

Władysław PASZEK
Zbigniew RYCZKO
Włodzimierz ZIELIŃSKI

ZASTOSOWANIE OPTOELEKTRONICZNEGO KOMPUTEROWEGO ANALIZATORA ISKRZENIA SZCZOTEK DO BADAŃ I DIAGNOSTYKI KOMUTACJI MASZYN PRĄDU STAŁEGO

Streszczenie. Przedstawiono nową metodę badania i oceny komutacji maszyn prądu stałego opartą na zastosowaniu optoelektronicznego analizatora iskrzenia wspomaganego komputerowo. Analizator pracując całkowicie bezstykowo względem badanej maszyny przetwarza obserwowane spektrum światła na wyjściowe sygnały elektryczne proporcjonalne do intensywności iskrzenia. Zarejestrowane przez mikrokomputer wyniki badania są prezentowane numerycznie lub graficznie.

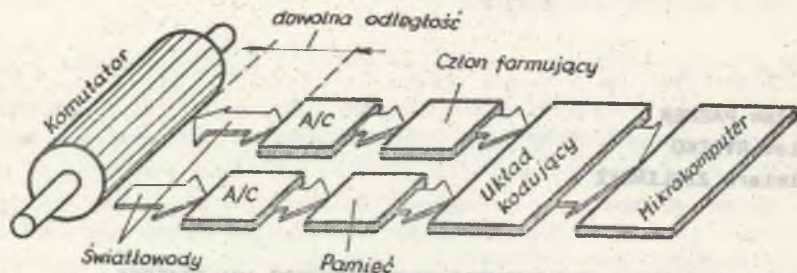
Przedstawiono przykład zastosowania analizatora do badań komutacji maszyny prądu stałego, zasilanej prądem twornika zawierającym składową przemienną typową dla przekształtnikowych układów zasilania. Objasniono zjawisko rozstrojenia biegunów komutacyjnych na skutek oddziaływania prądów wirowych w poprzecznym obwodzie magnetycznym maszyny przy pulsującym prądzie twornika.

1. Wstęp

Optoelektroniczny analizator iskrzenia służy do identyfikacji iskrzenia poszczególnych działek komutatora pod zbiegającymi lub nabiegającymi krawędziami szczotek, rejestracji intensywności iskrzenia oraz bezpośredniego opracowania zarejestrowanych sygnałów. Układ pomiarowy analizatora pracuje całkowicie bezstykowo względem badanej maszyny, co zapewnia niewrażliwość na pasożytnicze zakłócenia natury elektromagnetycznej wywołane przez zjawisko komutacji. Fotodiody i szerokopasmowe wzmacniacze przetwarzają obserwowane spektrum światła na wyjściowe sygnały elektryczne proporcjonalne do intensywności iskrzenia (siła światła i czas trwania iskry). Spektrum rejestrowanych sygnałów świetlnych odpowiada dobrze wrażeniom oka ludzkiego obserwującego iskrzenia szczotek, które są dotychczas podstawą subiektywnej oceny jakości komutacji.

2. Optoelektroniczny analizator iskrzenia

Przedstawiony na rys. 1 schemat blokowy układu pomiarowego składa się z dwóch czujników optoelektronicznych: czujnika iskrzenia oraz czujnika



Rys. 1

nadawczo-odbiorczego identyfikującego liczbę wycinków komutatora i ilość obrotów w czasie cyklu pomiarowego. Czujnik iskrzenia transmituje sygnały iskier świetlnych do układu przetwornika analogowo-cyfrowego, który zawiera wzmacniacz szerokopasmowy, układ komparatorów połączony z układem dzielników amplitudowych. Układ komparatorów zapewnia zmianę sygnałów analogowych na standardowe sygnały cyfrowe, natomiast dzielniki amplitudowe umożliwiają wielopoziomową dyskretyzację intensywności skrzywania. W przedstawionym tutaj rozwiązaniu przyjęto 10 klas intensywności iskrzenia. Uformowane w ten sposób sygnały cyfrowe poprzez układ próbkująco-pamiętający i cyfrowy kodujący są podawane na wejście mikrokomputera, w pamięci którego są przechowywane. Tor iskrzenia wyposażony jest w układ kompensacji tła i układ regulacji wzmocnienia. Pierwszy z nich uniezależnia pomiary iskrzenia badanej maszyny od intensywności zewnętrznego oświetlenia, natomiast drugi układ pozwala na badania w szerokim zakresie intensywności iskrzenia. Czujnik nadawczo-odbiorczy identyfikujący liczbę wycinków komutatora i ilość obrotów odbiera impulsy światła odbitego od wycinków komutatora i znacznika liczby obrotów, transmituje je do przetwornika analogowo-cyfrowego, stąd poprzez układ formowania impulsów i cyfrowy układ kodujący przesyła je na wejście mikrokomputera.

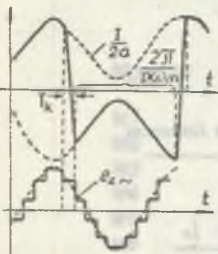
Zakodowane w ten sposób numery kolejnych wycinków komutatora w każdym obrocie komutatora w czasie cyklu pomiarowego i przypisane im zarejestrowane poziomy intensywności iskrzenia są zapamiętane w pamięci mikrokomputera. Taki zestaw pomiarowy łącznie z urządzeniami peryferyjnymi połączonymi z mikrokomputerem umożliwia pomiar, rejestrację i obliczenia wyników oraz ich prezentację zarówno w postaci numerycznej jak i graficznej. Analizator okazał się pożytecznym urządzeniem przy badaniu maszyn prądu stałego.

3. Przykład zastosowania analizatora do badania komutacji maszyn prądu stałego

Stosując ten układ pomiarowy przeprowadzono badania własności komutacyjnych maszyn prądu stałego przy zasilaniu z przekształtników prostownikowych. Stwierdzono pomiarowo wpływ składowych przemiennych prądu twornika na iskrzenie szczotek. Przy maszynym jarzmie stojana tłumiące oddziaływanie prądów wirowych wpływa na komutację prądu twornika zawierającego składowe stałą i przemienną. Rozstrojenie komutacji powodują składowe przemiennie napięć w zezwojach komutujących: w napięciu rotacji $e_r \sim \omega_m \phi$

indukowanym przez strumień biegunów pomocniczych i w napięciu indukowanym przez strumień rozproszenia $e = \frac{2L_s}{T_k}$ i przy prostoliniowej komutacji (napięcie transformacji przy praktycznie stałym strumieniu jest pomijalnie małe). Uwzględniając znaczne różnice okresu komutacji T_k i okresu składowej przemiennych prądu twornika $\frac{2\pi}{\omega_1} \gg T_k$

ciągły przebieg składowych przemiennych $e_{r\sim}$ i $e_{o\sim}$ można zastąpić z dobrym przybliżeniem przez schodkową o stałej wartości w przedziale czasowym T_k (rys. 2). Przy sinusoidalnych przebiegach przemiennych można je odwzorować przez schodkowo zniekształcony wirujący wskaz napięcia. Napięcie zakłócające komutację jest określone przez



Rys. 2

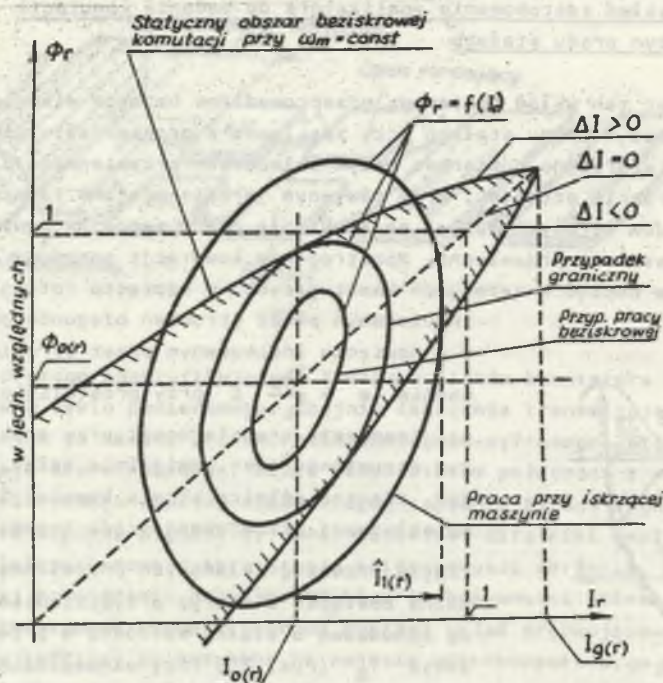
kowo zniekształcony wirujący wskaz napięcia. Napięcie zakłócające komutację jest określone przez

$$e_{z\sim} = \operatorname{Re}(\underline{E}_z e^{j 1 n T_k}) \quad n = 1, 2, \dots, \quad \underline{E}_z = \underline{E}_r - \underline{E}_0$$

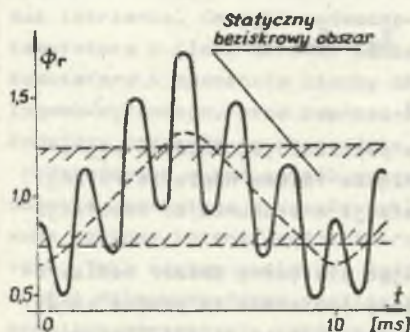
Komutacja jest prostoliniowa, jeśli $\underline{E}_z = 0$.

Tłumiące oddziaływanie prądów wirowych w poprzecznym obwodzie magnetycznym (wytlumienie amplitudy oraz przesunięcie fazowe napięcia rotacji) prowadzi do odpowiedniego rozstrojenia komutacji w stosunku do komutacji prostoliniowej.

Granice iskrzenia określa się wykorzystując statyczny obszar beziskrowej komutacji $\Phi_r = f(I_r)$ (rys. 3) wyznaczony pomiarowo za pomocą sondy hallotronowej. Składowe przemiennie prądu twornika i strumienia biegunów komutacyjnych opisują w ogólnym przypadku w układzie współrzędnych (Φ_r, I_r) zamkniętą trajektorię. Przy sinusoidalnych przebiegach składowych przemiennych jest to elipsa. W przypadku pomijalnie małej inercji poprzecznego obwodu magnetycznego trajektorja przekształca się w prostoliniowy odcinek będący osią symetrii statycznej strefy beziskrowej komutacji. Teoretyczna granica komutacji zostaje przekroczona przy przecięciu statycznej linii granicznej. Na podstawie pomiarowo zarejestrowanych punk-



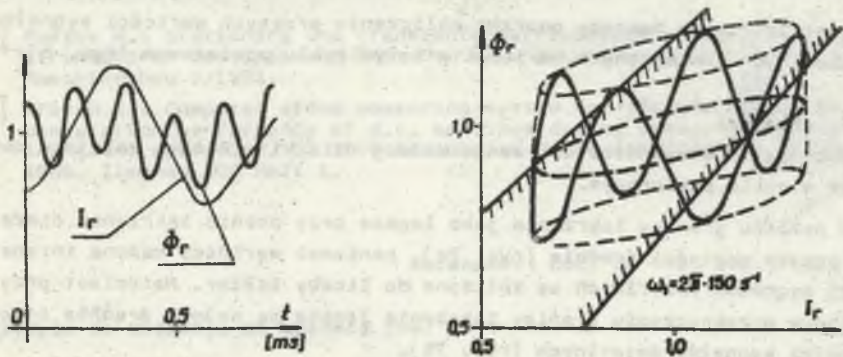
Rys. 3



Rys. 4

tów pracy (Φ_r , I_r) można określić rozstrojenie komutacji w statycznym obszarze beziskrowej komutacji.

Badaną maszynę o mocy 10 kW z masywnym jarzmem stojana wyposażono w dodatkowe uzwojenie biegunów pomocniczych. Przy wygładzonym prądzie twornika zasilano te uzwojenie prądem przemiennym o zmiennej częstotliwości. Wykorzystując sondę hallotronową i oscyloskop katodowy badano intensywność iskrzenia (rys. 4). Przy częstotliwościach poniżej 100 Hz przekroczenie statycznej granicy iskrzenia ujawnia się praktycznie tak samo jak przy prądzie stałym. Przy zasilaniu obwodu twornika prądem zawierającym składową stałą i przemienną rozstrojenie komutacji odpowiada nieznacznemu przekroczeniu statycznej granicy iskrzenia przez elipsę (rys. 5a i b).



Rys. 5a, b

Wycinek	k11	k12	k13	k14	k15	k16	k17	k18	k19	k10	γ_x	γ_y
W1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	9
W2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
W3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6
W4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
W5	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0	6	14
W6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	6
W7	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4	10
W8	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4
.
.
W77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W78	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	7
W79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W80	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6
W81	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3

Liczba wszystkich iskier $Z=204$

wartość ważona

 $Z_s = 446$

Rys. 6

Wyższe harmoniczne szczególnie harmoniczne żłobkowe silnie zniekształcają elipsę. Obraz ich wpływu można określić jako krzywą Lissajou. Opracowany algorytm obliczeń dla pracującego "on-line" komputera umożliwił:

- kontrolę identyfikacji poszczególnych działek komutatora,
- kontrolę prędkości obrotowej,
- wybór czasu trwania cyklu pomiarowego (maksymalnie do 50 000 kolejnych obrotów),
- ocenę iskrzenia poszczególnych działek komutatora poprzez obliczenia prostych sygnałów świetlnych (liczba iskier) lub ważonych wartości średnich,

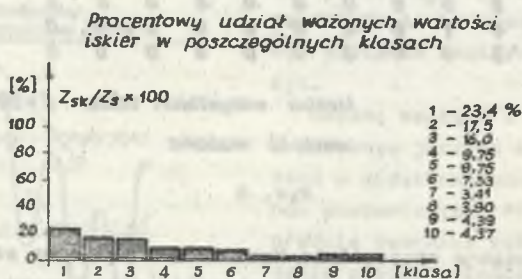
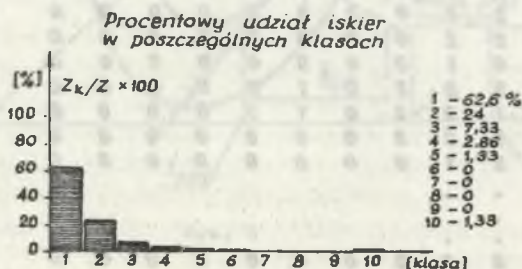
- ocenę iskrzenia maszyny poprzez obliczenie prostych wartości sygnałów świetlnych lub ważonych wartości w całym cyklu pomiarowym (rys. 6):

$$Z_g = \sum_{\text{klasa}=i}^{10} i \cdot z_i,$$

- kontrolę intensywności iskrzenia każdej działki w każdym kolejnym obrocie w cyklu pomiarowym.

W pobliżu granicy iskrzenia jako lepsze przy ocenie iskrzenia okazały się proste wartości średnie (rys. 7a), ponieważ wartości ważne intensywności sygnałów świetlnych są zbliżone do liczby iskier. Natomiast przy znacznym przekroczeniu granicy iskrzenia lepsze są ważne średnie intensywności sygnałów świetlnych (rys. 7b).

Optoelektroniczny analizator iskrzenia wspomagany komputerowo należy uważać za metodę pomiarową będącą w fazie praktycznego wypróbowywania. Powstaje jeszcze wiele niewyjaśnionych zagadnień, między innymi zagadnienie optymalnego skalowania.



Rys. 7a,b

LITERATURA

- [1] Paszek W., Glinka T.: Zagadnienia komutacji w stanach ustalonych maszyn prądu stałego zasilanych z układów tyrystorowych. Zeszyty Problematyczne 19/1974, Maszyny Elektryczne OBRME Komel, Katowice.

- [2] Paszek W.: Stationäre und transiente Betriebseigenschaften der Gleichstrommotoren bei Speisung über Thyristorrichter. Elektrotechnik und Maschinenbau 8/1981.
- [3] Krisch E.: Computer aided measuring system for the evaluation of commutation performance of d.c. machines during steady state and transient operation. 31 Internationales Wissenschaftliches Kolloquium 1986, Ilmenau DDR Heft 1.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Piotr Wach

Wpłynęło do Redakcji 15 czerwca 1987 r.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗАТОРА
ИСКРЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫХ ЩЕТОК ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ
КОММУТАЦИИ В МАШИНАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р е з ю м е

В статье представлен новый метод испытания и оценки коммутации в машинах постоянного тока с применением оптоэлектронного компьютерного анализатора искрения. Анализатор работает вообще безконтактно относительно испытываемой машины и преобразует спектр света в электрическое напряжение пропорциональное к интенсивности искрения. Компьютерная регистрация представляет результаты испытания в цифровой или графической форме. Анализатор применен при испытаниях машины постоянного тока при пульсирующем токе якоря питаемого из преобразовательных устройств. В дискуссии представлено влияние реакции вихревых токов в поперечной цепи машины на коммутацию пульсирующего тока якоря.

APPLICATION OF THE OPTOELECTRONIC COMPUTER
- AIDED ANALYSER OF BRUSH SPARKING FOR
TESTS AND DIAGNOSTICS OF D.C. MACHINE COMMUTATION

S u m m a r y

The paper deals with the new method of testing and estimation of D.C. machine commutation based on optoelectronic computer - aided analyser of brush sparking. The analyser operating in entirely contactless way in relation to the machine tested converts the observed light spectrum into the input electric signals, which are proportional to the intensity of sparking. The results of the test recorded by the computer are presented numerically or graphically.

An example of the analyser application for the commutation tests of D.C. machine supplied with an alternating component of the armature current typical for converter supply systems has been presented. The phenomenon of the commutation poles distortion due to eddy current reaction on the quadrature magnetic circuit of the machine at pulsating armature current has been explained.