

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК

АГРАРНОЇ НАУКИ ПРИЧОРНОМОР'Я

Науковий журнал

*Виходить 4 рази на рік
Видається з березня 1997 р.*

Випуск 2 (72) 2013

Миколаїв
2013

<http://visnyk.mnau.edu.ua/>

Засновник і видавець: Миколаївський національний аграрний університет.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №19669-9469ПР від 11.01.2013.

Згідно з Постановою ВАК України від 14.04.2010 р. № 1-05/3 видання включено до переліку фахових видань.

Головний редактор: В.С. Шебанін, д.т.н., проф., чл.-кор. НААНУ

Заступники головного редактора:

І.І. Червен, д.е.н, проф.
В.І. Гавриш, д.е.н., проф.
В.П. Клочан, к.е.н., доц.
М.І. Гиль, д.с.-г.н., проф.
В.В. Гамаюнова, д.с.-г.н., проф.

Відповідальний секретар: Н.В. Потриваєва, к.е.н., доц.

Члени редакційної колегії:

Економічні науки: О.В. Шебаніна, д.е.н., проф.; Н.М. Сіренко, д.е.н., проф.; О.І. Котикова, д.е.н., проф.; Джулія Олбрайт, PhD, проф. (США); І.В. Гончаренко, д.е.н., проф.; О.М. Вишневіська, д.е.н., проф.; А.В. Ключник, д.е.н., доц.; О.Є. Новіков, д.е.н., доц.; О.В. Скрипнюк, д.ю.н., проф.; О.Д. Гудзинський, д.е.н., проф.; О.Ю. Єрмаков, д.е.н., проф.; В.І. Топіха, д.е.н., проф.; В.М. Яценко, д.е.н., проф.; М.П. Сахацький, д.е.н., проф.; В.С. Дога, д.е.н., проф. (Молдова).

Технічні науки: Б.І. Бутаков, д.т.н., проф.; К.В. Дубовенко, д.т.н., проф.; К.М. Думенко, д.т.н., доц.; В.Д. Будаков, д.т.н., проф.; С.І. Пастушенко, д.т.н., проф.; А.А. Ставинський, д.т.н., проф.; В.П. Лялякіна, д.т.н., проф. (Росія).

Сільськогосподарські науки: В.С. Топіха, д.с.-г.н., проф.; Т.В. Підпала, д.с.-г.н., проф.; А.С. Патрева, д.с.-г.н., проф.; В.П. Рибалко, д.с.-г.н., проф., академік НААН України; І.Ю. Горбатенко, д.б.н., проф.; І.М. Рожков, д.б.н., проф.; В.А. Захаров, д.с.-г.н., проф. (Росія); С.Г. Чорний, д.с.-г.н., проф.; М.О. Самойленко, д.с.-г.н., проф.; А.К. Антипова, д.с.-г.н., доц.; В.І. Січкарь, д.б.н., проф.; А.О. Лимар, д.с.-г.н., проф.; А.П. Орлюк, д.б.н., проф.; В.Я. Щербаков, д.с.-г.н., проф.; Майкл Бьоме, проф. (Німеччина).

Рекомендовано до друку вченою радою Миколаївського національного аграрного університету. Протокол № 8 від 23.04.2013 р.

Посилання на видання обов'язкові.

Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Адреса редакції, видавця та виготовлювача:

54020, Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9,

Миколаївський національний аграрний університет,

тел. 0 (512) 58-05-95, www.mnau.edu.ua

© Миколаївський національний аграрний університет, 2013

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 томатызбирального комбайна. Розроблено імітаційну модель системи керування. Отримано перехідні характеристики синтезованої системи. Проведено аналіз динамічних характеристик електропривода.

Ключові слова: комплектний електропривод, векторна система автоматичного керування, томатызбиральний 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 томатызбирального комбайна **Pomac Antares 45** згідно із заданими показниками якості керування.

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

ного перетворювача **Lenze SMVector 751N04TXB** [4], що реалізує векторний спосіб керування електродвигуном [5].

Структурну схему векторної системи керування з орієнтацією за потокозчепленням ротора зображено на рис. 1. Структурна схема має два канали регулювання: канал потокозчеплення і канал регулювання швидкості обертання ротора.

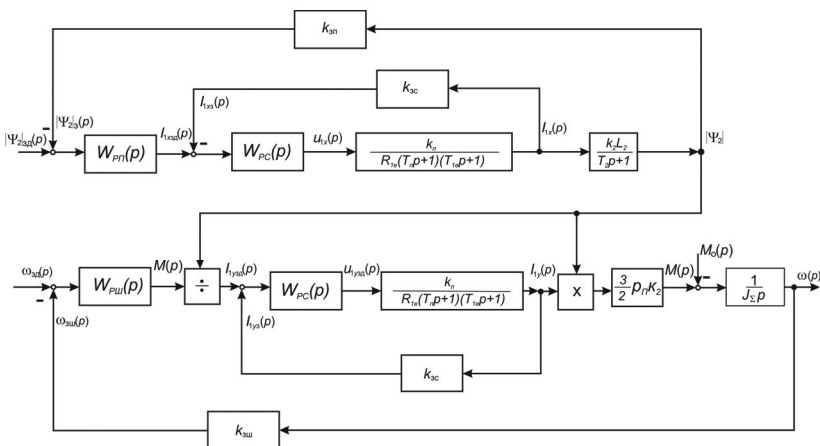


Рис.1. Структурна схема векторної системи керування

Канал потокозчеплення ротора складається з регулятора потоку з передаточною функцією $W_{pII}(p)$, регулятора струму з передаточною функцією $W_{pC}(p)$ та перетворювача частоти у вигляді інерційної ланки першого порядку. Канал регулювання швидкості ротора складається з регулятора швидкості з передаточною функцією $W_{pII}(p)$, регулятора струму з передаточною функцією $W_{pC}(p)$ та перетворювача частоти у вигляді інерційної ланки першого порядку.

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

$$W_1(p) = W_{pC}(p) \frac{k_{п}}{T_{п} p + 1} \frac{1/R_{1E}}{T_{1E} p + 1},$$

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:

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

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

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

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

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:

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

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; $I_{1\beta\delta} = k_{кр} I_{1\beta}$ - струм в каналі
 швидкості двигуна ($k_{кр}$ - відношення критичного моменту до
 номінального $k_{кр} = M_{кр} / M_H$), 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; $M_6 = k_{кр} P_H / \omega_{r\delta}$ - електромагнітний мо-
 мент, Н•м; $\Psi_{26} = \Psi_2 = L_m L_{1\alpha}$ - 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.

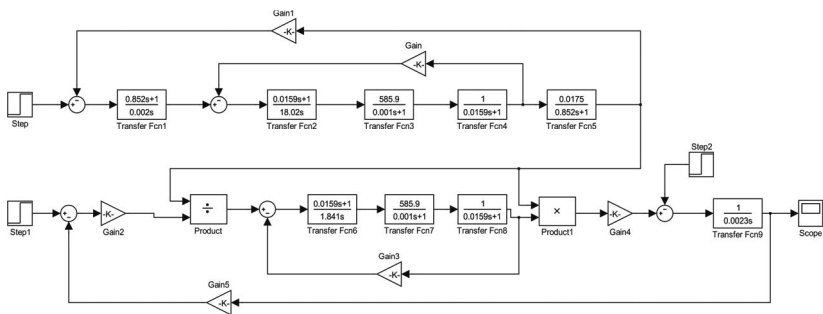


Рис.2. Імітаційна модель синтезованої системи керування

Результати моделювання наведено на рис. 3.

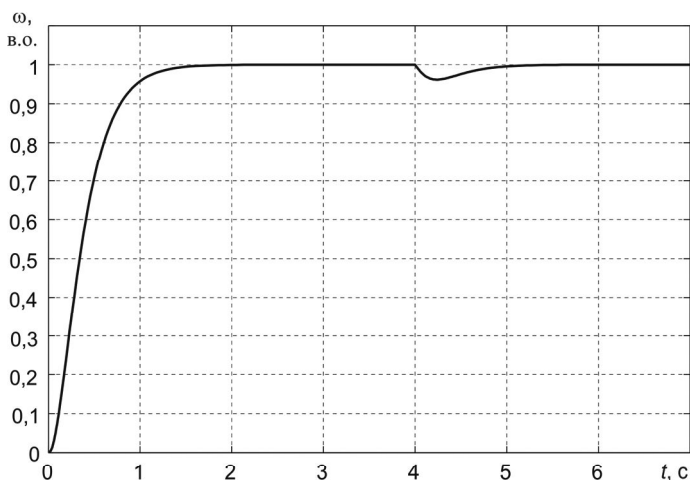


Рис.3. Перехідний процес синтезованої системи керування за кутовою швидкістю

З характеристики на рис. 3 видно, що спроектована векторна система керування здатна відпрацювати 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 конструкції 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.

ЗМІСТ

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

І.І. Червен, М.І. Кареба. Активізація інноваційної діяльності – найважливіший напрямок підвищення ефективності аграрного виробництва	3
О.Є. Новіков, Н.О. Корнева. Особливості визначення плати за землю сільськогосподарського призначення	11
В.П. Клочан, Н.І. Костаневич. Результати аналізу рентабельності сільськогосподарської продукції.....	16
А.П. Марчук. Біотехнології у контексті сучасних інноваційних змін	21
М.А. Домаскіна. Теоретичні аспекти застосування теорії нечітких множин в економіці.....	29
Т.І. Лункіна. Сталий економічний розвиток України: сутність, значення.....	35
Н.В. Цуркан. Виробництво сіна багаторічних трав у різних категоріях господарств півдня України	42
С.С. Стецюк. Управління витратами м'ясопереробних підприємств.....	48
Я.В. Карпенко. Сучасний стан регіонального ринку молока Черкаської області.....	59

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

С.Г. Чорний, А.В. Волошенюк. Оцінка біоенергетичної ефективності технології No-till	67
В.С. Паштецький. Мінімізація обробітку ґрунту в системі агроекологічного захисту ґрунтів	74
І.М. Марценюк. Господарсько-біологічна оцінка сортів цибулі-батун (<i>allium fistulosum</i> L.), вирощених у північному причорномор'ї України.....	82
З.В. Золотухіна, В.В. Калитка. Оцінка економічної та біоенергетичної ефективності вирощування озимої пшениці з використанням регулятора росту АКМ.....	89

В.П. Коваленко. Значення обробітку ґрунту в технології одержання високопродуктивних посівів люцерни	95
О.В. Видинівська. Мікробіологічний стан чорнозему південного при запровадженні технології no-till.....	99
О.О. Вінюков, О.М. Коробова, І.О. Кулик. Метод вирощування кореневої системи зернових культур та вплив регуляторів росту на розвиток кореневої системи ячменю ярого	105
А.С. Даніліна, О.Л. Семенченко. Вплив густоти рослин цибулі ріпчастої на урожайність в умовах краплинного зрошення північного степу України.....	112
В.О. Мельник, О.О. Кравченко, А.О. Бондар, Д.А. Карпенко. Особливості сперматогенезу та спермопродукції самців	116
О.О. Стародубець. Особливості гістологічної будови м'язової тканини свиней породи дюрок за різними методами розведення.....	123
І.А. Галушко. Біохімічний склад молока корів голштинської породи різних ліній.....	128
О.К. Цвейтава. Екстер'єрні особливості тварин різних типів стресостійкості.....	137
О.І. Юлевич, А.В. Лихач, Ю.Ф. Дехтяр. Залежність інтенсивності росту помісних поросят різних строків відлучення від рівня годівлі	143
О.Ю. Сметана. Аналіз відтворювальних характеристик голштинської худоби при імітації стабілізуючого відбору....	151
С.М. Галімов. Хімічні показники продуктів забою свиней червоної білопоясої породи при різних методах розведення	158
М.А. Волков. Дослідження фізіологічних особливостей центральної гемодинаміки у дітей шкільного віку.....	164

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

В.С. Шобанін, А.П. Шобаніна, В.Г. Богза. Дослідження пружно-деформованого стану сталевих силосів при нерівномірному осіданні фундаментів.....	173
--	-----

А.І. Бойко, О.В. Бондаренко, В.М. Савченко. Дослідження показників надійності та експлуатаційної готовності пасивно резервованої технічної системи.....	179
А.П. Мартинов, Г.О. Іванов. Конструктивно-технологічні фактори підвищення складанності складаних одиниць з вальницями кочення.....	186
Д.Ю. Шарейко, І.С. Білюк, А.М. Фоменко. Синтез системи керування комплектного електропривода сільськогосподарського комбайну.....	194
В.А. Грубань. Обґрунтування компоновочної схеми технологічного модуля для збирання кукурудзи	201
Р.М. Романко. Вдосконалення класифікації процесів змін стану земель на основі даних дистанційного зондування	210

Наукове видання

Вісник аграрної науки Причорномор'я
Випуск 2(72) – 2013

Технічний редактор: *О.М. Кушнарьова.*
Комп'ютерна верстка: *Ю.В. Антонович.*

Підписано до друку 23.04.2013. Формат 60 x 84 1/16.
Папір друк. Друк офсетний. Ум.друк.арк. 14.
Тираж 300 прим. Зам. № _____. Ціна договірна.

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м.Миколаїв, вул.Паризької комуни, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.