

ЛИНЕАРИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА С ТЯГОВЫМ АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ

Дмитриенко В.Д., Заковоротный А.Ю.

Национальный технический университет

"Харьковский политехнический институт", г. Харьков

Известны работы, в которых предпринимались попытки получить удобный математический инструмент для решения задачи управления тяговым приводом с помощью геометрической теории управления. При этом удалось получить закон оптимального управления для объектов, которые описывались системами обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений 5-6 порядка. Однако при этом модель привода имела только один эквивалентный тяговый двигатель, что существенно ограничило возможности модели для поиска оптимальных законов управления реальным приводом. В связи с этим важно уточнение модели привода и разработка метода динамической линеаризации полученной модели.

Исходная модель движения дизель-поезда по перегону имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2; \quad \frac{dx_2}{dt} = a_{235}x_3x_5 + a_{279}x_7x_9 - a_{21}x_2 - a_{22}x_2^2; \quad \frac{dx_3}{dt} = a_{33}x_3 + a_{34}x_4; \\ \frac{dx_4}{dt} &= a_{44}x_4 + u_{11}; \quad \frac{dx_5}{dt} = a_{55}x_5 + u_{21}; \quad \frac{dx_6}{dt} = a_{62}x_2 + a_{635} \frac{x_5}{x_3}; \quad \frac{dx_7}{dt} = a_{77}x_7 + a_{78}x_8; \text{ где} \\ \frac{dx_8}{dt} &= a_{88}x_8 + u_{12}; \quad \frac{dx_9}{dt} = a_{99}x_9 + u_{22}; \quad \frac{dx_{10}}{dt} = a_{10,2}x_2 + a_{10,7,9} \frac{x_9}{x_7}, \end{aligned}$$

x_1 – расстояние; t – время; x_2 – скорость движения состава; $a_{235}, a_{279}, a_{21}, \dots, a_{10,2}, a_{10,7,9}$ – постоянные коэффициенты; x_3, x_7 – соответственно потокосцепление ротора двигателя головного и последнего вагона; x_5, x_9 и x_4, x_8 – соответственно токи статора двигателей головного и последнего вагона по осям q и d ; x_6, x_{10} – переменные, зависящие от потокосцеплений роторов двигателей; $u_{1j}, u_{2j}, (j = 1, 2)$ – управления.

С помощью геометрической теории управления из исходной математической модели была получена линейная эквивалентная модель объекта управления в канонической форме Бруновского:

$$\frac{dz_i}{dt} = z_{i+1}, i = 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 13; \quad \frac{dz_4}{dt} = v_1; \quad \frac{dz_8}{dt} = v_2; \quad \frac{dz_{10}}{dt} = v_3; \quad \frac{dz_{14}}{dt} = v_4.$$

Исследование полученной линейной модели подтвердило ее адекватность, и возможность получения с ее помощью оптимальных законов управления.