

Zbigniew Zienowicz, Hydromega Sp. z o.o., Gdynia

Stanisław Gawron

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice

AUTONOMICZNE KOSIARKI PRZEMYSŁOWE DZIŚ I JUTRO

DIAGNOSTICS OF HERMETIC AND DRY OIL TRANSFORMERS

Streszczenie: Tematem referatu są najnowszej generacji bezzałogowe kosiarki przemysłowe do wykaszania dużych obszarów zielonych. Kosiarki powstały w ramach projektu B+R: POIR.01.01.01-00-0523/19-00. Aktualnie kosiarki posiadają napędy hydrostatyczne, zasilane silnikami spalinowymi. Czynniki istotnymi dla rozwoju tego projektu są: autonomiczność lub sterowanie radiowe, możliwość nadążnej pracy w grupach, przejście z napędów spalinowych na napędy elektryczne lub wodorowo – elektryczne. Możliwości przyszłej transformacji napędów kosiarek w kierunku ekonapędów zostaną przedstawione w niniejszym referacie wspólnie z Siecią Badawczą Łukasiewicz - Instytutem Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL w Katowicach. Ważnym aspektem tego projektu będzie komercjalizacja efektów prac B+R, w ramach posiadanych i wypracowanych przez polskie firmy i instytuty kompetencji. Projekt wpisuje się w program „Wspólnie budujemy rynek” wdrażany w Partnerstwach przez firmę Hydromega, jako kolejny etap budowania krajowej gospodarki rynkowej w ramach zakończonego projektu ISP, dotyczącego analizy rynku pod kątem posiadanych przez polskie firmy kompetencji projektowo – produkcyjnych oraz wdrożeniowych..

Abstract: The subject of presentation are the new generation unmanned industrial mowers dedicated for mowing of large green areas. The mowers were developed as a part of the R & D project: POIR.01.01.01-00-0523/19-00. Currently, the mowers have hydrostatic drives, powered by combustion engines. Factors important for the development of this project are: autonomy or radio control; possibility of keeping up works in groups; transition from combustion drives to electric or hydrogen-electric drives. Possibilities of future transformation of mower drives towards eco-drives will be presented in this document together with the Łukasiewicz Research Network KOMEL Institute in Katowice. The important aspect of this project will be commercialization of the results of the R & D works, within the competences held and developed by Polish companies and institutes. The project is part of the program “We build the market together” implemented in Partnerships by Hydromega company, as the next stage of developing the national market economy within the framework of the completed ISP project (eng. Pomeranian Smart Specializations) which concerns market’s analysis in terms of design, production and implementation competences held by Polish companies.

Słowa kluczowe: kosiarki przemysłowe, hydrostatyka, autonomia, ekonapędy

Keywords: Industrial mowers, hydrostatics, autonomy, eco-drives

1. Wstęp

W ramach ukończonego projektu ISP (Inteligentne Specjalizacje Pomorza), dokonana została analiza rynku, która wykazała szereg potrzeb rozwojowych na kilku uzupełniających się płaszczyznach. Zagadnieniami pierwszoplanowymi jest gospodarka oraz powiązane z nią aspekty społeczne. Wnioskiem oczywistym z przeprowadzonych konsultacji jest konieczność budowania gospodarki innowacyjnej, na bazie posiadanych kompetencji, rozwijanych w ramach prac badawczo rozwojowych. Analizując krajowe potrzeby w zakresie konieczności systematycznego wykaszania dużych terenów zielonych, w firmie Hydromega Sp. z o.o. [1] opracowany został projekt przemysłowych kosiarek autonomicznych, który rozwijany będzie w Partnerstwie z Siecią Badawczą Łukasiewicz - Instytutem Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL [2]. Współpraca z Insty-

tutem dotyczyć będzie modyfikacji spalinowych napędów kosiarek, w kierunku ekonapędów elektrycznych oraz wodorowo elektrycznych.

2. Założenia projektowe

W zależności od terenu, rodzaju wykaszanej zieleni, jak również przeznaczenia uzyskanego pokosu, powszechnie stosuje się dwie metody koszenia mechanicznego, z zastosowaniem narzędzi nożowych i bijakowych.

Aktualnie narzędzia koszące podwieszane są głównie do ciągników rolniczych za pośrednictwem wysięgników mechanicznych bocznych, czołowych lub tylnych.

Tabela 1.

NAPĘD HYDROSTATYCZNY UKŁADU JAZDY		
Nazwa układu / części	Kosiarka bijakowo kołowa	Kosiarka gąsienicowa nożowa
Moc układu jazdy	18 KM	18 KM
Pompa układu jazdy	zębata 11 cm ³ /obr	zębata 2 x 8 cm ³ /obr
Max. ciśnienie robocze w układzie jazdy	22,4 MPa	14 MPa
Max. wydajność pompy układu jazdy	38 dm ³ /min	2 x 26,8 dm ³ /min
Prędkość max. na pierwszym biegu	7 km/h	7 km/h
Prędkość max. na drugim biegu	14 km/h	14 km/h
Rodzaj silników układu jazdy	gerotorowy	gerotorowy
Typ silnika układu jazdy	2 x OMR 200	2 x OMR 200
Pojemność zbiornika oleju	10 dm ³	10 dm ³
Rodzaj silnika spalinowego	Benzynowy Briggs HP 18KM	Benzynowy Briggs HP 18KM

Tabela 2.

NAPĘD HYDROSTATYCZNY NARZĘDZI TNĄCYCH		
Nazwa układu / części	Kosiarka bijakowo kołowa	Kosiarka gąsienicowa nożowa
Moc systemu koszącego	2 x 23 KM	2 x 23 KM
Pompa układu koszącego	2 x 12,5 cm ³ /obr	2 x 11 cm ³ /obr
Max. ciśnienie pracy	24 MPa	23,8 MPa
Max. wydajność pompy systemu koszącego	86 dm ³ /min	77 dm ³ /min
Rodzaj silnika narzędzia koszącego	Silnik zębata 32 cm ³ /obr	Silnik zębata 32 cm ³ /obr
Obroty narzędzia koszącego	2700 obr/min	3000÷3100 obr/min
Max. moment na wale zasilającym narzędzie koszące	120 Nm	124 Nm
Pojemność zbiornika oleju	20 dm ³	10 dm ³
Rodzaj silnika spalinowego	Benzynowy 2 x 23 KM	Benzynowy 2 x 23 KM

Założenia do projektu [3]:

1. Wyeliminowanie ciągnika rolniczego, jako źródła napędu kosiarki, przy założeniu, że narzędzie tnące powinno być narzędziem autonomicznym z własnymi układami napędowymi mechanizmów jazdy oraz narzędzi tnących.
2. Opracowanie dwóch rodzajów podwozi: gąsienicowego oraz kołowego w celu sprawdzenia ich przydatności i mobilności w wykaszonym terenie.
3. Opracowanie projektu technicznego, w oparciu o dostępność sprawdzonych podzespołów produkcji krajowej.
4. Szerokość koszenia 1,8 m.
5. Prędkość jazdy – dwa biegi w zależności od rodzaju wykaszanej zieleni 7 km/h, 14 km/h.
6. Rodzaj napędu: hydrostatyczny.
7. Źródło napędu: silniki spalinowe, benzynowe.
8. Sposób sterowania: radiowe, z możliwością pracy kosiarek w tandemie, przy założeniu autonomiczności kosiarki nadążnej.

Kluczowym dla projektu była analiza dostępnych parametrów koszenia w zależności od rodzaju wykaszanej zieleni, dane takie pozyskano poprzez własne prace badawcze firmy Hydromega, jak również w oparciu o dane producenta narzędzi koszących firmy Samasz. Dla dalszych prac projektowych przyjęto dwie koncepcje kosiarek, kosiarkę nożową z napędem gąsienicowym oraz kosiarkę bijakową z napędem kołowym. Dane związane z napędem hydrostatycznym narzędzi tnących zamieszczono w tabeli nr 2. Bazując na przeprowadzonych analizach, wyznaczono podstawowe parametry układów napędowych obu kosiarek, które zostały zestawione w tabeli nr 1. Proces projektowy zabudowy mechanizmów obu kosiarek rozpoczęto od analizy wirtualnej 3D, wyznaczono środki ciężkości, w celu określenia maksymalnych kątów pochylenia wykaszane go terenu. Jednym z ciekawszych zagadnień, jakie rozwiązano w obu kosiarkach, była optymalizacja termiczna układów hydraulicznych, pod kątem optymalizacji pojemności zbiorników olejowych, w celu zmniejszenia masy całkowitej każ-

dej z kosiarek. Po wykonaniu prototypów kosiarek, przeprowadzono prace badawcze, zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w warunkach rzeczywistych.

Badania potwierdziły przyjęte założenia, wykazując dużą mobilność układów jazdy oraz wysoką jakość wykaszania terenów zielonych.

Kosiarki podczas prób koszenia zamieszczono na rysunkach 1 i 2, odpowiednio kosiarka gąsienicowo- nożowo oraz kosiarka kołowo – bijakowa.



Rys. 1. Kosiarka gąsienicowo- nożowo



Rys. 2. Kosiarka kołowo – bijakowa

Mając na uwadze optymalizację kosztów wytworzenia oraz dostępność części, wszystkie napędy w obu kosiarkach są napędami hydrostatycznymi otwartymi. Ważnym czynnikiem tych rozwiązań jest monitoring parametrów roboczych z ciągłym przesyłem danych do pulpitu operatorskiego. Efekt ten uzyskano dzięki systemowi czujników zainstalowanych, zarówno w układach hydrostatycznych, jak i w układach mechanicznych każdej z kosiarek. Aktualnie prowadzone są badania, celem których będzie optymalizacja układów napędowych każdej z kosiarek w kierunku zastosowania alternatywnych źródeł napędu, jak i ich optymalizacji z punktu widzenia np.: mocy układu, w zależności od prędkości i rodzaju wykaszanej zieleni. Na rys. 3 przedstawiono koncepcję zabudowy kosiarki gąsienicowo-nożowej panelami fotowoltaicznymi.

3. Napędy elektryczne

Do napędu pojazdów elektrycznych można zastosować silniki szeregowe prądu stałego, silniki asynchroniczne z klatką aluminiową lub silniki asynchroniczne o wyższej sprawności z klatką miedzianą, oraz silniki z magnesami trwałymi.

Ze względu na najkorzystniejsze parametry mechaniczne i eksploatacyjne, do napędów trakcyjnych pojazdów elektrycznych często stosowane są silniki z magnesami trwałymi. Maszyny te charakteryzują się [4, 6]:

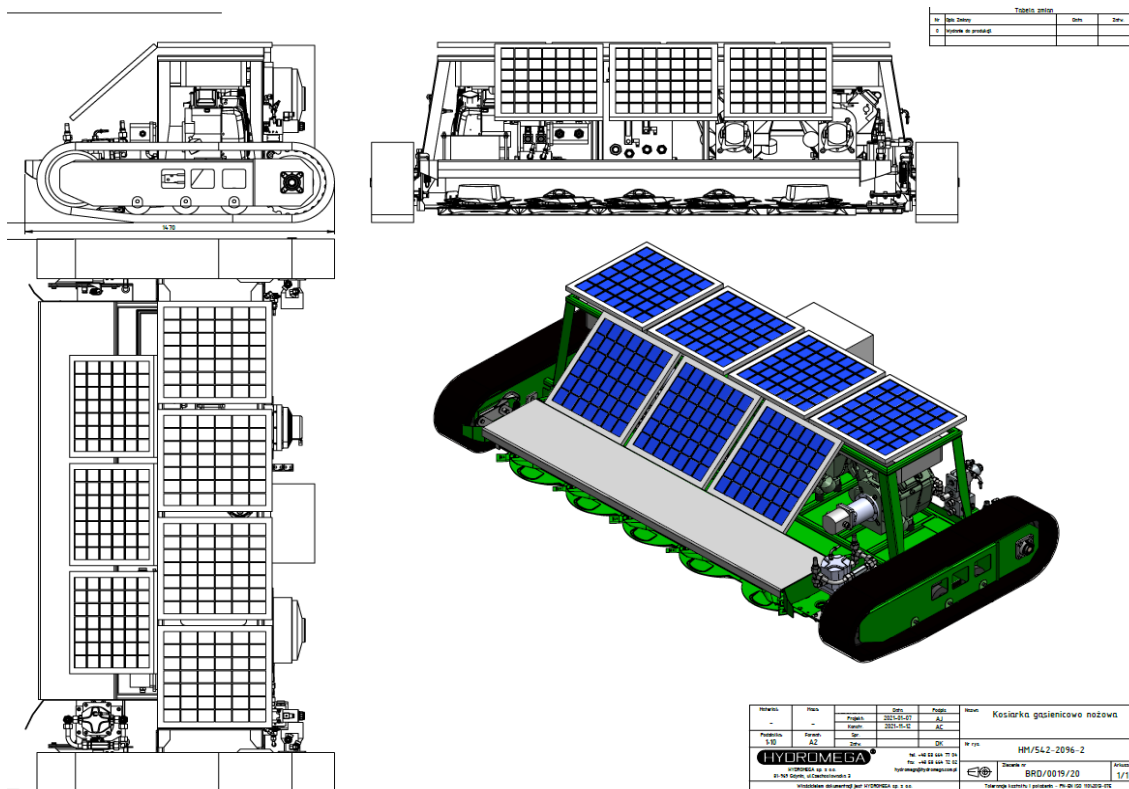
- mają najwyższą sprawność energetyczną,
- w przypadku prądnic generują energię elektryczną w całym zakresie prędkości obrotowej,
- mają największą gęstość mocy z jednostki masy lub objętości,
- nie mają pierścieni ślizgowych i szczotek.

4. Zalety korzystania z elektrycznych systemów napędowych

Techniczne. Kosiarka z napędem elektrycznym nie potrzebuje obsługi w zakresie m.in. wymiany oleju, filtrów, dużych ilości płynów chłodniczych i innych podobnych elementów, a okresy pomiędzy przeglądami są znacznie dłuższe.

Ekonomiczne. Średnio można przyjąć, biorąc pod uwagę analogię do innych pojazdów, np. samochodów elektrycznych, że koszt jednostkowy motogodziny w porównaniu do kosiarki z silnikiem spalinowym można oszacować jak ok. 1:4. Proporcja ta może się różnić, m.in. od rodzaju koszonej trawy, trudności terenowych itp.

Użytkowe (praktyczne). Użytkowanie kosiarki z napędami elektrycznymi będzie prosta w obsłudze, może być w pełni autonomiczna oraz co najważniejsze, emituje zdecydowanie mniejszy hałas (powstały hałas będzie pochodził jedynie od narzędzi tnących). **Ekologiczne.** To zagadnienie wzbudza wiele emocji, głównie w Polsce, gdzie ponad 70% energii elektrycznej pochodzi ze spalania paliw kopalnych, głównie węgla [6]. Otóż niezależnie z jakiego źródła energii elektrycznej skorzystamy, to nie podważalnym faktem jest to, że proces przetwarzania energii elektrycznej na mechaniczną w pojazdach z napędem elektrycznym odbywa się w 100% w sposób bezemisyjny i na pewno lokalnie ekologicznie. To powoduje, że kosiarki elektryczne można śmiało nazwać kosiarkami ekologicznymi. Dodatkowym aspektem związanym z ekologią, są zdecydowanie dłuższe okresy pomiędzy przeglądami i serwisem.



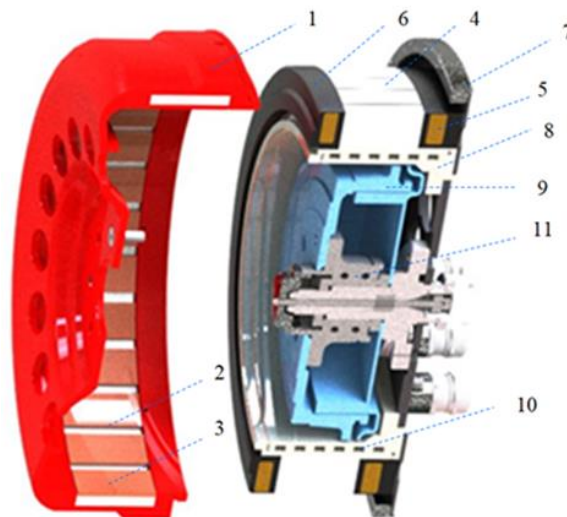
Rys. 3. Koncepcja kosiarki z zabudowanymi panelami fotowoltaicznymi

5. Koncepcja kosiarki z silnikami elektrycznymi

Jak już we wcześniejszym rozdziale wspomniano, napędy elektryczne mogą być bardzo dobrą alternatywą dla napędów spalinowych i hydraulicznych. Na rysunku 3 przedstawiono koncepcję kosiarki z zabudowanymi panelami fotowoltaicznymi. Takie rozwiązanie oczywiście całkowicie nie zastąpi akumulatora, jak również nie da pełnej autonomii poruszania się i pracy, jednak może być dobrym sposobem na uzupełnianie energii elektrycznej w czasie pracy lub postojów, przez co czas pracy wydłuży się. Jeśli w założonym koncepcie kosiarki zastosować 7 paneli o mocy np. 500 kWp każdy, wówczas przy pełnym nasłonecznieniu uzyskamy 3.5 kW mocy. W przypadku pracy przez 8 godzin, można uzyskać ok. 28 kWh energii elektrycznej. Biorąc pod uwagę zapotrzebowanie na energię z założeń projektowych opisanych w tabeli 1 i 2, wówczas z paneli fotowoltaicznych, w słonecznym dniu, uzyskamy ok. jednej dodatkowej godziny „darmowej”, ale również czysto ekologicznej pracy kosiarki.

Aby uniknąć skomplikowanych systemów hydraulicznych, do napędów jezdnych można zastosować silniki zabudowane w piaście koła. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy silnik

elektryczny w piaście koła [7]. Takie rozwiązanie nie potrzebuje dodatkowych sprzęgieł, mechanicznego przekazywania mocy i każde koło może pracować niezależnie. Daje to dodatkową zaletę redundancji jezdnej.



Rys. 4. Przekrój rozłożonego modelu 3D silnika SMzs200S32 produkcji Łukasiewicz - KOMEL do zabudowy w piaście koła samochodu

Opis silnika z rysunku 4:

1-wirnik, 2-rdzeń magnetyczny wirnika, 3-magnes, 4- rdzeń magnetyczny stojana, 5- czoło uzwojenia stojana, 6- żywica, 7- tarcza stała (ko-

twiczna), 8- konstrukcja wsporcza, 9- bęben hamulcowy, 10- płaszcz z kanałami przepływu chłodziwa, 11- węzeł łożyskowy.

W przypadku, gdy kosiarka będzie w pełni elektryczna, to również narzędzia tnące będą napędzane przez silniki elektryczne.



Rys. 5. Silnik z 20 biegunowy z magnesami trwałymi serii LEMOK

Na rysunku 5 przedstawiono ciekawą konstrukcję bardzo wydajnego silnika z magnesami trwałymi serii LEMOK. Silnik może być zastosowany do napędu narzędzi tnących. Jest bardzo lekki przy równoczesnych wysokich parametrach eksploatacyjnych.

Przykładowe parametry silnika serii LEMOK: masa ok. 10 kg; moc na wale: 50 kW; prędkość obrotowa: 4800 obr/min; średnica zewnętrzna: 200 mm; liczba biegunów: 20; liczba faz: 3.

6. Podsumowanie

Rozwój napędów elektrycznych i powszechne ich zastosowanie jest już nie uniknione. Nie warto zadawać pytania „czy”, tylko należy zapytać „kiedy” przemysłowe kosiarki, czy to bijkowa, czy to nożowa, czy innego typu będą w pełni elektryczne oraz w pełni autonomiczne. W powszechnym zastosowaniu są już używane małe elektryczne kosiarki w przydomowych ogrodach. Są to bardzo wygodne urządzenia, ponieważ po odpowiedniej ich instalacji i programowaniu, pracują samodzielnie, kosząc trawę bez ingerencji człowieka.

Niniejsza publikacja ma na celu zaprezentowanie nowych możliwości stosowania napędów elektrycznych w urządzeniach przemysłowych, które

do tej pory są zdominowane przez napędy spalinowe i hydrauliczne.

7. Literatura

- [1]. <https://hydromega.com.pl>.
- [2]. <https://komel.com.pl>.
- [3]. Wniosek o dofinansowanie projektu POIR.01.01.01-00-0523/19-00.
- [4]. Gawron S., Bernatt J.: „Doświadczenia z eksploatacji samochodów elektrycznych w działalności gospodarczej”, *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe* Nr 2/2017 (114).
- [5]. <https://klimat.rp.pl/zielone-technologie/art18469631-udzial-wegla-w-energetyce-w-europie-14-w-polsce-ponad-70>.
- [6]. Gawron S.: „Wybrane, innowacyjne projekty maszyn elektrycznych z magnesami trwałymi i ich praktyczne zastosowania”, *Zeszyty Problemowe - Maszyny Elektryczne* nr 1/2016 (109), str. 1-10.
- [7]. Dukalski P., Krok R.: „Selected Aspects of Decreasing Weight of Motor Dedicated to Wheel Hub Assembly by Increasing Number of Magnetic Poles”; *Energies*; 14. 917. 10.3390/en14040917 (2021).

Praca finansowana ze środków publicznych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach projektu nr POIR.01.01.01-00-0523/19-00, pt. „Prace B+R w celu opracowania pojazdu opartego na pracy tandemu autonomicznych kosiarek przemysłowych”.