

Włodzimierz Zieliński  
Politechnika Lubelska, Lublin

## KONCEPCJA SYSTEMU EKSPERTOWEGO MONITOROWANIA I DIAGNOSTYKI ELEKTRYCZNYCH MASZYN KOMUTATOROWYCH PRĄDU STAŁEGO

### A CONCEPT OF AN EXPERT SYSTEM FOR MONITORING AND DIAGNOSTICS OF ELECTRIC DIRECT CURRENT COMMUTATOR MACHINES

**Abstract:** The paper presents a concept of realization of an expert system for monitoring and diagnostics of electric direct current commutator machines. A perceptron regulator of the current of commutation poles is sometimes incapable of eliminating or reducing the sparking of brushes. This may be due to mechanical or other additional factors, which were not taken into consideration in the process of instruction of the artificial neural network ANN described in the previous paper. That is why the application of a damage detector will allow to control states of emergency or machine failures and to inform the system operator or shut down.

#### 1. Wstęp

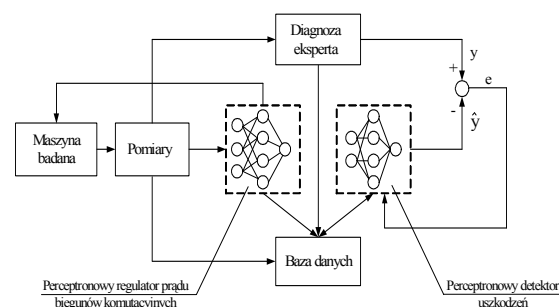
Perceptronowy regulator prądu biegunów komutacyjnych nie zawsze jest w stanie wyeliminować względnie zmniejszyć iskrzenie szczotek. Przyczyną tego mogą być czynniki mechaniczne, względnie dodatkowe, które nie były brane pod uwagę w procesie nauczania sztucznej sieci neuronowej SSN, a opisaniej w poprzednim artykule [ 4], [6].

#### 2. Perceptronowy detektor uszkodzeń

W związku z powyższym niezbędnym staje się opracowanie systemu ekspertowego. Taki system powinien spełniać następujące wymagania:

- kontrolę iskrzenia wszystkich węzłów szczotkowych maszyn,
- eliminację iskrzenia poszczególnych maszyn,
- archiwizację danych o stanie pracy zespołów maszynowych,
- sygnalizację stanów awaryjnych,
- wyłączenie zespołów maszynowych w stanach awaryjnych.

Wiedza z pomiarów i symulacji stanowi, wraz z wcześniejszym doświadczeniem człowieka eksperta, tzw. „wiedzę eksperta”, na podstawie której dokonywana jest ocena aktualnego stanu technicznego obiektu. Znajomość tej oceny jest niezbędna do uczenia sieci neuronowej. Na rys.1. przedstawiono schemat systemu ekspertowego.



Rys.1. Schemat systemu ekspertowego

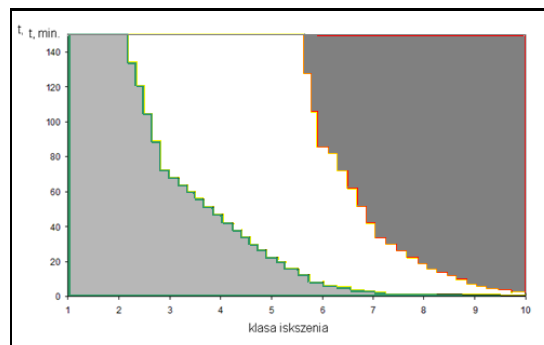
Na rys. 1. optoelektroniczny analizator iskrzenia przedstawiony jako blok Pomiary prowadzi kontrolę iskrzenia wszystkich węzłów szczotkowych maszyny, natomiast perceptronowy regulator prądu biegunów komutacyjnych kontrolując pracę komutatora redukuje iskrzenie. Dane pomiarowe oraz statystyka zmiany prądu biegunów komutacyjnych są zapisywane w bazie danych.

W celu diagnostyki i kontroli stanów zagrożenia lub awarii proponuje się zastosowanie dodatkowego perceptronowego detektora uszkodzeń. Jego celem jest detekcja stanów awaryjnych lub awarii i sygnalizowanie o tym operatorowi systemu lub wyłączenie maszyny w sytuacjach awaryjnych. Udział eksperta jest niezbędny przy bezpośredniej kontroli pracy systemu i ewentualnej możliwości ponownego nauczania perceptronowego detektora uszkodzeń. W tym celu opracowano perceptronowy detektor uszkodzeń o 4 neuronach w warstwie ukrytej. Parametry opracowanej SSN przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1.

Parametr	Znaczenie
Strategia uczenia	Metoda propagacji wstecznej z momentem
Architektura sieci	Wielowarstwowy perceptron
Liczba warstw	2
Liczba neuronów w warstwie ukrytej	4
Parametry uczące	Wejście: średnia intensywność iskrzenia całego komutatora, czas trwania iskrzenia, Wyjście: {-1, 0, 1}, gdzie: 1 – praca normalna 0 – alarm o stanie zbliżonym do awaryjnego 1 – stan awaryjny (wyłączenie maszyny)
Stała uczenia	0.2
Błąd dopuszczalny	1%
Maksymalna liczba cykli uczących	100 000
Liczba zbiorów uczących	80
Liczba zbiorów treningowych	15
Narzędzie opracowania SSN	Matlab 6, Neural ToolBox

Jeśli nagromadzone dane pokazują, że maszyna pracuje w strefie normalnej pracy – na wyjściu sieci pojawia się sygnał: -1, który oznacza że praca maszyny jest poprawna. Jeśli maszyna dłuższy czas pracuje z iskrzeniem którego nie może wyeliminować detektor, podaje sygnał alarmowy operatorowi: 0. Przy ogniu komutatorowym jest podawany sygnał wyłączenia maszyny. Strefy pracy maszyny przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Normalna, alarmowa i awaryjna strefy pracy maszyny

Na podstawie przeprowadzanych badań procesów iskrzeniowych wyznaczono doświadczalnie strefy pracy  $t = f(\text{klasa iskrzenia})$  przy stałej temperaturze. Strefa normalnej pracy jest strefą, w której odbywa się prawidłowa praca maszyny. Strefa alarmowa jest strefą, podwyższonej gotowości nadzoru operatorskiego w której istnieje możliwość wystąpienia ewentualnej awarii. Trzecią strefą jest strefa awaryjna pracy maszyny, w trakcie której następuje awaryjne wyłączenie maszyny ze względu na pojawiający się trwale ogień komutatorowy, mogący uszkodzić maszynę.

Celem eliminacji błędów nauczania sieci neuronowej i maksymalnej stabilności w strefie ognia komutatorowego (klasa 8 do klasa 10) sygnałem wyjściowym sztucznej sieci neuronowej SSN (perceptronowego detektora uszkodzeń) jest sygnał alarmowy: - 0 lub sygnał wyłączenia maszyny - 1.

Ekspertowy system sterowania elektrycznych maszyn komutatorowych prądu stałego z zastosowaniem analizatora iskrzenia, perceptronowego regulatora prądu biegunów komutacyjnych i perceptronowego detektora uszkodzeń, pozwala na: monitorowanie, diagnostykę i sterowanie maszyny w czasie rzeczywistym. Również obliczenia matematyczne wskaźników iskrzenia dzięki zastosowaniu przetwarzania komputerowego, są otrzymywane bezpośrednio w czasie wykonywanych badań. Wykorzystanie matematycznych wskaźników iskrzenia, zaproponowanych przez autora w rozdziale szóstym, pozwala na natychmiastową diagnozę badanej maszyny odnośnie do stanu technicznego (kondycji). Dane te mogą być przesłane drogą radiową lub łączem internetowym do zakładowego centrum serwisowego względnie ekspertowego Centrum Serwisowego Producenta. Pozwala to na ciągłe monitorowanie parametrów komutatora, prowadzenie doku-

mentacji serwisowej oraz postawienie natychmiastowej właściwej diagnozy, umożliwiającej uniknięcie nieodwracalnego zniszczenia maszyny, a tym samym znacznych strat ekonomicznych.

W związku z malejącymi kosztami układów elektronicznych możliwa jest w chwili obecnej miniaturyzacja przedstawionego systemu diagnostycznego do skali procesora jednokładowego i fabryczne montowanie w każdej maszynie, co może być ekonomicznie uzasadnione, gdyż wartość maszyny jest nieporównywalnie większa od wartości modułu diagnostycznego.

### 3. Wnioski

Reasumując, przedstawiony system pracujący w czasie rzeczywistym wykorzystujący analizator iskrzenia i perceptronowe układy diagnostyczne, umożliwiając:

- pełną automatyzację pomiarów i rejestrację ich wyników,
- monitorowanie bezkontaktowe,
- kontrolę identyfikacji poszczególnych działek komutatora,
- kontrolę prędkości obrotowej w czasie trwania cyklu pomiarowego,
- kontrolę identyfikacji cykli pomiarowych,
- wybór czasu trwania cyklu pomiarowego,
- ocenę iskrzenia całej maszyny poprzez obliczenia prostych i ważonych wartości sygnałów w czasie trwania cyklu pomiarowego,
- ocenę iskrzenia poszczególnych działek komutatora poprzez obliczenia prostych i ważonych wartości sygnałów świetlnych,
- kontrolę iskrzenia każdej indywidualnej działki w każdym kolejnym obrocie i w czasie cyklu pomiarowego,
- kontrolę geometrii komutatora,
- automatyczną kompensację iskrzenia,
- sygnalizowanie stanów alarmowych,
- awaryjne wyłączenie maszyny,
- archiwizację danych o pracy maszyny,
- możliwość ponownego uczenia SSN w oparciu o nagromadzone dane,
- niezależność od zewnętrznych zakłóceń jak np. od pola elektromagnetycznego powstającego przy przerywaniu obwodu szczotka-komutator, stopnia natężenia oświetlenia zewnętrznego,
- wizualizację wyników,

- odpowiednią dokładność,
- pełną mobilność,
- niezawodną transmisję wyników badań do ekspertowego centrum serwisowego.

Przedstawiona koncepcja systemu ekspertowego sterowania elektrycznych maszynach komutatorowych prądu stałego stwarza nowe możliwości w procesach decyzyjnych dotyczących eksploatacji, przeglądów oraz remontów maszyn.

### 4. Literatura

- [1]. T. Glinka: Własności komutacyjne maszyn prądu stałego przy pulsującym bądź szybkozmieniającym się prądzie twornika. Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej Nr 414. Gliwice 1974.
- [2]. R. Tadeusiewicz.: Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993.
- [3]. W. Zieliński: Metody monitorowania styku szczotka-komutator przy pomocy optoelektronicznego analizatora iskrzenia w maszynach komutatorowych prądu stałego. Miesięcznik Naukowo-Techniczny „Pomiary, Automatyka, Kontrola”, 3/2005.
- [4]. W. Zieliński: Przykład zastosowania optoelektronicznego analizatora iskrzenia do badania komutacji maszyn prądu stałego. Maszyny elektryczne. Zeszyty problemowe 2006. Katowice 2006.
- [5]. W. Zieliński.: Analiza procesów iskrzenia w maszynach komutatorowych prądu stałego w oparciu o matematyczne wskaźniki iskrzenia. Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy KOMEL, Maszyny Elektryczne, Zeszyty problemowe Nr 77/2007, Katowice – maj 2007.
- [6]. W. Zieliński: Diagnostyka procesów iskrzeniowych komutatorowych maszyn prądu stałego w czasie rzeczywistym. Branżowy Ośrodek Badawczo-Rozwojowy KOMEL, Maszyny Elektryczne, Zeszyty problemowe Nr 77/2007, Katowice – maj 2007.
- [7]. W. Zieliński: System diagnostyki procesów iskrzeniowych w elektrycznych maszynach komutatorowych prądu stałego. PAN. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. Lublin: 2007.