

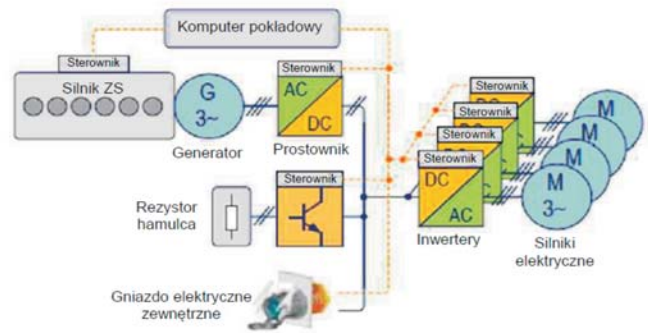
# ELEKTRYCZNE NAPĘDY CIĄGNIKÓW I MASZYN ROLNICZYCH. Część 4

Streszczenie

Dążenie do poprawy wskaźników ekonomicznych, energetycznych i ekologicznych w eksploatacji maszyn rolniczych realizowane jest między innymi przez poszukiwanie nowych rozwiązań w budowie ich układów napędowych. W artykule przedstawiono przegląd rozwiązań elektrycznych układów napędowych ciągników i maszyn rolniczych opracowanych przez producentów i jednostki naukowe oraz opisano tendencje rozwojowe w tej dziedzinie.

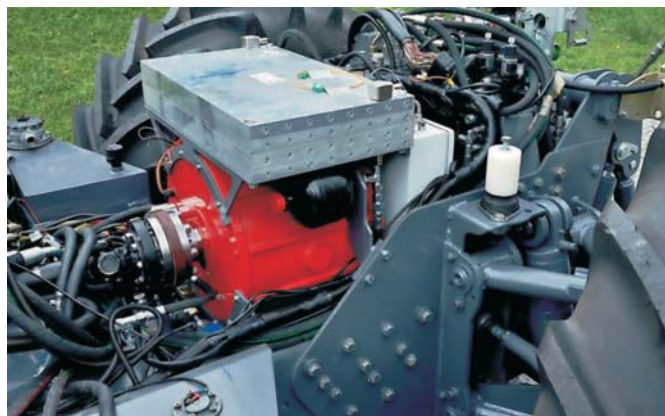
**Słowa kluczowe:** ciągniki rolnicze, maszyny rolnicze, napędy elektryczne, tendencje rozwojowe

Firma Rigitrac Traktorenbau AG wraz z TU Drezno i EAAT Chemnitz zbudowała ciągnik Rigitrac EWD 120 (rys. 1 i 2). Wyposażono go w silnik ZS Deutz TDC 2012 L4 o mocy 91 kW napędzający chłodzony cieczą generator o mocy 85 kW (650 V DC). Na układ jezdy ciągnika składają się cztery skrotne koła na niezależnym hydropneumatycznym zawieszeniu. Każde z kół napędza synchroniczny silnik elektryczny (PMSM) o mocy 33 kW. Zapewniają one bezstopniową regulację prędkości jazdy w zakresie 0-65 km·h<sup>-1</sup>. Rozwiązanie takie umożliwi przekazywanie różnych wartości momentu obrotowego na koła jednej osi. Pozwala to na jazdę z minimalnym poślizgiem w trudnych warunkach terenowych, a na terenie łatwym na optymalizację trakcji. Ciągnik wyposażono w dwa gniazda prądu stałego i przemiennego (AC i DC), mogące zasilać podczas jazdy zewnętrzne narzędzia o mocy do 80 kW [3, 9, 10].



Rys. 2. Schemat układu napędowego ciągnika Rigitrac EWD 120 [9]

Fig. 2. Block diagram of the traction electric equipment set - tractor Rigitrac EWD 120 [9]



Rys. 1. Ciągnik Rigitrac EWD 120 [10]

Fig. 1. Tractor Rigitrac EWD 120 [10]

Włoska firma Merlo opracowała całą rodzinę hybrydowych ładowarek teleskopowych Turbofarmer 40.7 Hybrid, Turbofarmer 42.7 Hybrid i najnowszą Turbofarmer TF 38.10 TT Hybrid o maksymalnym udźwigu 3800 kg i maksymalnej wysokości podnoszenia 9,6 m. Ładowarka Merlo Turbofarmer 42.7 Hybrid (rys. 3 i 4) wyposażona jest w silnik ZS o mocy 56 kW wspomagany przez silnik elektryczny. Układ taki zastępuje stosowany w konwencjonalnych ładowarkach silnik ZS o mocy 100 kW. Maksymalny udźwig tego modelu wynosi 4200 kg, a maksymalna wysokość podnoszenia 7,1 m. Ładowarki mogą pracować w trybach Eco (4 godziny) i w pełni elektrycznym (2 godziny). W trybie Eco silnik spalinowy napędza pompy hydrauliczne zasilające układ wysięgnika i ge-



Rys. 3. Ładowarka teleskopowa Merlo Turbofarmer 42.7 Hybrid [3]

Fig. 3. Telescopic Handler Merlo Turbofarmer 42.7 Hybrid [3]

nerator zasilający silniki układu jezdnego umieszczone w kochach maszyny. Średnie zużycie paliwa ładowarki hybrydowej jest o co najmniej 30% mniejsze w porównaniu ze standardowymi ładowarkami napędzanymi tylko silnikami ZS [3].



Rys. 4. Zespół napędowy ładowarki Merlo Turbofarmer 42.7 Hybrid [3]

Fig. 4. Merlo Turbofarmer 42.7 Hybrid - hybrid drive system [3]

Pierwszymi w pełni elektrycznymi maszynami rolniczymi były ciągniki szczudłowe do pracy na winnicach firm Kremer i Tecnom a oraz ładowarki kołowe opracowane przez firmy Weidemann, Kramer i Giant.

Ciągnik szczudłowy Kremer T4E (rys. 5) wyposażony jest w 4 asynchroniczne elektryczne silniki trakcyjne o mocy 7,5 kW napędzające każde z kół pojazdu. Zasilane są one z akumulatora Li-ion. Silniki umożliwiają jazdę ciągnika z prędkościami w zakresach 0-5, 0-10 i 0-20 km·h<sup>-1</sup> [3].



Rys. 5. Elektryczny ciągnik szczudłowy Kremer T4E [3]

Fig. 5. Kremer T4E - straddle electric tractor [3]



Źródłem napędu ciągnika Tecnom a Voltis (rys. 6) są 4 asynchroniczne silniki elektryczne o mocy 8 kW napędzające każde z kół. Silniki zasilane są z dwóch akumulatorów LiFePO<sub>4</sub> o pojemności 37 kWh. Zapewniają one autonomiczną pracę ciągnika przez 5 do 16 godzin w zależności od rodzaju wykonywanych prac, prędkości jazdy i nachylenia terenu [3].



Rys. 6. Elektryczny ciągnik szczudłowy Tecnom a Voltis [3]

Fig. 6. Tecnom a Voltis - straddle electric tractor [3]

Ładowarka Weidemann 1160 eHoftrac (rys. 7) wyposażona jest w elektryczne silniki: trakcyjny o mocy 6,6 kW oraz do obsługi hydrauliki roboczej maszyny o mocy 9 kW.



Rys. 7. Elektryczna ładowarka kołowa Weidemann 1160 eHoftrac [11]

Fig. 7. Electric wheel loader Weidemann 1160 eHoftrac [11]

Standardowy akumulator ma pojemność 240 Ah i napięcie 48 V. Zespół akumulatorów ma masę około 400 kg. Czas ich ładowania wynosi około 8 godzin. Ponadto istnieje możliwość szybkiej wymiany rozładowanych akumulatorów na w pełni naładowane. Producent określa czas pracy przy intensywnym, bez przerw, użytkowaniu z przeładunkiem ciężkich materiałów na 1,5 godziny. Przy zwykłych czynnościach rolniczych czas pracy wynosi od 2 do 3,5 godziny [11].

Ładowarka elektryczna firmy Kramer eKL 19.5 (rys. 8) zbudowana na platformie modeli KL19.5 ma udźwig 2000 kg. W zależności od sposobu użytkowania i obciążenia może pracować od 2 do 5 godzin. Ładowanie akumulatorów trwa około 8 godzin i możliwe jest bezpośrednio z gniazda 230 V [11].

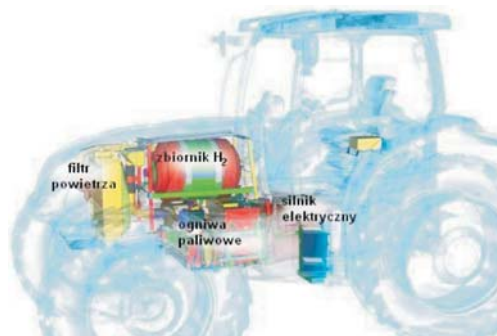


Rys. 8. Elektryczna ładowarka kołowa Kramer eKL19.5 [11]  
Fig. 8. Electric wheel loader Kramer eKL19.5 [11]



Rys. 9. Elektryczna ładowarka Giant Concept ze sterowaniem burtowym [11]  
Fig. 9. Electric wheel loader Giant Concept [11]

W wiele nowatorskich rozwiązań układu napędowego wyposażony jest, zaprojektowany przez firmę New Holland, ciągnik NH<sub>2</sub> (rys. 10) [2, 3, 4] zasilany energią elektryczną wytworzoną w ogniach paliwowych, dla których paliwem jest wodór. Zbudowany w 2011 roku i przetestowany podczas prac polowych prototyp jest rozwiniętą konstrukcją wcześniejszego modelu koncepcyjnego. Ciągnik NH<sub>2</sub> zbudowany na bazie modelu T6.140 wyposażono w ogniwa paliwowe o mocy 100 kW. Jeden z silników elektrycznych zapewnia napęd układu jezdny, a drugi WOM i układów pomocniczych. Każdy z nich ma moc 100 kW i ciągły moment obrotowy wynoszący 950 Nm. Sprawność silników przy maksymalnej mocy wyjściowej wynosi około 96%.



Rys. 10. Widok i schemat rozmieszczenia układów ciągnika New Holland NH<sub>2</sub> [3]  
Fig. 10. View and diagram of units' arrangement in tractor New Holland NH<sub>2</sub> [3]

Zbiornik mogący pomieścić 8,2 kg wodoru pod ciśnieniem 350 bar zapewnia do 3 godzin autonomicznej pracy. Ciągnik wyposażony w nową przekładnię bezstopniową może rozwijać prędkość do 50 km·h<sup>-1</sup>, a jego układ hydrauliczny zapewnia wydatek oleju do 113 dm<sup>3</sup>·min. Najistotniejszym parametrem ekologicznym ciągnika NH<sub>2</sub> jest zerowa emisja zanieczyszczeń w trakcie użytkowania.

Inny perspektywiczny projekt zwany SAPHT (*Solar Assist Plug-in Hybrid Electric Tractor*) (rys. 11) wykorzystuje do



Rys. 11. Model ciągnika elektrycznego zbudowany w ramach projektu SAPHT [5]  
Fig. 11. Model of electric tractor developed within SAPHT project [5]

napędu ciągnika energię elektryczną wytwarzaną przez ogniwa fotowoltaiczne stanowiące wyposażenie ciągnika [5, 6]. Na obecnym etapie badań dostarczają one około 18% dobowego zapotrzebowania na energię, a pozostała, magazynowana w akumulatorach, dostarczana jest z sieci. Również w tym przypadku zerowa emisja związków toksycznych spalin w trakcie użytkowania jest jednym z najistotniejszych parametrów przemawiających za rozwijaniem tego rozwiązania.

## Podsumowanie

Przedstawione przykłady elektrycznych układów napędowych ciągników i maszyn rolniczych oraz rosnąca z każdym rokiem ich liczba wskazują na wzrastające zainteresowanie producentów i użytkowników takim rodzajem zasilania zespołów napędowych, jako sposobem ograniczenia emisji zanieczyszczeń z gazów spalinowych i zmniejszenia zużycia paliwa. Elektryczne napędy zapewniają ponadto wysoką sprawność - około 90%, podczas gdy hydrauliczne tylko do 75%. Pozwalają również ograniczyć emisję ciepła i hałasu występującą w napędach hydraulicznych i mechanicznych. Silniki elektryczne zapewniają maksymalny moment obrotowy już w chwili rozruchu i pozwalają na precyzyjną regulację prędkości obrotowej [1, 2, 4, 7, 8]. Są to własności bardzo pożądane przez użytkowników maszyn rolniczych, a szczególnie tych stosujących technologię rolnictwa precyzyjnego. Na podstawie dotychczasowych prac nad mobilnymi napędami elektrycznymi w ciągnikach i maszynach rolniczych można stwierdzić, że ich dalszy rozwój i upowszechnienie jest ściśle związane oraz w dużym stopniu uzależnione od opracowania i wpro-

wienia do produkcji nowych rozwiązań komponentów stanowiących elementy składowe elektrycznych układów napędowych. Głównymi cechami, jakimi powinny się one charakteryzować, są duża sprawność i mała masa.

## Bibliografia


- [1] Buning E.: Electric drives in agricultural machinery. An approach from the tractor side. Club of Bologna - 13.11.2010.
- [2] Cieślowski B.: Kierunki badań i najnowsze trendy rozwojowe w konstrukcji ciągników rolniczych. Ekspertyza AgEngPol, Kraków, 2011.
- [3] Materiały firm: Kremer, Merlo, New Holland, Rigitrac, Tecnomat.
- [4] Merksiz J.: Tendencje rozwojowe silników spalinowych maszyn i agregatów rolniczych. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2010, 2.
- [5] Mousazadeh H., Keyhani A., Javadi A., Mobli H., Abrinia K., Sharifi A.: Optimal power and energy modeling and range evaluation of a Solar Assist Plug-in Hybrid Electric Tractor (SAPHT). Transactions of the ASABE, 2010, 4.
- [6] Mousazadeh H., Keyhani A., Javadi A., Mobli H., Abrinia K., Sharifi A.: Life-cycle assessment of a Solar Assist Plug-in Hybrid electric Tractor (SAPHT) in comparison with a conventional tractor. Energy Conversion and Management, 2011, 3.
- [7] Mu/kw: Napęd hybrydowy wkracza do rolnictwa. Agromechanika, 2011, 11.
- [8] Onnen M.: Coming Soon: Tractor Electrification. Resource, 2011, 9-10.
- [9] Osinenko P.: Optimal slip control for tractors with feedback of drive torque. Technische Universität Dresden 2014.
- [10] Schmid B.: Elektrischer Radantrieb. Landtechnik, 2011, 21.
- [11] Towpik T.: Elektryczna formuła 1. Rolniczy Przegląd Techniczny, 2016, 1.

## ELECTRIC DRIVELINES FOR TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINERY

### Summary

*The desire to improve economic, energy and ecological indicators in operation of agricultural machinery is realized, among others, by the search for new solutions in the construction of the drivelines. The article presents an overview of solutions of the electric power transmission systems of tractors and agricultural machinery developed by manufacturers and research units as well as describes the development trends in this area.*

**Key words:** agricultural tractors, agricultural machinery, electric drives, development trends



Kazimierz A. Dreszer, Adam P. Dubowski, Tadeusz Pawłowski  
Jan Szczepaniak, Mariusz Szymanek

**NAPĘDY HYDROSTATYCZNE  
W MASZYNACH ROLNICZYCH**

ISBN 978-83-927505-0-5

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT MASZYN ROLNICZYCH  
POZNAŃ 2008

## NAPĘDY HYDROSTATYCZNE W MASZYNACH ROLNICZYCH

Książka adresowana jest do studentów uczelni rolniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawiera wybrane zagadnienia z mechaniki płynów i właściwości cieczy roboczych, opis budowy oraz działania poszczególnych maszyn hydraulicznych. Ponadto przedstawia przykładowe urządzenia hydrauliczne w wybranych maszynach rolniczych, a także diagnostykę układów hydraulicznych.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych  
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31  
tel. +48 61 87 12 200; fax + 48 61 879 32 62;  
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>