

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОМПЛЕКТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО КОМБАЙНА

Д.Ю. Шарейко, кандидат технічних наук, доцент

І.С. Білюк, кандидат технічних наук, доцент

А.М. Фоменко, доцент

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова

Синтезовано векторну систему керування асинхронними комплектними електроприводами томатыбирального комбайна. Розроблено імітаційну модель системи керування. Отримано перехідні характеристики синтезованої системи. Проведено аналіз динамічних характеристик електропривода.

Ключові слова: комплектний електропривод, векторна система автоматичного керування, томатыбиральний комбайн, асинхронний двигун.

Постановка проблеми. Для керування робочими органами комбайна у більшості випадків застосовують систему гідроприводів. Але через швидкий знос гідромоторів та з'єднувальних шлангів знижується надійність гідросистеми. Одним з шляхів розв'язання цієї проблеми є модернізація комбайнів шляхом заміни гідроприводів на комплектні електроприводи [1]. Реалізація цього технічного рішення неможлива без виконання синтезу системи керування електропривода.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що використання комплектних електроприводів у сільськогосподарських комбайнах дозволить збільшити продуктивність машини, значно скоротити витрати палива, збільшити термін служби і міжремонтний інтервал всього обладнання комбайна [2, 3]. Істотний вплив на якість роботи електроприводів здійснюють параметри налагодження системи керування.

Метою статті є синтез системи керування комплектного електропривода томатыбирального комбайна **Pomac Antares 45** згідно із заданими показниками якості керування.

Викладення основного матеріалу. Для модернізації томатыбирального комбайна **Pomac Antares 45** застосовується комплектний електропривод змінного струму на базі частот-

де $R_{1E} = R_s + k_r^2 R_r$ - сумарний активний опір фази двигуна; $k_r = L_m / L_r$; R_s та R_r - активні опори статора та ротора відповідно; L_s та L_r - повні індуктивності статора та ротора відповідно; $T_{1E} = \sigma L_s / R_{1E}$ - постійна часу.

Бажана передавальна функція розімкнутого контуру стабілізації струму:

$$W_{1\sigma}(p) = \frac{1/k_{3C}}{a_T T_\mu p (T_\mu p + 1)},$$

де k_{3C} - коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом.

Відповідно до настройки регулятора на модульний оптимум, приймаємо $T_\mu = T_\Pi$.

Знайдемо передавальну функцію регулятора струму:

$$W_{PC} = \frac{1/k_{3C}}{2T_\Pi p (T_\Pi p + 1)} \frac{T_\Pi p + 1}{k_\Pi} \frac{T_{1E} p + 1}{1/R_{1E}} = \frac{T_{1E} p + 1}{2k_{3C} T_\Pi p k_\Pi (1/R_{1E})},$$

або

$$W_{PC}(p) = \frac{T_{1E} p + 1}{T_{I1} p},$$

де $T_{I1} = \frac{2k_{3C} T_\Pi k_\Pi}{R_{1E}}.$

Синтез регулятора потоку. Запишемо передавальну функцію розімкнутого контуру стабілізації потоку:

$$W_2(p) = W_{PI}(p) W_1(p) \frac{k_r L_r}{T_2 p + 1},$$

де $T_2 = L_r / R_r$ - постійна часу.

Передавальна функція замкнутого контуру регулювання потоку:

$$W_{2\text{зам}}(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)} = \frac{1/k_{3C}}{2T_\Pi p + 1}.$$

Бажана передавальна функція розімкнутого контуру стабілізації потоку:

$$W_{26}(p) = \frac{1/k_{3П}}{a_T T_{\mu c} p (T_{\mu c} p + 1)}.$$

Приймаємо $a_T = 2$, $a_{II} = 2$, $T_{\mu c} = a_{II} T_{II}$ відповідно до настройки регулятора на модульний оптимум [5].

Обчислимо передавальну функцію регулятора потоку:

$$W_{PII}(p) = \frac{1/k_{3П}}{4T_{II} p (2T_{II} p + 1)} \frac{2T_{II} p + 1}{1/k_{3C}} \frac{T_2 p + 1}{k_r L_r} = \frac{k_{3C} (T_2 p + 1)}{4T_{II} p k_{3П} L_m}.$$

Позначимо:

$$T_{I2} = \frac{k_{3П} 4T_{II} L_m}{k_{3C}}.$$

Тоді вираз набуде вигляду:

$$W_{PII}(p) = \frac{T_2 p + 1}{T_{I2} p}.$$

Синтез регулятора швидкості. Запишемо передавальну функцію розімкнутого контуру стабілізації швидкості:

$$W_3(p) = \frac{1}{|\psi_2| k_{3П}} W_{PII}(p) W_4(p) |\psi_2| \frac{3}{2} p_{II} k_r \frac{1}{J p},$$

де передавальна функція замкнутого контуру регулювання потоку:

$$W_4(p) = \frac{W_{4роз}(p)}{1 + W_{4роз}(p) \cdot k_{3C}} = \frac{1/k_{3C2}}{2T_{II} p + 1}.$$

Бажана передатна функція розімкнутого контуру стабілізації потоку:

$$W_{46}(p) = \frac{1/k_{3C}}{a_T T_{\mu c} p (T_{\mu c} p + 1)}.$$

Приймаємо $a_T = 2$, $a_C = 2$, $T_{\mu c} = a_C T_{\Pi}$ відповідно до на-
 стройки регулятора на модульний оптимум [5].

Обчислимо передавальну функцію регулятора:

$$W_{PШ}(p) = \frac{1/k_{3Ш}}{4T_{\Pi}p(2T_{\Pi}p+1)} \frac{2T_{\Pi}p+1}{1/k_{3C}} \frac{2k_{3П} J p}{3z_p k_r} = \frac{k_{3П} k_{3C2} J}{6z_p k_r T_{\Pi} k_{3C}} = k_{PШ}.$$

Коефіцієнти зворотних зв'язків обчислюються таким чи-
 ном [5]: за потоком $k_{3П} = U_{H3} / \Psi_2$; за струмом в контурі пото-
 козчеплення $k_{3C1} = U_{H3} / I_{1\alpha\beta}$; за струмом в контурі регулювання
 моменту $k_{3C2} = U_{H3} / I_{1\beta\delta}$; за швидкістю $k_{3Ш} = U_{H3} / \omega_{r\delta}$.

Коефіцієнт передачі перетворювача за напругою і стала
 часу: $k_{\Pi} = U_6 / U_{H3}$, $T_{\Pi} = 0,001c$.

Для розрахунку параметрів математичної моделі системи
 керування задаємо базисні значення координат електропри-
 вода: $U_6 = \sqrt{2} U_{\text{фн}}$ - амплітудне значення номінальної фазної
 напруги обмотки статора, В; $I_6 = \sqrt{2} I_1$ - амплітудне значення
 номінального струму обмотки статора, А; $I_{1\alpha\beta} = I_{1\alpha}$ - струм в ка-
 налі потокозчеплення двигуна, А; $I_{1\beta\delta} = k_{\text{кр}} I_{1\beta}$ - струм в каналі
 швидкості двигуна ($k_{\text{кр}}$ - відношення критичного моменту до
 номінального $k_{\text{кр}} = M_{\text{кр}} / M_{\text{н}}$), А; $\omega_6 = 2\pi f_{\text{нс}}$ - номінальна кутова
 частота напруги статора, с⁻¹; $\omega_{r\delta} = \omega_6 / z_p$ - кутова частота
 обертання ротора, с⁻¹; $M_6 = k_{\text{кр}} P_{\text{н}} / \omega_{r\delta}$ - електромагнітний мо-
 мент, Н•м; $\Psi_{2\delta} = \Psi_2 = L_m L_{1\alpha}$ - потокозчеплення ротора, Вб.

Проекції струмів:

$$I_{1\alpha} = \sqrt{2} I_1 \sqrt{\left(\frac{-R_s \sin \varphi - X_s \cos \varphi}{X_m} \right)^2 + \left(\frac{X_s \sin \varphi + R_s \cos \varphi - \frac{U_1}{I_1}}{X_m} \right)^2};$$

$$I_{1\beta} = \sqrt{2} I_1 \sqrt{\left(\cos \varphi - \frac{-R_s \sin \varphi - X_s \cos \varphi}{X_m} \right)^2 + \left(-\sin \varphi - \frac{X_s \sin \varphi + R_s \cos \varphi - \frac{U_1}{I_1}}{X_m} \right)^2}.$$

Імітаційну модель синтезованої системи керування у про-
 грамі **Simulink** представлено на рис. 2.

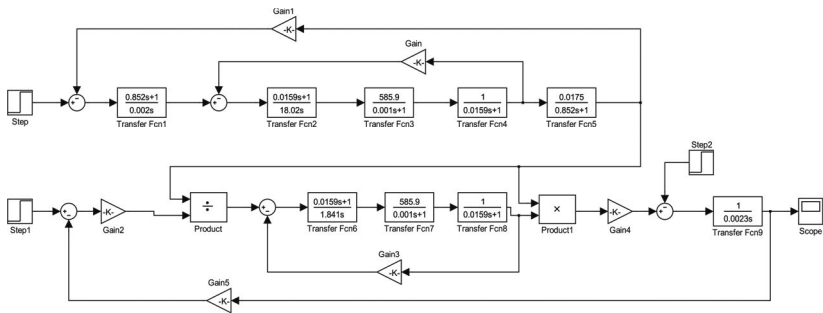


Рис.2. Імітаційна модель синтезованої системи керування

Результати моделювання наведено на рис. 3.

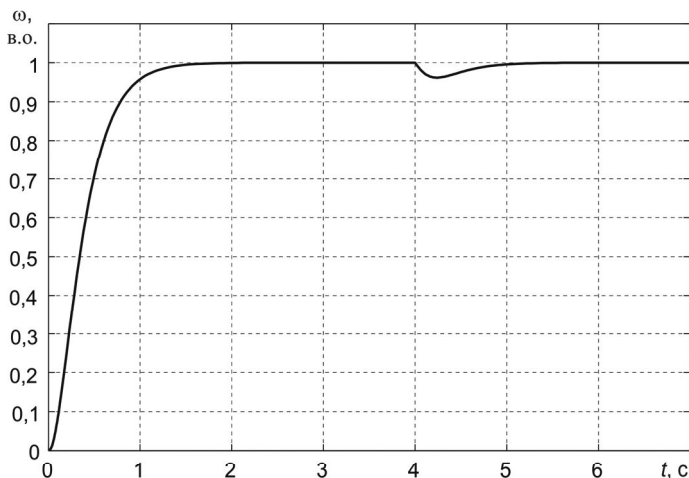


Рис.3. Перехідний процес синтезованої системи керування за кутовою швидкістю

З характеристики на рис. 3 видно, що спроектована векторна система керування здатна відпрацьовувати будь-які зміни навантаження при роботі асинхронного електропривода. При цьому отримано такі показники якості перехідного процесу: перерегулювання **0%**, час перехідного процесу близько **1,2 с**.

Висновки: 1. Показники якості роботи синтезованої системи керування комплектними електроприводами набагато кращі, ніж у гідропневмоприводів. 2. Модульність конструкцій комплектних електроприводів дозволить легко замінити їх у разі виходу з ладу або при подальшій модернізації комбайна. 3. Використання комплектного електроприводу дозволить легко приєднати їх до бортового комп'ютера комбайна з метою координації дій та діагностики.

Список використаних джерел:

1. Шарейко Д. Ю. Використання комплектних електроприводів в сільськогосподарських комбайнах / Д. Ю. Шарейко, І. С. Білюк, А. М. Фоменко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — 2012. — № 3 (67). — С. 190—195.
2. Мігальов А. Самохідний томатозбиральний комбайн Antares моделі MC 45 / А. Мігальов, В. Сидоренко, І. Макаренко // Техніка і технології АПК. — 2010. — № 6 (9). — С. 14—16.
3. Сельхозтехника АГРОМАШ [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.agromh.com/>
4. Приводная техника в Украине Lenze [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.lenze.org.ua/>
5. Терехов В. М. Система управления электроприводов / В. М. Терехов, О. И. Осипов — М. : Академия, 2005. — 302 с.

Д.Ю. Шарейко, И.С. Билук, А.Н. Фоменко. Синтез системы управления комплектного электропривода сельскохозяйственного комбайна.

Синтезирована векторная система управления асинхронными комплектными электроприводами томатуборочного комбайна. Разработана имитационная модель системы управления. Получены переходные характеристики синтезированной системы. Проведен анализ динамических характеристик электропривода.

D. Sharejko, I. Bilyuk, A. Fomenko. Synthesis of control system of complete electric drives of agricultural combine.

Vector control system by the asynchronous complete drives of combine for cleaning up of tomatoes is synthesized. The simulation model of control system is developed. Transitional descriptions of the synthesized system are got. The analysis of dynamic descriptions of electric drives is conducted.