СТАБІЛІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЗІ ЗМІННИМ ВЕНТИЛЯТОРНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Сільвестров А.М., проф., Спінул Л.Ю., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки
Вещиков Г.В., студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Сучасний автоматизований електропривод (ЕП), як система, складається з керуючої і виконавчої підсистем. Керуюча – це силова і інформаційна електроніка; виконавча – електродвигун з механічним навантаженням. За постійних параметрів ЕП, параметри навантаження часто носять випадковий або апріорі невідомий характер. Розглядається випадок, за якого навантаження має так звану вентиляторну характеристику - в першому наближенні лінійну залежність момента протидії від швидкості обертання Ω вала двигуна. Така залежність характерна для електроприводів насосів магістральних газо- і нафтопроводів. Залежно від зовнішніх умов,наприклад температури, та зміни внутрішніх характеристик агента (газ, рідина тощо), що перекачується коефіцієнт лінійної залежності момента від швидкості може змінюватись.

Мета роботи. В умовах зміни характеристик навантаження побудувати таку структуру і алгоритми функціонування електроприводу, щоб його динамічні характеристики залишались незмінними.

Матеріали і результати досліджень. Розглянемо ЕП з двигуном постійного струму (ДПС) і адаптивною системою самоналаштування його динамічних характеристик, побудованою на основі функції Ляпунова [1]. Математична модель ЕП з ДПС у відповідності із законом Ньютона для обертового руху має такий вигляд [2]:

$$J\frac{d\Omega}{dt} = C'_{\text{М}}\frac{U_{\text{Я}} - C'_{\text{М}}\Omega}{R_{\text{Я}}} - K_{\text{М}}(t)\Omega \tag{1}$$

або

$$\frac{d\Omega}{dt} + \left(\frac{\left(C'_{\text{М}}\right)^2}{JR_{\text{Я}}} + K_{\text{М}}(t)\right)\Omega = \frac{C'_{\text{М}}U_{\text{Я}}}{JR_{\text{Я}}} \tag{2}$$

де J - момент інерції, $R_{\text{Я}}$ - опір якоря, $C'_{\text{М}}$ - конструктивна стала, $K_{\text{М}}(t)$ - змінний у часі коефіцієнт впливу вентиляторного навантаження, $U_{\text{Я}}$- напруга на якорі, Ω - кутова швидкість обертання вала ДПС.

Для спрощення запису рівняння (2) введемо позначення:

$$\frac{\left(C'_{\text{М}}\right)^2}{JR_{\text{Я}}} + K_{\text{М}}(t) = a_0(t),\; \frac{C'_{\text{М}}U_{\text{Я}}}{JR_{\text{Я}}} = x_1(t),\; \Omega = y(t).$$

Тоді рівняння (2) в операторній формі набуде вигляду

$$\left(p+a_0(t)\right)\cdot y(t)=x_1(t) \tag{3}$$

Бажану (еталонну) динаміку ДПС задамо рівнянням:

$$\left(p+b_0\right)\cdot y_e(t)=x_1(t) \tag{4}$$

де $b_0=const$, $y_e(t)$ - вихід еталонної моделі (4) при спільному з моделлю (3) вході $x_1(t)$.

Для наближення (3) до (4) введемо в (3) від'ємний зворотний зв'язок [1] з коефіцієнтом $k(t)$:

$$\left(p+a_0(t)+k(t)\right)\cdot y(t)=x_1(t) \tag{5}$$

тобто до напруги $U_Я$ в (2) додамо $k(t)\cdot y(t)$. Далі, за невідомого змінного коефіцієнта $a_0(t)$, необхідно в (5) реалізувати таке значення $k^*(t)$, щоб

$$a_0(t)+k^*(t)=b_0 \tag{6}$$

тобто динаміка (5) ЕП з від'ємним зворотним зв'язком прямувала до еталонної (4).

Синтез $k(t)$ за умови (6) методом Ляпунова [1].

Для реалізації умови (6) необхідно задатись функцією V у вигляді квадратичної форми від $\varepsilon=y_e(t)-y(t)$ і відхилень $\Delta a_0(t)$ і $\Delta k(t)$ від бажаних значень a_0^* і k^*:

$$V=\alpha\left(y_e(t)-y(t)\right)^2+\left(\Delta a_0(t)+\Delta k(t)\right)^2 \tag{7}$$

де α - ваговий коефіцієнт.

Щоб похідна від V

$$\frac{dV}{dt}=2\alpha\varepsilon\frac{d\varepsilon}{dt}+2\left(\Delta a_0(t)+\Delta k(t)\right)\frac{d\left(\Delta a_0+\Delta k\right)}{dt} \tag{8}$$

була від'ємною, необхідно відповідним чином задатись $\Delta k(t)$. Візьмемо різницю між (3) і (5)

$$\frac{d\varepsilon}{dt}+b_0y_e(t)-\left[a_0^*+k^*+\left(\Delta a_0(t)+\Delta k(t)\right)\right]y(t)=0$$

або

$$\frac{d\varepsilon}{dt}+b_0\varepsilon(t)=\left(\Delta a_0(t)+\Delta k(t)\right)y(t) \tag{9}$$

оскільки $a_0^*+k^*=b_0$.

Підставивши у (8) $\frac{d\varepsilon}{dt}$ з рівняння (9), отримаємо:

$$\frac{dV}{dt} = 2\alpha\varepsilon(t)\left[-b_0\varepsilon(t) + \left(\Delta a_0(t) + \Delta k(t)\right)y(t)\right] +$$
$$+ 2\left(\Delta a_0(t) + \Delta k(t)\right) \cdot \frac{d\left[\Delta a_0(t) + \Delta k(t)\right]}{dt} \tag{10}$$

З останнього виразу очевидно, що якщо

$$\frac{d\left[\Delta a_0(t) + \Delta k(t)\right]}{dt} = -\alpha\varepsilon \cdot y(t) \tag{11}$$

то похідна $\frac{dV}{dt} = -2\alpha\varepsilon^2(t)b_0 < 0$. (12

В такому випадку $V(t)$ із (7) спрямовується до нуля, а $a_0(t) + k(t)$ - до b_0.

За невідомої $a_0(t)$ фізично реалізувати можна буде такий алгоритм

$$\frac{dk}{dt} = -\alpha\varepsilon(t) \cdot y(t) \tag{13}$$

з похибкою слідування, пропорційною $\frac{da_0}{dt}$. Чим більше α, тим менше похибка.

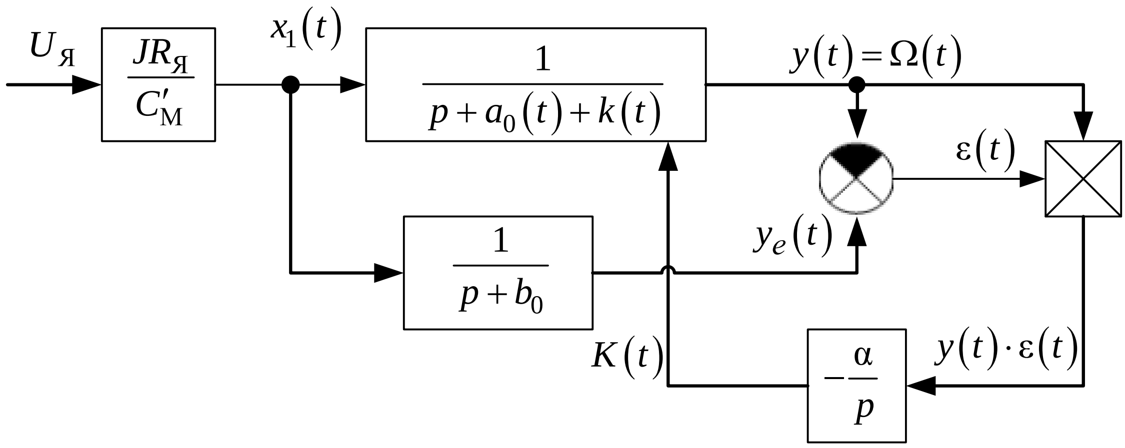

Рисунок 1 – Схема адаптації $K(t)$

Висновок. Настройка (13) коефіцієнта $k(t)$ зворотного зв'язку за швидкістю $\Omega(t)$ дозволить забезпечити в умовах змінного моменту вентиляторного навантаження стабільність характеристик ДПС і, як наслідок, стаціонарність і оптимальність електроприводу в цілому

Перелік посилань

1. Иванов В.А. Математические основы теории автоматического регулирования. – М.: Высшая школа, 1971. – 500 с.
2. Загірняк М.В. Електричні машини:підручник / М.В.Загірняк, Б.І.Невзлін. – Київ: Знання, 2009. – 399 с.