

УДК 621.314.58

МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ МАШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ЕЛЕКТРОТРАНСМІСІЄЮ ТА КОМБІНОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ

А.К.Шидловський, академік НАН України, **В.Б.Павлов**, докт.техн.наук, **М.В.Третяк**,
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Розглянуто різні аспекти підвищення ефективності сільськогосподарських машин як з точки зору раціонального використання енергії, так і в напрямку розподілу силових потоків по агрегатах. Відзначено, що застосування електротрансмисії дає низку позитивних результатів при експлуатації сільськогосподарських машин, як з боку ергономіки, так і на шляху скорочення витрат пального. У той же час показано, що застосування комбінованих систем енергоживлення дозволяє підвищити ефективність сільськогосподарських машин та знизити експлуатаційні енерговитрати. Бібл. 4, рис. 1.

Ключові слова: електротрансмисія, комбінована система енергоживлення, сільськогосподарська машина.

Сільське господарство є однією з пріоритетних галузей економіки України. Зростаючий світовий попит на сільськогосподарську (с/г) продукцію підвищує роль України як аграрної держави на міжнародних ринках. Рентабельність сільськогосподарської продукції суттєво залежить від раціональної витрати енергії на проведення польових робіт. Одними з найбільш поширених засобів мобільної енергетики є трактори потужністю від 100 до 500 к.с. Тому провідні світові тракторобудівні фірми проводять інтенсивні науково-пошукові роботи щодо узгодження режимів роботи джерела енергії – двигуна внутрішнього згорання зі споживачем – комплексом сільськогосподарських знарядь. Останні світові досягнення з розробки електричних компонентів з високим ККД перетворення енергії є підставою для створення нового покоління сільськогосподарських машино-транспортних агрегатів з автоматичною електромеханічною трансмісією і гібридною енергоустановкою [1].

Підвищення ефективності таких сільськогосподарських машин може здійснюватися по двох напрямках: застосування електротрансмисії і впровадження комбінованих систем енергоживлення.

У сучасних сільськогосподарських машинах для передачі енергії до робочого органу використовуються, в основному, механічні та гідравлічні трансмісії, які мають ряд недоліків (велика кількість механічних з'єднань, невисокий ККД). У той же час застосування електричної трансмісії в тракторах має багато переваг. Особливо це стосується потужних, енергонасичених тракторів, у яких звичайна механічна трансмісія складна і дорога, особливо у виробництві. Наприклад, коробка передач, число яких у потужних тракторах доходить до декількох десятків! Не менш складним є керування трактором при наявності такої кількості передач. Електромеханічна трансмісія повністю вирішує цю проблему, оскільки в цьому випадку в наявності є лише два режими роботи (дві передачі): робочий і транспортний [2]. Застосування електромеханічної трансмісії дозволяє: зменшити буксування коліс, знизити витрату палива на одиницю виконаної роботи (до 30%); знизити експлуатаційні витрати на технічне обслуговування, ремонт і видаткові матеріали; проводити роботу з високим ККД у всьому діапазоні швидкостей руху; утримувати трактор на підйомі та спуску; переміщення трактора на задану малу відстань; ефективно керування режимами роботи дизеля в залежності від споживаної потужності; знизити динамічні навантаження на вузли трактора і дизеля; забезпечити безступінчасте регулювання швидкості агрегату; поліпшити техніко-економічні показники та підвищити надійність роботи трактора у цілому.

Слід також зазначити, що крім вказаних вище позитивних якостей електротрансмисія дозволяє створити розподілену модифікацію тягових механізмів, так звану модульну конструкцію. За цією концепцією сільськогосподарська машина складається із двох основних частин – ведучого модуля потужністю приблизно 100 кВт і робочого – потужністю, наприклад, 200 кВт. Обидва можуть працювати одночасно або окремо. Основне керування машиною може здійснюватися за допомогою електроприводів [3]. В автомобільному транспорті більш широкого застосування набувають комбіновані системи енергоживлення, які складаються з декількох джерел енергії. З аналізу багатьох альтернативних варіантів випливає, що реальною можливістю для створення екологічно чистого (або, принаймні, такого, що мало забруднює нав-

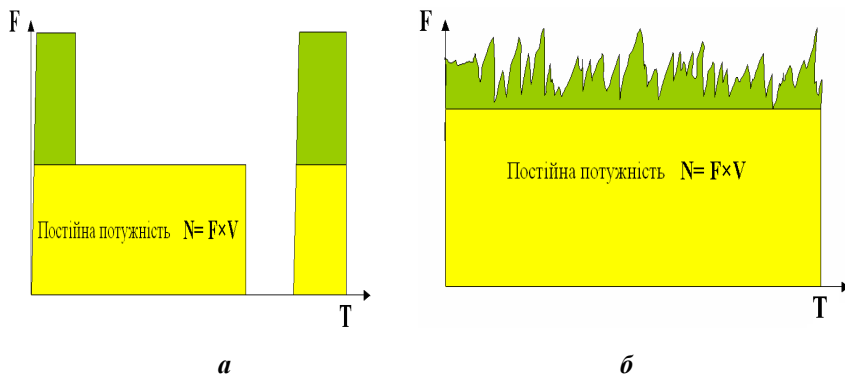
колишнє середовище) конкурентоспроможного транспортного засобу є використання комбінованої енергоустановки на базі двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), генератора, тягового електропривода з буферним накопичувачем.

У комбінованих енергоустановках є можливість об'єднати позитивні властивості окремих джерел: високу питому енергію джерела енергії ДВЗ і високу питому потужність буферного джерела.

Пріоритетними є комбіновані енергоустановки (КЕУ) з тепловими двигунами, а у перспективі – енергоустановки на основі паливних елементів. Доцільність використання КЕУ обумовлена великою різницею середньої та пікової потужностей, необхідних для руху (відношення потужностей 1:5 і вище), та значною відмінністю питомих показників енергії і потужності наявних джерел.

Важливими факторами зниження витрат палива є можливість рекуперації енергії гальмування замість її теплового розсіювання та робота ДВЗ у стаціонарному економічному режимі, що так само значно знижує токсичні викиди у вихлопі дизеля.

Сьогодні роботи зі створення міських транспортних систем великої потужності набули за кордоном досить інтенсивного розвитку. Створено і експлуатуються гібридні автобуси: MAN Lions City, ISE transit bus, Elk grove та ін. Бурхливий розвиток у світі гібридних транспортних засобів і перспективи їхнього розвитку повною мірою дають підставу створювати машини сільськогосподарського призначення з високими техніко-економічними показниками, отриманими завдяки застосуванню комбінованих систем енергоживлення. У той же час аналіз навантажувальних характеристик автомобіля і сільськогосподарської машини (наприклад, трактора) показує істотну відмінність як за рівнем споживаної енергії, так і за тимчасовим циклом руху.



У той час як в автомобілі істотні витрати енергії припадають на стоп-стартні режими (рис. 1, а), які у міському циклі руху найбільш властиві електромобілям, технологічний цикл руху сільськогосподарських машин (оранка ґрунту) вимагає постійного середнього навантаження двигуна з різкими періодичними сплесками до максимальної потужності на всьому періоді руху

(рис. 1, б). Природно, що такий характер навантаження вимагає дещо іншого підходу при створенні комбінованої системи енергоживлення с/г машин у порівнянні з автомобільним транспортом.

На відміну від гібридного автомобіля, де електропривод включається в основному при старті (що суттєво знижує навантаження на ДВЗ у стоп-стартних режимах) і при навантажених режимах руху, коли електропривод працює разом із ДВЗ, у гібридній системі с/г трактора необхідно покривати екстремуми навантаження набагато частіше, тобто протягом усього технологічного циклу.

Зазначена проблема може вирішуватися різними шляхами: використанням ДВЗ максимальної потужності, що покриває екстремальні навантаження, які мають місце у цей час; використанням ДВЗ меншої потужності, рівної середньому значенню навантаження на машину, а максимальні навантаження долаються за допомогою маховичного накопичувача; застосуванням гібридної системи з електроприводом, тобто ДВЗ вибирається за середнім значенням навантаження, а електропривод з тяговою акумуляторною батареєю покриває максимальні значення.

У першому випадку завищена потужність ДВЗ призводить до підвищеної витрати палива, у другому – витрата палива може бути знижена, проте установка маховичного накопичувача, як показала практика, вимагає досить складних конструктивних рішень. Так, одержання позитивних результатів можна досягти при виконанні маховика, що обертається у вакуумі, з композиційних матеріалів на підшипниках з магнітним підвісом. Якщо врахувати при цьому необхідність передачі енергії від маховика, що обертається зі швидкістю кілька десятків тисяч обертів за хвилину, до колеса трактора, то стають зрозумілими труднощі реалізації такого напрямку в приводі сільськогосподарських машин. На думку авторів найбільш раціональним є створення комбінованої системи енергоживлення з електроприводом і електрохімічними джерелами (акумуляторною батареєю, електрохімічним генератором, суперконденсатором) або паливним елементом.

Це можливо аргументувати, насамперед, наявністю певного досвіду у світовій практиці щодо впровадження автономних транспортних засобів з комбінованими установками енергоживлення. Отримані результати по економії органічного палива і зниженню шкідливих викидів в атмосферу підтверджуються все більшим поширенням гібридних електромобілів, і ця тенденція продовжує наростати. Тим більше, у застосуванні до с/г машин (до трактора, наприклад) у цьому випадку здійснюється комбінація електротрансмісії (з її позитивними якостями) і комбінованої енергоустановки, що дозволяє ще більше підвищити експлуатаційні характеристики такої техніки, і, в першу чергу, знизити споживання органічного палива [4].

В ІЕД НАН України накопичено досвід створення електроустаткування електромобілів, у тому числі й комбінованих систем енергоживлення. На наш погляд, для того, щоб підійти до створення ефективних систем енергоживлення с/г машин, необхідно провести низку досліджень і розробок: обґрунтувати найбільш прийнятну структуру гібридної установки – послідовну або паралельну (і для яких типів машин); проаналізувати режими роботи ДВЗ і електроустаткування для обох структурних схем; виконати порівняльний аналіз по ККД різних тягових електродвигунів і напівпровідникових перетворювачів; провести аналіз можливих накопичувачів енергії й порівняння їхніх масогабаритних, вартісних і експлуатаційних показників; розробити методи визначення енергетичних характеристик комбінованої системи енергоживлення сільськогосподарських машин з електротрансмісією для різних технологічних призначень.

Для вирішення зазначених питань доцільно провести подальші дослідження у цьому напрямку.

1. Ксеневиц И.П., Изосимов Д.Б. Идеология проектирования электромеханических систем для гибридной мобильной техники // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – №1. – С. 17–23.
2. Ключников А.Т., Коротаев А.Д., Лобов Н.В., Артемьев Ю.Н. Мощности и скорости в электромеханической системе типа гибридная силовая установка автомобиля // Электротехника. – 2010. – №10. – С. 48–52.
3. Флорентцев С.Н. Опыт разработки и внедрения тягового электрооборудования электромеханических трансмиссий транспортных средств // Техн. электродинамика. Тем. выпуск «Силовая электроника та енергоефективність». – 2010. – Ч.1. – С. 12–17.
4. Шидловский А.К., Павлов В.Б., Юрченко О.Н. Гибридный электромобиль // Техн. электродинамика. Тем. выпуск «Силовая электроника та енергоефективність». – 2001. – Ч.2. – С. 21–28.

УДК.621.314.58

Возможности создания машин сельскохозяйственного назначения с электротрансмиссией и комбинированными системами энергопитания

А.К.Шидловский, академик НАН Украины, В.Б.Павлов, докт.техн.наук, М.В.Третьяк, Институт электродинамики НАН Украины, пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

Рассмотрены различные аспекты повышения эффективности сельскохозяйственных машин как с точки зрения рационального использования энергии, так и в направлении распределения силовых потоков по агрегатам. Отмечено, что применение электротрансмиссии дает ряд положительных результатов при эксплуатации сельскохозяйственных машин как со стороны эргономики, так и на пути сокращения потребления топлива. В то же время показано, что применение комбинированных систем энергопитания позволяет повысить эффективность сельскохозяйственных машин и снизить эксплуатационные энергозатраты. Библ. 4, рис. 1.

Ключевые слова: электротрансмиссия, комбинированная система энергопитания, сельскохозяйственная машина.

The possibility of creating vehicles for agricultural purposes with the electric transmission systems and combo power supply

A.K.Shydlovskiy, V.B.Pavlov, M.V.Tretiak, Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine, Peremogy pr., 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

Various aspects of improving the efficiency of agricultural machinery, both in terms of energy management and in the direction of power distribution to assemblies. It is noted that the use of electric transmission has a number of positive results in the operation of agricultural machinery as part of ergonomics, and on ways to reduce fuel consumption. At the same time it is shown that the use of combined systems of energy supply can improve the efficiency of agricultural machinery and reduce operating energy costs. References 4, figures 1.

Keywords: electric transmission, the combined system of energy supply, agricultural machine.

1. Ksenevich I.P., Izosimov D.B. The ideology of the design of electromechanical systems for hybrid mobile technology // Тракторы і селс্কохозіаіственные машіны. – 2007. – №1. – Pp. 17–23. (Rus)
2. Kliuchnikov A.T., Korotaev A.D., Lobov N.V., Artemev Yu.N. Power and speed of the electromechanical system of the type hybrid propulsion system of car // Elektrotekhnikа. – 2010. – №10. – Pp. 48–52. (Rus)
3. Florentsev S.N. Experience in the development and implementation of traction electric electromechanical transmission vehicles // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk «Sylova elektronika ta energoefektyvnist». – 2010. – Vol.1. – Pp. 12–17. (Rus)
4. Shidlovskii A.K., Pavlov V.B., Yurchenko O.N. Hybrid electric car // Tekhnichna elektrodynamika. Tematychnyi vypusk «Sylova elektronika ta energoefektyvnist». – 2001. – Vol.2. – Pp. 21–28. (Rus)

Надійшла 11.07.2011
Received 11.07.2011