

Włodzimierz Zieliński
Politechnika Lubelska, Lublin

ZASTOSOWANIE SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH DO REDUKCJI STOPNIA ISKRZENIA W ELEKTRYCZNYCH MASZYNACH KOMUTATOROWYCH PRĄDU STAŁEGO

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO REDUCE THE LEVEL OF SPARKING IN ELECTRIC DIRECT CURRENT COMMUTATOR MACHINES

Abstract: The paper presents a possible application of the capabilities of methods and techniques of ANN artificial intelligence for diagnostics of sparking processes in electric direct current commutator machines. Hitherto applied methods of diagnostics, usually based on the visual observation of sparking, depend on the expert's knowledge and experience. The expert interprets current data obtained from observation. The drawback of this approach lies in its dependence on the expert's knowledge and experience, which makes the data difficult to use for further processing. That is why, apart from improving methods, it is necessary to find a way to objectify the sparking processes in the detection and assessment of damage as well as reduction of the level of sparking of brushes.

1. Wstęp

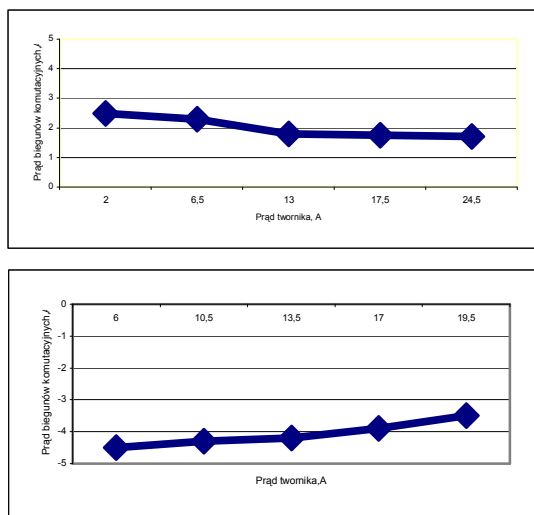
Diagnostyka, oparta na wzrokowej ocenie iskrzenia, wykorzystuje wiedzę i doświadczenie eksperta [1], [2]. To on dokonuje na bieżąco interpretacji aktualnych danych uzyskiwanych z obserwacji. Podejście takie ma jeden słaby punkt opierający się na doświadczeniu i wiedzy eksperta, dlatego też nie jest możliwe zużytkowanie w dalszym ciągu przetwarzania danych. Dlatego, oprócz doskonalenia metod analizy sygnałów, poszukuje się sposobu na zobiektywizowanie procesu w wykrywaniu i ocenie uszkodzeń. Można to osiągnąć przez wykorzystanie możliwości tkwiących w metodach i technikach sztucznej inteligencji [1].

2. Obiekt sterowania oraz pomiary statycznej strefy komutacji beziskrowej

Obiektem sterowania jest maszyna prądu stałego o danych znamionowych przedstawionych w artykułach [2]. Bieguny komutacyjne umieszczone są w geometrycznej strefie neutralnej. Muszą one skompensować pole wywołane przez oddziaływanie twornika, wywołując w tej strefie pole, które wzbudza w zewojach zwartych napięcie rotacji przeciwne do napięcia samoindukcji, powodując komutację przyspieszoną. Ponieważ pole twornika rośnie proporcjonalnie do okładu prądu twornika, a bieguny komutacyjne mają w pierwszym rzędzie skompensować to pole, przepływ ich musi być zatem również proporcjonalny do okładu prądu. Z drugiej strony wraz ze wzrostem obciążenia rośnie napięcie samoindukcji i musi

być zatem wywołane przez bieguny komutacyjne większe pole dla jego skompensowania i przyspieszenia komutacji. Dlatego przy przeciążeniach maszyny bieguny komutacyjne są za „słabe” i występuje iskrzenie styku szczotka-komutator. Iskrzenie o dużej intensywności w dłuższym okresie czasu powoduje uszkodzenie węzła szczotka-komutator i prowadzi do zniszczenia silnika maszyny. Z tego powodu należy tak regulować prąd biegunów komutacyjnych, aby wyeliminować względnie zminimalizować iskrzenie. Klasyczna metoda rozwiązania tego problemu wykorzystuje uzwojenie biegunów komutacyjnych w celu skompensowania zniekształcenia rozkładu indukcji na skutek reakcji twornika poprzez sterowanie strumieniem biegunów komutacyjnych. Innym rozwiązaniem, które proponuje autor może być sterowanie strumieniem biegunów komutacyjnych przy pomocy perceptronowego regulatora prądu biegunów komutacyjnych.

W proponowanym systemie sterowania można wyróżnić następujące cele sterowania: wyznaczanie strefy komutacji beziskrowej, podejmowanie decyzji, mających na celu wypracowanie sygnałów sterujących (zmiana wartości prądu dodatkowego biegunów komutacyjnych prowadząca do eliminacji iskrzenia względnie ograniczenia intensywności iskrzenia). Na podstawie przeprowadzonych badań dla maszyny komutatorowej prądu stałego wyznaczono statyczną strefę komutacji beziskrowej przedstawioną na rys. 1.



Rys.1. Statyczna strefa komutacji beziskrowej badanej maszyny typu PCMB 54b

3. Modelowanie perceptronowego sterownika prądu biegunów komutacyjnych

Analizując procesy iskrzeniowe w oparciu o wyniki iskrzenia otrzymane z optoelektronicznego analizatora iskrzenia [2], zestawiając we wspólnym układzie współrzędnych wartości pomiarowe średniej częstości iskrzenia wszystkich działek Z' , liczby iskier Z , wartości prądu twornika I i prądu zasilającego bieguny komutacyjne otrzymuje się sygnał wejściowy. Natomiast sygnałem wyjściowym danej SSN jest wartość prądu dodatkowego biegunów komutacyjnych [1].

Korzystając z zależności 3.1 wyznaczono liczbę neuronów w warstwach :

$$\frac{N_w}{m} < S < \frac{N_w}{m} \log\left(\frac{N_w}{m}\right) \quad (2.1)$$

gdzie:

S – liczba sygnałów wejściowych,

N_w – liczba wag sztucznej sieci neuronowej,

m – liczba neuronów w sygnale wyjściowym.

Na podstawie przeprowadzonych badań sieci o różnych strukturach, parametrach i metodach uczenia mając na celu znalezienie struktury możliwie prostej do realizacji praktycznej opracowano dwuwarstwowy perceptron o 4 neuronach w warstwie ukrytej. Parametry opracowanej SSN przedstawiono w Tabeli 1.

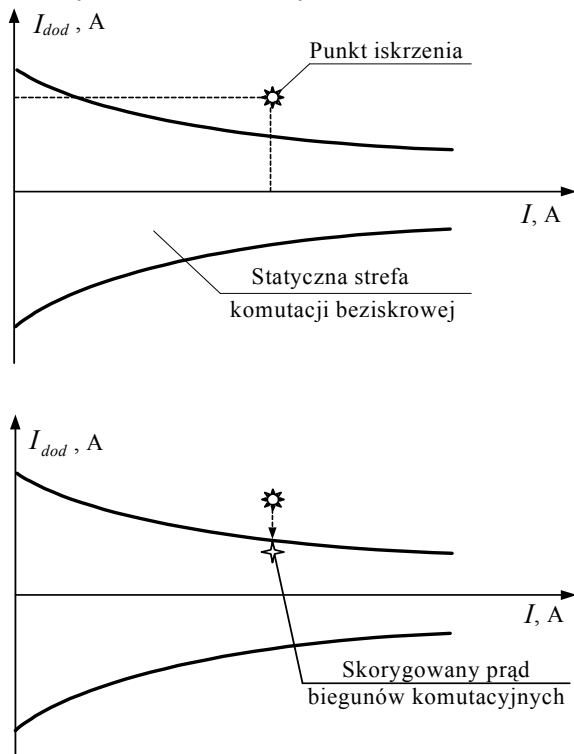
Tabela 1.
Parametry sztucznej sieci neuronowej

Architektura sieci	Wielowarstwowy perceptron
Liczba warstw	2
Liczba neuronów w warstwie ukrytej	8
Parametry uczące	Wejście: średnia intensywność iskrzenia całego komutatora wyznaczona w czasie trwania cyklu pomiarowego, wartość prądu twornika, wartość prądu biegunów komutacyjnych, Wyjście: skorygowana wartość prądu biegunów komutacyjnych
Stała uczenia	0.2
Błąd dopuszczalny	2%
Maksymalna liczba cykli uczących	500 000
Liczba zbiorów uczących	150
Liczba zbiorów treningowych	20
Narzędzie opracowania sztucznych sieci neuronowych	Matlab 6, Neural ToolBox

Rozbudowa sieci o jeszcze jedną warstwę ukrytą nie wnosi większych zmian do procesu nauczania sieci, a jedynie wydłuża czas nauczania. Nauczona sieć neuronowa przy iskrzeniu większym od wartości granicznej iskrzenia daje sygnał do zmiany prądu biegunów komutacyjnych (rys.2), co powoduje zmniejszenie, względnie redukcję iskrzenia węzła szczotkowego szczotka-komutator.

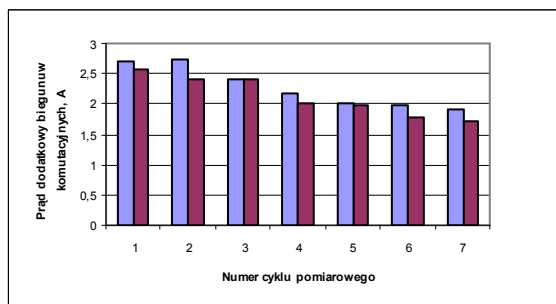
W chwili przekroczenia statycznej strefy komutacji beziskrowej, a więc po pojawieniu się iskrzenia, na wyjściu SNN pojawia się skorygowany prąd biegunów komutacyjnych, eliminując w ten sposób występujące iskrzenie styku szczotka-komutator przy stałej wartości prądu twornika. Model perceptronowego regulatora prądu biegunów komutacyjnych testowano na laboratoryjnym stanowisku badawczym używając przetworników prądowych firmy LEM typu LA25-NP z kartą pomiarową PCL818L zainstalowaną w komputerze PC. Do kondycjo-

nowania sygnałów użyto terminala PCLD-8115. Na podstawie przeprowadzonych testów na 14 zbiorach klasyfikacji iskrzenia, stwierdzono w 2 przypadkach brak eliminacji iskrzenia, natomiast wystąpił efekt wyraźnego zmniejszenia się intensywności emitowanych iskier.

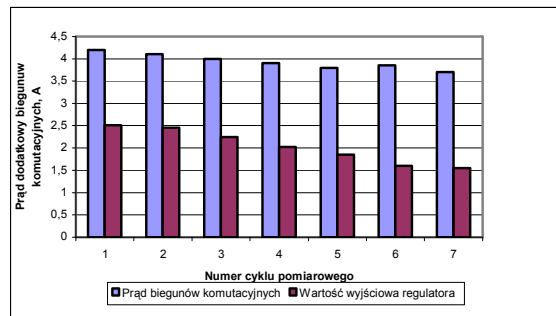


Rys. 2. Zmiana prądu biegunów komutacyjnych przy pomocy regulatora perceptronowego

Badania neuronowego regulatora biegunów komutacyjnych przeprowadzono dla przypadków: słabego iskrzenia (na granicy statycznej strefy komutacji beziskrowej) oraz dla ognia komutatorowego. Przy badaniach przyjęto cykle pomiarowe o czasie trwania $t_p = 10$ min. Na rys. 3. przedstawiono nomogramy prądu biegunów komutacyjnych podczas procesu iskrzenia oraz wartości skorygowanego prądu dodatkowego biegunów komutacyjnych.



Rys. 3a. Nomogramy prądu dodatkowego biegunów komutacyjnych dla: „słabego” iskrzenia



Rys. 3b. Nomogramy prądu dodatkowego biegunów komutacyjnych dla: „ognia komutatorowego”

4. Wnioski

Na przedstawionych nomogramach, zarówno dla przypadku słabego iskrzenia, jak i występowania ognia komutatorowego, neuronowy regulator „proponuje” zmniejszyć prąd biegunów komutacyjnych. W przypadku słabego iskrzenia różnica pomiędzy prądem rzeczywistym, a skorygowanym, jest nieznaczna, natomiast przy występowaniu ognia komutatorowego jego wartość osiąga nawet 50%.

Zaproponowany model rejestracji iskrzenia i SSN pozwalają nie tylko zmniejszyć iskrzenie, ale również uzyskać informacje niezbędne do dalszego sterowania układami silników za pomocą systemu ekspertowego. Dzięki zastosowanemu systemowi diagnostycznemu osiąga się również ważny cel, jakim jest oszczędność ekonomiczna wynikająca ze zwiększenia żywotności eksploatacyjnej maszyn komutatorowych prądu stałego.

Przedstawiony w artykule system diagnostyczny, jest przystosowany do zastosowań przemysłowych, wymaga jednak dalszych badań celem zgromadzenia danych występujących uszkodzeń maszyn komutatorowych prądu stałego, pozwalających w przyszłości na zorganizowanie w ekspertowym centrum serwisowym kompletnej bazy programów uczących i testujących sztuczne sieci neuronowe, które zwiększą dokładność (trafność) diagnozowania.

5. Literatura

- [1]. R.Tadeusiewicz.: Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993.
- [2]. 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.