

ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТРН–АД ІЗ ЗВОРОТНИМ ЗВ'ЯЗКОМ ЗА ШВИДКІСТЮ ТА ВІДСІКАННЯМ ЗА СТРУМОМ

Теряєв В.І., доц.; Мисник О.В., студент 4 курсу; Брус М.І., магістрант
кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Характерною тенденцією автоматизованого електропривода є все більш широке використання асинхронних двигунів (АД). Ці двигуни дешевші, технічно простіші і надійніші в експлуатації, можуть тривало працювати на підвищених швидкостях і температурах, в несприятливих зовнішніх умовах. Розширюються можливості і систем керування асинхронних електроприводів за рахунок створення керованих перетворювачів напруги і частоти.

Зміна напруги на статорі АД викликає зміну його електромагнітного моменту і, в результаті, кутової швидкості ротора. У розімкненій системі асинхронного електроприводу ефективність такого регулювання швидкості обмежена малим діапазоном стійких режимів роботи двигуна. Розширити функціональні можливості асинхронного електроприводу можна в замкнених системах, використовуючи залежно від технічних вимог різні види зворотних зв'язків, наприклад за швидкістю та струмом статора АД.

На рис. 1 приведена функціональна схема подібної системи регулювання швидкості АД. Тут зміна діючого значення першої гармоніки напруги U_1 на статорі АД здійснюється за рахунок регулювання кута комутації тиристорів α тиристорного регулятора напруги (ТРН). Силова схема ТРН зібрана на базі тиристорів, включених по зустрічно - паралельній схемі в кожен фазу статора АД. Кут α формується системою імпульсно-фазового керування (СІФК) та змінюється по фазі в залежності від напруги керування на виході регулятора швидкості (ДА1).

Для пом'якшення механічної характеристики привода в режимі стопоріння (наприклад в електроприводах дверей ліфтів, транспортних засобів) використаємо зворотний зв'язок з відсіканням за струмом статора. Сигнали регулятора швидкості і негативного зворотного зв'язку по струму $U_{ззс}$, реалізованого на основі трансформатора струму ТА, випрямного моста (ВМ), потенціометра РР і стабілітрона VD1, підсумовуються операційним підсилювачем ДА2. Значення струму відсікання встановлюється потенціометром РР. Напруга негативного зворотного зв'язку по швидкості $U_{ззш}$ надходить на вхід РШ з тахогенератора ВР, встановленого на валу АД.

Структурна схема електроприводу, яка відповідає функціональній схемі рис. 1, представлена на рис. 2. На структурній схемі рис. 2 зворотний зв'язок за струмом імітується зворотним зв'язком за моментом, k_m , k_ϕ – коефіцієнти зворотних зв'язків за моментом та швидкістю. Нелінійна ланка (НЛ) представляє відсікання за струмом (моментом).

Розрахуємо параметри передаточних функцій для даної структурної схеми.

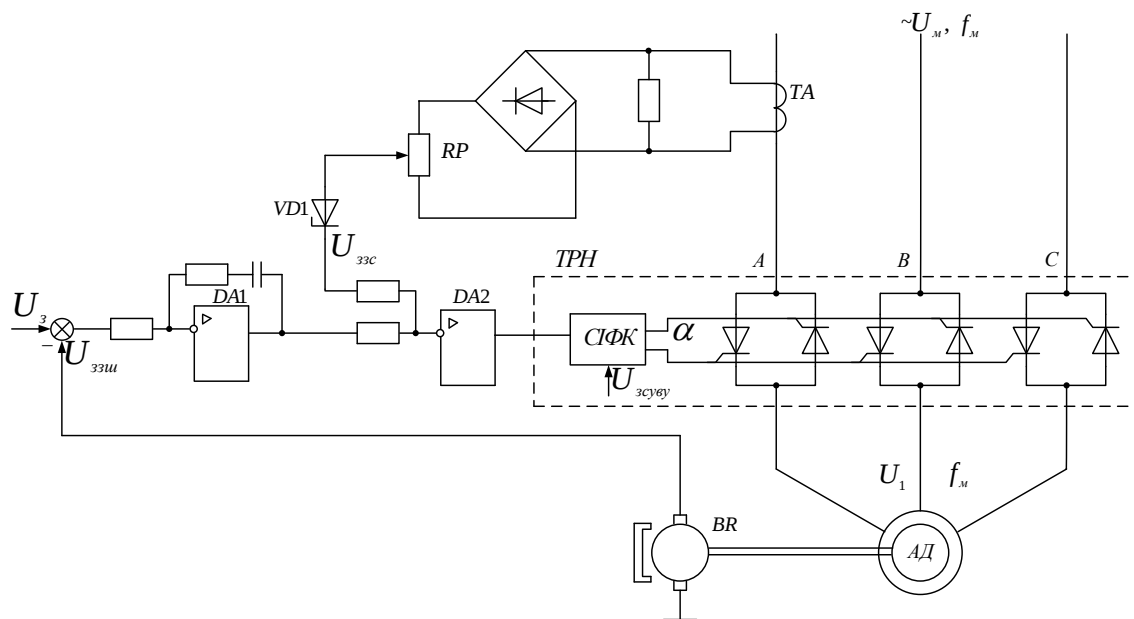


Рисунок 1- Функціональна схема системи ТРН-АД із зворотним зв'язком за швидкістю та відсіканням за струмом

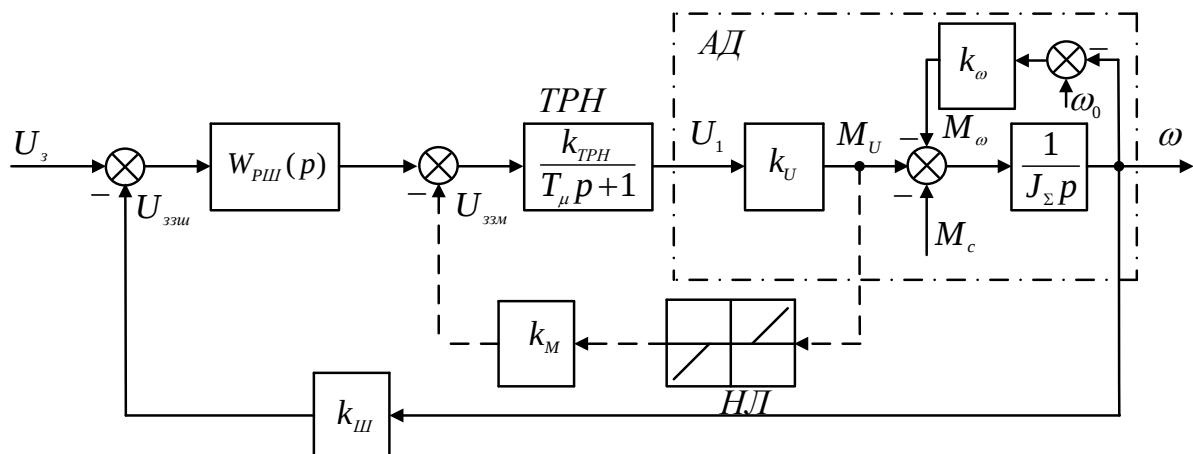


Рисунок 2 - Структурна схема системи ТРН-АД

Передаточна функція тиристорного регулятора напруги:

$$W_{TPH}(p) = \frac{k_{TPH}}{T_{\mu}p + 1},$$

де $k_{TPH} = U_{1\phi n \max} / U_3$ – коефіцієнт підсилення тиристорного регулятора напруги (ТРН), $T_{\mu} = 0,01$ - некомпенсована стала часу.

Передаточна функція асинхронного двигуна для випадку регулювання напруги статора має вигляд [1]: $W_d(p) = \frac{k_U / k_{\omega}}{J_{\Sigma}p / k_{\omega} + 1} = \frac{k_d}{T_M p + 1}$, де $k_d = k_U / k_{\omega}$ - коефіцієнт передачі двигуна; $k_U = 2\lambda M_n / U_n$; $k_{\omega} = \beta$; $T_M = J_{\Sigma} / k_{\omega}$ - електромеханічна стала часу, $\beta = M_n / (\omega_0 - \omega_n)$, J_{Σ} - сумарний момент інерції ЕМС.

З метою забезпечення необхідних статичних і динамічних властивостей системи використаємо контур регулювання швидкості, налаштований на модульний оптимум (див. рис. 3).

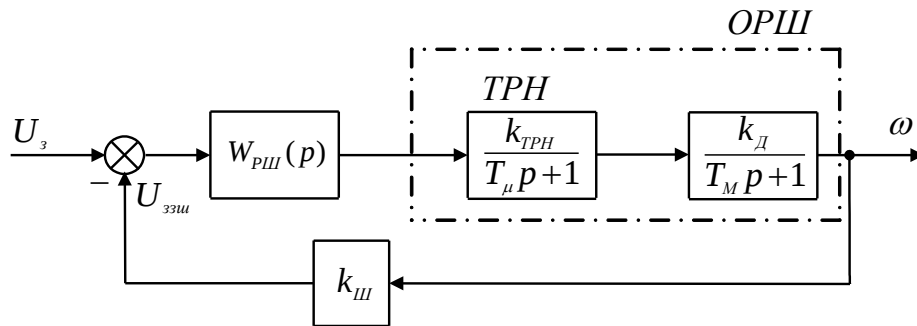


Рисунок 3 - Структурна схема контуру регулювання швидкості

На рисунку позначені: $W_{PШ}$ - передаточна функція регулятора швидкості (РШ); $k_{ш} = 10 / \omega_n$ - коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю.

Задамося бажаною передаточною функцією розімкненого контуру швидкості:

$$W_{\text{баж.роз}}(p) = \frac{1 / k_{ш}}{a_{ш} T_{\mu} p \cdot (T_{\mu} p + 1)}$$

Передаточна функція об'єкта регулювання швидкості (ОРШ):

$$W_{ОРШ}(p) = \frac{k_{ТРН}}{(T_{\mu} p + 1)} \cdot \frac{k_{Д}}{(T_M p + 1)} = \frac{k_{ТРН} k_{Д}}{(T_{\mu} p + 1)(T_M p + 1)}$$

Передаточну функцію регулятора знайдемо з відношення:

$$W_{PШ}(p) = \frac{W_{\text{баж.роз}}(p)}{W_{ОРШ}(p)} = \frac{T_M p + 1}{k_{ш} k_{ТРН} k_{Д} a_{ш} T_{\mu} p}$$

В результаті отримуємо передаточну функцію ПІ-регулятора швидкості

$$W_{PШ}(p) = k_{PШ} + \frac{1}{T_{PШ} p},$$

де $k_{PШ} = \frac{T_M}{k_{ш} k_{ТРН} k_{Д} a_{ш} T_{\mu}}$ - коефіцієнт передачі РШ; $T_{PШ} = k_{ш} k_{ТРН} k_{Д} a_{ш} T_{\mu}$ - стала часу РШ; $a_{ш}$ - коефіцієнт демпфування.

Результати моделювання замкненої за швидкістю системи ТРН-АД із зворотним зв'язком за моментом з відсіканням, згідно структурної схеми рис. 2, без урахування k_{ω} , представлені на рис. 4. Розрахункові параметри системи:

$P_H = 250 \text{ Вт}$; $\omega_H = 144,44 \text{ рад/с}$; $J_{\Sigma} = 0,012 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $M_H = 1,73 \text{ Нм}$; $T_M = 0,087 \text{ с}$; $\beta = 0,138 \text{ Нм} \cdot \text{с}$; $K_{ш} = 0,069$; $K_U = 0,039$; $K_{Д} = 0,283$; $k_{PШ} = 10,13$; $T_{PШ} = 0,0086$.

На графіках перехідних процесів зміни швидкості та моменту показаний пуск приводу на холостому ході, накидання навантаження M_{c1} , яке не перевищує моменту відсікання та накидання навантаження M_{c2} , що перевищує момент відсікання. При навантаженні електроприводу моментом опору $M_{c2} = 5,07 \text{ Нм}$, двигун зупиняється.

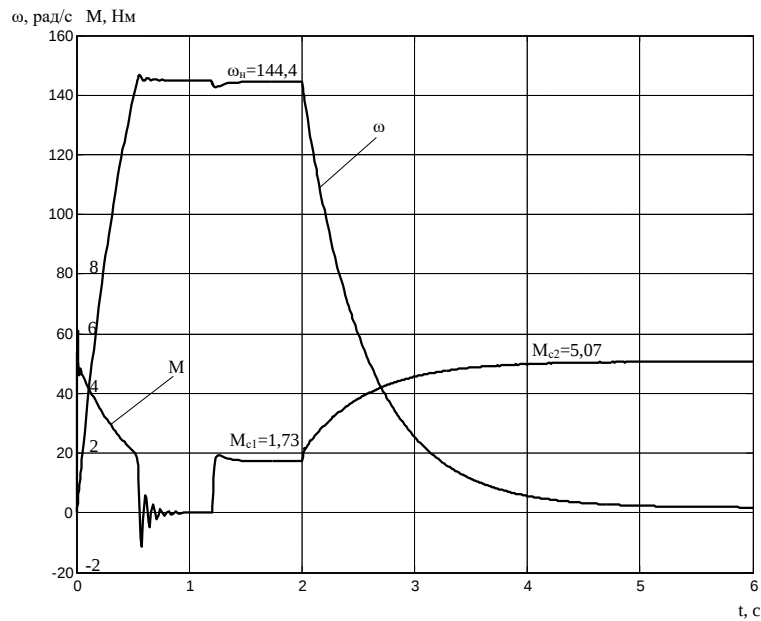


Рисунок 4 – Графіки перехідних процесів

Величина моменту стопоріння регулюється зміною коефіцієнта зворотного зв'язку за моментом (струмом), як це показано на механічних характеристиках рис. 5.

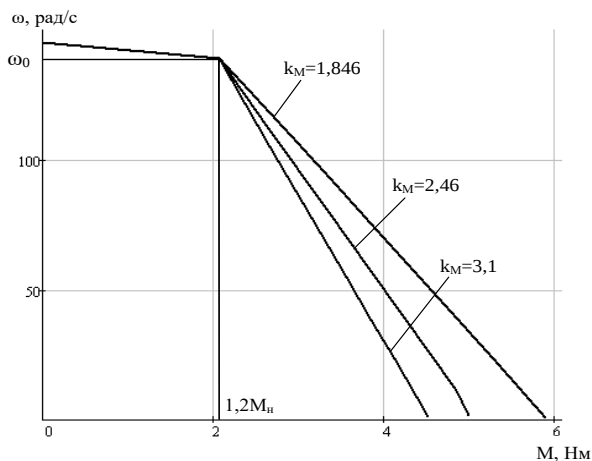


Рисунок 5 – Механічні характеристики при різних коефіцієнтах зворотного зв'язку з відсіканням

Висновки

Результати моделювання свідчать про доцільність застосування замкнутої системи ТРН-АД для приводу дверей ліфтів та пасажирських транспортних засобів, а також можливість практичного використання розробленої методики синтезу та дослідження системи на етапі ескізного проектування.

Перелік посилань

1. Системы управления электроприводами. Учебник / Под ред. В.М.Терехова, М.: Академия, 2005.- 296 с.