ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

УДК 681.5.015:621.313.33

В.В. Онушко, І.Д. Погрібняк

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ПЕРЕДАВАЛЬНА ФУНКЦІЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ ЧАСТОТНОМУ КЕРУВАННІ

Показано, що передавальна функція асинхронного двигуна (АД) при частотному керуванні складається з двох паралельних аперіодичних ланок. Отримані аналітичні залежності постійних часу та коефіцієнтів передачі від напруги та частоти мережі. Для АД 4АА56В2УЗ розраховані залежності постійних часу та коефіцієнтів передач ланок в діапазоні зміни напруги мережі 100 – 260 В та частоти мережі 10 – 60 Гц.

Ключові слова: *передавальна функція, постійна часу, коефіцієнт передачі.*

Вступ

Відомо, що статичні та динамічні параметри частотно-регульованого електропривода на базі асинхронного двигуна (АД) з мікропроцесорним керуванням із зворотним зв'язком по кутовій швидкості вала ω_r кращі ніж у частотно-регульованих АД із зворотним зв'язком по ковзанню s та у електроприводів із двигунами постійного струму [1]. У науково-технічній літературі недостатньо досліджені властивості АД та його передавальні функції (ПФ) при частотному керуванні. У роботі [2] показано, що вигляд передавальної функції частотно-регульованого АД з вихідною координатою ковзання s залежить від керуючих сигналів напруги U і частоти f мережі живлення та навантаження.

Основна частина

Для спрощення викладок прийняті такі допущення:

- враховуються тільки електромеханічні перехідні процеси;
- момент навантаження не залежить від швидкості обертання вала ω_r.

Тоді, аналогічно роботам [2], [3], розкладаючи функцію електромагнітного моменту АД $M_{em}(U, f)$ у ряд Тейлора і утримуючи похідні першого порядку з рівняння руху АД отримуємо ПФ АД у вигляді двох паралельно з'єднаних аперіодичних ланок (рис. 1).

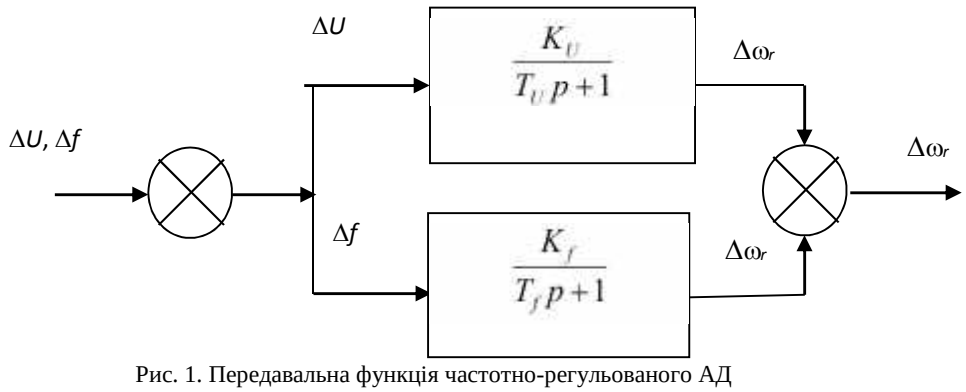

Рис. 1. Передавальна функція частотно-регульованого АД

де $K_U = -\dfrac{\dfrac{\partial M_{em}}{\partial U}}{\dfrac{\partial M_{em}}{\partial \omega_{rU}}}$, (1)

$T_U = -\dfrac{J}{\dfrac{\partial M_{em}}{\partial \omega_{rU}}}$, $T_f = \dfrac{J}{\dfrac{\partial M_{em}}{\partial \omega_{rf}}}$ - (3)

$K_f = -\dfrac{\dfrac{\partial M_{em}}{\partial f}}{\dfrac{\partial M_{em}}{\partial \omega_{rf}}}$, (2)

– коефіцієнти передачі АД по напрузі та частоті;

постійні часу АД по напрузі та частоті;

J – момент інерції АД.

Індекси при змінних у (1) - (3) показують за рахунок якої керуючої дії відбувається зміна параметра при постійній іншої керуючій дії.

Для знаходження аналітичних співвідношень для параметрів ПФ АД K_U, K_f, T_U, T_f використаємо відоме визначення електромагнітного моменту за параметрами спрощеної Г-подібної схеми АД:

$$M_{em} = \frac{m_s U^2 R'_r p}{2\pi f s\left[(R_s + \frac{R'_r}{s})^2 + (2\pi f)^2 (L_{\sigma s} + L'_{\sigma r})^2\right]} \quad (4)$$

де m_s – кількість фаз обмотки статора АД; p - кількість пар полюсів статорної обмотки АД; s – ковзання АД;

R_s, $L_{\sigma s}$ – активний опір та індуктивність розсіювання обмотки статора АД;

R'_r, $L'_{\sigma r}$ – приведені активний опір та індуктивність розсіювання обмотки ротора АД.

Візьмемо похідні від (4) по U, f, ω_r, вважаючи при цьому, що електромагнітний момент є складною функцією від ковзання і частоти, тобто $M_{em}[s(\omega_r), f(\omega_r), U]$, і використовуючи при цьому співвідношен-ня:

$\omega_r = \dfrac{2\pi f}{p}(1-s)$, підставимо їх у (1)-(3) і отримаємо:

$$K_U = -\frac{\frac{4\pi f s}{pU}\cdot Z^2}{\frac{2R'_r}{s}\left(R_s + \frac{R'_r}{s}\right) - Z^2} \quad (5)$$

$$T_U = \frac{\frac{J}{mR'_r}\left(\frac{2\pi f s Z^2}{pU}\right)^2}{\frac{2R'_r}{s}(R_s + \frac{R'_r}{s}) - Z^2} \quad (6)$$

$$K_f = \frac{2\pi}{p}\frac{2R'_r\left[\frac{1-s}{s}\right](R_s + \frac{R'_r}{s}) - 2s(2\pi f)^2(L_{\sigma s} + L'_{\sigma r})^2 - Z^2}{Z^2 - \frac{2R'_r}{s}(R_s + \frac{R'_r}{s}) - \frac{s}{1-s}\left[Z^2 + 2(2\pi f)^2(L_{\sigma s} + L'_{\sigma r})^2\right]} \quad (7)$$

$$T_f = \frac{\frac{J}{mR'_r}\left[\frac{2\pi f Z^2}{pU}\right]^2 s(1-s)}{Z^2 + 2(2\pi f)^2(L_{\sigma s} + L'_{\sigma r})^2 - \frac{1-s}{s}\left[Z^2 - \frac{2R'_r}{s}(R_s + \frac{R'_r}{s})\right]} \quad (8)$$

де $Z = \sqrt{(R_s + \frac{R'_r}{s})^2 + (2\pi f)^2(L_{\sigma s} + L'_{\sigma r})^2}$ - повний опір робочого кола спрощеної Г-подібної приве-деної схеми АД.

Як видно із (5), (6) постійна часу T_U співпадає із постійною часу, отриманою у [2], тобто у випадку, коли вихідною координатою є ковзання s, а коефіцієнти передачі K_U відрізняється по абсолютній величині на постійний коефіцієнт. При збільшенні ковзання K_U та T_U монотонно зростають і при ковзанні, що дорівнює критичному (s_c) $s = s_c$ збільшуються до нескінченості: при $s > s_c$ змінюють знак і при подальшому зростанні s плавно зменшуються [2].

За каталожними даними [4] для АД 4АА56В2УЗ з P_2 = 250 Вт, p = 1 були розраховані залежності коефіцієнтів передачі та постійних часу за формулами (5)-(8) від напруги та частоти при номінальному ковзанні. (рис. 2-7).

На рис. 2, 3 приведені тривимірні залежності коефіцієнта K_U передач та постійних часу АД T_U від напруги та частоти.

Із наведених рисунків видно, що залежність K_U і T_U від частоти зростає при зменшенні напруги живлення.

На рис. 4, 5 приведені тривимірні залежності модуля коефіцієнта передачі $|-K_f|$ та постійної часу T_f від напруги та частоти.

При збільшенні частоти модуль $|-K_f|$ та T_f зростають, при чому залежність постійної часу T_f від частоти при зменшенні напруги живлення зростає, а модуль коефіцієнта передачі $|-K_f|$ від напруги не залежить.

Із наведених вище рисунків видно, що залежність усіх параметрів ПФ від частоти зростає при зменшенні напруги живлення АД.

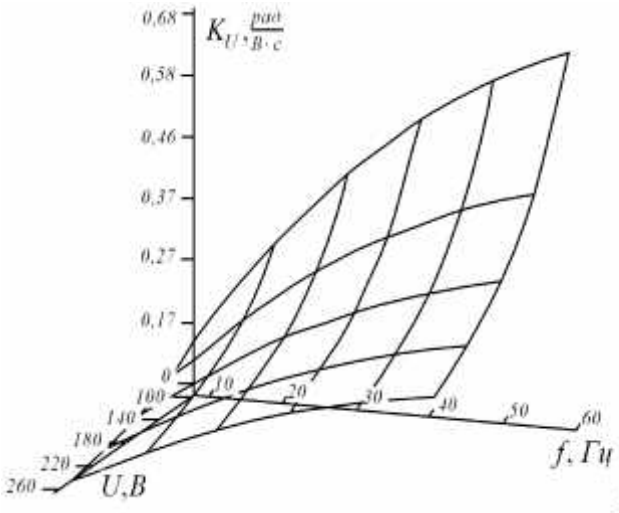

Рис. 2. Залежність K_U від U, f

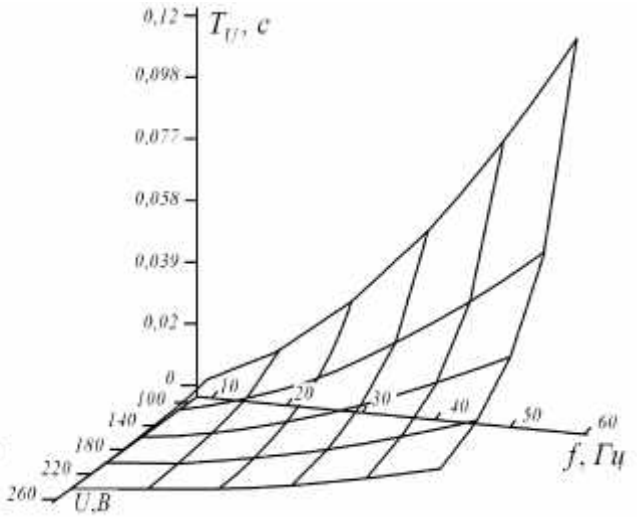

Рис. 3. Залежність T_U від U, f

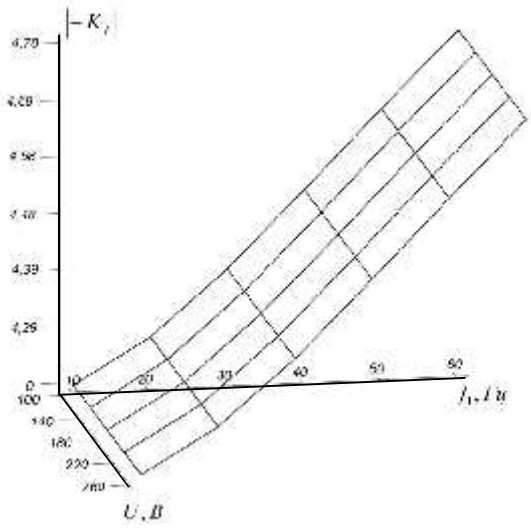

Рис. 4. Залежність $|-K_f|$ від U, f

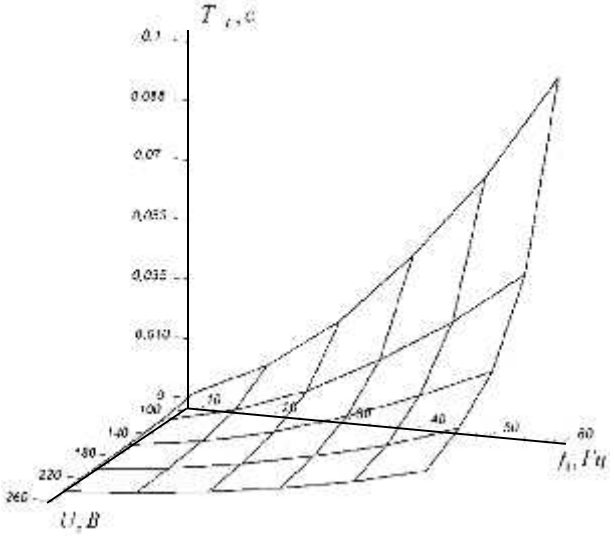

Рис. 5. Залежність T_f від U, f

Висновки

1. Показано, що в лінійному наближенні передавальна функція частотно-регульованого АД складається із суми двох паралельних аперіодичних ланок.

2. На базі спрощеної Г-подібної приведеної схеми АД отримані аналітичні залежності параметрів ПФ АД від керуючих змінних.

3. Для АД 4АА56В2УЗ з потужністю P_N=250 Вт розраховані та проаналізовані залежності параметрів ПФ АД від сигналів керування в діапазоні U = 100-260 В, f = 10-60 Гц.

4. За отриманими залежностями параметрів ПФ частотно-регульованого АД (5) - (8) можна визначати діапазон зміни параметрів ПФ при будь-якому законі регулювання і, таким чином, оптимізувати структурну схему АД.

5. Оскільки момент АД (4), на основі якого отримані аналітичні залежності (5) - (8), має осо

6. бливу точку при f = 0, то необхідне додаткове дослідження для визначення мінімальної частоти f_{min}, для якої отримані формули (5) - (8) дають правильні результати.

Список літератури

1. Дацковский, Л.Х. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотнорегулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор) / Л.Х. Дацковский, В.И. Роговой, Б.И. Абрамов, Б.И. Моцохейн, С.П. Жижин. - Электротехника, 1996, №10, с. 18-28.

2. Онушко, В.В. Передавальна функція

асин-хронного двигуна при частотному керуванні. Вісник КДПУ "Проблематика вищої школи. Електромеха-нічні системи та автоматизація. Енергетика та енер-горесурсозбереження. Діагностика в електромеха-нічних і енергетичних системах. Моделювання та методи оптимізації" / В.В. Онушко, В.М. Галай, 2003 (19), вип. 2, с. 131-135.

3. Невраев, В.Ю. Петелин Д.П. Системы автоматизированного электропривода переменного тока / В.Ю. Невраев, Д.П. Петелин. - М.-Л.:Энергия, 1964. - 104с.

4. Кравчик, А.Э. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. - 504с.

Надійшла до редколегії 19.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ

В.В. Онушко, И.Д. Погрибняк

Показано, что передаточная функция асинхронного двигателя (АД) при частотном управлении состоит из двух параллельных апериодических звеньев. Получены аналитические зависимости постоянных времени и коэффициентов передачи от напряжения и частоты сети. Для АД 4АА56В2У3 рассчитаны зависимости постоянных времени и коэффициентов передач звеньев в диапазоне изменения напряжения сети 100 - 260 В и частоты сети 10 – 60 Гц.

Ключевые слова: *передаточная функция, постоянная времени, коэффициент передачи.*

TRANSFER FUNCTION OF INDUCTION MOTORS WITH FREQUENCY CONTROL

V.V. Onushko, I.D. Pogribnyak

It is shown that the transfer function of an induction motor (IM) with frequency control is made up of two parallel aperiodic links. The analytical dependence of time constants and transmission coefficients of the voltage and frequency of the network were obtained. The time constants and coefficients of gear units in the range of voltage change 100 – 260 V and frequency network change 10 – 60 Hz were calculated for IM 4AA56V2U3.

Keywords: *transfer function, time constant, transfer coefficient.*