

*к.т.н. Андреева Н.І.,
к.т.н. Дрючин В.Г.,
Калюжний С.В.,
к.т.н. Самчелеєв Ю.П.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД НА БАЗІ ДЖЕРЕЛА СТРУМУ

Наведені результати теоретичних досліджень статичних і динамічних властивостей багатодвигунних взаємозв'язаних електроприводів, які побудовані на базі джерел струму, а не напруги.

Ключові слова: *двودвигунний електропривод, джерело струму, математична модель, механічна характеристика.*

Приведены результаты теоретических исследований статических и динамических свойств многодвигательных взаимосвязанных электроприводов, построенных на базе источников тока, а не напряжения.

Ключевые слова: *двухдвигательный электропривод, источник тока, математическая модель, механическая характеристика.*

Існує ряд механізмів, поєднаних однією технологією, що вимагає підтримання в них з певною точністю однієї швидкості, або відповідного їх співвідношення (наприклад, переміщення мостових, козлових або порталних кранів). Електроприводи таких механізмів будуються на базі традиційних джерел напруги.

Це призводить до нерівномірного розподілу навантажень окремих двигунів, перекосів у положенні транспортних механізмів і, як результат, - прискореного зносу елементів механічного обладнання. Усі ці явища можуть бути значно послаблені, якщо електроприводи будуть будуватись не як джерела швидкості, а як джерела моменту, тобто мати абсолютно м'яку механічну характеристику.

Мета даної роботи – показати можливості електроприводів, побудованих з використанням джерел струму, а не напруги.

Дослідження та їх результати. Функціональна схема дводвигунного електропривода постійного струму, наприклад, переміщення моста крана, наведена на рисунку 1. До його складу входять: два двигуни незалежного збудження M1, M2 і вентильний збудник UF, що управляється регулятором швидкості AR. Живлення якорних обмоток двигунів

організовано від спільного джерела струму у вигляді резонансного індуктивно-ємнісного перетворювача (ІЄП) UM1 з діодним випрямлячем UM2 на його виході. Для досягнення стабілізації швидкості на заданому рівні ω_3 використано жорсткий негативний зв'язок за швидкістю одного з двигунів (датчик BR).

Завдяки резонансним явищам у реактивних елементах (дросьель-конденсатор) ІЄП перетворює незмінну напругу мережі у незмінний струм, який після випрямляча надходить у якірні обмотки двигунів. При цьому величина цього струму практично не залежить від ЕРС двигунів, він тільки перерозподіляється між якірними обмотками ($i_1 + i_2 = I$) завдяки різниці цих ЕРС. Чим більша ЕРС, тим менша частина струму I потрапить у якірну обмотку двигуна, щоб зменшити момент і швидкість цього двигуна та наблизити її до рівня другої.

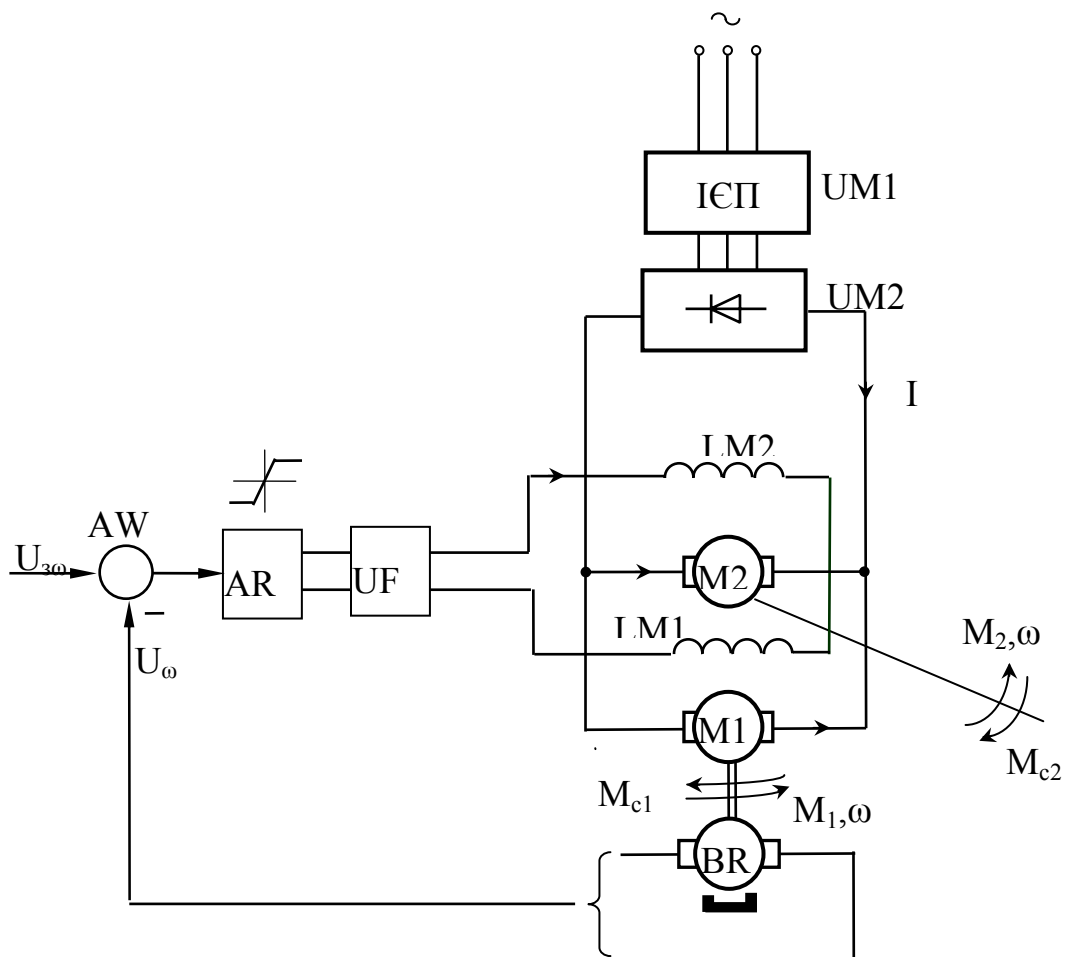


Рисунок 1 - Функціональна схема дводвигунного взаємозв'язаного електропривода на базі джерела струму

Математична модель дводвигунного взаємозв'язаного електропривода має вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi C i_1 - M_{c1} = J_1 \frac{d\omega_1}{dt} \\ \Phi C i_2 - M_{c2} = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} \\ L_{я} \frac{di_1}{dt} + i_1 r_{я} + \Phi C \omega_1 = L_{я} \frac{di_2}{dt} + i_2 r_{я} + \Phi C \omega_2, \\ i_1 + i_2 = I = const \\ L_f \frac{di_f}{dt} + i_f r_f = U_f = K_{nf} K_{p\omega} K_{\omega} (\omega_3 - \omega_1) \\ \Phi = F(i_f), \Phi \cong K_{\phi} i_f \end{array} \right. \quad (1)$$

де L_f, r_f - величина індуктивності та активного опору контуру збудження двигунів;

$L_{я}, r_{я}$ - величини індуктивності та опору якірної обмотки двигуна;

I - величина струму джерела;

i_1, i_2 - величини якірних струмів двигунів;

C - конструктивна стала двигуна ($C = Z_n N_{я} / 2 \pi a_{я}$);

K_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує зв'язок між струмом збудження та магнітним потоком;

M_{c1}, M_{c2} - величини статичних навантажень на валах двигунів;

ω_3 - задане значення швидкості ($\omega_3 = U_{з\omega} / K_{\omega}$);

$K_{nf}, K_{p\omega}$ - величини коефіцієнтів підсилення збудника та регулятора швидкості;

K_{ω} - величина коефіцієнта передачі канала зворотнього зв'язку за швидкістю ($K_{\omega} = U_{ym} / \omega_{zm}$);

ω_{zm}, U_{ym} - максимальні значення швидкості та сигналу зворотнього зв'язку, що відповідає їй.

Перевішивши структурну схему (рисунок 2) в усталений режим ($p \rightarrow 0$), одержимо рівняння механічної характеристики електропривода відносно вала першого двигуна

$$\omega_1 = \omega_3 - \frac{(M_{c1} + M_{c2}) r_f}{K_{p\omega} K_{\omega} K_{nf} C K_{\phi} I}. \quad (2)$$

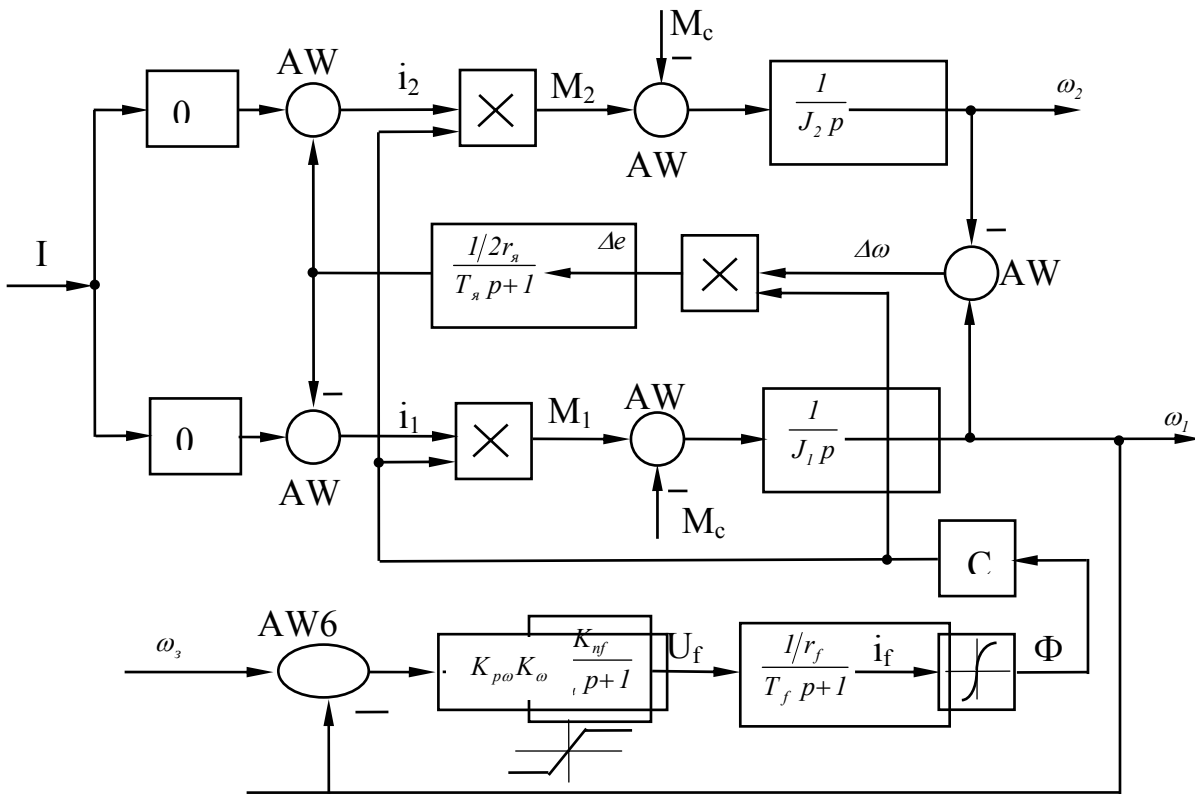


Рисунок 2 - Структурна схема дводвигунного взаємозв'язаного електропривода на базі джерела струму

Похибка відслідковування другим валом першого дорівнює:

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = -\frac{M_{c1} - M_{c2}}{(M_{c1} + M_{c2})^2} I^2 r_y. \quad (3)$$

Як видно із (3), величина цієї похибки буде тим меншею, чим меншим буде розбаланс навантажень на валах двигунів і більше сумарне навантаження при струмі I джерела, враховуючи, що $((M_{c1} + M_{c2})/I)^2 = (C\Phi)^2$.

Функціонування такого вала можливе лише при умові, що $(M_{c1} + M_{c2}) < C\Phi_m I$, де Φ_m - максимальна величина магнітного потоку машин з кривої намагнічування. Чим вона більше, тим інтенсивніша динаміка електропривода (більше прискорення).

Дослідження динаміки такого електропривода проводилось в середовищі SPS програми MATLAB. Схемотехнічна модель наведена на

рисунку 3. Вона враховує всі основні явища, що протікають у розглянутому електроприводі.

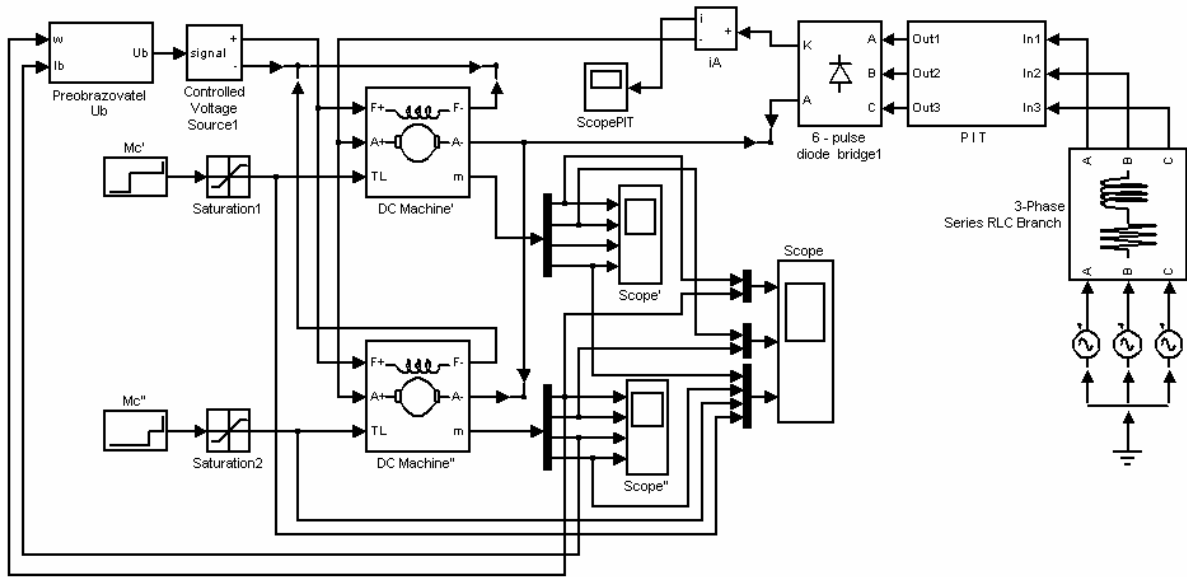


Рисунок 3 - Схема моделі дводвигунного взаємозв'язаного електропривода на базі джерела струму

Ліва частина моделі відтворює регулятор швидкості зі збудником, а також формувачі M_{c1}, M_{c2} ; права – мережу змінного струму, ІЄП та діодний випрямляч.

Перевірялась реакція електропривода на такі види управляючих та збудруючих дій (рис.4.):

- 1) пуск обох двигунів ($t = 1,5c$) з навантаженнями $M_{c1} = 30Nm$, $M_{c2} = 50Nm$ до швидкості $0,5\omega_n$;
- 2) накид додаткового навантаження на вал першого двигуна до $M_{c1} = 60Nm$ ($t = 2c$);
- 3) накид додаткового навантаження на вал другого навантаження до $M_{c2} = 80Nm$ ($t = 3,5c$);
- 4) збільшення завдання на швидкість електропривода до ω_n ($t = 5,5c$).

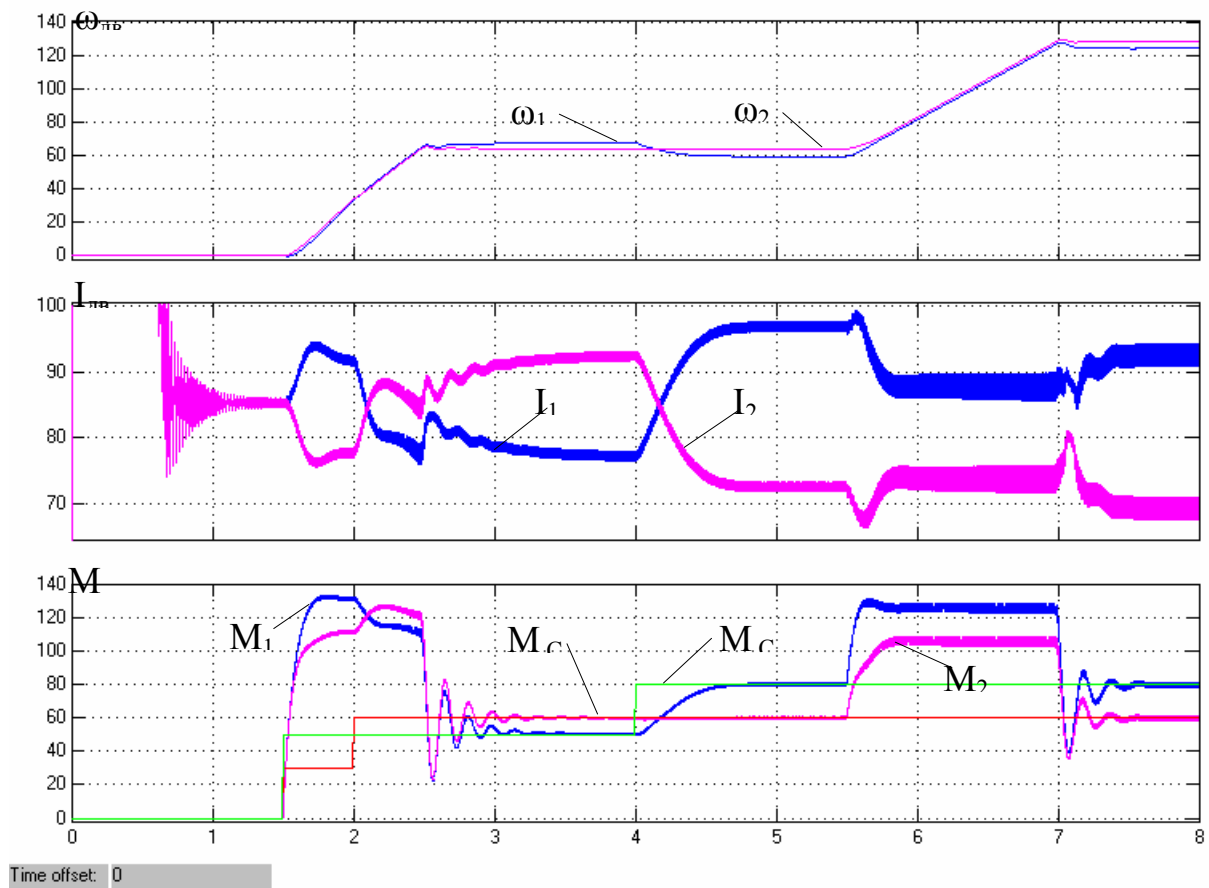


Рисунок 4 - Результати досліджень динамічних і статичних властивостей дводвигунного взаємозв'язаного електропривода на базі джерела струму

Як видно, з результатів дослідження, другий двигун, незважаючи на всі збурюючі дії, практично повторює поведінку першого, що говорить про ефективність використання системи багатодвигунного електропривода з живленням від джерел струму для механізмів переміщення.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф. Луциком В.Д.