УДК 631.162

Оцінка характеристик електродвигунів для індивідуального приводу висівальних апаратів

М.Л. Лисиченко, М.Ю. Середин[1]

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (м.Харків, Україна) [1]mihailseredin@mail.ru

В статті проведено аналіз досліджень та публікацій в науково-технічній літературі існуючих проблем при використанні сільськогосподарських посівних машин в технології обробки пропашних культур. В ході проведення дослідження розглянуті питання підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки при проведенні основних операцій в системах точного висіву з використання індивідуального електричного приводу висівальних апаратів або механізмів. Перспективним напрямом розвитку висівних машин є застосування електричних двигунів змінного струму для індивідуального приводу висівного апарату. Електричні двигуни мають кращі експлуатаційно-економічні та якісних характеристики при роботі із висівним апаратом у порівнянні із використанням обертового моменту від валу відбору потужності для групового приводу виконавчих механізмів.

В якості основних варіантів електричного приводу були розглянуті двигуни постійного струму з незалежним або паралельним збудженням, трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором із керуванням орієнтованим полем, трифазні синхронні двигуни з постійними магнітами та крокові двигуни. Для первинної оцінки експлуатаційно-економічних та якісних характеристик при роботі із висівним апаратом проаналізовані механічні та навантажувальні характеристики розглянутих електричних приводів. Після аналізу характеристик приводів виявилось, що більш доцільно використовувати трифазні синхронні двигуни з постійними магнітами або крокові двигуни.

Також приведено структурну схему керування трифазним синхронним електричним двигуном з постійними ніодімовими магнітами в колі ротора з використанням триконтурної системи керування із підпорядкованим регулювання вихідних параметрів, яка задовольняє вимогам робочого механізму. На основі отриманих даних сформульовані задачі для проведення подальших досліджень для вибору електродвигуна приводу висівального апарату, системи його керування та живлення.

Ключові слова. *електричний привод, висівний апарат, механічна характеристика, сервопривод, система керування, навантаження*

Аналіз досліджень і публікацій. Посів є одним з основних операцій в технології обробки просапних культур і повинен проводитися виключно в оптимальні агротехнічні терміни. При цьому, отримання одночасних і прямолінійних сходів головним чином залежить від розміщення насіння по глибині і ширині борозни, їх орієнтації по відношенні до поверхні поля.

Нерівномірне по глибині закладення насіння призводить до нерівномірності розвитку і дозрівання рослин, а, отже, до розтягування строків збирання. Велика смуга розкидання насіння викликає збільшення ширини захисної зони при міжрядної обробці, в результаті чого, збільшуються витрати праці на механічне або ручне прополювання. Підвищити врожайність просапних культур можливо, погоджуючи операції посіву і міжрядної обробки, тобто забезпечивши прямолінійність і точність висіву і зменшивши захисну зону при міжрядної обробці.

При таких умовах важко переоцінити важливість використання в господарствах сівалок точного висіву. Виходячи із аналізу технічної літератури та досвіду господарств, які спеціалізуються на таких просапних культурах, як кукурудза або бобові, неможливо досягнути економічно обґрунтованого посіву без сівалки точного висіву. З агротехнічної точки зору, найбільш важливим є забезпечення необхідної (оптимальною) густоти рослин на одиниці площі.

Відомо, що норма висіву агрономічно обґрунтовується особливостями сорту, гібрида, його кореневою системою, структурою рослини. Різні гібриди витримують різну густоту, рекомендована норма залежить також від вегетації рослин, строків висіву, технології вирощування (механізована або немеханізована). Чим точніше висівання, тим вище якість одержуваного матеріалу. Також не менше точність висіву важлива і з точки зору економії коштів. Насіння просапних культур імпортного виробництва, які користуються зараз популярністю, недешеве, тому їх перевитрати небажані. Таким чином, точність висіву для аграріїв завжди буде актуальною проблемою.

© М.Л. Лисиченко, М.Ю. Середин, 2016
© M.L. Lisichenko, M.Yu. Seredin, 2016

Виходячи із аналізу науково-технічної літератури та асортименту виробів на ринку машин точного висіву перспективним напрямом розвитку висівних машин є застосування електричних двигунів для приводу висівного апарату.

Система з індивідуальним приводом кожного ряду дозволяє здійснювати точне керування нормою висіву, наприклад, на кривих, коли кутова швидкість руху відрізняється на зовнішніх і внутрішніх рядах сівалки. Система також дозволяє працювати з картами-завданнями для диференціального внесення насіння. При цьому постає питання, який електричний двигун має кращі експлуатаційно-економічні та якісні характеристики при роботі із висівним агрегатом.

Мета роботи. Аналіз існуючих серводвигунів і систем керування та розробка алгоритму вибору відповідного електродвигуна для приводу робочого механізму.

Основні матеріали досліджень. Якщо порівнювати поширені сьогодні системи приводу, базою для порівняння яких служать різні чинники (характеристиках двигунів,основні характеристики приводів, конфігурації системи керування та характеристики джерела живлення), то можна виділити:

- двигуни постійного струму з незалежним або паралельним збудженням (ДПС НЗ);
- трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором із керуванням орієнтованим полем (АД КЗ);
- трифазні синхронні двигуни з постійними магнітами (СД ПМ);
- безщіткові двигуни постійного струму;
- крокові двигуни(КД).

Прогрес в галузях електроніки і матеріалах,що використовуються в електротехніці, змінили ситуацію в техніці привода. Досі в сервотехніці застосовувалися в основному ДПС з постійними магнітами. Головний недолік двигунів змінного струму в порівнянні з ДПС складається в обмеженій можливості регулювання швидкості.

В даний час відбувається зміщення акцентів у приводних системах від ДПС до двигунів змінного струму. Тенденція переходу до синхронних двигунів змінного струму особливо очевидна в сервосистемах, які майже завжди виконувалися з використанням ДПС.

АД КЗ із керуванням орієнтованим полем має конструкцію з малим моментом інерції, малими втратами і малим ковзанням і керується спеціальним пристроєм, який забезпечує перпендикулярність потоків статора і ротора відносно один одного. Це дозволяє АД бути керованим майже до критичного моменту, робить його добре придатним для високодинамічних застосувань. На рис. 1 показано навантажувальні характеристики залежності моменту навантаження від швидкості) показані для постійного моменту (1), максимального моменту (2) та характеристика стандартного асинхронного двигуна (3)

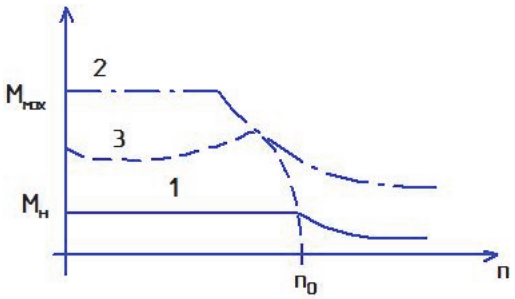

Рис. 1. Навантажувальна характеристики АД КЗ

Недоліками цього двигуна (в порівнянні з двигуном з постійними магнітами) є більш низький ККД і дещо більший об'єм пристрою при однаковому обертального моменту. Ротора властиві втрати від струму, яких немає в двигуні з ротором на постійних магнітах.

Крокові електродвигуни можуть бути розглянуті як ДПС без колекторного вузла. Обмотки КД є частиною статора. На роторі розташований постійний магніт або, для випадків зі змінним магнітним опором, зубчастий блок з магнітом'якого матеріалу. Всі комутації здійснюються зовнішніми схемами. Зазвичай система мотор – контролер розробляється так, щоб була можливість виведення ротора в будь-яку, фіксовану позицію, тобто система керується за положенням.

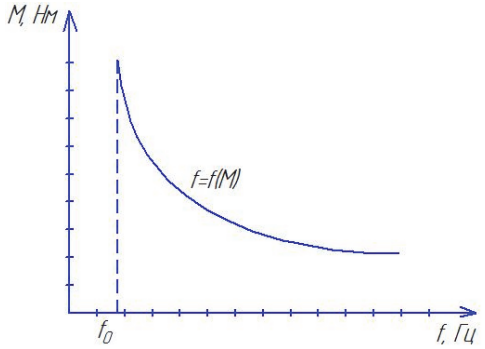

Рис. 2. Механічна характеристика КД

Незважаючи на всі переваги КД має низьку ефективність. Як видно із механічної характеристики КД, що показана на рис. 2, двигун використовує значну енергію незважаючи на навантаження і крутний момент падає при збільшенні швидкості обертання (момент обернено пропорційний швидкості обертання ротора).

Трифазний синхронний двигун з постійними магнітами із ступінчастою (прямокутної) комутацією (безщітковий двигун постійного струму) найбільшою мірою відповідає вимогам сервосистем.

При прямокутної комутації регулятор струму і вихідний силовий каскад керуються датчиком положення ротора (RLG). Він може складатися з датчиків Холла, фотоелектричних або подібних датчиків. Головною перевагою прямокутної комутації є простота отримання сигналів положення і їх перетворення в сигнали керування струмом. Криві індивідуальних характеристичних параметрів показані на рис. 3. Із яких можна зробити висновок, що момент на валу двигуна абсолютно не залежить від швидкості його обертання і визначається лише формою струму, що подається на обмотки статора.

Прямокутний струм, що подається в обмотку двигуна, призводить до індукції в двигуні трапецеїдальної напруги. Конструкція забезпечує прямокутний розподіл щільності потоку в повітряному зазорі. В результаті утворюється постійний крутний момент. Дві сусідніх фази при прямокутної комутації завжди запитані струмом. На рис. 4 показано один із варіантів керування приводом висівального апарату із використанням сигналу від датчиків швидкості обертання в якості зворотного зв'язку.

Регулятори струму керуються імпульсами прямокутної форми з використанням датчика положення ротора. Для контролю частоти обертання необхідний додатковий датчик (як правило, тахогенератор). Абсолютне положення ротора контролюється за допомогою датчика положення.

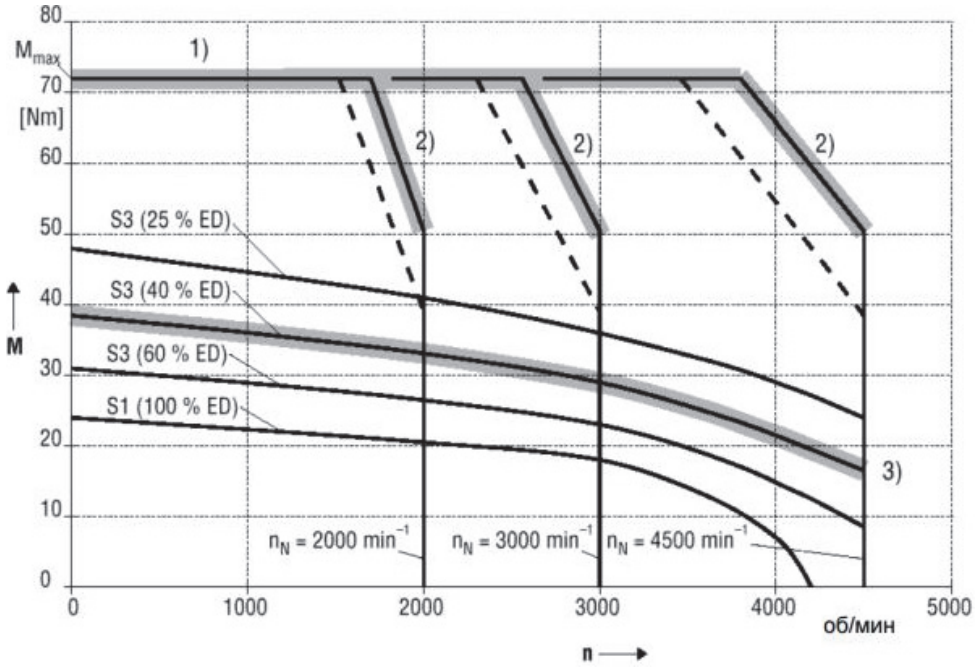

Рис. 3. Механічна характеристика синхронного двигуна з постійними магнітами із ступінчастою (прямокутної) комутацією

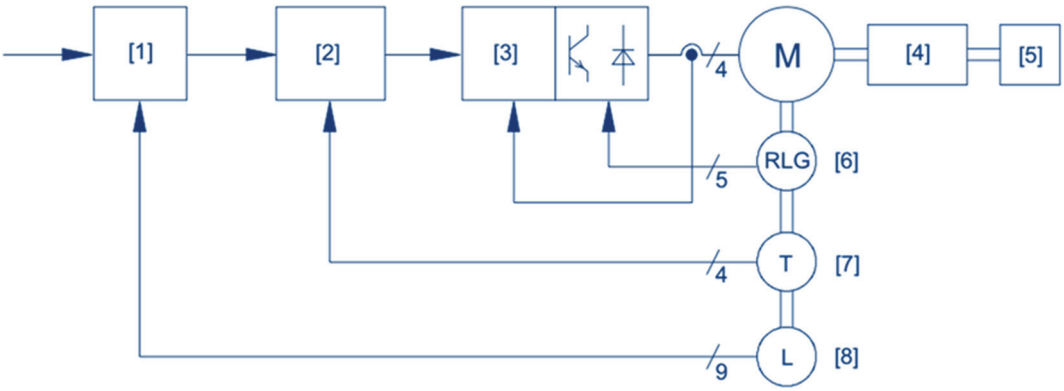

Рис. 4. Структура регулювання з датчиками для двигуна з живленням прямокутної форми
1 – регулятор положення; 2 – регулятор частоти обертання; 3 – регулятор струму; 4 – редуктор; 5 – навантаження; 6 – датчик положення ротора; 7 – тахогенератор; 8 – датчик положення

© М.Л. Лисиченко, М.Ю. Середин, 2016
© M.L. Lisichenko, M.Yu. Seredin, 2016

Виходячи із технічних вимог до процесу точного висіву для приводу висівних машин найбільш доцільним буде використання системи серводвигунів з централізованим керуванням. При цьому сервопривод є системою приводу, яка в широкому діапазоні регулювання швидкості забезпечує динамічні, високоточні процеси і забезпечує хорошу їх повторюваність. Однією із головних задач проектування індивідуального приводу є питання забезпечення надійного та якісного живлення електричних двигунів та систем керування. Одним із варіантів вирішення даної задачі є встановлення стаціонарного автономного генератора, що буде приводитись в дію від ВВП. Але дане питання розглянемо більш ширше в подальших дослідженнях.

Висновки. Проведений аналіз існуючих приводних систем показав, що найбільш доречним є сервопривід із трифазним синхронним двигуном з постійними магнітами. В подальших дослідженнях для вибору електродвигуна приводу висівального апарату необхідно отримати не тільки діаграму, що точно описує робочий цикл приводу, але і багато інших даних про експлуатаційні характеристики та навколишнє середовище. Для розрахунку параметрів приводу необхідно мати дані приводного механізму (маса, діапазон регулювання, інформація про механічні конструкції і т. д.). За розрахованими значеннями крутного моменту і частоти обертання, враховуючи інші вимоги до механіки і умови експлуатації та навколишнього середовища, можна визначити відповідний електродвигун.

Литература

1. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання: Навчальний посібник/ І.М. Голодний, Ю.М. Лавріненко, М.В. Синявський та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2012. – 513 с.

2. Кулиниченко Г.В. Оценка характеристик мехатронного модуля на базе шагового двигателя / Г.В. Кулиниченко, В.А. Багута, А.Г. Коробов // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків, 2013. – №51(1024). – С. 43 - 53.

3. Акимов Л.В. Автоматизированный электропривод: элементы, теория, системы управления. 3000 вопросов и ответов для самостоятельного обучения и контроля знаний: учеб. пособие для студентов вузов / Л. В. Акимов, П. А. Качанов, А. Н. Черенов ; Нац. техн. ун-т «Харьк. политехн. ин-т«. – Х.: Підручник НТУ «ХПІ», 2011. – 532 с.

Аннотация

Оценка характеристик электродвигателей для индивидуального привода высевающих аппаратов

М.Л. Лисиченко, М.Ю. Середин

В статье проведен анализ исследований и публикаций в научно-технической литературе существующих проблем при использовании сельскохозяйственных посевных машин в технологии обработки пропашных культур. В ходе проведения исследования рассмотрены вопросы повышения эффективности использования сельскохозяйственной техники при проведении основных операций в системах точного высева по использованию индивидуального электрического привода высеивающих аппаратов или механизмов. Перспективным направлением развития высевающих машин является применение электродвигателей переменного тока для индивидуального привода высевающего аппарата. Электрические двигатели имеют лучшие эксплуатационно-экономические и качественных характеристики при работе с высевающих аппаратом при сравнении с использованием вала отбора мощности для группового привода исполнительных механизмов. В качестве основных вариантов электрического привода были рассмотрены двигатели постоянного тока с независимым или параллельным возбуждением, трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором с управлением ориентированным полем, трехфазные двигатели с постоянными магнитами и шаговые двигатели. Для первичной оценки эксплуатационно-экономических и качественных характеристик при работе с высевающих аппаратом проанализированы механические и нагрузочные характеристики рассматриваемых электрических приводов. После анализа характеристик приводов оказалось, что более целесообразно использовать трехфазные двигатели с постоянными магнитами или шаговые двигатели.

Также приведено структурную схему управления трехфазным синхронным электродвигателем с постоянными ниодимовый магнитами в цепи ротора с использованием трехконтурная системы управления с подчиненным регулирования выходных параметров, которая удовлетворяет требованиям рабочего механизма. На основе полученных данных поставлен задачи для проведения дальнейших исследований для выбора электродвигателя привода высеивающих аппарата системы управления и питания.

Ключевые слова*: электропривод, высевающий аппарат, механическая характеристика, сервопривод, система управления, нагрузка*

Abstract

Assessment of characteristics electric motors for the individual drives sowing apparatus

M.L. Lisichenko, M.Yu. Seredin

In article the analysis of researches and publications in scientific and technical literature of the existing problems when using farm sowing vehicles has been carried out to technologies of handling the of row-crop cultures. During a research questions of increase in efficiency of use agricultural machinery when carrying out the main transactions in exact seeding systems on use of the individual electric drive of the sowing devices or mechanisms have been considered. Use of alternating-current motor for the individual sowing drive device is the development direction perspective of sowing machines. Electric motors have the best operational and economic and quality characteristics during the work from the executive mechanisms sowing the device when comparing with use of a selection capacity shaft for the group drive. As the main versions of the electric drive motors of a direct current with independent or parallel excitement, three-phase asynchronous motors with a short-circuited rotor with management of the oriented field, three-phase engines with permanent magnets and step motors have been considered.

For primary operational assessment and economic and quality characteristics during the work with sowing the device mechanical and load characteristics of the considered electric drives have been analysed. After the analysis of drives characteristics it turned out that it is more reasonable to use three-phase engines with permanent magnets or step motors. Also the block diagram of control of the three-phase synchronous electric motor with constants neodymium magnets has been provided in a rotor chain with use three-planimetric management systems with the regulation subordinate of output parameters. It conformed to requirements of the working mechanism. On the basis of the obtained data were set tasks for carrying out further researches of the electric motor choice of the drive of the sowing devices of a management system and food.

Keywords*: electric drive, the sowing machine, the mechanical characteristics, the servo system of councils-ment, the voltage.*

Представлено від редакції: О.Ю. Сергієнко / Presented on editorial: O.Yu. Sergiyenko
Рецензент: О.М. Піскрьов / Reviewer: O.M. Piskar'ov
Подано до редакції / Received: 11.10.2016

© М.Л. Лисиченко, М.Ю. Середин, 2016
© M.L. Lisichenko, M.Yu. Seredin, 2016