математична модель електроприводу включає в себе модель тягового двигуна, яка представлена в двофазній ортогональній системі координат, орієнтованій за вектором потокозчеплення ротора та математичну модель руху дизель-поїзда. В кінцевому варіанті модель представлена системою диференціальних рівнянь виду:

$$\dot{X}_1 + a_1 X_1 - a_2 U_1 = 0; \quad \dot{X}_2 + a_3 X_2 + a_4 - a_5 X_1 U_2 = 0,$$

де  $X_1 = \Psi_m$ ;  $\Psi_m$  – модуль вектору потокозчеплення,  $X_2 = \omega_p$ ,  $\omega_p$  – швидкість обертання ротора ТАД,  $a_1 = \frac{R_r}{L_r}$ ,  $a_2 = \frac{L_m R_r}{L_r}$ ,  $R_r$ ,  $L_r$ ,  $L_m$  – постійні параметри схеми заміщення ТАД;  $a_3$ ,  $a_4$ ,  $a_5$  – константи, які визначаються рівнянням руху поїзда згідно правил тягових розрахунків;  $U_1$ ,  $U_2$  – управління.

Наступним етапом розроблення оптимізаційної моделі системи керування – це синтез управлінь і їх дослідження. Визначальними змінними для оптимізації процесу розгону дизель-поїзда є електромагнітний момент ТАД, який визначається через складову струму  $I_{s2}$  та модуль вектору потоку  $\Psi_m$ , в залежності від складової струму  $I_{s1}$  [4]. Тоді в якості управлінь  $U_1$  і  $U_2$  можемо вибрати складові струму  $I_{s1}$  та  $I_{s2}$ , тобто  $U_1 = I_{s1}$ ;  $U_2 = I_{s2}$ . Функціонал, який мінімізує енергетичні витрати, пропонується задавати у вигляді:

$$J = \int_{t_0}^T (U_1^2 + U_2^2) dt.$$

Оскільки оптимізаційна математична модель представлена системою диференціальних рівнянь другого порядку, то для синтезу управлінь

запропоновано використання методу варіаційного числення шляхом рішення загальної задачі Лагранжа.

В процесі дослідження отримано види управлінь у вигляді аналітичних співвідношень як складових рішення диференційного рівняння. В результаті управління  $U_1$  будемо відшукувати в множині суми експоненціальних функцій (складових рішення однорідного рівняння) і складової вимушеного рішення – видом функції  $X_1$ , а управління  $U_2$  – в множині добутку експоненціальних функцій (складових рішення однорідного рівняння) і функції  $X_1$ .

Таким чином управління  $U_1$  і  $U_2$  мають аналогічну структуру. Загальний вигляд управлінь – це сукупність експоненціальних функцій, які визначаються шляхом рішення відповідного однорідного рівняння, що дає змогу визначити час дії цієї складової і складової функції  $X_1$ . Це надає підстави задавати загальну структуру (вид) управлінь.

Проведено дослідження моделі як з точки зору її адекватності, так і можливості її застосування для цілей синтезу управлінь.

Виходячи з проведених результатів дослідження виходить, що за допомогою запропонованої моделі можливо виконати синтез системи керування електроприводом, що дозволить оптимізувати роботу енергетичної системи дизель-поїзда в процесі розгону з урахуванням його завантаженості.

**Список літератури:** 1. *Blaschke, F.* The principle of field orientation as applied to the new transvector closed loop control system for rotating field machines / F. Blaschke // Siemens Review. – 1972. – Vol. 34. – P. 217-220. 2. *Yatsko, S.* Comprehensive approach to modeling dynamic processes in the system of underground rail electric traction / S. Yatsko, B. Sytnik, Y. Vashchenko, A. Sidorenko, V. Liubarskyi, I. Veretennikov, M. Glebova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – № 1/9 (97). – P. 48-57. 3. *Заповловський М.Й.* Синтез управлінь для оптимізації динамічних процесів електроприводу змінного струму / М.Й. Заповловський, М.В. Мезенцев, В.В. Скородєлов // Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава. – 2018. – № 4(50). – С. 38-41. 4. *Заповловський М.Й.* Математична модель для синтезу управлінь електроприводом змінного струму / М.Й. Заповловський, М.В. Мезенцев, В.В. Скородєлов // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава. – 2019. – № 5 (57). – С. 16-21.