

Stanisław DUER, Konrad ZAJKOWSKI, Stanisław SOKOŁOWSKI

## **PROGRAM LOKALIZACJI USZKODZEŃ W UKŁADZIE ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO SAMOCHODU**

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono problematykę diagnostyki urządzeń zasilających pojazdy samochodowe. Ważnym elementem w procesie diagnozowania obiektów technicznych w przypadku wystąpienia stanów niezdatności jest lokalizacja uszkodzeń. Pomocą w zidentyfikowaniu elementu implikującego stan niezdatności w obiekcie technicznym jest opracowanie schematu lokalizowania uszkodzeń (programu) postępowania specjalisty w tym procesie. W artykule zaprezentowano przykład opracowania programu lokalizacji uszkodzeń, przy wykorzystaniu informacji z badań z wykorzystaniem typowych przyrządów pomiarowych w postaci multimetra i oscyloskopu.*

### **WSTĘP**

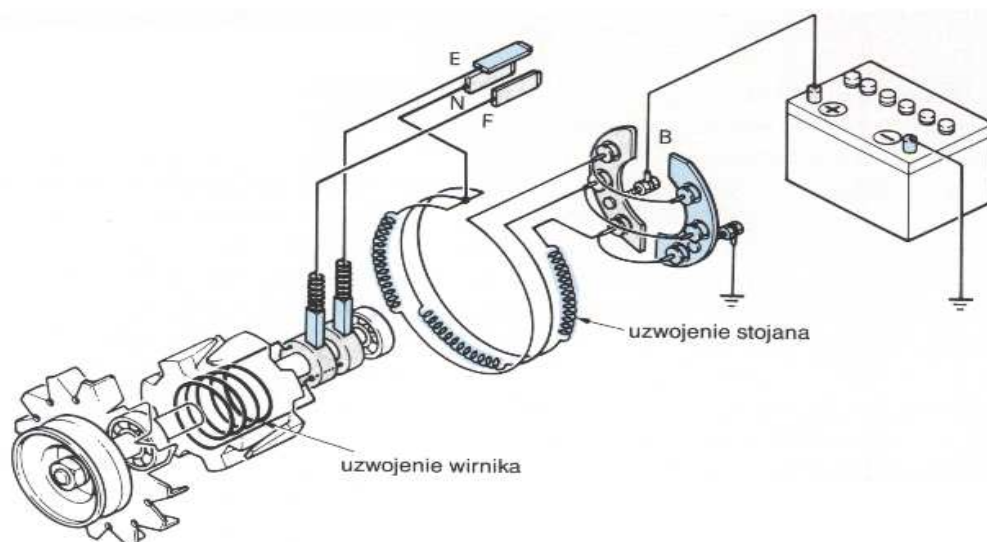
Wprowadzenie alternatora jako źródła energii elektrycznej w pojazdach samochodowych było spowodowane w głównej mierze faktem, że konwencjonalne prądnice prądu stałego w wielu przypadkach nie odpowiadają potrzebom mocy energii elektrycznej w użytkowaniu samochodów [1, 7, 11]. Alternatory są wyjątkowo niezawodnymi urządzeniami w samochodzie. W przypadku jednak uszkodzenia się alternatora ze względu na brak zasilania pojazdu nie ma też możliwości podłączenia diagnostów. Należy wówczas stosować inny sposób postępowania diagnosty w procesie lokalizacji uszkodzeń. Podstawą postępowania specjalisty w tym zakresie jest wiedza o budowie i funkcjonowaniu urządzeń zasilających pojazdy samochodowe. Alternatory są to wyjątkowo niezawodne maszyny elektryczne. Zdarzają się jednak i ich niesprawności w pewnych sytuacjach mogą one całkowicie przestać pracować. Spotykamy się wówczas z sytuacją nie możliwości zasilania energią pojazdu. Sytuacja ta powoduje wtedy niemożliwość podłączenia urządzenia diagnostycznego, które mogłoby pomóc zlokalizować niesprawność.

### **1. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA ALTERNATORA**

Prądnice prądu przemiennego stosowane w pojazdach samochodowych, różnią się od trójfazowych prądnic synchronicznych budową wirnika [1]. Na rys. 1 pokazano budowę samochodowej prądnicy prądu przemiennego. W większości prądnic samochodowych mocy stosuje się wzbudzenie elektromagnetyczne, które jest nawinięte na wirniku (Rys. 1). Wirnik składa się z dwóch tarcz biegunowych z zagiętymi ramionami. Tarcze te są osadzone na wale, a ich ramiona zachodzą między siebie. Uzwojenie wzbudzenia jest wykonane w postaci cylindrycznej cewki umieszczonej pomiędzy dwoma tarczami. Zasilanie uzwojenia wzbudzenia jest doprowadzone przez szczotki umieszczone w stojanie oraz wirujące

pierścienie ślizgowe. Strumień magnetyczny wytworzony przez to uzwojenie zamyka się w obwodzie: rdzeń wirnika, tarcze z wygiętymi ramionami (bieguny pazurowe), szczelina powietrzna. Na rys. 1 pokazano budowę wirnika z biegunami pazurowymi (kłowymi). Stojan samochodowej prądnicy prądu przemiennego jest zbudowany tak samo jak stojan trójfazowych maszyn indukcyjnych. Wytwarzana siła elektromotoryczna SEM w uzwojeniu stojana nie musi być dokładnie sinusoidalna, ponieważ napięcie wyjściowe jest prostowane w układzie prostownika upraszcza to konstrukcję prądnicy. Trójfazowe uzwojenie twornika jest połączone w mniejszych maszynach często w gwiazdę, a w większych w trójkąt. Podstawowy układ prostownikowy składa się sześciu diod w układzie mostka, przy czym trzy diody jednej połówki mostka są połączone ze wspólnym radiatorem i zaciskiem dodatnim, a trzy diody drugiej połówki mostka z drugim radiatorem i zaciskiem ujemnym.

Zwykle jeden z radiatorów połączony jest z obudową i masą prądnicy. Diody prostownicze oraz uzwojenia chłodzone są przepływającym przez prądnicę strumieniem powietrza, wytworzonym przez wentylator umieszczony na wale i napędzany kołem pasowym. Samochodowa prądnica prądu przemiennego (alternator) jest trójfazową prądnicą synchroniczną (Rys. 1), w której wirnik jest magnesnicą, a stojan twornikiem. Twornik alternatora w odróżnieniu od twornika prądnicy prądu stałego nie wiruje, lecz jest częścią korpusu maszyny (Rys. 1).



**Rys. 1.** Schemat połączeń alternatora

**Źródło** [1, 13]

W alternatorach stosuje się wzbudzenie elektromagnetyczne, przy czym uzwojenie magnesujące jest nawinięte na wirniku (Rys. 1). Wirnik ma od kilku do kilkunastu biegunów, wykonanych w układzie pazurowym). Pazury na obwodzie wirnika mają biegunowość przemienną. Uzwojenie wzbudzenia jest pojedynczą cewką o kształcie cylindrycznym, zajmującą położenie koncentryczne względem wału i umieszczoną pomiędzy systemami biegunowymi. Uzwojenie wirnika jest zasilane prądem stałym poprzez dwa pierścienie, po których ślizgają się szczotki. Strumień magnetyczny wytworzony przez cewkę, dzieli się na strumień główny i strumienie rozproszenia. Bieguny pazurowe zmieniają promieniowy kierunek głównego strumienia magnetycznego na osiowy, to jest wzdłuż osi wirnika (Rys. 1), dlatego maszyny synchroniczne o tych biegunach są nazywane osiowymi w odróżnieniu od maszyn promieniowych, w których strumień nie ma składowych skierowanych wzdłuż osi

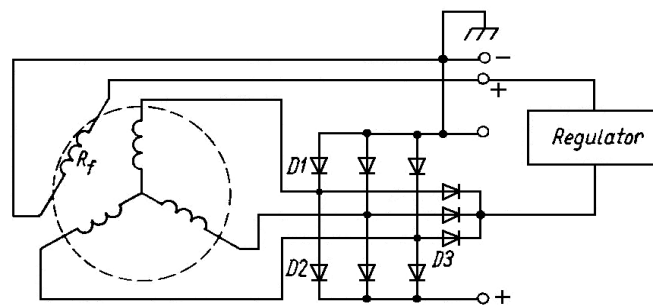
wirnika.

Wprowadzenie prądnic prądu przemiennego do pojazdów samochodowych nie zmieniło podstawowych funkcji urządzenia, tj. dostarczenia prądu stałego oraz napięcia. Zasada działania i konstrukcja alternatorów eliminują konieczność stosowania układu komutator-szczotki (czyli prostownika mechanicznego), zastępując go elementem elektronicznym - półprzewodnikową diodą prostowniczą (Rys. 2). Stosowane w alternatorach samochodowych diody półprzewodnikowe są wyłącznie elementami krzemowymi.

Powstałe napięcia w uzwojeniach twornika są przemienne i przesunięte względem siebie w fazie o  $120^\circ$  i aby alternator mógł współpracować z akumulatorem i innymi urządzeniami niezbędne było zastosowanie mostkowego układu prostowniczego.

Wśród alternatorów występują dwa rodzaje układów wzbudzenia, różnią się one ilością zastosowanych diod prostowniczych. Prądnica z układem sześciu diod jest nazywana obcowzbudną, schemat jej przedstawiono na rysunkach 2 zaś, gdy konstrukcja alternatora ma dziewięć diod to taki generator prądu przemiennego nazywa się samowzbudnym.

W alternatorze samowzbudnym trzy dodatkowe diody nazywane diodami wzbudzenia wraz z diodami ujemnymi tworzą *trójfazowy mostkowy układ prostowniczy*, zasilający uzwojenie wzbudzenia. Prąd w obwodzie wzbudzenia może popłynąć wtedy, gdy napięcie indukowane w uzwojeniu twornika będzie miało wyższą wartość od spadku napięcia (przy prądzie znamionowym przewodzenia) dwóch szeregowo połączonych diod ujemnej *D1* i wzbudzenia *D3* (Rys. 2).



**Rys. 2.** Schemat alternatora samowzbudnego, gdzie: D1- diody ujemne, D2- diody dodatnie, D3- diody wzbudzenia

Źródło [1]

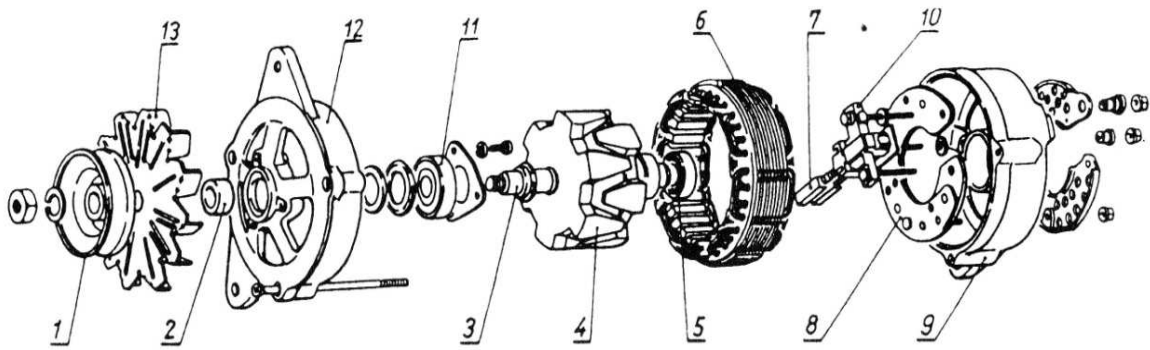
## 2. OPRACOWANIE PROGRAMU LOKALIZACJI USZKODZEŃ W UKŁADZIE ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO POJAZDU SAMOCHODOWEGO

W procesie diagnozowania obiektów technicznych w przypadku wystąpienia stanów niezdatności realizowany jest proces lokalizacji uszkodzeń. Pomocą w zidentyfikowaniu elementu implikującego stan niezdatności w obiekcie technicznym jest opracowanie oraz później realizowanie schematu lokalizowania uszkodzeń, który jest rozbudowanym programem postępowania specjalisty w tym procesie.

**Program lokalizacji uszkodzeń (niesprawności) w obiekcie technicznym jest graficznym sposobem przedstawienia schematu postępowania (czynności) specjalisty w tym procesie w badanym obiekcie technicznym.** Podstawą opracowania schematu lokalizacji uszkodzeń jest model funkcjonalno-diagnostyczny badanego urządzenia oraz wiedza i doświadczenie diagnosty.

W celu zaprezentowania istoty opracowania algorytmu lokalizacji niezdatności wybrano układ zasilania elektrycznego pojazdu. Elementy składowe (funkcjonalne) układu zasilania

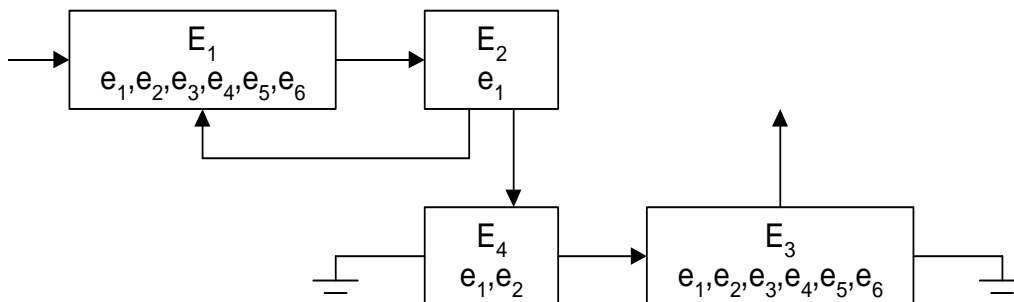
elektrycznego (alternatora) w pojeździe przedstawiono na rys. 3.



**Rys. 3.** Budowa alternatora, gdzie: 1 - koło pasowe, 2, 3 - tuleje dystansowe, 4 - wirnik, 5 - łożysko, 6 - stojan, 7 - szczotka, 8 - płytki prostownicze, 9 - obudowa tylna, 10 - szczotkotrzymacz, 11 - łożysko, 12 - obudowa przednia, 13 - wentylator

**Źródło** [1]

Badany zespół zasilania pojazdu (Rys. 3) poddano opracowaniu diagnostycznemu, w sposób opisany w pracach [2-11]. Na podstawie wykonanej analizy funkcjonalno-diagnostycznej w obiekcie wyróżniono zbiór elementów podstawowych (Rys. 4) w układzie zasilania elektrycznego pojazdu.



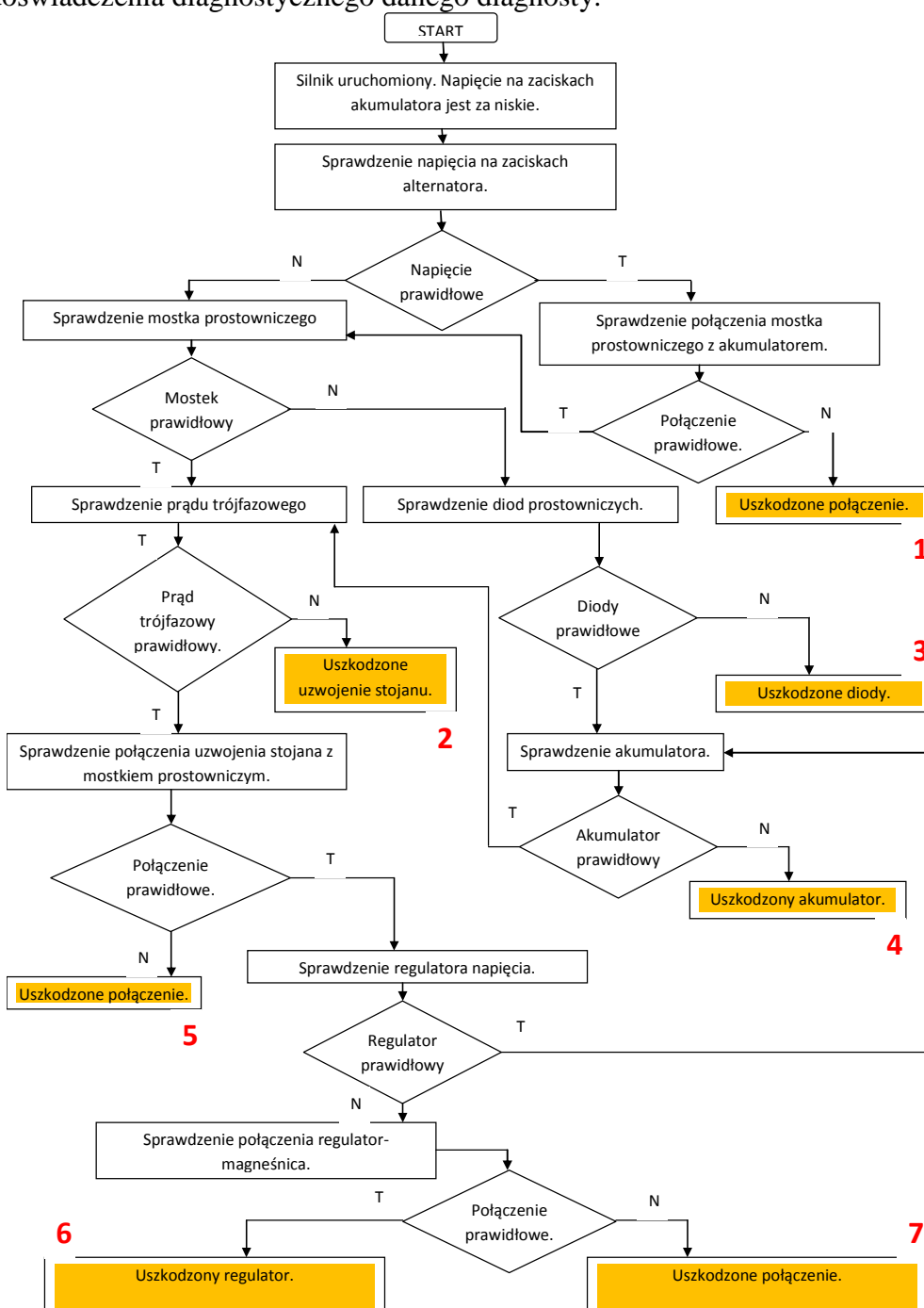
**Rys. 4.** Schemat funkcjonalno – diagnostyczny układu zasilania elektrycznego pojazdu, gdzie:  $E_1$  – alternator:  $e_1$  – uzwojenie alternatora,  $e_2$  – diody(+),  $e_3$  – diody(-),  $e_4$  – stabilizator,  $e_5$  – szczotkotrzymacz,  $e_6$  – połączenie z akumulatorem,  $E_2$  – akumulator,  $E_3$  – odbiorniki:  $e_1$  – rozrusznik,  $e_2$  – pompa paliwa,  $e_3$  – pompa wody,  $e_4$  – klimatyzacja,  $e_5$  – oświetlenie,  $e_6$  – inne,  $E_4$  – sterownik:  $e_1$  – sterownik,  $e_2$  – przekaźnik główny

**Źródło** [4]

Opracowany algorytm postępowania diagnosty w procesie lokalizacji niesprawności przedstawiono na rys. 5. Algorytm przedstawiony na rys. 5 zawiera nazwy: *czynności diagnostycznych, które należy wykonać w procesie lokalizacji uszkodzeń, wyniki wykonanych badań diagnostycznych oraz przypisane im odpowiedzi (decyzje diagnosty)*. W przedstawionym schemacie na rys. 5 wyznaczono zbiór siedmiu możliwych niesprawności, do których należą:

1. Uszkodzone połączenia mostka prostowniczego z akumulatorem.
2. Uszkodzone uzwojenie stojana.
3. Uszkodzone diody w mostku prostowniczym.
4. Uszkodzony (niesprawny) akumulator.
5. Uszkodzone połączenia uzwojenia stojana z mostkiem prostowniczym.
6. Uszkodzony regulator napięcia.
7. Uszkodzone połączenie regulatora z magneśnicą.

Efektym graficznego przedstawienia schematu czynności specjalisty w toku realizacji procesu lokalizacji niesprawności (Rys. 5) jest wyróżniony zbiór uszkodzeń, który może zaistnieć w tej konkretnej sytuacji (niesprawności). Wielkość schematu (algorytmu) postępowania jego rozmiar w dużej mierze zależą od wiedzy, doświadczenia wykonawcy w lokalizacji niesprawności w tej klasie urządzeń. Dobrze opracowany algorytm postępowania specjalisty w procesie lokalizacji niesprawności jest swego rodzaju sztuką i wyrazem dużej wiedzy i doświadczenia diagnostycznego danego diagnosty.



Rys. 5. Program lokalizacji uszkodzeń w układzie zasilania elektrycznego pojazdu

Źródło własne

W warsztatowej praktyce diagnostycznej (naprawczej) każdy diagnosta realizuje określony algorytm lokalizacji niesprawności w badanym urządzeniu. Celem jego działania jest

optymalizacja swoich kosztów (zysków). Można zatem stwierdzić, że duża wiedza diagnostyczna i ogólna o diagnozowanym obiekcie jest podstawą sukcesu.

Obserwacja działalności warsztatowej i duże doświadczenie dydaktyczne w realizacji przedmiotów z diagnostyki pojazdowej pozwala sformułować następujące stwierdzenie, że nauczanie umiejętności praktycznej diagnostyki samochodowej jest ważkim etapem kształcenia studentów. W procesie kształcenia w zakresie diagnostyki pojazdowej studentów po opanowaniu określonej wiedzy teoretycznej i praktycznej tworzone są sytuacje operacyjne polegające na sprecyzowaniu aktualnego stanu (symptomu) pracy wybranego urządzenia - układu zasilania np. *zbyt niskie napięcie na zaciskach akumulatora*. Zadaniem słuchaczy jest opracowanie odpowiedniego schematu postępowania diagnosty. Słuchacze do dyspozycji posiadają stanowisko laboratoryjne, gdzie na bieżąco mogą sprawdzać swoje wyniki (uaktualnić tok postępowania) przy wykorzystaniu typowych przyrządów kontrolno-pomiarowych.

## PODSUMOWANIE

W artykule zaprezentowano istotę opracowywania schematu lokalizowania uszkodzeń w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego. Opracowywanie algorytmów postępowania diagnosty w procesie lokalizacji uszkodzeń (niesprawności) jest ważnym elementem w procesie kształcenia studentów. Opracowanie dobrego wiarygodnego algorytmu zależy od wiedzy oraz doświadczenia wykonawcy w lokalizacji niesprawności urządzeń technicznych. Nauka postępowania diagnosty w procesie szukania niezdatności w obiekcie technicznym należy do trudnych przedsięwzięć organizacyjno-technicznych i dydaktycznych.

## PROGRAM LOCATION POWER FAILURE IN THE ELECTRIC CAR

### *Abstract*

*In the article the problem of power supply diagnostic motor vehicles. An important element in the process of diagnosing technical facilities in the event of unavailability of states is the location of damage. Help to identify the caller in the state of unfitness object is to develop a technical fault locating scheme (programme) conduct a specialist in this process. The article presents a program such as fault location, using information from studies using conventional measuring instruments in a multimeter and an oscilloscope.*

## BIBLIOGRAFIA

1. Duer S.: *Laboratorium Elektrotechniki samochodowej Tom I*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2009. str. 199.
2. Duer S., Duer R., Duer P.: *Tor pomiarowy dla systemu diagnozującego układ sterowania silnikiem samochodowym typu Motronic*, w monografii pod redakcją Leona Kukielki nt. „Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska” Słupsk, 2009, str. 79-86.
3. Duer S., Zajkowski K., Łyskojć D., Ziatyk P.: *Badanie sprawności przepływomierza powietrza (HFM5), podstawą jakości spalin*, w monografii pod redakcją Leona Kukielki nt. „Innowacje w motoryzacji dla ochrony środowiska” Słupsk, 2010, str. 45-52.
4. Duer S., Zajkowski K., Duer R.: *Diagnostyka w układzie zasilania elektrycznego pojazdu samochodowego*. Proceedings of the „ XV Conference Computer Applications in Electrical Engineering”, Poznan University Of Technology, Poznan, April 19-21, 2010, pp. 255-256.

5. Łyskojć D., Duer S., Zajkowski K.: *Analiza możliwości wykorzystania silników elektrycznych w napędach pojazdów samochodowych*. Proceedings of the „ XV Conference Computer Applications in Electrical Engineering” Poznan University Of Technology. Poznan, April 19-21, 2010, pp. 251-252.
6. Duer S., Zajkowski K., Duer R.: *Wykorzystanie sztucznej sieci neuronowej w diagnostyce pojazdów samochodowych*. XXIV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, „EKOMILITARIS 2010”. 07-10.09.2010, Zakopane, Wojskowa Akademia Techniczna, str.81-89.
7. Duer S., Zajkowski K., Paś J.: *Wyznaczanie bazy wiedzy ekspertowej wspomagającej obsługiwane urządzeń silnika pojazdu samochodowego*. 14<sup>th</sup> International Conference „Computer Systems Aided Science, Industry And Transport-TRANSCOMP 2010”. Zakopane, 6-9 XII 2010. Technical University of Radom, pp. 73. Published in Logistyka nr 6/2010.
8. Duer S.: *Artificial Neural Network-based technique for operation process control of a technical object*. Defence Science Journal, DESIDOC, Vol. 59, No. 3, May 2009, pp. 305-313.
9. Duer S.: *Diagnostic system for the diagnosis of a reparable technical object, with the use of an artificial neural network of RBF type*. Neural Computing & Applications, 2010, DOI: 10.1007/s00521-009-0325-4.
10. Duer S.: *Diagnostic system with an artificial neural network in diagnostics of an analogue technical object*. Neural Computing & Applications, 2010, Springer – Verlag London Limited, Vol. 19 No.1, pp. 55-60.
11. Duer S., Duer R.: *Diagnostic system with an artificial neural network which determines a diagnostic information for the servicing of a reparable technical object*. Neural Computing & Applications, 2010, Vol. 19, No. 5, pp. 755-766.
12. Duer S.: *Investigation of the operation process of a repairable technical object in an expert servicing system with an artificial neural network*. Neural Computing & Applications, 2010, Vol. 19, No. 5, pp. 767-774.
13. Materiały szkoleniowe. Centrum Szkolenia Motoryzacji, Poznań, 2007.

**Autorzy:**

**dr inż. Stanisław DUER** – Politechnika Koszalińska.

**dr inż. Konrad ZAJKOWSKI** – Politechnika Koszalińska.

**dr inż. Stanisław SOKOŁOWSKI** – Politechnika Koszalińska