

## ПРЯМОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОМЕНТОМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТРОЛЛЕЙБУСА

Симонович А. В., Петренко Ю. Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Системы векторного управления асинхронными двигателями (АД) обеспечивают хорошие показатели регулирования [1]. Однако их функционирование в значительной мере зависит от параметров двигателя, которые, как известно, могут изменяться в процессе работы двигателя, и от точности определения скорости вращения ротора. Изменение параметров двигателя вызывает проблему перенастройки (адаптации) системы управления. Совершенствование показателей частотно-регулируемых приводов стало возможно благодаря применению теории разрывных управляющих воздействий. В 1995г. компания АВВ предложила преобразователи частоты ACS600 с новой системой прямого управления моментом (ПУМ)- Direct Torque Control (DTC). Применение систем ПУМ особенно актуально для тягового привода, где главным является формирование заданного момента, а не стабилизация скорости. Электропривод с ПУМ не требует использования датчиков скорости, что является существенным преимуществом для троллейбуса, как с точки зрения экономических затрат, так и с точки зрения надежности работы.

Система ПУМ базируется на уравнении напряжения статора обобщенной электрической машины в неподвижной системе координат  $\alpha$ - $\beta$  и выражения для электромагнитного момента через потокосцепления статора и ротора

$$\dot{U}_{1\alpha\beta} = R_1 \dot{I}_{1\alpha\beta} + \frac{d}{dt} \Psi_{1\alpha\beta} \quad (1)$$

$$M = \frac{3}{2} p_n \frac{K_1}{\sigma L_2} (\Psi_{1\beta} \Psi_{2\alpha} - \Psi_{1\alpha} \Psi_{2\beta}) \quad (2)$$

где  $K_1 = \frac{L_m}{L_1}$  – безразмерный множитель;  $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 L_2}$  – коэффициент рассеяния машины.

Остальные величины отображены согласно общепринятым обозначениям [2]. Проведя ряд преобразований, получим выражения для проекций потокосцеплений и момента:

$$\Psi_{1\alpha} = \Psi_{1\alpha \text{ нач}} + \Delta \Psi_{1\alpha} = \Psi_{1\alpha \text{ нач}} + U_{1\alpha} * \Delta t \quad (3)$$

$$\Psi_{1\beta} = \Psi_{1\beta \text{ нач}} + \Delta \Psi_{1\beta} = \Psi_{1\beta \text{ нач}} + U_{1\beta} * \Delta t \quad (4)$$

$$M = \frac{3}{2} p_n \frac{K_1}{\sigma L_2} |\dot{\Psi}_1| |\dot{\Psi}_2| \sin \theta \quad (5)$$

где  $\Psi_{1\alpha \text{ нач}}$ ,  $\Psi_{1\beta \text{ нач}}$  – начальные значения проекций вектора потокосцепления, до изменения вектора  $\dot{U}_1$ ;  $\Delta t$  – интервал времени действия нового вектора напряжения  $\dot{U}_1$ ;  $\theta$  – угол между векторами  $\dot{\Psi}_1$  и  $\dot{\Psi}_2$ .

Из выражений (3..5) видно, что воздействуя на значение вектора  $\dot{U}_1$ , можно изменять значение вектора  $\dot{\Psi}_1$  и угол  $\theta$ . При этом будет соответствующим образом изменяться момент  $M$ . Из (5) следует, что при данных значениях модулей потокосцеплений статора и ротора  $|\dot{\Psi}_1|$  и  $|\dot{\Psi}_2|$ , момент будет возрастать, если будет увеличиваться угол  $\theta$ , т.е. если вектор  $\dot{\Psi}_1$  будет поворачиваться по направлению вращения двигателя. И наоборот, момент будет уменьшаться, если угол  $\theta$  будет уменьшаться, т.е. если вектор  $\dot{\Psi}_1$  будет поворачиваться против направления вращения двигателя. Таким образом, получаем, что для увеличения потокосцепления и момента  $\uparrow \Psi_1, \uparrow M$  в первом секторе  $\theta = \left[0, \frac{\pi}{3}\right]$  ( $\uparrow$  - увеличение,  $\downarrow$  - уменьшение) надо установить вектор  $\dot{U}_{12}(110)$ ;  $\uparrow \Psi_1, \downarrow M$  - вектор  $\dot{U}_{16}(101)$ ;  $\downarrow \Psi_1, \uparrow M$  - вектор  $\dot{U}_{13}(010)$ ;  $\downarrow \Psi_1, \downarrow M$  - вектор  $\dot{U}_{15}(001)$ . Рассмотренные изменения  $\Psi_1$  и  $M$  для всех секторов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Состояние ключей инвертора для асинхронного привода с прямым управлением моментом.

№ сектора		Сектор 1 $\left[0, \frac{\pi}{3}\right]$	Сектор 2 $\left[\frac{\pi}{3}, \frac{2\pi}{3}\right]$	Сектор 3 $\left[\frac{2\pi}{3}, \pi\right]$	Сектор 4 $\left[-\pi, -\frac{2\pi}{3}\right]$	Сектор 5 $\left[-\frac{2\pi}{3}, -\frac{\pi}{3}\right]$	Сектор 6 $\left[-\frac{\pi}{3}, 0\right]$
Увеличение потока $\uparrow \Psi_1$	Увеличение момента $\uparrow M$	$\dot{U}_{12}$ (110)	$\dot{U}_{13}$ (010)	$\dot{U}_{14}$ (011)	$\dot{U}_{15}$ (001)	$\dot{U}_{16}$ (101)	$\dot{U}_{11}$ (100)
	Уменьшение момента $\downarrow M$	$\dot{U}_{16}$ (101)	$\dot{U}_{11}$ (100)	$\dot{U}_{12}$ (110)	$\dot{U}_{13}$ (010)	$\dot{U}_{14}$ (011)	$\dot{U}_{15}$ (001)
Уменьшение потока $\downarrow \Psi_1$	Увеличение момента $\uparrow M$	$\dot{U}_{13}$ (010)	$\dot{U}_{14}$ (011)	$\dot{U}_{15}$ (001)	$\dot{U}_{16}$ (101)	$\dot{U}_{11}$ (100)	$\dot{U}_{12}$ (110)
	Уменьшение момента $\downarrow M$	$\dot{U}_{15}$ (001)	$\dot{U}_{16}$ (101)	$\dot{U}_{11}$ (100)	$\dot{U}_{12}$ (110)	$\dot{U}_{13}$ (010)	$\dot{U}_{14}$ (011)

Таким образом, получена таблица состояний ключей инвертора, которая определяет значение потокосцепления  $\Psi_1$  и момента двигателя  $M$  в любой точке плоскости и при этом не требует значения скорости и координатных преобразований.

#### ЛИТЕРАТУРА

Петренко Ю. Н., Симонович А. В. Векторное управление асинхронным приводом троллейбуса. Материалы международной научно-технической конференции "Наука – образованию, производству, экономике". Т. 1.-Мн.: УП "Технопринт". 2003–С. 225 – 228.

Опейко О.Ф., Петренко Ю.Н. Микропроцессорные средства в автоматизированном электроприводе: учеб. пособие.-Мн.: Амалфея,2008.-340 с.