

## ELEKTRYCZNE NAPĘDY CIĄGNIKÓW I MASZYN ROLNICZYCH. Część 2

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

Budzącymi duże zainteresowanie ciągnikami wykorzystującymi energię elektryczną w układach napędowych są dwa modele 7430 i 7530 E Premium (rys. 1) zaprezentowane i wprowadzone na rynek w 2007 roku przez firmę John Deere. Do ich napędu wykorzystano silniki ZS o mocy nominalnej 121 i 132 kW spełniające normę Tier III. W ciągnikach tych generator prądu, zespolony z kołem zamachowym silnika spalinowego, wytwarza do 20 kW mocy elektrycznej już przy 1800 obr·min<sup>-1</sup> (rys. 2). Prąd w układzie elektrycznym ciągnika, o napięciu 12 V i natężeniu 300 A, wykorzystywany jest do napędu wentylatora chłodnicy cieczy chłodzącej silnik, sprężarki klimatyzacji i uruchamiania sprzęgła elektromagnetycznego sprężarki układu pneumatycznego (rys. 3).

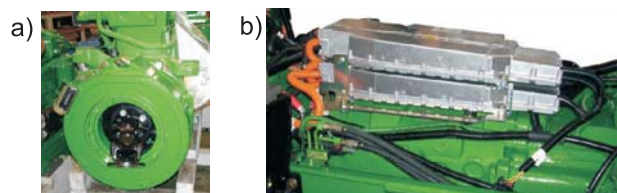


Rys. 1. Ciągnik rolniczy John Deere 7430 E Premium z generatorem elektrycznym [4]

Fig. 1. Tractor John Deere 7430 E Premium [4]

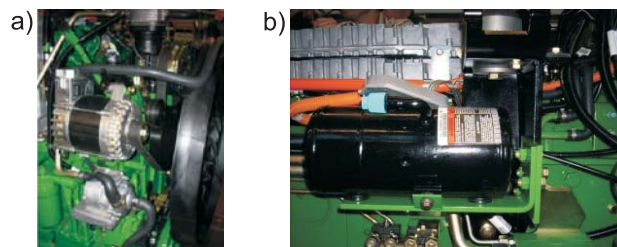
Napęd elektryczny wentylatora i sprężarki pozwala automa-tycznie i bezstopniowo regulować prędkość obrotową w zale-żności do potrzeb i niezależnie od prędkości obrotowej silnika. Rezultatem było znaczne zmniejszenie zużycia paliwa oraz wyzwolenie mocy rezerwowej już przy prędkości obrotowej wału korbowego 1250 obr·min<sup>-1</sup> (rys. 4). Zysk mocy przy 1600-2100 obr·min<sup>-1</sup> wynosi 6-7 kW. Według DLG-PowerMixTest zużycie paliwa w ciągniku 7530 E Premium było mniejsze o około 5% w porównaniu z ciągnikami konwencjonalnymi [6]. Energia elektryczna wytworzona przez

generator dostępna jest podczas postoju ciągnika z pokładowej instalacji elektrycznej przez gniazda zewnętrzne 230 V 1~ i 400 V 3~ (rys. 5) [1, 3, 4, 8, 10]. Do napędu zewnętrznych narzędzi i urządzeń jest do dyspozycji 5 kW mocy.



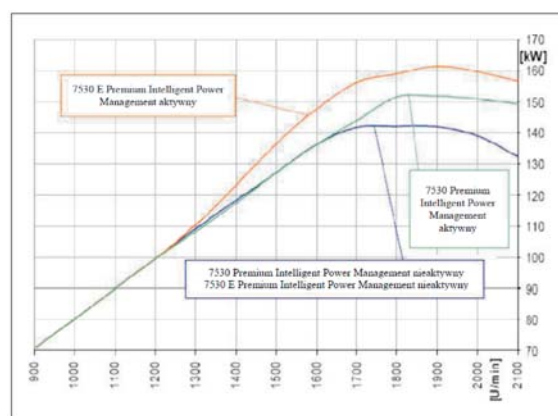
Rys. 2. Chłodzone cieczą generator AC (a) (20 kW, 480 V 3~) zintegrowany z kołem zamachowym i przekształtnik DC/DC (b)

Fig. 2. Flywheel mounted AC induction generator (a) and power electronics that control and process the electric power on the E Premium (b) [1]



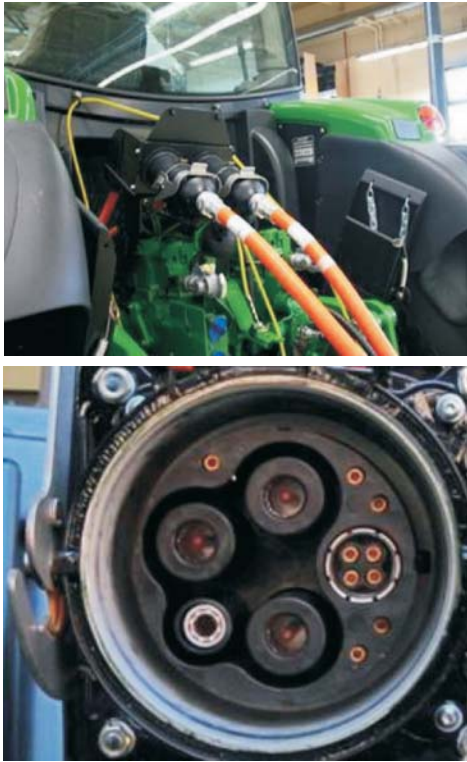
Rys. 3. Silniki elektryczne wentylatora chłodnicy (10 kW, 480 V 3~) (a) i sprężarki klimatyzacji (5 kW) (b) [1]

Fig. 3. Electric drive components on the E Premium: 10 kW fan motor (a) and electric motor for the air conditioning compressor (b) [1]



Rys. 4. Charakterystyka mocy silników ciągników John Deere 7530 Premium i 7530 E Premium [1]

Fig. 4. Power curve of E Premium with IPM [1]



Rys. 5. Gniazda zewnętrzne ciągnika John Deere 7430/7530 E Premium [9]  
 Fig. 5. The high voltage electric power interface [9]



Rys. 6. Przykładowe maszyny rolnicze z elektrycznym układem napędowym [7, 9]  
 Fig. 6. Implement applications in the field [7, 9]

W 2011 roku firma przedstawiła drugą generację ciągnika z generatorem elektrycznym (John Deere 6210 RE). Pozwala on dysponować mocą elektryczną (20 kW) z gniazdem również podczas jego jazdy. Dostępny może być prąd stały o maksymalnym napięciu 480 V i trójfazowy zmienny o maksymalnym napięciu 750 V przy maksymalnym natężeniu 200 A. Umożliwia to napędzanie zagregowanych z ciągnikiem maszyn przystosowanych do zasilania energią elektryczną [3, 10]. We współpracy z producentami zbudowano takie maszyny jak: rozsiewacze nawozów (Rauch Axis 30.1 EDR), przyczepy (Fliegl E-Triebachse), opryskiwacze (Amazone Ux eSprayer, John Deere), przetrząsaczo-zgrabiarki i sádzarki (rys. 6) [7, 9].

W 2010 r. zaprezentowano samobieżny opryskiwacz AGCO ElectRoGator 1386 (rys. 7). Do jego budowy wykorzystano doświadczenie i komponenty opracowane w ramach projektu MELA. Maszynę wyposażono w silnik ZS C9 o mocy 229 kW (311 KM). Przy stałej prędkości obrotowej 1850 obr·min<sup>-1</sup> generator wytwarza prąd 650 V DC. Każdy z zamontowanych w kołach silników elektrycznych generuje moment obrotowy 700 Nm. Ich żywotność wynosi 50000 godzin i jest większa od żywotności wysokiej klasy opryskiwacza. Silniki są praktycznie bezobsługowe. Monitorowana jest ich prędkość obrotowa, temperatura i pozycja wirnika. W stosunku do konwencjonalnego modelu opryskiwacza z hydrostatycznym napędem kół ElectRoGator 1386 zapewnia o 36% większy moment obrotowy kół i o 20% mniejsze zużycie paliwa przy mocy o 6% większej [2].



Rys. 7. Samobieżny opryskiwacz AGCO ElectRoGator 1386 [2, 5]  
 Fig. 7. AGCO ElectRoGator 1386 electrically powered high-clearance sprayer [2, 5]

Również, korzystając z komponentów opracowanych w ramach projektu MELA, firma Fendt prowadzi od wielu lat prace nad wykorzystaniem energii elektrycznej do zasilania zespołów ciągnika i agregowanych z nim maszyn rolniczych. Ich ostatnim efektem jest ciągnik Fendt X Concept (rys. 8) zbudowany na bazie modelu 722 Vario. Wyposażony jest on w 4-cylindrowy silnik ZS AGCO Power o mocy 147 kW.

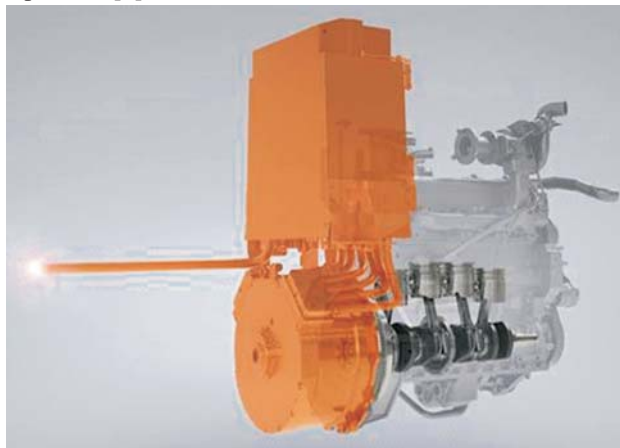
Zintegrowany z nim generator o mocy 130 kW (rys. 9) zapewnia w sieci elektrycznej prąd o napięciu 700 V DC. Prąd z generatora, o sprawności większej niż 96%, przesyłany jest za pomocą sieci POWERBUS do odbiorników - organów roboczych maszyn rolniczych i zespołów pomocniczych silnika ZS - wentylatora chłodnicy i pompy płynu chłodzącego. Ciągnik wyposażony jest w gniazda zewnętrzne dla maszyn agregowanych na przednim i tylnym TUZ oraz tylnych zaczepach. Do współpracy z ciągnikiem zbudowano karuzelową zgrabiarkę Fendt Former 12555 X (rys. 10) o szerokości roboczej 3,6-12,5 m. Maszyna może być wyposażona w jeden, dwa lub cztery napędzane silnikami elektrycznymi wirniki. Prędkość obrotową każdego z nich można regulować indywidualnie niezależnie od prędkości jazdy ciągnika i prędkości obrotowej silnika ZS. Poza znacznym uproszczeniem konstrukcji elektrycznego układu napędowego, w porównaniu z mechanicznym, są to najistotniejsze zalety elektrycznego układu napędowego zgrabiarki [3].





Rys. 8. Ciągnik Fendt X Concept - rozmieszczenie komponentów elektrycznego zespołu napędowego [3]

Fig. 8. Tractor Fendt X Concept arrangement of electric drive components [3]



Rys. 9. Zespół generatora zintegrowany z silnikiem ZS ciągnika Fendt X Concept [3]

Fig. 9. Fendt X Concept - high-performance alternator [3]



Rys. 10. Zgrabiarka Fendt Former 12555 X z napędem elektrycznym zespołów roboczych [3]

Fig. 10. Hay rake Fendt Former 12555 X with electrically powered working units [3]

### Bibliografia

- [1] Buning E.: Electric drives in agricultural machinery. An approach from the tractor side. Club of Bologna - 13.11.2010.
- [2] Hoy R., Rohrer R., Liska A., Luck J., Isom L., Keshwani D.: Agricultural industry advanced vehicle technology: Benchmark study for reduction in petroleum use. Idaho National Laboratory, Idaho Falls, September 2014.
- [3] Materiały firm: Fendt, John Deere, AGCO.
- [4] Merkisz J.: Tendencje rozwojowe silników spalinowych maszyn i agre-gatów rolniczych. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2010, 2.
- [5] Neunaber M.: Vier zusätzliche Motoren sparen ein Viertel Sprit. Profí, 2011, 3.
- [6] Onnen M.: Coming Soon: Tractor Electrification. Resource, 2011, 9-10.
- [7] Rauch N.: Agricultural engineering - energized. Landtechnik, 2010, 3.
- [8] Renius K.T., Knechtges H.: Agricultural tractor development. Yearbook Agricultural Engineering, DLG Verlag, 2008, 20.
- [9] Stoss K.J., Bin Shi, Sobotzik J., Kreis E.R.: Tractor Power for Implement Operation - Mechanical, Hydraulic, and Electrical: An Overview. Agricultural Equipment Technology Conference, Kansas City, USA 2013, ASABE Publication Number 913C0113.
- [10] Weymann S.: Analiza wskaźników ekologicznych silników spalinowych stosowanych w ciągnikach i maszynach rolniczych w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Praca doktorska. Politechnika Poznańska, 2012.

## ELECTRIC DRIVELINES FOR TRACTORS AND AGRICULTURAL MACHINERY. Part 2

### 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