

ELEKTRYCZNE NAPĘDY CIĄGNIKÓW I MASZYN ROLNICZYCH. Część 3.

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

Wykorzystując model Arion 650 firma Claas zbudowała ciągnik hybrydowy Claas Arion 650 Hybrid (rys. 1). Jego głównym źródłem napędu jest sześciocyldrowy silnik ZS o pojemności 6,8 dm³ i mocy 129 kW. Napędza on generator (maszyna synchroniczna z magnesami trwałymi) o mocy nominalnej 90 kW (moc maksymalna 120 kW) umieszczony pomiędzy silnikiem spalinowym i przekładnią bezstopniową EQ200 CVT. Drugim źródłem energii ciągnika jest akumulator litowo-jonowy (LiFePO₄) o napięciu znamionowym 635 V i pojemności 5,75 kWh [9].

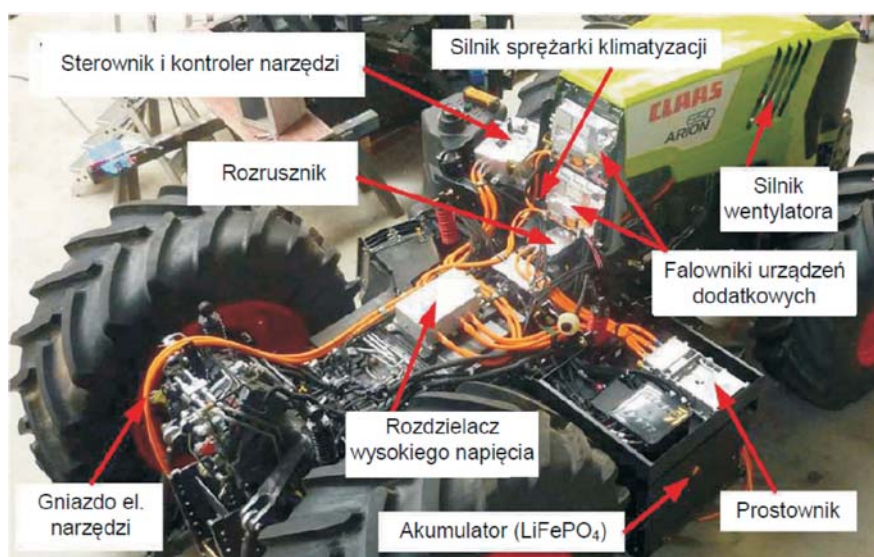
W 2015 roku zbudowano w Holandii Multi Tool Trac (rys. 2 i 3) ciągnik rolniczy (nośnik narzędzi) z hybrydowym układem napędowym. Sześciocyldrowy silnik ZS o mocy 160 kW napędza generator powerMELA-C (rys. 4) o mocy 140 kW. Stanowi on, wraz z akumulatorem litowo-jonowym o pojemności 30 kWh, źródło energii dla wszystkich zespołów ciągnika. Pojemność akumulatora zapewnia półgodzinną autonomiczną pracę maszyny. Ciągnik wyposażony jest w dwuosiowy układ jezdny z czterema kołami skrętnymi. Każde z kół napędzane jest zintegrowanym z nim synchronicznym silnikiem elektrycznym o mocy nominalnej 22 i maksymalnej 44 kW. Rozstaw kół obu osi nośnika może być zmieniany w czasie jazdy w zakresie od 2,25 do 3,25 m. Rozstaw osi wynoszący 5,5 m i wyposażenie w trzy zestawy Tuz i WOM umożliwia agregowanie narzędzi przed, za i między osiami ciągnika. Kabina operatora przemieszczana bezstopniowo wzdłuż ramy

umożliwia bezpośrednią obserwację narzędzia zawieszonoego między osiami maszyny [10].



Rys. 2. Nośnik narzędzi Multi Tool Trac i silnik elektryczny koła [10]

Fig. 2. Tractor Multi Tool Trac and wheels electric motor [10]



Rys. 1. Rozmieszczenie głównych zespołów hybrydowego układu napędowego ciągnika Claas Arion 650 Hybrid [9]
Fig. 1. Tractor Claas Arion 650 Hybrid the hybrid drive system [9]



Rys. 3. Ciągnik Multi Tool Trac z narzędziami [10]
 Fig. 3. Tractor Multi Tool Trac with farming tools [10]



Rys. 4. Generator powerMELA-C o mocy 140 kW firmy Sensor-Technik Wiedemann (SW) [2]
 Fig. 4. Generator powerMELA-C 140 kW [2]

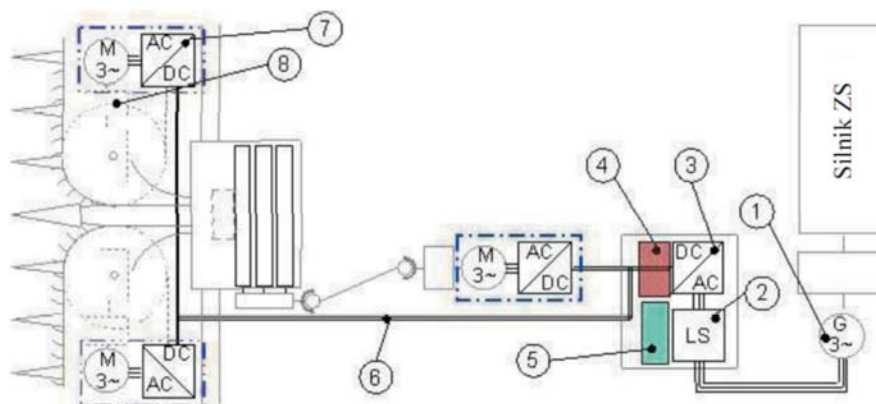
Wyniki projektu MELA zastosowano również podczas budowy prototypu układu napędowego przyrządu tnącego i przenośnika siewkarni polowej Krone Big X 1000 (rys. 5 i 6). Wykorzystując zbudowany prototyp przeprowadzono badania porównawcze konwencjonalnego (hydrostatycznego) układu napędowego z elektrycznym. Energię elektryczną wytwarzał napędzany przez silnik ZS generator (100 kW). Napęd organów roboczych przyrządu tnącego zapewniały dwa silniki elektryczne o mocy 19,8 kW, a przenośnika silnik o mocy 47 kW.

Badania przeprowadzono podczas prac polowych zbiór 100 ha kukurydzy. Wykazały one, że napęd elektryczny zwiększa wydajność energetyczną maszyny o 14-20% przy

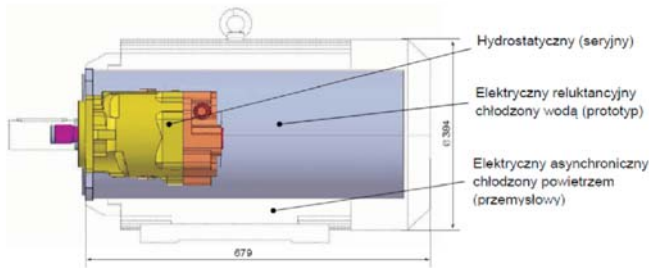
uwzględnieniu typowych dla siewkarni obciążeń dynamicznych (60 do 130% obciążenia nominalnego). Jako niekorzystny odnotowano wzrost masy (sześciokrotny) i gabarytów komponentów układu elektrycznego w porównaniu z hydrostatycznym [3, 4]. Na rys. 7 przedstawiono porównanie wymiarów gabarytowych silników stosowanych w badanej maszynie z przemysłowym elektrycznym silnikiem asynchronicznym [3].



Rys. 6. Silnik elektryczny układu napędowego przyrządu tnącego prototypu siewkarni polowej Krone Big X [6]
 Fig. 6. Electric drive unit for header in a prototype self-propelled forage harvester Krone Big X [6]



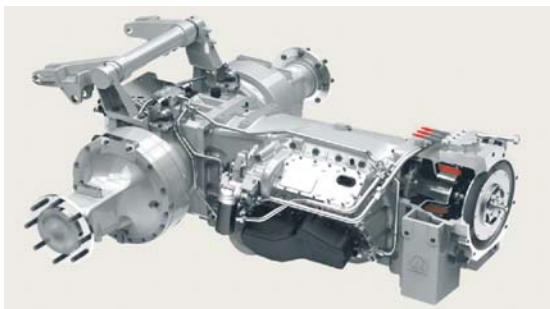
Rys. 5. Elektryczny układ napędowy przyrządu tnącego siewkarni polowej Krone Big X [4]: 1 - generator, 2 - wyłącznik zasilania, 3 - przetwornik AC/DC, 4 - kondensator i rezystor hamulca, 5 - panel sterowania i kontroli bezpieczeństwa, 6 - sieć prądu stałego (400-750 VDC), 7 - zespół napędowy z inwerterem, 8 - przekładnia planetarna
 Fig. 5. Prototype of an electric driveline powering intake and header in a self-propelled forage harvester Krone Big X [4]: 1 - generator, 2 - power switch, 3 - rectifier, 4 - DC link capacitors and brake resistor, 5 - safety and control, 6 - DC link (400-750 VDC), 7 - drive unit with inverter, 8 - planetary gear



Rys. 7. Porównanie gabarytów silników zastosowanych w układzie napędowym przyrządu tnącego prototypu sieczkarni polowej Krone Big X i przemysłowego asynchronicznego silnika elektrycznego [3]

Fig. 7. Dimensions of the hydraulic feed motor and electric alternatives [3]

Innym przykładem wykorzystania energii elektrycznej w układach napędowych pojazdów rolniczych jest system przekazywania mocy ZF Terra+ (rys. 8 i 9). W systemie tym, przeznaczonym do zabudowy w ciągnikach i kombajnach samobieżnych, obudowa skrzyni przekładniowej zintegrowana jest z generatorem energii elektrycznej o mocy 50 lub 70 kW. Przy współpracy ZF Terra+ z akumulatorami Li-Ion krótkotrwałe obciążenia układu napędowego mogą dochodzić do 85 lub 120 kW. Układ taki zastosowano między innymi w prototypowym ciągniku Same Deutz-Fahr Agrottron TTV 630 z silnikiem ZS o mocy 165 kW. W ciągniku tym energia elektryczna z zastosowanego generatora o mocy 50 kW dostępna jest również z gniazd zewnętrznych AC (230 V i 400 V) [1, 5, 7].



Rys. 8. System przekazywania mocy ZF Terra+ ze zintegrowanym generatorem energii elektrycznej [7]

Fig. 8. ZF Terra+ integrated generator module [7]

Kolejnymi przykładami wykorzystania energii elektrycznej do zasilania zespołów silnika spalinowego i ciągnika są projekty realizowane przez firmy Merlo, Minsk Tractor Works (Belarus 3023) oraz Rigitrac Traktorenbau AG. Ciągniki i ła-

warki opracowane w ramach tych projektów są pojazdami z napędem hybrydowym. Nagradzane były one medalami targów Agritechnica w Hanowerze.

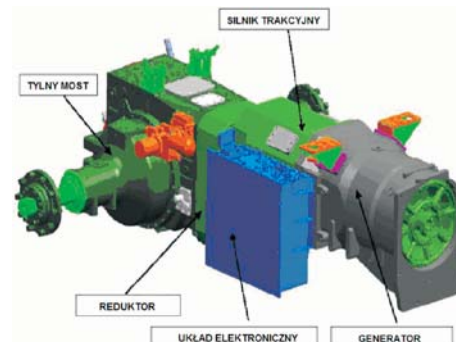
Ciągnik Belarus 3023 (rys. 10) [8] wyposażony jest silnik ZS o mocy 220 kW napędzający generator o mocy 172 kW. Wytworzona energia elektryczna wykorzystywana jest do zasilania elektromechanicznego układu napędowego kół jezdnych, wentylatora chłodnicy cieczy chłodzącej silnik oraz układu napędu przedniego wału odbioru mocy (WOM). Ciągnik posiada również zewnętrzne gniazda 380 V, 50 Hz (rys. 11 i 12).

Zastosowanie elektromechanicznego układu napędowego kół jezdnych zmniejszyło obciążenia dynamiczne ciągnika i silnika spalinowego oraz zmniejszyło poślizg kół. Maksymalny moment obrotowy dostępny jest już przy prędkości 0,1 km·h⁻¹. Uzyskano zmniejszenie zużycia paliwa nawet do 30%, zwiększyła się także niezawodność ciągnika.



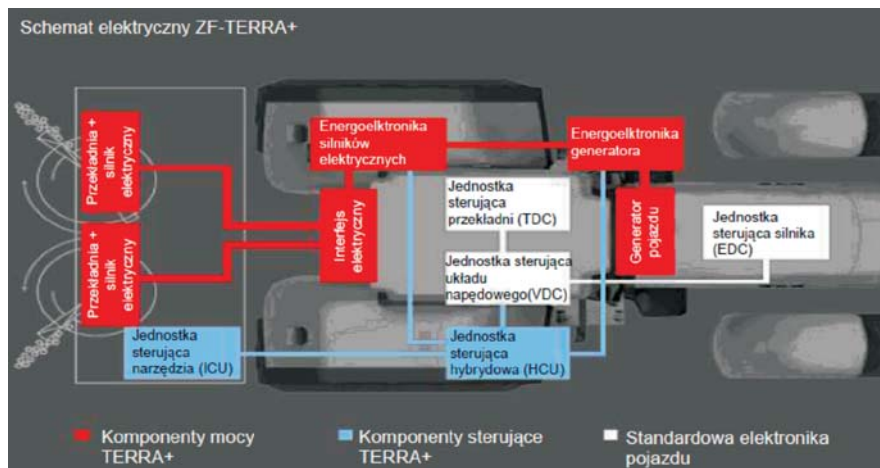
Rys. 10. Ciągnik Belarus 3023 [8]

Fig. 10. Tractor Belarus 3023 [8]



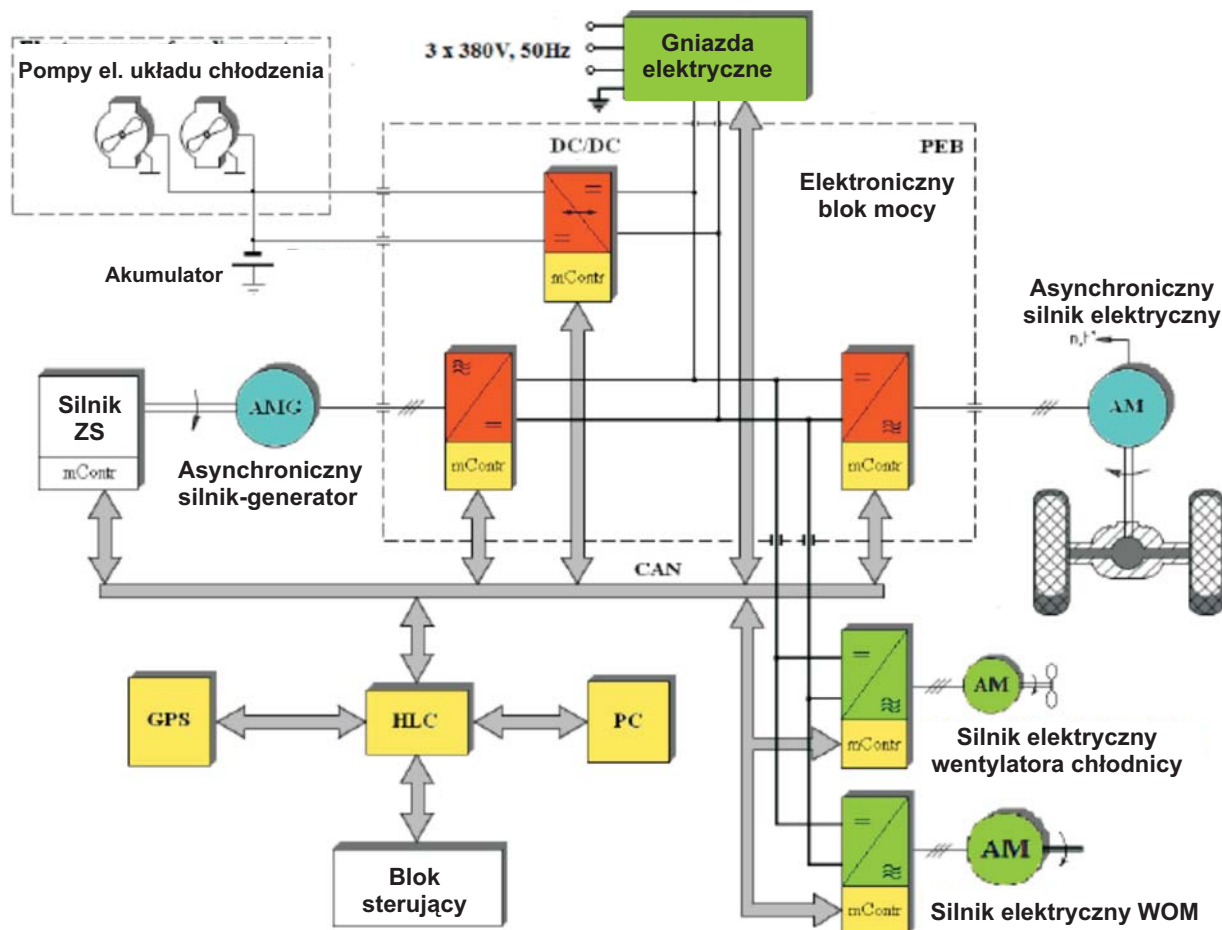
Rys. 11. Zespół elektromechanicznego przekazywania napędu na koła jezdne ciągnika Belarus 3023 [8]

Fig. 11. Layout of traction equipment on the tractor Belarus 3023 [8]



Rys. 9. Schemat systemu przekazywania mocy ZF Terra+ [7]

Fig. 9. Electrification system for agricultural machinery ZE Terra+ [7]



Rys. 12. Schemat funkcjonalny układu napędowego ciągnika Belarus 3023 [8]
 Fig. 12. Block diagram of the traction electric equipment set [8]

Bibliografia

- [1] Buning E.: Electric drives in agricultural machinery. An approach from the tractor side. Club of Bologna 13.11.2010.
- [2] Electrically driven productivity. Multi Tool Trac equipment carrier designed to make farming easier and address soil compaction. Diesel Progress International, October 2015.
www.sensor-technik.de/images/press/press_review/2015/pdf/diesel_progress_international_october_15_electrically_driven_productivity.pdf
- [3] Gallmeier M., Auernhamme H.: Bewertung stufenloser Antriebssysteme in Arbeitsmaschinen. Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen 2007. Karlsruhe, 2007.
- [4] Gallmeier M., Auernhammer H.: Alternative module drives for mobile working machines. CIGR - International Conference of Agricultural Engineering Brazil, 2008.
- [5] Gavioli G.: Agricultural traktor powertrains: Trends and challenges. 3rd AVL International Commercial Powertrain Conference. Graz, 2005.
- [6] Horstmann J., Auernhammer H., Gallmeier M., Ostermeier R.: Optimierung im Exakt-Feldhäcksler zur Energiereduzierung bei der Zerkleinerung und zur Qualitätssicherung des Häckselgutes. Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH. Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter den AZ: 23326 von der Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Juli 2007.
- [7] Materiały firm: Deutz, Fendt, FPT, John Deere, Krone, Massey Ferguson, New Holland, Rigitrac, Sisu Power, Steyr, Valtra, ZF, Sensors, AVL, Eggers, Scania.
- [8] Puhovoy A.A.: Agricultural Tractor with Pure Electromechanical Drivetrain. SAE International, 2011, 4.
- [9] Tetzlaff S.: Schnittstellenübergreifende Elektrifizierung und Funktionen von Traktor und Anbaugerät. Landtechnik, 2015, 70(5).
- [10] www.multitooltrac.com.

ELECTRIC DRIVELINES FOR TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINERY. Part 3

Summary

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

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