

## ANALIZA SYMPTOMÓW W DIAGNOSTYCE ELEKTRYCZNEGO WYPOSAŻENIA SAMOCHODÓW

Stanisław GAD, Aleksander JASTRIEBOW, Grzegorz SŁOŃ, Dariusz KAŁWA

Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki  
Al. Tysiąclecia P. P. 7, 25-314 Kielce, fax: (0-41) 34-24-218, e-mail: enegs@tu.kielce.pl

### Streszczenie

Przedstawiono ogólny schemat obiektu diagnozowania w postaci wyposażenia elektrycznego współczesnego samochodu. Na podstawie wiedzy ekspertowej opisano wstępne zbiory uszkodzeń i sygnałów symptomowych. Wyznaczono macierze diagnostyczne. Przeanalizowano rozróżnialność uszkodzeń i informacyjność sygnałów symptomowych. Opisano układ pomiarowy.

Słowa kluczowe: diagnostyka, sygnały symptomowe, układ pomiarowy

## ANALYSIS OF MEASURED SYMPTOM SIGNALS IN COMPUTER DIAGNOSTIC OF CARS' ELECTRICAL EQUIPMENT

### Summary

General diagram of diagnosed object, in the form of modern car's electric and electronic equipment has been presented. On the basis of expert knowledge, initial sets of defects and symptom signals have been described. Diagnostic matrixes have been specified. Defects discrimination and symptom signals informativity have been analysed. Measuring system has been described.

Keywords: diagnostic, symptom signals, measuring system

### 1. WSTĘP

W komputerowej diagnostyce układów technicznych ważną rolę pełnią pomiary sygnałów symptomowych. Symptomy powinny mieć charakter informacyjny dla celów diagnozowania i rozróżniania istniejących w systemie uszkodzeń [1,2].

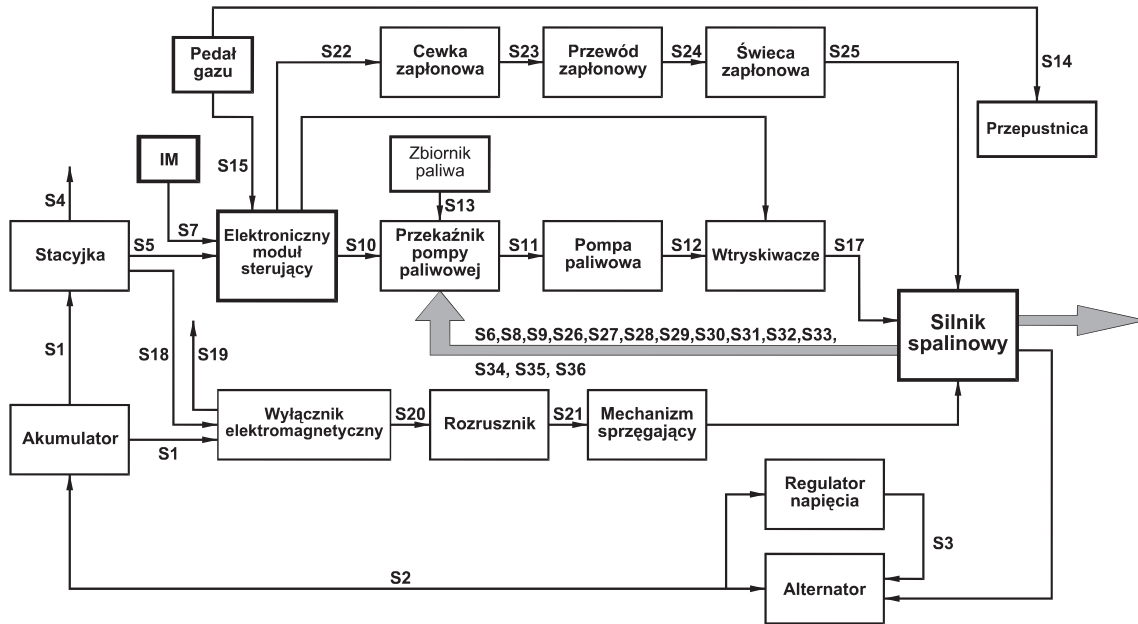
W pracy opisano wstępne zbiory podstawowych symptomów i odpowiadających im uszkodzeń, które mogą zaistnieć w wyposażeniu elektrycznym współczesnego pojazdu samochodowego. Opisano układ pomiarowy, zbudowany dla pomiarów sygnałów symptomowych, składający się z: samochodu marki Daewoo Nubira, skanera SCAN 100, oscyloskopu cyfrowego marki LG typ OS – 310 M oraz uniwersalnego miernika cyfrowego Metex – 3800. Charakterystyczną cechą przytoczonych badań pomiarowych jest prowadzenie analizy diagnostycznej nie tylko w stanie biegu luzem, ale także w trakcie rozruchu silnika samochodowego.

Opracowano macierze diagnostyczne i informacyjne dla badanego układu [3]. Przy użyciu opracowanego komputerowego algorytmu przeanalizowano rozróżnialność wstępnego zbioru możliwych uszkodzeń na podstawie zbudowanej macierzy (diagnostycznej albo informacyjnej) [4]. Przedstawiono wybrane wyniki analizy rozróżnialności i informacyjności (analiza taka jest zwykle wykorzystywana przy wyborze odpowiednich inteligentnych komputerowych metod diagnozowania).

### 2. OBIEKT DIAGNOZOWANIA

Na rys. 1 przedstawiono ogólny schemat elektryczno – elektronicznego wyposażenia współczesnego samochodu.

W tabelach 1-3 zamieszczono wykaz typowych uszkodzeń i odpowiadających im symptomów oraz fizyczne wartości pomiarowe sygnałów symptomowych (dla rys. 1).



Rys. 1. Ogólny schemat diagnozowania elektrycznego wyposażenia samochodu

Tabela 1.  
Możliwe uszkodzenia

MOŻLIWE USZKODZENIA	
<b>SILNIK</b>	
$F_0$	– poprawna praca
$F_1$	– uszkodzenie silnika spalinowego (silnik uszkodzony awaryjnie - zablokowany);
$F_{30}$	– uszkodzenie silnika spalinowego (silnik zużyty);
$F_2$	– uszkodzenie immobilizera
$F_3$	– uszkodzenie czujnika położenia i prędkości wału korbowego CPS
<b>UKŁAD ZASILANIA</b>	
$F_4$	– uszkodzenie alternatora;
$F_5$	– uszkodzenie regulatora napięcia;
$F_6$	– uszkodzenie akumulatora;
<b>UKŁAD ZAPŁONOWY</b>	
$F_7$	– uszkodzenie stacyjki;
$F_8$	– uszkodzenie elektronicznego sterownika układu zapłonowego;
$F_9$	– uszkodzenie cewki zapłonowej;
$F_{10}$	– uszkodzenie przewodu zapłonowego;
$F_{11}$	– uszkodzenie świecy zapłonowej;
<b>UKŁAD ROZRUCHU</b>	
$F_{12}$	– uszkodzenie stacyjki;
$F_{13}$	– uszkodzenie przewodu stacyjka- rozrusznik;
$F_{14}$	– uszkodzenie wyłącznika elektromagnetycznego;
$F_{15}$	– uszkodzenie rozrusznika;
$F_{16}$	– uszkodzenie mechanizmu sprzęgającego rozrusznika;
<b>UKŁAD ZASILANIA W PALIWO</b>	
$F_{17}$	– uszkodzenie przełącznika pompy paliwa;
$F_{18}$	– uszkodzenie pompy paliwa;
$F_{19}$	– uszkodzenie sterownika urządzenia wtryskowego;
$F_{20}$	– uszkodzenie wtryskiwacza;
$F_{31}$	– nieszczelności w kolektorze ssącym;

$F_{32}$	– brak paliwa w zbiorniku;
<b>UKŁAD CHŁODZENIA</b>	
$F_{21}$	– uszkodzenie termostatu;
$F_{22}$	– nieszczelność układu chłodzenia;
$F_{23}$	– uszkodzenie wentylatora układu chłodzenia;
<b>UKŁAD SMAROWANIA</b>	
$F_{24}$	– uszkodzenie pompy olejowej;
$F_{25}$	– zatkana magistrala olejowa;
$F_{33}$	– brak ciśnienia w układzie smarowania;
<b>UKŁAD WYDECHOWY</b>	
$F_{26}$	– uszkodzenie zaworu recyrkulacji spalin;
$F_{27}$	– uszkodzenie sondy $\lambda 1$ ;
$F_{28}$	– uszkodzenie sondy $\lambda 2$ ;
$F_{29}$	– uszkodzenie katalizatora.

Tabela 2.  
Sygnały symptomowe

SYGNAŁY SYMPTOMOWE	
$S_1$	– Napięcie na zaciskach akumulatora;
$S_2$	– Napięcie regulowane –wyjście z alternatora;
$S_3$	– Prąd wzbudzenia alternatora;
$S_4$	– Sygnał ze stacyjki pojazdu 1;
$S_5$	– Sygnał zapłonowy ze stacyjki pojazdu;
$S_6$	– Czujnik położenia i prędkości wału korbowego CPS;
$S_7$	– Sygnał immobilizera;
$S_8$	– Sygnał z czujnika spalania detonacyjnego;
$S_9$	– Sygnał z czujnika temperatury powietrza MAT;
$S_{10}$	– Sygnał zasilania przełącznika pompy paliwowej;
$S_{11}$	– Sygnał zasilania pompy paliwa;
$S_{12}$	– Strumień zasilania paliwem (ciśnienie paliwa);
$S_{13}$	– Sygnał z czujnika poziomu paliwa;
$S_{14}$	– Sygnał z czujnika położenia przepustnicy TPS;
$S_{15}$	– Sygnał z czujnika położenia pedału gazu;

$S_{16}$	– Sygnał wtryskiwacza;
$S_{17}$	– Wtryskiwacz;
$S_{18}$	– Sygnał ze stacyjki pojazdu załączający wyłącznik elektromagnetyczny rozrusznika
$S_{19}$	– Sygnał prądowy zasilania uzwojeń rozrusznika;
$S_{20}$	– Sygnał zwarcia rozrusznika;
$S_{21}$	– Moment obrotowy wirnika rozrusznika;
$S_{22}$	– Sygnał sterujący impulsem zapłonu elektronicznego;
$S_{23}$	– Sygnał wn z cewki;
$S_{24}$	– Sygnał wn na świecy;
$S_{25}$	– Iskra zapłonowa;
$S_{26}$	– Sygnał z czujnika temperatury silnika CTS;
$S_{27}$	– Sygnał włączenia wentylatora chłodnicy I;
$S_{28}$	– Sygnał włączenia wentylatora chłodnicy II;
$S_{29}$	– Sygnał z czujnika ciśnienia w układzie chłodzenia;
$S_{30}$	– Sygnał z czujnika temperatury oleju;
$S_{31}$	– Sygnał z Sondy $\lambda$ 1;
$S_{32}$	– Sygnał z Sondy $\lambda$ 2;
$S_{33}$	– Układ recyrkulacji spalin;
$S_{34}$	– Sygnał z czujnika ciśnienia w kolektorze ssącym MAP;
$S_{35}$	– Sygnał z czujnika ciśnienia oleju;
$S_{36}$	– Zawór zmiennej geometrii ukl. dolotowego VGIS.

$S_{28}$	$T < 94^{\circ}\text{C}$	$94 < T < 97^{\circ}\text{C}$
$S_{29}$	$P < 900 \text{ hPa}$ or $P > 1000 \text{ hPa}$	$900 < P < 1100 \text{ hPa}$
$S_{30}$	zarezerwowane do przyszłego wykorzystania	
$S_{31}$	$U < 300 \text{ mV}$ or $U > 800 \text{ mV}$	$300 < U < 800 \text{ mV}$
$S_{32}$	$U < 300 \text{ mV}$ or $U > 800 \text{ mV}$	$300 < U < 800 \text{ mV}$
$S_{33}$		$R \approx 0 \Omega$
$S_{34}$	$U < 1,0 \text{ V}$ or $U > 5,0 \text{ V}$	$1,0 < U < 2,0 \text{ V}$
$S_{35}$	$P < 2000 \text{ hPa}$ or $P > 3500 \text{ hPa}$	$2000 < P < 3500 \text{ hPa}$
$S_{36}$	$R < 11,6 \Omega$ or $R > 12,4 \Omega$	$11,6 < R < 12,4 \Omega$

### 3. UKŁAD POMIAROWY SYGNAŁÓW SYMPTOMOWYCH OBIEKTU DIAGNOZOWANIA

W pierwszej fazie badań przeprowadzono pomiary na laboratoryjnych stanowiskach badawczych Laboratorium Elektrotechniki Pojazdowej Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej. Otrzymane wyniki zweryfikowano z wykorzystaniem dwóch samochodów marki Daewoo Nubira z silnikami o pojemnościach:  $1\,597 \text{ cm}^3$  i  $1\,998 \text{ cm}^3$ , korzystając ze skanera marki GM Daewoo typ SCAN 100 o numerze seryjnym 6909. Jako urządzenia pomocnicze wykorzystano: oscyloskop cyfrowy Marki LG typ OS – 310 M, uniwersalny miernik cyfrowy Metex – 3800 i laboratoryjny woltomierz analogowy.

Analizując otrzymane rezultaty, zarówno podczas prób stanowiskowych jak i na obiektach rzeczywistych uzyskano dużą ich zbieżność (identyczność), co świadczy o poprawności przyjętej metody. Na uwagę zasługuje fakt, że uzyskane wyniki badań (dla symulowanych i rzeczywistych uszkodzeń elementów wyposażenia elektrycznego i elektronicznego pojazdów), jak również parametry fizyczne sprawnych urządzeń znalazły potwierdzenie w danych ekspertowych.

Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że wyniki badań prowadzonych na samochodach tej samej marki i typu w niektórych przypadkach znacznie różniły się od siebie. Parametrem takim jest między innymi napięcie czujnika położenia przepustnicy. Jako przykład można podać różniące się od ekspertowych napięcie ładowania akumulatora. W rzeczywistym obieku przewyższało ono o niemal 1 V dane określone w Polskich Normach. W takim przypadku znajduje swoje uzasadnienie zastosowanie do diagnostyki komputerowych metod opartych na sieciach neuronowo rozmytych.

Na rys. 2-5 przedstawiono skaner pomiarowy SCAN 100, obraz ze skanera, oscyloskop OS – 310 M oraz stanowisko badawcze.

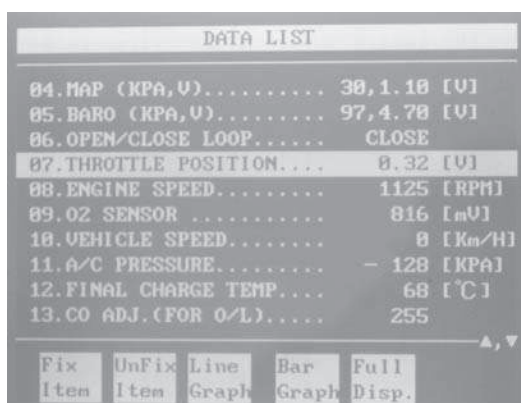
Tabela 3.

Sygnały symptomowe i odpowiednie wartości pomiarowe

Wartość binarna	1	0
$S_1$	$U < 13,5 \text{ V}$ or $U > 14,4 \text{ V}$	$13,5 < U < 14,4 \text{ V}$
$S_2$	$U < 13,8 \text{ V}$ or $U > 14,4 \text{ V}$	$13,8 < U < 14,4 \text{ V}$
$S_3$	$I < 0,5 \text{ A}$ or $I > 3 \text{ A}$	$0,5 < I < 3 \text{ A}$
$S_4$	$U < 10,5 \text{ V}$ or $U > 14,4 \text{ V}$	$10,5 < U < 14,4 \text{ V}$
$S_5$	$U < 10,5 \text{ V}$ or $U > 14,4 \text{ V}$	$10,5 < U < 14,4 \text{ V}$
$S_6$	$U < 0,95 \text{ V}$ or $U > 1,2 \text{ V}$	$0,95 < U < 1,2 \text{ V}$
$S_7$	$U < 1,2 \text{ V}$	$U > 1,2 \text{ V}$
$S_8$	$F < 115 \text{ Hz}$ or $F > 150 \text{ Hz}$	$115 < F < 150 \text{ Hz}$
$S_9$	$R < 40 \Omega$ or $R > 80 \Omega$	$40 < R < 80 \Omega$
$S_{10}$	$U < 10,5 \text{ V}$ or $U > 14,4 \text{ V}$	$10,5 < U < 14,4 \text{ V}$
$S_{11}$	$U < 8,0 \text{ V}$	$U > 8,0 \text{ V}$
$S_{12}$	$P < 283 \text{ kPa}$	$283 < P < 324 \text{ kPa}$
$S_{13}$	$U < 8,0 \text{ V}$	$U > 8,0 \text{ V}$
$S_{14}$	$U < 0,4 \text{ V}$ or $U > 5,0 \text{ V}$	$0,4 < U < 5,0 \text{ V}$
$S_{15}$	zarezerwowane do przyszłego wykorzystania	
$S_{16}$	$R < 11,6 \Omega$ or $R > 13,5 \Omega$	$11,6 < R < 12,4 \Omega$
$S_{17}$	$U < 8,0 \text{ V}$	$U > 8,0 \text{ V}$
$S_{18}$	$U < 8,0 \text{ V}$	$U > 8,0 \text{ V}$
$S_{19}$	$U < 8,0 \text{ V}$	$U > 11,5 \text{ V}$
$S_{20}$	$U < 8,0 \text{ V}$	$U > 11,5 \text{ V}$
$S_{21}$	$M < 20 \text{ Nm}$	$M > 20 \text{ Nm}$
$S_{22}$	$U < 0,2 \text{ V}$	$0,2 < U < 2,0 \text{ V}$
$S_{23}$	$U < 15,0 \text{ kV}$	$U > 15,0 \text{ kV}$
$S_{24}$	$U < 15,0 \text{ kV}$	$U > 15,0 \text{ kV}$
$S_{25}$	zarezerwowane do przyszłego wykorzystania	
$S_{26}$	$U < 4,5 \text{ V}$ or $U > 5,5 \text{ V}$	$4,5 < U < 5,5 \text{ V}$
$S_{27}$	$T < 90^{\circ}\text{C}$ or $T > 94^{\circ}\text{C}$	$90 < T < 93^{\circ}\text{C}$



Rys. 2. Skaner SCAN 100



Rys. 3. Obraz ze skanera.



Rys. 4. Oscyloskop OS – 310 M



Rys. 5. Stanowisko pomiarowe

W tabeli 4 zamieszczono przykład pomiaru symptomowego sygnału  $S_1$  (napięcie na zaciskach akumulatora) w dwóch stanach pracy silnika: podczas rozruchu i na biegu luzem dla dwóch położenia spoczynkowych: przy załączonym i wyłączonym zapłonie. Przykład dotyczy stanu pracy normalnej (z uwzględnieniem konkretnego typu pojazdu).

Tab. 4.  $S_1$  – napięcie na zaciskach akumulatora [V]

Nr pomiaru	Położenie spoczynkowe zapłon wyłączony	Położenie spoczynkowe zapłon włączony	Podczas rozruchu	Na biegu luzem 900 min <sup>-1</sup>
1	13,30	12,81	10,78	14,49
2	13,29	12,77	10,92	14,51
3	13,31	12,74	10,88	14,46
4	13,33	12,69	10,51	14,47
5	13,28	12,68	10,63	14,46
6	13,31	12,76	10,56	14,45
7	13,32	12,74	10,54	14,50
8	13,31	12,66	10,48	14,49
9	13,31	12,88	10,54	14,48
10	13,31	12,71	10,56	14,47
11	13,29	12,83	10,55	14,49
12	13,29	12,66	10,53	14,49
13	13,31	12,79	10,80	14,49
14	13,28	12,62	10,46	14,51
15	13,30	12,61	10,58	14,49
16	13,31	12,70	10,57	14,52
17	13,30	12,78	10,45	14,51
18	13,29	12,92	10,56	14,48
19	13,28	13,01	10,71	14,49
20	13,30	12,76	10,54	14,50
21	13,29	12,75	10,56	14,48
22	13,28	12,78	10,55	14,47
23	13,29	12,69	10,57	14,47
24	13,28	12,76	10,56	14,48
25	13,30	12,76	10,55	14,49
26	13,28	12,68	10,54	14,48
27	13,31	12,63	10,48	14,51
28	13,30	12,80	10,51	14,52
29	13,28	12,79	10,45	14,51
30	13,31	12,82	10,49	14,49

#### 4. ANALIZA ROZRÓŻNIALNOŚCI I INFORMACYJNOŚCI POMIAROWYCH SYGNAŁÓW SYMPTOMOWYCH

Poniżej przedstawiono wybrane badania według zbudowanego komputerowego algorytmu i programu analizy rozróżnialności sygnałów symptomowych odpowiadających macierzom binarnym (tabele 5-7) opracowanym na bazie wiedzy ekspertowej [3-4].

Tabela 5.

Wstępna macierz binarna dla schematu z rys.1.

F/S	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>14</sub>	S <sub>15</sub>	S <sub>16</sub>	S <sub>17</sub>	S <sub>18</sub>	S <sub>19</sub>	S <sub>20</sub>	S <sub>21</sub>	S <sub>22</sub>	S <sub>23</sub>	S <sub>24</sub>	S <sub>25</sub>	S <sub>26</sub>	S <sub>27</sub>	S <sub>28</sub>	S <sub>29</sub>	
F <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>1</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
F <sub>30</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
F <sub>2</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>3</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
F <sub>4</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>5</sub>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>6</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>7</sub>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>8</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
F <sub>9</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
F <sub>10</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
F <sub>12</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
F <sub>13</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
F <sub>14</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
F <sub>15</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
F <sub>16</sub>	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
F <sub>17</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
F <sub>18</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
F <sub>19</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
F <sub>20</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
F <sub>32</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
F <sub>21</sub>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>22</sub>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>23</sub>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
F <sub>33</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>27</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
F <sub>28</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F <sub>29</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Po wstępnej analizie ogólna macierz binarna (tab. 5) została zredukowana do postaci, odpowiadających dwóm stanom pracy silnika – rozruchu i podczas biegu luzem, które przedstawiono w tabelach 6 i 7.

Tabela 6.

Macierz binarna – stan pracy silnika podczas rozruchu

F/S	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>14</sub>	S <sub>15</sub>	S <sub>16</sub>	S <sub>17</sub>	S <sub>18</sub>	S <sub>19</sub>	S <sub>20</sub>	S <sub>21</sub>	S <sub>22</sub>	S <sub>23</sub>	S <sub>24</sub>	S <sub>25</sub>				
F <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
F <sub>1</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0				
F <sub>30</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
F <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
F <sub>3</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0			
F <sub>7</sub>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0			
F <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0		
F <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0		
F <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
F <sub>12</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>13</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>14</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
F <sub>15</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
F <sub>16</sub>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
F <sub>17</sub>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>18</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>19</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>20</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>32</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 7.

Macierz binarna – stan pracy silnika podczas pracy na biegu luzem

F/SS	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>9</sub>	S <sub>14</sub>	S <sub>16</sub>	S <sub>17</sub>	S <sub>27</sub>	S <sub>31</sub>	S <sub>32</sub>	S <sub>35</sub>
F <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>5</sub>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>6</sub>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F <sub>21</sub>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
F <sub>23</sub>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
F <sub>33</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F <sub>27</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
F <sub>28</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F <sub>29</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

W tabelach 8-10 przedstawiono wyniki wstępnego badania rozróżnialności uszkodzeń (na podstawie macierzy binarnych z tabel 5-7).

Tabela 8.

Wynik wstępnego badania rozróżnialności.

Uszkodzenie	Sygnatura	Uszkodzenie	Sygnatura
F <sub>0</sub>	0	F <sub>15</sub>	104 870 895
F <sub>1</sub>	50 344 423	F <sub>16</sub>	104 870 383
F <sub>30</sub>	100 663 303	F <sub>17</sub>	100 859 919
F <sub>2</sub>	103 219 207	F <sub>18</sub>	100 728 847
F <sub>3</sub>	104 870 119	F <sub>19</sub>	100 675 599
F <sub>4</sub>	100 663 296	F <sub>20</sub>	100 667 407
F <sub>5</sub>	67 108 864	F <sub>32</sub>	100 761 607
F <sub>6</sub>	268 435 455	F <sub>21</sub>	1 048 576
F <sub>7</sub>	134 213 887	F <sub>22</sub>	

Tabela 10.  
 Wynik badania rozróżnialności podczas pracy silnika na biegu luzem.

Uszkodzenie	Sygnatura	Uszkodzenie	Sygnatura
$F_0$	0	$F_{33}$	1
$F_5$	12288	$F_{27}$	4
$F_6$	16384	$F_{28}$	2
$F_{21}$	264	$F_{29}$	2
$F_{23}$	270		

W tabelach 8-10 sygnatury są liczone wg następującej zależności [3-4]:

$$bd_i = \sum_{j=1}^m z_{i,j} \cdot 2^{m-j}, \quad (i = 1, 2, \dots, l). \quad (1)$$

gdzie:  $m$  – liczba sygnałów symptomowych,  $l$  – liczba uszkodzeń (dla tab. 8  $m = 28$ ,  $l = 29$ )

Przy tym, każdy element  $z_{ij}$  macierzy binarnej jest opisany następująco:

$$z_{i,j} = \begin{cases} 0 & \text{dla } S_{j\min} \leq S_j \leq S_{j\max} \\ 1 & \text{dla } (S_j < S_{j\min}) \vee (S_j > S_{j\max}) \end{cases} \quad (2)$$

( $S_{j\min}$ ,  $S_{j\max}$ ) – graniczne wartości  $j$ -ego sygnału symptomowego (0 – normalna praca, 1 – uszkodzenie); ( $i = 1, 2, \dots, l$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$ ) (tab. 3)

Przy tym dwa uszkodzenia są uważane za rozróżnialne, przy danej informacji, jeżeli posiadają różne sygnatury.

Wstępne badanie rozróżnialności uszkodzeń wykazuje:

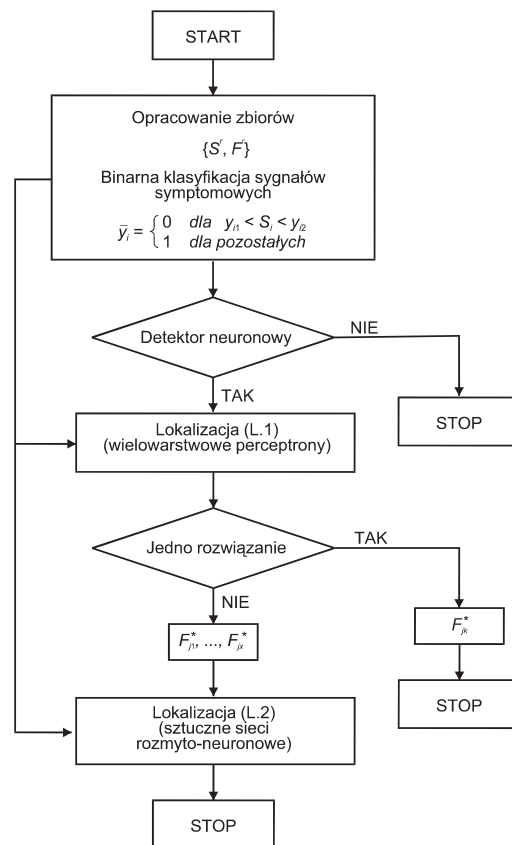
- nierozróżnialność dwóch grup uszkodzeń:  $F_{13}$  i  $F_{14}$  oraz  $F_{28}$  i  $F_{29}$  (wg tab. 8).
- nierozróżnialność dwóch uszkodzeń:  $F_{12}$  i  $F_{13}$  (wg tab. 9).
- nierozróżnialność dwóch uszkodzeń:  $F_{28}$  i  $F_{29}$  (wg tab. 10).

Pozostałe uszkodzenia będą rozróżnialne. Dla analizy nierozróżnialnych uszkodzeń potrzebna jest dodatkowa wiedza ekspertowa lub zastosowanie odpowiednich metod diagnozowania z rozmytymi granicami parametrów symptomowych.

### 5. SCHEMAT KOMPUTEROWEGO INTELIGENTNEGO ALGORYTMU DIAGNOZOWANIA

Poniżej przedstawiono schemat komputerowego hierarchicznego algorytmu diagnozowania opartego na modelach sztucznej inteligencji (rys. 6), zawierający detektor neuronowy oraz neuronowy (L.1) i neuronowo-rozmyty (L.2) lokalizatory uszkodzeń. Przy tym, do modelowania powyższych sztucznych sieci wybrano wielowarstwowe

perceptrony. Jeżeli na L.1 zostanie zlokalizowane tylko jedno uszkodzenie (szybka diagnostyka), to następuje koniec pracy systemu diagnozowania. Jeżeli nie, to system przechodzi do etapu L.2 – diagnozowania za pomocą rozmytych sieci neuronowych (dokładniejsza lokalizacja). Trzeba zauważyć, że przy użyciu sieci neuronowo-rozmytych, poprzez wybór odpowiednich kształtów funkcji przynależności oraz wymiarów zbiorów rozmytych można poprowadzić dokładniejszą analizę diagnozowania nierozróżnialnych początkowo uszkodzeń. Na tym polega możliwość dokładniejszej analizy lokalizacji uszkodzeń na etapie L.2



Rys. 6. Schemat hierarchicznego komputerowego systemu diagnozowania

### 6. WNIOSKI

Opisano obiekt diagnozowania, składający się z wyposażenia elektryczno-elektronicznego współczesnego samochodu osobowego. Na podstawie wiedzy ekspertowej opracowano wstępne zbiory sygnałów symptomowych i odpowiednich uszkodzeń. Przedstawiono fizyczne obszary zmian sygnałów diagnostycznych. Zaprezentowano opracowany układ pomiarowy sygnałów symptomowych. Opracowano diagnostyczną macierz binarną oraz, na podstawie zbudowanego algorytmu, przeanalizowano rozróżnialność uszkodzeń i zamieszczono wybrane wyniki tej

analizy. Celem badań było przeanalizowanie możliwych sygnałów symptomowych dla potrzeb ich zastosowania w komputerowej diagnostyce uszkodzeń opartej na metodach inteligentnych.

#### LITERATURA

- [1] Wang K. Intelligent condition monitoring and diagnosis systems. Amsterdam, IOS Press 2003.
- [2] Kościelny J., M. Bezwarunkowa i warunkowa rozróżnialność uszkodzeń przy wielowartościowej ocenie residuów. Materiały VI Krajowej Konferencji Naukowo - Technicznej, Diagnostyka Procesów Przemysłowych DPP'2003, Władysławo 2003, str. 55-60.
- [3] Jastriebow A., Gad S., Słoń G., Zawadzki A., Pawlak M. Sygnały diagnostyczne w diagnozowaniu wyposażenia elektrycznego samochodów, Diagnostyka Vol. 32, Warszawa 2004 139-142.
- [4] Jastriebow A., Gad S., Słoń G., Zawadzki A., Łaskawski M. Analiza rozróżnialności uszkodzeń przy diagnozowaniu samochodowych urządzeń elektrycznych, Diagnostyka Vol. 32, Warszawa 2004 135-138.



Prof. dr hab. inż. Aleksander Jastriebow jest profesorem nadzwyczajnym w Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach. Jest specjalistą w dziedzinie matematyki i informatyki stosowanej. Opublikował ponad 160 prac naukowych z zakresu automatyki, identyfikacji, diagnostyki oraz sztucznej inteligencji.



Dr inż. Grzegorz Słoń jest adiunktem w Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach. Zajmuje się elektrotechniką teoretyczną, informatyką stosowaną, elektrotechniką i elektroniką pojazdową oraz wykorzystaniem sztucznej inteligencji w diagnostyce. Jest autorem i współautorem ponad 30 prac naukowych.



Dr hab. inż. Stanisław Gad jest pracownikiem naukowym Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach. Jest członkiem Sekcji Podstaw Eksploatacji KBM Polskiej Akademii Nauk. Zainteresowania naukowe obejmują zagadnienia diagnostyki urządzeń pojazdowych oraz elektrotechniki i elektroniki pojazdów samochodowych. Ma w swoim dorobku 90 publikacji naukowych.



Mgr inż. Dariusz Kałwa jest absolwentem Politechniki Świętokrzyskiej oraz Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach. Jest rzeczoznawcą samochodowym. Zajmuje się diagnostyką pojazdową. Jest współautorem 2 prac naukowych.