

## DIAGNOSTYKA WYPOSAŻENIA ELEKTRYCZNEGO POJAZDÓW ROLNICZYCH

Krzysztof Plizga

University of Life Sciences in Lublin, Poland  
e-mail: krzysztof.plizga@up.lublin.pl

**Streszczenie.** Pojazdy rolnicze pracują w szczególnie uciążliwych warunkach otoczenia, przy zmiennej wilgotności, temperaturze, wysokim zapyleniu powietrza. Czynniki te wpływają na ograniczenie czasu bezawaryjnej pracy pojazdów, co ma szczególne znaczenie podczas wykonywania prac agrotechnicznych. Przy wystąpieniu awarii wiąże się to z koniecznością wyłączenia maszyny z eksploatacji, co pociąga za sobą brak możliwości wykonywania określonych prac agrotechnicznych w założonych okresach. W pracy w szczególności zwrócono uwagę na układ rozruchowy, który ma największy wpływ na dyspozycyjność do prac polowych pojazdów rolniczych z własnym napędem.

**Słowa kluczowe:** uszkodzenia, zdatność, stan techniczny, pojazd rolniczy.

### WSTĘP

Znaczna złożoność zjawisk zachodzących podczas eksploatacji współczesnych pojazdów i maszyn rolniczych stwarza konieczność jakościowo nowego podejścia do zagadnień racjonalnego ich użytkowania. Wymagana dyspozycyjność ciągników rolniczych, szczególnie nasilona w okresach agrotechnicznych, oraz wysokie koszty napraw bieżących, jak i głównych zwracają uwagę na korzyści wynikające z możliwości dostrzegania uszkodzeń w fazie ich powstawania. O konieczności wykonania naprawy ciągnika rolniczego powinien decydować jego rzeczywisty stan techniczny, możliwy do określenia metodami diagnostycznymi. Czas pracy ciągnika powinien być przy tym traktowany jako wskaźnik orientacyjny.

Diagnostyka techniczna może być wykorzystana jako system obsługi pojazdów i maszyn rolniczych. Jest ona niezbędna do prognozowania stanu i kwalifikowania zespołów lub podzespołów do naprawy lub wymiany, na podstawie ich kontroli. Wiąże się to także z faktem, iż zarówno pojazdy samochodowe, jak i ciągniki rolnicze stanowią szeregową strukturę niezawodnościową. W takim przypadku o niezawodności pojazdu decyduje zdatność wszystkich jego zespołów, także tych, które są odpowiedzialne za rozruch silnika spalinowego.

Wśród złożonych obiektów technicznych pojazdy mechaniczne zajmują czołowe miejsce, ponieważ są one urządzeniami technicznymi złożonymi z wielu zespołów i elementów. Dlatego też o sprawności wyjściowej (sumarycznej sprawności wszystkich zespołów pojazdu) decyduje sprawność każdego elementu. Sprawia to także, że złożoność obiektów utrudnia proces diagno-

zowania stanu pojazdu mechanicznego. Trudność diagnozowania wynika także z dużej liczby parametrów struktury, determinujących jego stan techniczny. Stąd aby prawidłowo zdiagnozować zaistniały stan pojazdu, zachodzi konieczność wykorzystania odpowiednio dużego zbioru parametrów diagnostycznych, charakteryzujących różnorodne procesy fizyczne i chemiczne w czasie funkcjonowania pojazdu.

W związku z różnorodnością procesów wyjściowych wykorzystywanych podczas diagnozowania pojazdów i ich zespołów, ścisły podział parametrów na robocze i towarzyszące jest trudny i może być niejednakowy i niejednoznaczny dla poszczególnych zespołów. Wygodniejszy jest podział parametrów diagnostycznych na grupy charakteryzujące symptomy stanu technicznego pojazdu, związane z rodzajem wykorzystywanego zjawiska fizycznego. Do oceny stanu technicznego pojazdów mechanicznych wykorzystywane są także parametry sygnałów niezwiązanych bezpośrednio z funkcjonowaniem obiektu.

Stan techniczny instalacji elektrycznej ma istotny wpływ na właściwe funkcjonowanie pojazdu w określonych warunkach eksploatacji. Uszkodzenia elementów instalacji elektrycznej powstają wskutek starzenia eksploatacyjnego, a także są następstwem niewłaściwej obsługi lub występują w wyniku losowego uszkodzenia. Nawet drobne uszkodzenia elementów instalacji elektrycznej mogą spowodować całkowitą utratę zdolności przez pojazd. W stanie częściowej niezdatności jednego z elementów lub podzespołów prawidłowe funkcjonowanie pojazdu jest niepewne lub ryzykowne. Dlatego też poprawne wykonanie kontroli stanu i lokalizacja uszkodzeń elementów instalacji elektrycznej ma istotny wpływ na podtrzymanie niezawodności pracy pojazdów i maszyn.

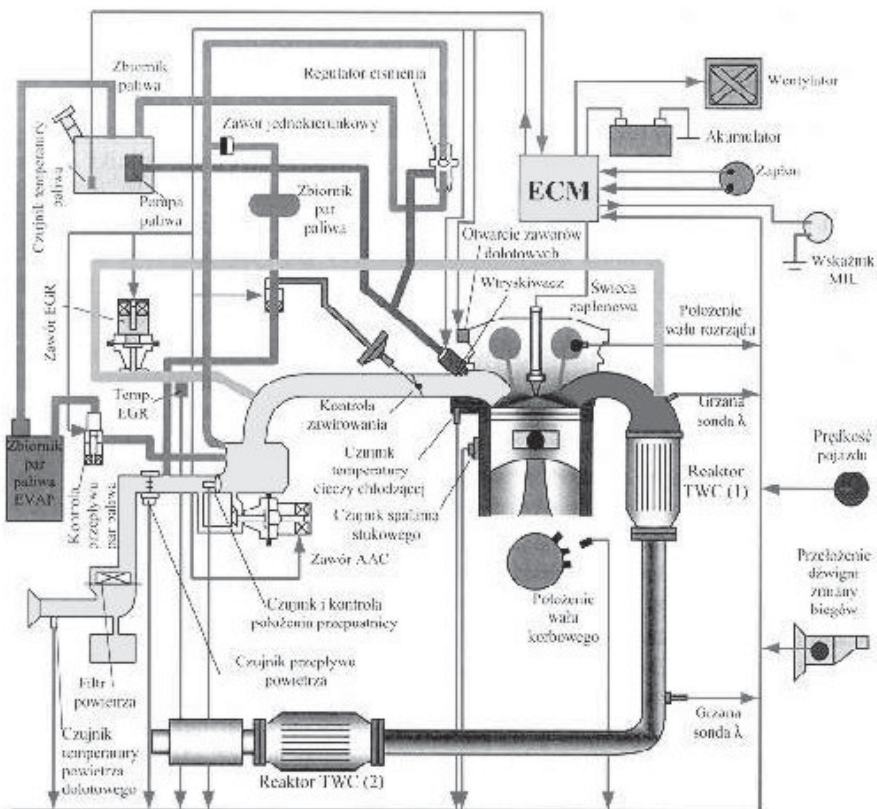
Prawidłowo przeprowadzana kontrola stanu technicznego użytkowanego pojazdu oraz wczesna lokalizacja ewentualnych niesprawności i drobnych uszkodzeń decyduje o bezpieczeństwie ruchu i pracy oraz okresie eksploatacji pojazdu. Jest to szczególnie ważne zwłaszcza przy kontroli instalacji elektrycznej, ponieważ jej dobry stan pozwala na sprawne i szybkie uruchomienie silnika, monitorowanie ruchu pojazdu, sterowanie pracą zespołów pojazdu itp. Równocześnie ze wzrostem liczby pojazdów opracowuje się nowe, szybkie i niezawodne metody diagnostyczne, które umożliwiają kontrolę działania poszczególnych podzespołów w czasie ruchu. Takie wymagania mogą być spełnione jedynie przez zastosowanie pełnej automatyzacji badań.

Diagnostyka pojazdowa może być uproszczona, a czas tej operacji znacznie skrócony przy zastosowaniu mikroelektroniki do budowy pokładowych automatycznych systemów diagnostycznych sterowanych komputerowo. Nowoczesne pojazdy są wyposażone w zestawy odpowiednich czujników przekazujących informacje do centralnej jednostki sterującej (CJS) z poszczególnych punktów pomiarowych. Na podstawie zebranych informacji jednostka sterująca kieruje pracą poszczególnych zespołów pojazdu oraz podaje informacje o ewentualnym uszkodzeniu podzespołu lub elementu pojazdu. Jednostka sterująca może te informacje wprost wyświetlać na tablicy rozdzielczej pojazdu, lub też za pomocą złącza diagnostycznego poprzez interfejs przesyła je do zewnętrznego urządzenia odczytującego stan bieżącej pracy podzespołów. Jednostka sterująca przechowuje także w swojej pamięci dane dotyczące zaistniałych nawet krótkotrwałych niesprawności układów, które mogą świadczyć o ich wysokim stopniu zużycia eksploatacyjnego. Informacje tego typu odczytane na zewnętrznym urządzeniu diagnostycznym pozwalają na znaczne skrócenie czasu naprawy pojazdu, gdyż diagnosta ma wyświetlone informacje o uszkodzonym podzespołe lub elemencie pojazdu. Ciągła kontrola pracy zespołów może być także pomocna przy zapobieganiu występowania awarii eliminujących pojazd z użytkowania, co jest szczególnie niekorzystne w pracach transportowych i rolniczych ze względu na wymagany bardzo wysoki wskaźnik gotowości technicznej pojazdów w tych branżach.

Ustawicznie zaostrzane normy emisji toksycznych substancji przez pojazdy wymuszają automatyzację pracy silnika spalinowego. W nowoczesnych rozwiązaniach silników wszystkie

podstawowe funkcje sterujące pracą są realizowane przez mikroprocesorowy układ elektroniczny, dzięki któremu jest możliwe sterowanie pracą silnika w funkcji wielu danych wejściowych. Zarówno zapłon oraz wtrysk paliwa, jak i regulacja dopływu powietrza są sterowane automatycznie na podstawie rozbudowanych algorytmów sterowania. Jednakże tylko około 10% czasu obliczeniowego mikroprocesora zajmuje wyznaczanie wartości sterujących. Pozostałe 90% wypełniają zadania związane z procedurami autodiagnostycznymi. Niesie to ze sobą zwiększenie bezpieczeństwa ruchu pojazdów, ponieważ wzrost niezawodności pojazdu oraz detekcja wszelkich niesprawności pojazdu wpływających na bezpieczeństwo (układ hamulcowy, kierowniczy itp.) mają ścisły związek z autodiagnozą pojazdu.

Zastosowanie procesorów elektronicznych o coraz większych możliwościach obliczeniowych spowodowała, że układy sterujące są coraz częściej stosowane w systemach monitorujących parametry pracy silnika. Wykorzystywana jest przy tym możliwość układów elektronicznych do przechowywania charakterystyk zmian poszczególnych parametrów w zależności od wielu danych wejściowych, a więc jest możliwa wieloparametrowa optymalizacja pracy silnika. Połączenie dużej liczby czujników z dużą mocą obliczeniową komputera pokładowego umożliwia stałe nadzorowanie pracy silnika i bardzo wczesne wykrywanie ewentualnych niesprawności.



Rys. 1. Czujniki wykorzystywane przez układ diagnostyczny silnika o zapłonie iskrowym

Fig. 1. Sensors used by the diagnostic system of a spark ignition engine

Podstawowe elektroniczne układy sterujące w rozwiązaniach technicznych pojazdów najnowszej generacji są z reguły układami niezależnymi od siebie, tzn. każdy z nich śledzi i nadzoruje prawidłowość funkcjonowania tylko pewnych elementów pojazdu bądź także ruchu pojazdu, bez współdziałania z pozostałymi. Powoduje to zwielokrotnienie tych samych funkcji wykonywanych przez poszczególne układy. Niezależność działania poszczególnych elektronicznych układów sterujących wymusza także konieczność stosowania specjalistycznego oprzyrządowania i obsługi każdego z nich.

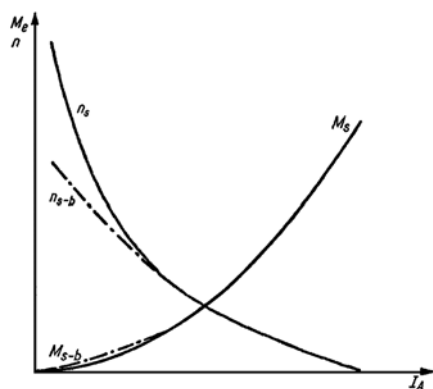
### CHARAKTERYSTYKA OBWODU ROZRUCHU SILNIKA SPALINOWEGO

Silnik spalinowy wymaga do rozruchu zewnętrznego źródła energii. Podczas uruchamiania silnika należy doprowadzić moc niezbędną do napędu jego osprzętu oraz do pokonania oporów sprężania mieszanki paliwowej, oporów tarcia tłoków o gładź cylindrową i oporów tarcia w łożyskach. Parametry te są zależne od typu i liczby cylindrów silnika, jak również od właściwości oleju smarującego i temperatury silnika. Podczas rozruchu silnika należy pokonać moment oporowy bezwładności mas wirujących, głównie koła zamachowego, wału korbowego, korbowodów oraz napędzanych urządzeń pomocniczych. Sumaryczny moment oporowy tarcia ma największą wartość na początku rozruchu silnika po długotrwałym postoju w niskiej temperaturze, gdyż wtedy znacznie zwiększa się lepkość oleju.

Momenty oporowe silnika spalinowego znacznie przekraczają moment rozwijany przez rozrusznik, np. moment oporowy niskoprężnego silnika 6-cylindrowego o pojemności skokowej 3 dm<sup>3</sup> wynosi w temperaturze -15°C około 210 Nm, a silnika wysokoprężnego o podobnej mocy w tej samej temperaturze około 480 Nm. Jednakże prędkość obrotowa rozrusznika jest znacznie większa od tzw. prędkości rozruchowej silnika. Dzięki temu rozmiary rozrusznika i jego masa są niewielkie. Aby zmniejszyć masę rozrusznika, rozwiązuje się proces rozruchu przez włączanie go do pracy okresowo, tylko na okres rozruchu, przez przekładnię zębniak-wieniec koła zamachowego.

Warunkiem prawidłowego prowadzenia rozruchu jest czas jego trwania, który nie powinien przekraczać 10-15 s, a przerwa pomiędzy poszczególnymi rozruchami 30 s. Układ rozruchowy w temperaturze -15°C przy lepkości oleju silnikowego  $\nu = 2000-2500$  cSt i początkowym stanie naładowania akumulatora w 75% ma za zadanie nadać następujące prędkości obrotowe dla wału korbowego:

- silnikowi niskoprężnemu prędkość 50 obr/min po 14 rozruchach,
- silnikowi wysokoprężnemu prędkość 120 obr/min po 5 rozruchach.



Do elektrycznego rozruchu silnika spalinowego najlepiej nadaje się silnik szeregowy lub szeregowo-bocznikowy prądu stałego, ponieważ maksymalny moment obrotowy jest osiągnięty w chwili zwarcia wirnika rozrusznika.

Rys. 2. Zależność momentu elektromagnetycznego  $M_e$  i prędkości obrotowej  $n$  w silnikach prądu stałego szeregowego i szeregowo-bocznikowego

Fig. 2. The dependence of electromagnetic moment  $M_e$  and the rotational speed  $n$  in engines of direct current private and in ranks-shunt

Ze wzrostem mocy silników samochodowych rosną także momenty oporowe tych silników, a stąd odpowiednio rosną momenty elektromagnetyczne rozruszników. Wzrostowi momentu elektromagnetycznego silnika elektrycznego odpowiada wzrost strumienia magnetycznego, co pociąga za sobą zwiększenie wymiarów obwodu magnetycznego i wzrost natężenia prądu. W konsekwencji powoduje to zwiększenie wymiarów obwodu elektromagnetycznego (wzrastają przekroje obwodów czynnych).

Moment elektromagnetyczny  $M_e$  silnika rozrusznika jest wyrażany iloczynem długości  $l$  wirnika oraz kwadratem jego średnicy  $D$ :

$$M_e = cD^2l. \quad (1)$$

Najczęściej spotykane przełożenia przekładni zębatej mieszczą się w zakresie 8-20. Zastosowanie tej przekładni pozwala zmniejszyć moment elektromagnetyczny, przy czym moc  $P_r$  oddawana przez rozrusznik pozostaje stała:

$$P_r = 0,1047M_r n_r = const. \quad (2)$$

Z powyższej zależności wynika, iż zmniejszeniu momentu rozrusznika  $M_r$  na walec rozrusznika musi towarzyszyć zwiększenie prędkości obrotowej wirnika  $n_r$ . Przełożenie przekładni zębatej dobiera się w taki sposób, aby przy minimalnej prędkości rozruchowej  $n_{\min}$  silnika spalinowego wirnik rozrusznika obracał się z taką prędkością, przy jakiej moc rozrusznika osiąga maksimum. Z warunku, że maksymalna moc rozrusznika powinna być większa od mocy niezbędnej do rozruchu silnika spalinowego wynika następująca zależność:

$$\frac{M_{op}}{\eta M_r} \leq i = \frac{z_2}{z_1} \leq \frac{n_r}{n_{\min}}, \quad (3)$$

gdzie:

$i$  – przełożenie przekładni,

$z_1$  – liczba zębów zębnika,

$z_2$  – liczba zębów koła zamachowego,

$n_r, M$  – prędkość obrotowa i moment rozrusznika podczas oddawania maksymalnej mocy,

$\eta$  – sprawność przekładni zębatej,  $\eta \approx 0,85$ .

Moce znamionowe rozruszników zależą w głównej mierze od wielkości i typu napędzanego silnika spalinowego i zawierają się w granicach od 0,3 do 11 kW. Ze względu na niskie napięcie zasilania rozrusznik pracuje przy znacznym poborze prądu, przekraczającym w dużych jednostkach 1000 A. Od mocy i poboru prądu rozrusznika zależy bezpośrednio wybór pojemności akumulatora. Wartość ta powinna być tak dobrana, aby podczas rozruchu w niskiej temperaturze otoczenia nie było nadmiernych spadków napięcia na jego zaciskach, a co za tym idzie zmniejszania się prędkości obrotowej rozrusznika.

## STRATY I SPRAWNOŚĆ ROZRUSZNIKÓW SAMOCHODOWYCH

Przy pracy maszyny elektrycznej zawsze część energii doprowadzonej do maszyny zamienia się na energię ciepłą, wskutek czego moc oddawana  $P_2$  przez maszynę jest mniejsza od mocy pobieranej  $P_1$ . Różnica tych mocy jest sumą strat występujących w maszynie:

$$\Sigma \Delta P = P_1 - P_2. \quad (4)$$

Wszystkie straty występujące w maszynach prądu stałego dzielą się na trzy grupy:

- straty jałowe  $\Delta P_0$ ,
- straty wzbudzenia  $\Delta P_{wzb}$ ,
- straty obciążeniowe  $\Delta P_{obc}$ .

Straty jałowe  $P_0$  są to straty niezależne od obciążenia. Składają się one ze strat w żelazie  $P_{Fe}$  i strat mechanicznych  $P_m$ :

$$\Delta P_0 = \Delta P_{Fe} + \Delta P_m \quad (5)$$

Straty w żelazie  $\Delta P_{Fe}$  powstają w rdzeniu twornika, który wiruje w polu magnetycznym. Rdzeń jest okresowo przemagnesowywany z częstotliwością zależną od prędkości obrotowej. Przemagnesowywanie rdzenia powoduje powstawanie strat na histerezę  $\Delta P_h$ , proporcjonalnych do kwadratu wartości maksymalnej indukcji w rdzeniu i do prędkości obrotowej. Oprócz tego w rdzeniu indukują się prądy wirowe, powodujące powstawanie strat proporcjonalnych do kwadratu indukcji i do kwadratu prędkości obrotowej, zwanych stratami na prądy wirowe  $\Delta P_w$ . W rezultacie straty w żelazie wyrażą się wzorem:

$$\Delta P_{Fe} = \Delta P_h + \Delta P_w \quad (6)$$

Dla zmniejszenia do minimum strat w żelazie rdzeń twornika wykonuje się w postaci pakietu odizolowanych od siebie krążków specjalnej blachy z dodatkiem krzemu. Straty  $\Delta P_{Fe}$  wynoszą przeciętnie 2-5% mocy znamionowej maszyny.

Straty mechaniczne  $\Delta P_m$  powstają wskutek tarcia w łożyskach maszyny, tarcia szczotek o komutator oraz wentylacji maszyny. Przy założeniu, że moment strat jest stały  $M_{str} = const$ :

$$\Delta P_m = M_{str} \cdot \omega = \frac{2\pi}{60} M_{str} \cdot n \quad (7)$$

Straty wzbudzenia powstają w obwodzie wzbudzenia maszyn o oddzielnym obwodzie wzbudzenia. Są to straty na ciepło Joule'a, wydzielane na rezystancji uzwojenia magnesującego biegunów głównych  $R_m$ :

$$\Delta P_{wzb} = R_m \cdot I_m^2 \quad (8)$$

Straty obciążeniowe  $\Delta P_{obc}$  są to straty związane z przepływem prądu w obwodzie twornika. Są one proporcjonalne do kwadratu prądu twornika oraz do sumy wszystkich oporów wchodzących w obwód twornika. Ponieważ głównie występują tu opory uzwojeń miedzianych twornika  $R_T$ , biegunów komutacyjnych  $R_K$ , wzbudzenia szeregowego  $R_{SZ}$  (jeśli jest), więc straty obciążeniowe noszą również nazwę strat w miedzi  $\Delta P_{Cu}$ :

$$\Delta P_{obc} = \Delta P_{Cu} = (R_T + R_{PR} + R_K + R_{SZ}) \cdot I_T^2 = (R_{Tc} + R_{SZ}) \cdot I_m^2 \quad (9)$$

gdzie:

$R_{PR}$  – opór przejścia między szczotkami a komutatorem.

Straty w miedzi można wyznaczyć, mierząc opory obwodu twornika i prąd płynący przez twornik.

Całkowite straty zachodzące w maszynie prądu stałego równają się sumie strat:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_{wzb} + \Delta P_{obc} \quad (10)$$



Sprawność maszyny jest to stosunek mocy oddawanej do pobieranej:

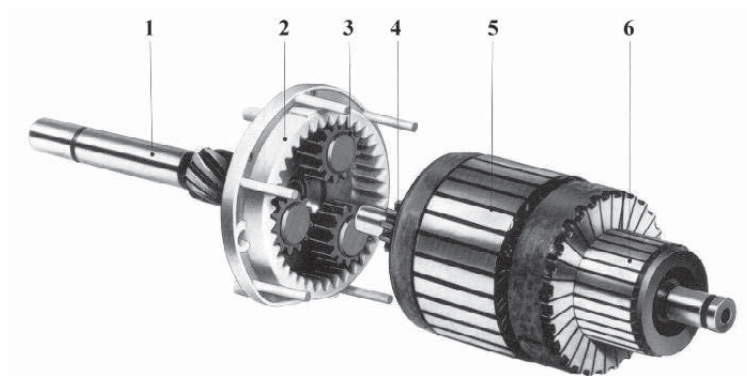
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma \Delta P}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma \Delta P}. \quad (11)$$

Pod względem budowy rozruszniki można klasyfikować następująco:

- *konwencjonalne* – zębnik osadzony jest na wale wirnika rozrusznika,
- *z przekładnią planetarną* – do redukcji prędkości obrotowej wirnika silnika elektrycznego prądu stałego stosowana jest przekładnia planetarna,
- *z reduktorem* – budowa rozrusznika zbliżona jest do rozwiązań konwencjonalnych, dodatkowo zamontowane jest pośrednie koło zębate usytuowane między kołem zębatym napędowym silnika, umieszczonym na wałku wirnika, a kołem zębatym sprzęgłowym, które redukuje prędkość silnika elektrycznego (przełożenie 1:3 lub 1:4) i przenosi napęd na zębnik.

Najczęściej spotykanym rozwiązaniem konstrukcyjnym rozruszników elektrycznych silników spalinowych są rozruszniki ze śrubowo-przesuwnym zębikiem o włączeniu jednostopniowym. Tego typu rozruszniki mają znaczną moc przy dość prostej i nieskomplikowanej konstrukcji. Istotną zaletą tych rozruszników jest możliwość dostosowania baterii akumulatorów o niedużej pojemności w porównaniu z rozrusznikami z przesuwym zębikiem o włączeniu dwustopniowym.

Mechanizm sprzęgający, zapewniający śrubowo-przesuwny ruch zębika, jest stosowany w rozrusznikach, których moc nie przekracza 4 kW. Zastosowanie rozruszników ze śrubowo-przesuwym zębikiem o włączeniu jednostopniowym do silników spalinowych o dużej mocy jest zawężone ze względu na ich ograniczoną moc, lecz poprzez zastosowanie reduktora lub przekładni wewnętrznej moc wyjściowa rozrusznika jest z wielokrotniana. Daje to możliwość uruchamiania silników spalinowych o dużej pojemności przy ograniczonym poborze prądu z akumulatora.



Rys. 3. Wirnik rozrusznika z przekładnią planetarną: 1 – wałek rozrusznika, 2 – koło koronowe, 3 – satelita, 4 – koło zębate wirnika, 5 – twornik, 6 – komutator

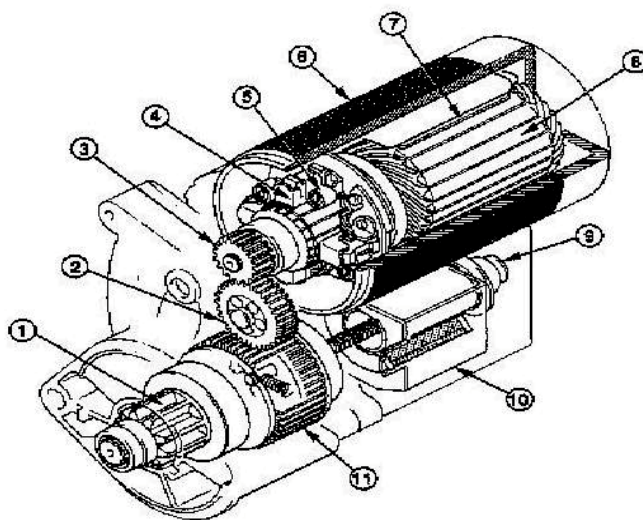
Fig. 3. Rotor of a starter with planetary transmission: 1 – cylinder of starter, 2 – crown wheel, 3 – planet gear, 4 – cog-wheel of rotor, 5 – armature, 6 – commutator

W rozruszniku z przekładnią planetarną (rys. 3) zastosowano silnik elektryczny wysokoobrotowy. Dzięki redukcji prędkości obrotowej przez przekładnię uzyskuje się duży moment obrotowy na wałku rozrusznika, który jest przedłużeniem jarzma satelity. Dzięki zastosowaniu magnesów trwałych zmieniono wymiary i masę maszyny (mniejsza i lżejsza konstrukcja od rozrusznika elektromagnetycznego), zwiększono również niezawodność ze względu na mniej skomplikowaną

budowę. Dzięki wyeliminowaniu uzwojeń wzbudzenia rozruszniki magnetoelektryczne mają ok. 15-20% lepszą sprawność.

Podobną budowę do rozrusznika konwencjonalnego ma rozrusznik z reduktorem (rys. 4). Różnica polega jednak na tym, że zębnik i trzpień elektrowyłącznika są na wspólnej osi. Elektrowyłącznik pozbawiony jest także dźwigni, którą w konwencjonalnym rozruszniku przesuwają tuleję z osadzonym na niej zębniakiem i sprzęgłem jednokierunkowym.

Zastosowanie rozruszników z reduktorem oraz z przekładnią planetarną do rozruchu silników spalinowych pozwala na dalsze obniżenie pojemności baterii akumulatorów oraz na zwiększenie niezawodności obwodu rozruchowego w pojazdach. Dzięki temu uzyskuje się wydłużony okres bezawaryjnej pracy tych obwodów oraz wyższy stopień gotowości technicznej pojazdów.



Rys. 4. Rozrusznik ze śrubowo-przesuwym zębniakiem o włączaniu jednostopniowym i reduktorem:  
1 – zębnik, 2 – redukcyjne koło pośrednie, 3 – koło zębate wirnika, 4 – szczotka, 5 – sprężyna dociskowa,  
6 – obudowa, 7 – wirnik, 8 – twornik, 9 – trzpień elektrowyłącznika, 10 – obudowa elektrowyłącznika,  
11 – sprzęgło jednokierunkowe

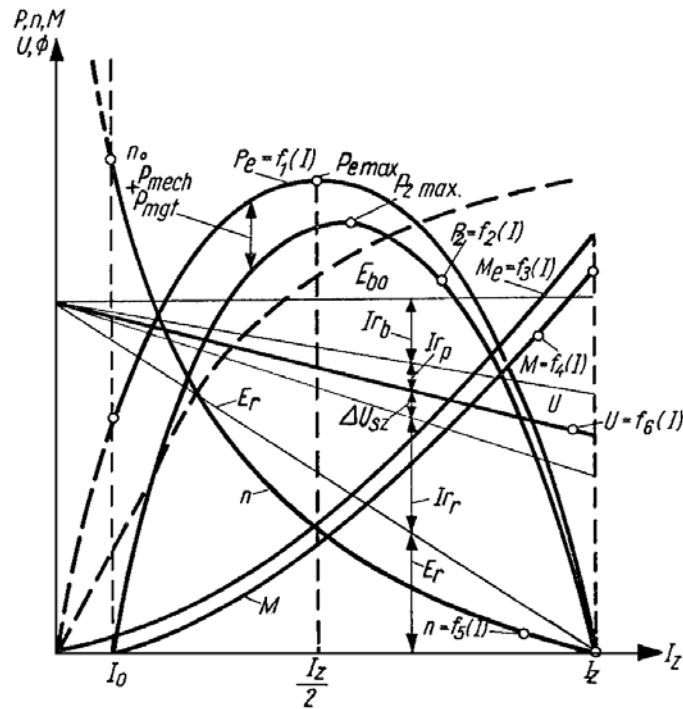
Fig. 4. Starter with helically – sliding about inclusion single-stage and reducer pinion: 1 – pinion,  
2 – reductive indirect wheel, 3 – cog-wheel of rotor, 4 – brush, 5 – spring pressure, 6 – casing, 7 – rotor,  
8 – armature, 9 – pin electrical switch, 10 – casing electrical switch, 11 – freewheel

## PARAMETRY FUNKCJONALNE ROZRUSZNIKA ELEKTRYCZNEGO

Jako elektryczne parametry znamionowe rozrusznika uważa się:

- moc znamionową, oddawaną przez rozrusznik przy określonym napięciu zasilania,
- napięcie znamionowe rozrusznika,
- prąd znamionowy pobierany przez rozrusznik rozwijający moc znamionową,
- prędkość obrotową znamionową.





Rys. 5. Charakterystyki rozrusznika elektrycznego z zaznaczeniem punktów znamionowych  
 Fig. 5. Profile of an electric starter with marked indicative points

Ponadto często wyżej wymienione parametry uzupełnia się również o prędkość obrotową i pobór prądu przy biegu jałowym oraz maksymalną wartość prądu zwarcia. Warunki pracy rozrusznika określają także jego moc maksymalną, która jest dobierana w stosunku do warunków odpowiadających najniższym temperaturom otoczenia, w jakich powinno się uzyskać uruchomienie danego silnika spalinowego, sprawnego technicznie i zmontowanego według kompletacji fabrycznej.

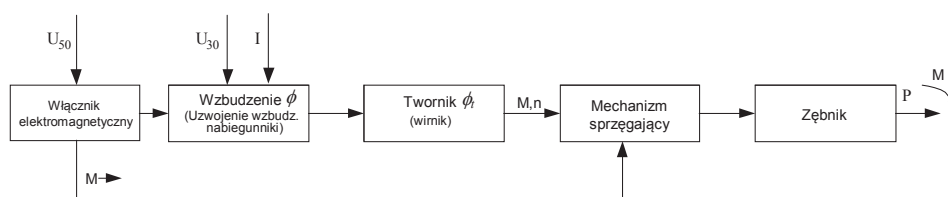
Stan techniczny rozrusznika wyznaczony jest przez parametry struktury. Określenie ich bez demontażu jest niemożliwe, stąd do oceny przydatności eksploatacyjnej wykorzystywane są parametry procesów wyjściowych.

Parametr wyjściowy może zostać uznany za parametr diagnostyczny stanu technicznego, jeżeli spełnia następujące warunki:

- jednoznaczności – każdej wartości parametru struktury odpowiada tylko jedna, zdefiniowana wartość parametru wyjściowego,
- dostatecznej szerokości pola zmian – możliwie duża względna zmiana wartości parametru wyjściowego dla zadanej zmiany wartości parametru struktury,
- dostępność.

Podczas rozruchu silnika spalinowego wykorzystywana jest energia elektryczna akumulatora, której wielkość charakteryzowana jest przez napięcie i natężenie pobieranego prądu. Te dwie wielkości spełniają w dużym stopniu dwa pierwsze warunki dla parametru wyjściowego oraz w całości trzeci. Pomiaru napięcia dokonujemy bezpośrednio na zaciskach rozrusznika, zaś natężenie prądu mierzymy, wykorzystując bocznicę. Badania rozrusznika mogą być prze-

prowadzone na stanowisku po wymontowaniu go z pojazdu, choć istnieje możliwość pomiaru tych dwu wielkości bezpośrednio w pojeździe bez konieczności czasochłonnego demontażu rozrusznika. Iloczyn napięcia i natężenia prądu określa moc elektryczną rozrusznika, która jest parametrem diagnostycznym. Ponadto na stanowisku pomiarowym, jako parametry diagnostyczne rozrusznika, można przyjąć również prędkość obrotową i moment obrotowy wytwarzany przez rozrusznik.



Rys. 6. Schemat funkcjonalny rozrusznika:  $U_{30}$ ,  $U_{50}$  – napięcie,  $M_r$  – moment rozrusznika,  $P$  – moc rozrusznika

Fig. 6. The functional pattern of starter:  $U_{30}$ ,  $U_{50}$  – voltage,  $M_r$  – moment of starter,  $P$  – cardinality of starter

Analizę procesu roboczego rozrusznika przedstawiono na rys. 6. Na schemacie funkcjonalnym rozrusznika wyodrębniono włącznik elektromagnetyczny, uzwojenia wzbudzenia, twornik oraz mechanizm sprzęgający i zębniak.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Dla oceny stanu technicznego badanych rozruszników należy uprzednio znać rodzinę charakterystyk, podanych przez producenta. Sporządzenie tych charakterystyk następuje przy wykorzystaniu akumulatorów o różnej pojemności, które można stosować do rozrusznika (rys. 5). Podstawową wielkością wejściową dla rozrusznika elektrycznego jest napięcie i prąd pobierany z akumulatora. Wielkościami wyjściowymi są moc i moment. Są to parametry, dzięki którym rozruszniki wytwarzają pożądane wartości rozruchowe silników spalinowych, i na ich podstawie są one dobierane do ich pojemności.

Pojazdy mechaniczne są złożonymi obiektami technicznymi, w których o sprawności wyjściowej całego pojazdu decydują sprawności każdego elementu. Przy takiej złożoności obiektu utrudniony jest także proces diagnozowania stanu technicznego pojazdu, co sprawia, że przy wystąpieniu niezdatności elementu lub podzespołu wydłuża się czas obsługi technicznej pojazdu podczas naprawy. W takim przypadku, aby prawidłowo zdiagnozować zaistniały stan pojazdu należy wykorzystać odpowiednio duży zbiór parametrów diagnostycznych, zachodzących i charakteryzujących różnorodne procesy fizyczne w czasie funkcjonowania pojazdu.

Uszkodzenia elementów instalacji elektrycznej pojazdów powstają stopniowo i mogą powodować całkowitą utratę zdatności przez pojazd. Powstawanie nawet drobnych uszkodzeń w obrębie instalacji elektrycznej pojazdu może doprowadzić do niezdatności jednego z elementów tego układu, przy czym prawidłowe funkcjonowanie pojazdu jest niepewne lub ryzykowne. Dlatego też poprawne wykonanie kontroli stanu i lokalizacja uszkodzeń elementów instalacji elektrycznej ma istotny wpływ na podtrzymanie niezawodności pracy pojazdów i maszyn rolniczych, zwłaszcza podczas nasilenia prac w okresie wykonywania zabiegów agrotechnicznych.

## BIBLIOGRAFIA

- Bocheński C., Janiszewski T. 1996: Diagnostyka silników wysokoprężnych. WKŁ, Warszawa.
- Cyulin W., Lemski J. 2000: Modele trwałości urządzeń technicznych. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn. Polska Akademia Nauk, Komitet Budowy Maszyn, Instytut Technologii Eksploatacji. Z. 4. Radom, s. 53-67.
- Cempel Cz. 1995: Modele symptomowe w diagnostyce maszyn. III Krajowa Konferencja „Diagnostyka Techniczna Urządzeń i Systemów”. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa, s. 63-68.
- Ćwik Z. 1994: Projektowanie systemów diagnostyki obiektów technicznych. IX Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka maszyn roboczych i pojazdów”. Bydgoszcz, s. 51-54.
- Dąbrowski Z., Radkowski S. 1994: Wartościowanie celów diagnozy w procesie konstruowania wytworu. IX Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka maszyn roboczych i pojazdów”. Bydgoszcz, s. 55-60.
- Dziubiński M. 1990: Diagnostyka funkcjonalna samochodowej prądnicy synchronicznej. Politechnika Poznańska, Poznań. Rozprawa doktorska.
- Dziubiński M., Krasowski E., Plizga K. 2004: Analiza nadmiarowości w rozrusznikach samochodowych. XXXII Zimowa Szkoła Niezawodności „Nadmiarowość w Inżynierii Niezawodności”. Sekcja Podstaw Eksploatacji Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk, Szczyrk, s. 81-88.
- Fokin J. G. 1989: Niezawodność eksploatacyjna urządzeń technicznych. Wydawnictwa Ministerstwa Obrony Narodowej. Warszawa.
- Girtler J. 1994: Wiarygodność diagnozy jako prawdopodobieństwo podjęcia prawidłowej decyzji diagnostycznej. IX Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka maszyn roboczych i pojazdów”. Bydgoszcz, s. 83-87.
- Grzegórski J., Knopik L., Landowski B. 1994: Powtarzalność uszkodzeń elementów obiektów technicznych. IX Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka maszyn roboczych i pojazdów”. Bydgoszcz, s. 95-100.
- Hebda M., Niziński S., Pelc H. 1980: Podstawy diagnostyki pojazdów mechanicznych. WKŁ, Warszawa.
- Hoyland A., Rausand M. 1994: Reliability Theory, Models and Statistical Methods. John Wiley&Son. New York.
- Koziej E. 1984: Maszyny elektryczne pojazdów samochodowych. WNT, Warszawa.
- Lemski J. 2001: Modele zmian stanu technicznego urządzeń. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn. Polska Akademia Nauk, Komitet Budowy Maszyn, Instytut Technologii Eksploatacji. Z. 1. Radom, s. 193-209.
- Merkisz J., Mazurek St. 2002: Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. WKŁ, Warszawa.
- Młynarski S. 2005: Uszkodzenia podzespołów i niezawodność pojazdu. XXXIII Zimowa Szkoła Niezawodności „Metody badań przyczyn i skutków uszkodzeń”. Sekcja Podstaw Eksploatacji Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk, Szczyrk, s. 347-357.
- Niziński S., Michalski R. 2002: Diagnostyka obiektów technicznych. Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji Radom. Warszawa.
- Niziński S., Żółtowski B. 2002: Zarządzanie eksploatacją obiektów technicznych za pomocą rachunku kosztów. Wydawnictwo MARKAR, Olsztyn-Bydgoszcz.
- Niziński S. 2000: Elementy eksploatacji obiektów technicznych. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego. Olsztyn.
- Niziński S. 2002: Eksploatacja obiektów technicznych. Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji Radom. Warszawa.
- Smalko Z. 1998: Podstawy eksploatacji pojazdów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Tylicki H., Żółtowski B. 2005: Zmiana stanu maszyny w procesie eksploatacji. XXXIII Zimowa Szkoła Niezawodności „Metody badań przyczyn i skutków uszkodzeń”. Sekcja Podstaw Eksploatacji Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk, Szczyrk, s. 551-561.
- Żółtowski B. 1996: Podstawy diagnostyki maszyn. Wydawnictwa Uczelniane ATR. Bydgoszcz.
- Żółtowski J. 1981: Podstawy niezawodności maszyn. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej. Warszawa.

## DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN AGRICULTURAL VEHICLES

**Summary.** Agricultural cars work in particularly hard background conditions, changing moisture, temperature, high pollution of air. Factors like these have an influence on the limitation of the time of failure-free running of cars, which matters especially during the job processing of field. If a vehicle breaks down it has to be out of use, which results in a failure to perform field works in established cycles. Special attention is devoted to the bootable system, which is especially important for availability of self-propelled agricultural vehicles.

**Key words:** damage, ability, technical state, agricultural vehicle.