

УНІВЕРСАЛЬНА МОДЕЛЬ ГІБРИДНОГО ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ (ТТЗ) СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М.В.Третяк

**Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.**

E-mail: mobil99@ukr.net

У роботі розглянуто можливість дослідження електромагнітних процесів, що відбуваються у електромеханічній трансмісії під час обробки ґрунту за допомогою універсальної моделі руху машинно-тракторного агрегату. Було промодельовано різні типи тягових електричних машин та проведено порівняльний аналіз діапазону коливання обертів двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), його потужності та питомого споживання палива електротрансмісії відносно механічної передачі. На базі універсальної моделі електротрансмісії побудовано модель машинно-тракторного агрегату з комбінованим джерелом енергоживлення та показано позитивний ефект від використання накопичувача енергії (акумуляторної батареї). Проведено порівняння результатів моделювання з експериментальними даними і підтверджено адекватність результатів моделювання. Бібл. 4., табл. 4, рис. 4.

Ключові слова: електромеханічна трансмісія, сільськогосподарська техніка, моделювання.

У сучасних сільськогосподарських машинах для передачі енергії до робочого органу використовуються переважно механічні і гідравлічні трансмісії, які мають суттєві недоліки (велика кількість механічних з'єднань, невисокий ККД і т.ін.). У той же час застосування електротрансмісії має багато переваг. Особливо це стосується потужних, енергонасичених тракторів, в яких звичайна механічна трансмісія з великою кількістю передач – складна і дорога. Не менш складним є і керування такою трансмісією. Застосування електромеханічної трансмісії дозволяє: покращити техніко-економічні показники трактора, знизити динамічні навантаження на вузли трактора і дизеля, зменшити буксування коліс, знизити витрату палива на одиницю виконаної роботи, забезпечити безступінчасте регулювання швидкості агрегату, знизити експлуатаційні витрати на технічне обслуговування і ремонт, підвищити надійність трактора у цілому. Як додаткові переваги варто відзначити всього два режими роботи (поле або дорога), можливість роботи з високим ККД у всьому діапазоні швидкостей руху, ефективне управління режимами роботи дизеля в залежності від споживаної потужності, наявність режимів електрогальмування, системи утримання трактора на ухилі, можливість точного переміщення на задану малу відстань [1,2].

Підвищення економічності (зниження витрати органічного пального) в результаті застосування електромеханічної трансмісії обумовлено багатьма перерахованими вище факторами, найчастіше залежними від, так званого, «людського фактора», так, наприклад, не завжди може бути правильно вибрано ступінь коробки передач, число яких може доходити до 100 на важких тракторах, буксування коліс, правильний вибір швидкості руху і т.п.

Метою даної роботи є вирішення питання зниження споживання палива, яке заощаджується за рахунок оптимізації роботи (стабілізації оборотів) ДВЗ гібридної системи енергоживлення у порівнянні з механічною.

Фізичні особливості ґрунту, обумовлені його неоднорідністю, викликають нерівномірний момент опору при його обробці ґрунтообробним знаряддям. При підведенні до двигуна постійної потужності ми отримуємо коливання швидкості машинно-тракторного агрегату (МТА). Через те, що двигун має прямий кінематичний зв'язок з рушієм (колесо, гусениця), зміна швидкості руху трактора викликає зміну частоти обертання ДВЗ, а це, в свою чергу, викликає зміну потужності. Застосування електротрансмісії дає можливість збереження постійних обертів ДВЗ, при цьому тяговий електродвигун (ТЕД) буде реагувати на зміну навантаження зміною своїх обертів [3].

Спираючися на цей принцип, для вирішення поставленого завдання було побудовано математичну модель, яка містить ДВЗ та механічну передачу. Для кожного елемента системи введені всі необхідні для розрахунків характеристики (момент інерції, індуктивність, електричний опір і т.ін.). Сумарний момент сил опору руху агрегату M_c задається за допомогою формули опору руху тягового засобу з додаванням псевдовипадкового процесу, який описаний п'ятьма синусоїдами

$$M_c = \frac{r}{i\eta} \left[v_1 + v_2 \left(\frac{r}{t} \varphi_3 \right)^2 + v_3 \sin(v_4 t) + v_5 \sin(v_6 t) + v_7 \sin(v_8 t) + v_9 \sin(v_{10} t) + v_{11} \sin(v_{12} t) \right],$$

де r – радіус кочення ведучих коліс; i – передатне число трансмісії; η – ККД трактора; φ – кут повороту колеса; v_1-v_{12} – коефіцієнти визначаються для конкретного МТА в залежності від його-го тягового класу [4].

Модель реалізована в середовищі Matlab Simulink і показана на рис. 1. Прототипом для даної моделі є трактор Т-150К потужністю 150 к.с.

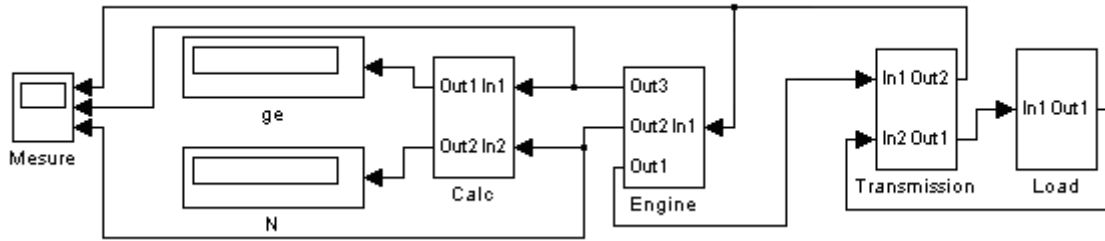


Рис. 1

У представленій моделі блок Engine моделює роботу ДВЗ, блок Transmission – роботу механічних елементів трансмісії, блок Load задає момент опору руху МТА, блок Calc – вираховує середні значення, блок Measure – формує графіки. Порівняння результатів моделювання з даними прототипу, наведеними в [5], представлено в табл. 1. Виходячи з того, що розбіжність у даних незначна, модель можна вважати адекватною.

Таблиця 1

Параметр	Прото-тип	Модель
Оберти номінальної потужності (об/хв)	2005	2050
Максимальна потужність (кВт)	151	146,6
Середнє питоме споживання палива (г/к.с.*г)	185	186,5
Годинне споживання палива (кг/г)	27,9	27,3

На базі моделі з механічною трансмісією побудовано універсальну модель електромеханічної трансмісії тягово-транспортного засобу сільсько-господарського призначення (рис. 2).

До силового електрообладнання (СЕ) у даній моделі належать:

генератор зі стабілізатором ви-хідної напруги, тяговий електродвигун та система керування ним.

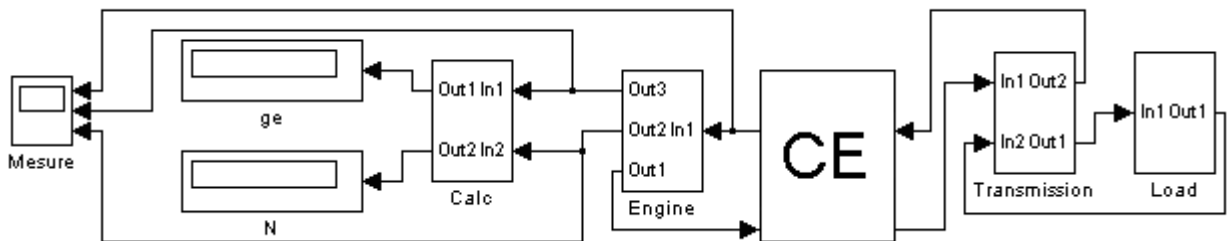


Рис. 2

Таблиця 2

Двигуни	Генератори	
	Постійного струму	Синхронні
Постійного струму	+	+
Асинхронні	-	+
Вентильні на постійних магнітах	+	+

Ця модель розглядалась у варіантах із застосуванням електромашин різних типів і потужностей у поєднаннях, наведених у табл. 2. Параметри електричних машин, за якими проводилися розрахунки, наведено у табл. 3.

Варто відзначити, що для правильного виконання с/г робіт МТА повинен дотримуватися певної технологічної швидкості руху. Однак застосування електромеханічної трансмісії в режимі постійної швидкості викликає коливання потужності, яка споживається від ДВЗ, що призводить до підвищених витрат палива. Ця проблема вирішується завдяки використанню комбінованої системи енергоживлення із застосуванням електрохімічного накопичувача енергії (акумулятора), який дозволяє енергетично погодити режими роботи ДВС і ТЕД.

Для переходу до моделі ТТЗ з гібридною енергоустановкою в систему було включено акумуляторну батарею (рис. 3).

Результати моделювання підтверджено даними експериментальних досліджень, що були проведені на дослідному зразку, побудованому на базі самохідного шасі с/г призначення з дизель-генераторною установкою потужністю 35 кВт.

Таблиця 3

Тяговий клас	Тип двигуна (генератора)	Потужність	Номинал. оберти, об/хв	Напру-га, В
0,6	Д-21-А2	20 к.с.	2050	--
	ПТ-125	15 кВт	2500	120
	ПТ-125	15 кВт	2500	120
1,4	Д50	54 к.с.	1980	--
	ТЕ022	40 кВт	1750	300
	4ПН250	35 кВт	1500	230
3,0	СМД-60	150 к.с.	2005	--
	6-А1-2943гN	110 кВт	1750	500
	РЕ13211-35В-500	25 кВт	1000	500
	М 250 М-4	110 кВт	1470	380
	4-ПН	100 кВт	1750	500
	СГС-100/6	100 кВт	1500	500

Порівняння результатів моделювання та експерименту показано на рис. 4 та у табл. 4.

З наведених графіків видно, що завдяки застосуванню електромеханічної трансмісії коливання обертів та потужності ДВЗ значно зменшилися порівняно з механічною, що призвело до зменшення споживання палива. Дані табл. 4 свідчать, що годинна витрата органічного палива в електромеханічній та гібридній системах приблизно знизилася відповідно на 11% та 21% у порівнянні з механічною трансмісією.

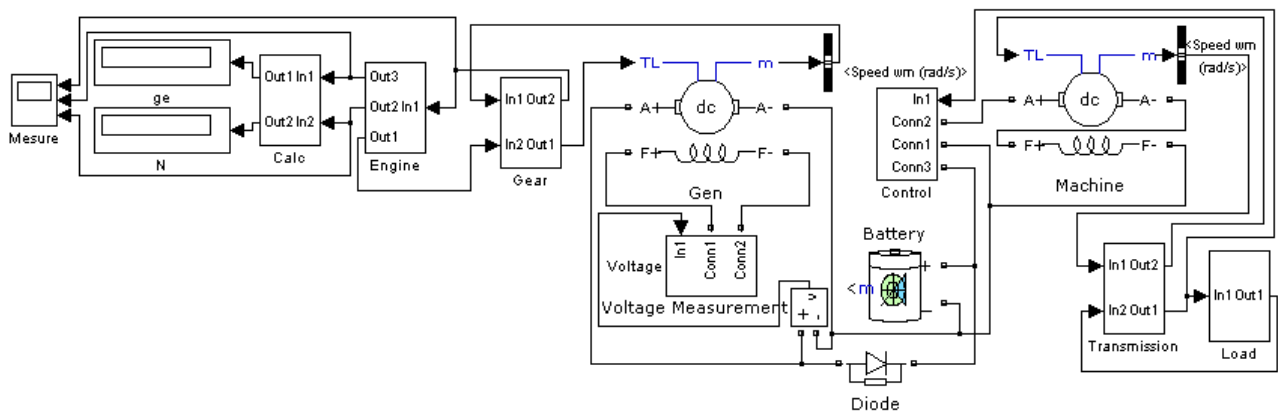


Рис. 3

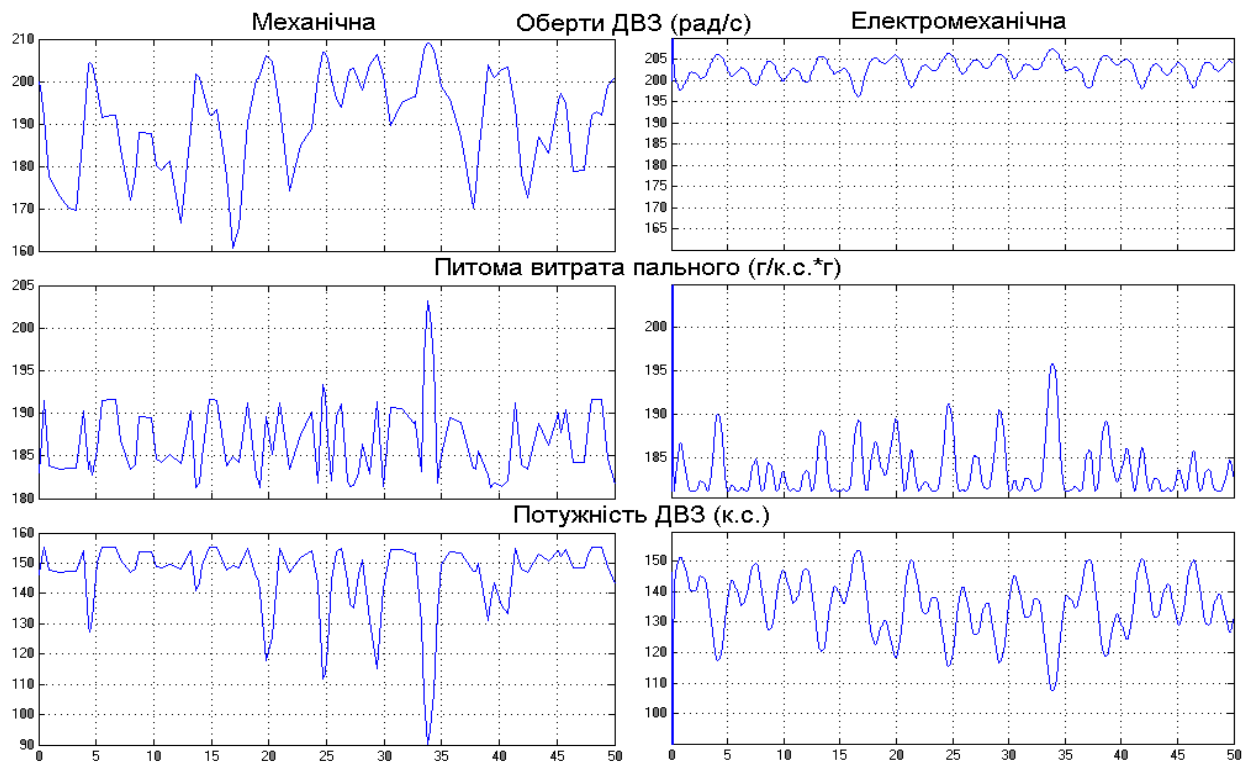


Рис. 4

Таблиця 4

Параметр		Механічна	Електро- механічна	Комбі- нована
Середнє питоме споживання палива (г/к.с.*г)	Експеримент	214	203	195
	Модель	207	200	190
Годинне спо- живання палива (кг/г)	Експеримент	4,3	3,9	3,4
	Модель	4,2	3,7	3,2

Таким чином результати розрахунків на універсальній моделі, які підтверджені експериментальними дослідженнями, дають можливість зазначити, що розроблена модель дозволяє досліджувати електромагнітні процеси, які відбуваються у вузлах електро-

механічної трансмісії під час виконання ґрунтообробних робіт. Крім того надана універсальна модель дозволила визначити кількісний показник споживання палива комбінованою системою енергоживлення у порівнянні з механічною та електромеханічною трансмісіями.

1. Ксеневиц И.П., Ипатов А.А., Изосимов Д.Б. Технологии гибридных автомобилей: состояние и пути развития отечественной автомобильной техники с комбинированными энергоустановками // Мобильная техника. – 2003. – № 2. – С. 78–82; №3. – С. 56–58.

2. Шидловский А.К., Павлов В.Б., Третьяк М.В. Основные направления и критерии повышения общей эффективности автономного электротранспорта // Техн. электродинамика. – 2012. – №3. – С. 109–110.

3. Кутков Г.М. Основы теории трактора и автомобиля. – М.: МГАУ, 1995. – С. 107–109.

4. Третьяк В.М., Оляднічук Р.В., Третьяк М.В. Покращення експлуатаційних характеристик ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів шляхом застосування механічного накопичувача енергії // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2010. – Вип. 94. – С. 299–306.

5. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов. Альбом-справочник. – М.: Россельхозиздат. – 1979. – 240 с.

УДК 621.314

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОГО ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М.В.Третьяк

Институт электродинамики НАН Украины,

пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина, e-mail: mobil99@ukr.net

В работе рассмотрены возможности исследования электромагнитных процессов, которые протекают в электромеханической трансмиссии во время обработки почвы, при помощи универсальной модели движения машино-тракторного агрегата. Были промоделированы различные типы тяговых электрических машин и проведен сравнительный анализ диапазона колебаний оборотов ДВС, его мощности и удельного потребления топлива электротрансмиссии относительно механической передачи. На базе универсальной модели электротрансмиссии построена модель машино-тракторного агрегата с комбинированным источником энергоснабжения и показан положительный эффект от использования накопителя энергии (аккумуляторной батареи). Проведено сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными и подтверждена адекватность результатов моделирования. Библи. 4, табл. 4., рис. 4.

Ключевые слова: электромеханическая трансмиссия, сельскохозяйственная техника, моделирование.

UNIVERSAL MODEL OF HYBRID VEHICLE FOR AGRICULTURAL PURPOSES

M.V.Tretiak

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,

Peremohy pr., 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine. e-mail: mobil99@ukr.net

The paper discusses the possibility of investigating electromagnetic processes in electromechanical transmission during tillage using a universal model of the machine-tractor unit. Were modeled different types of traction electric cars and a comparative analysis of a range of co-fluctuation momentum ICE, its power and specific fuel consumption elektrotransmissiyi relatively mechanical-term transfer. On the basis of universal model elektrotransmissiyi built model cars and tractor aggregation that with the combined power supply and the positive effect of using charger energy (battery). A comparison of simulation results with experimental data and confirmed the adequacy of the modeling results. References 4, tables 4, figures 4.

Key words: electromechanical transmission, agricultural machines, modeling.

1. Ksenevich I.P., Ipatov A.A., Izosimov D.B., Technology of hybrid cars: status and the development of domestic vehicles with combined power plants // Mobilnaia tekhnika. – 2003. – № 2. – Pp. 78–82; № 3. – Pp. 56–58. (Rus)

2. Shidlovskii A.K., Pavlov V.B., Tretiak M.V. Guidelines and criteria for increasing the overall efficiency of the autonomous transport // Tekhnichna elektrodynamika. – 2012. – № 3. – Pp. 109–110. (Rus)

3. Kutkov G.M., Fundamentals of the theory of the tractor and car. – Moskva: Moskovskii gosudarsvennyi avtomobilnyi universitet, 1995. – Pp. 107–109. (Rus)

4. Tretiak V.M., Oliadnichuk R.V., Tretiak M.V. Improving the performance tillage machine-tractor units by applying mechanical energy storage // Mekhanizatsiia i Elektrifikatsiia selskogo khoziaistva. – Vol. 94. – 2010. – Pp. 299–306. (Ukr)

5. Traction of agricultural tractors. Album Directory. – Moskva: Rosselkhozizdat, 1979. – 240. (Rus)

Надійшла 12.02.2013

Received 12.02.2013