

Włodzimierz Zieliński
Politechnika Lubelska, Lublin

PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA OPTOELEKTRONICZNEGO ANALIZATORA ISKRZENIA DO BADANIA KOMUTACJI MASZYN PRĄDU STAŁEGO

EXAMPLE APPLICATION OF AN OPTOELECTRONIC ANALYZER OF SPARKING TO TEST DIRECT-CURRENT MACHINE COMMUTATION

Abstract: The paper presents example application of an optoelectronic analyzer of sparking to test commutation on a physical model of a typical d.c. machine. Prior to the sparking measurements mechanical testing of the commutator geometry taking into account irregularities of each individual bar has been performed. Next, commutation testing has been performed with the application of the proposed algorithms for sparking evaluation. Testing of commutation properties of a d.c. machine has been performed at feeding conditions that simulated feeding by a static frequency changer. Results of measurements and calculations have been presented in graphical and numerical forms.

1. Wstęp

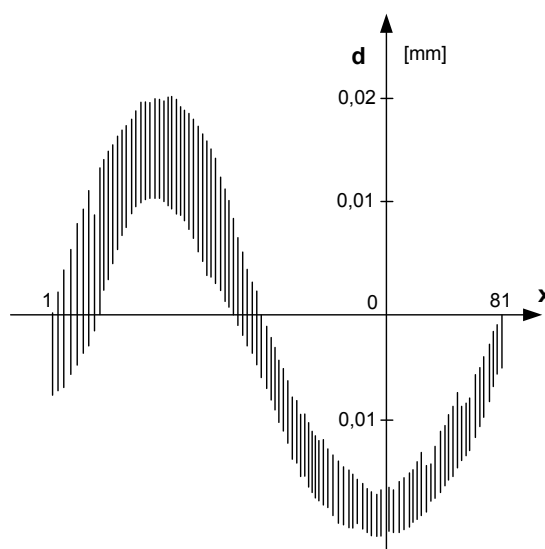
Model fizyczny zastępuje rzeczywisty układ zasilania maszyny prądu stałego prądem zawierającym składową stałą i składową przemienną [1], [2]. Typową maszyną prądu stałego wyposażono w dodatkowe uzwojenia nawinięte na bieguny komutacyjne (przy czym liczba zwojów każdego z nich odpowiadała liczbie zwojów uzwojenia biegunów komutacyjnych przed modyfikacją) i przystosowano je do zasilania z przemiennego źródła prądu stałego, bądź prądu przemiennego o nastawialnej amplitudzie i częstotliwości. W tak przygotowanym modelu fizycznym maszyny prądu stałego uzyskano możliwość rozstrajania biegunów komutacyjnych, co pozwoliło na przeprowadzenie badań własności komutacyjnych przy wykorzystaniu wspomaganego komputerowo analizatora iskrzenia [4], [5], [6].

2. Badania własności komutacyjnych na modelu fizycznym

Do badań użyto maszynę prądu stałego o następujących danych znamionowych: typ PCMb54b; moc $P_N = 7.5$ kW; napięcie twornika $U_N = 220$ V; prąd twornika $I_N = 39.2$ A; prąd wzbudzenia $I_{FN} = 0.71$ A; prędkość obrotowa $n_N = 24.17$ 1/s; współczynnik pokrycia szczotkowego $\beta = 2.9$; liczba działek komutatora $K = 81$; $u = 3$.

Dla badanej maszyny przeprowadzono przed pomiarami kontrolę i nastawienie: położenia szczotek w osi neutralnej, stabilności kontaktu ślizgowego oraz docisku szczotek do komuta-

tora. Ponadto przeprowadzono pomiar geometrii komutatora z punktu widzenia nierówności każdej indywidualnej działki. Do tego celu wykorzystano sygnał analogowy czujnika pojemnościowego połączonego z przetwornikiem kodera deformacji oraz sygnały cyfrowe identyfikujące poszczególne działki komutatora [4], [5], [8]. Pomiary wykonano dla prędkości znamionowej. Zarejestrowany przebieg nierówności komutatora przedstawiono na rys. 2.1.



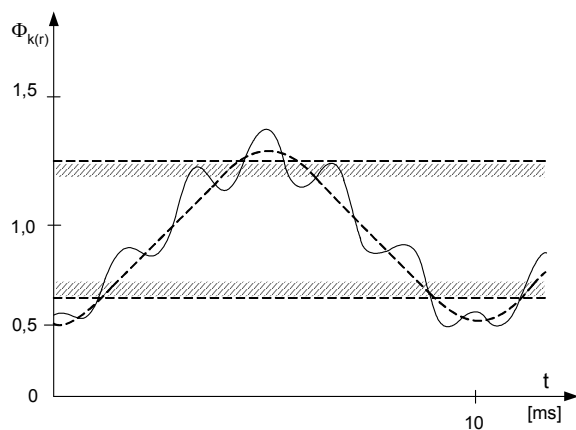
Rys.2.1. Obraz geometrii obwodu komutatora badanej maszyny

Stwierdzono, że „bicie komutatora” wynikające z zniekształcenia owalnego oraz nierówności działek na obwodzie komutatora były nie-

znaczne w związku z czym względy mechaniczne nie wpływały w sposób istotny na powstawanie iskrzenia. Stwierdzono jednak, że kilka działek wyróżniało się drobną deformacją, która powodowała pomiarowo zweryfikowaną nieco zwiększoną intensywność iskrzenia, co świadczy o dużej selektywności układu pomiarowego odkształceń komutatora i iskrzenia indywidualnych działek.

3. Wyniki badań

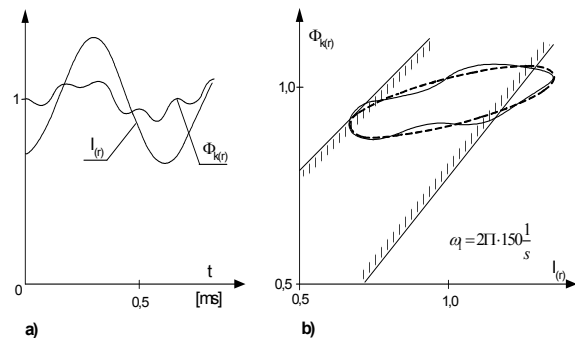
Wykorzystując wspomagany komputerowo optoelektroniczny analizator iskrzenia oraz zaproponowane algorytmy oceny iskrzenia [przeprowadzono badania własności komutacyjnych maszyny prądu stałego przy zasilaniu symulującym warunki zasilania z przekształtników prostownikowych [3], [9]. Przy wygładzonym prądzie twornika zasilono dodatkowe uzwojenie biegunów komutacyjnych prądem przemienным sinusoidalnym o nastawianej częstotliwości [2]. Wykorzystując sondę halotronową i oscyloskop badano przebieg indukcji pod biegunem komutacyjnym, jednocześnie za pomocą analizatora rejestrowano intensywność iskrzenia szczotek. Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 3.1.



Rys.3.1. Oscyloskopowy obraz przebiegu indukcji pod biegunem komutacyjnym na tle statycznego obszaru komutacji beziskrowej

Na tym rysunku zaznaczono linią kreskowaną statyczną strefę beziskrową, którą uprzednio zdjęto pomiarowo przy wygładzonym prądzie twornika. Dla częstotliwości poniżej 100 Hz przekroczenie statycznej granicy iskrzenia przez przebieg indukcji ujawnia się praktycznie tak samo, jak przy prądzie stałym co potwierdzono za pomocą analizatora iskrzenia. Następne doświadczenie wykonano przy zasilaniu obwodu twornika prądem zawierającym skła-

dową stałą i zmienną. Rozstrojenie komutacji występuje tu na skutek wpływu inercji w poprzecznym obwodzie magnetycznym (lite jarzmo stojana). Odpowiada to nieznacznemu przekroczeniu granicy statycznej iskrzenia. Na trajektorii punktu pracy we współrzędnych $\phi_{k(r)}$, $I_{(r)}$ otrzymuje się lekko odkształconą elipsę, która przecina i przekracza statyczną granicę obszaru beziskrowej komutacji (rys.3.2 a i 3.2. b.).



Rys.3.2. Charakterystyki $I_{(r)} = f(t)$, $\phi_{k(r)} = f(t)$ oraz $\phi_{k(r)} = I_{(r)}$

Rysunek 3.2.a o 3.2.b przedstawia trajektorie punktu pracy zarejestrowaną przy pomocy oscyloskopu. Odkształcenie elipsy jest spowodowane zawartością składowej przemiennej o częstotliwości zębówkowej nałożonej na sinusoidalną składową przemiennej wytworzoną przez składową sinusoidalną prądu twornika. Składowa o częstotliwości zębówkowej istnieje tylko w sygnale pomiarowym hallotronu, który mierzy indukcje praktycznie punktowo pod biegunem komutacyjnym. Wypadkowe napięcie rotacji indukowane w boku zezwoju nie zawiera takiej składowej o częstotliwości zębówkowej z uwagi na zastosowany skos zębów wirnika względem bieguna komutacyjnego [1], [2].

Obliczenia prostych i ważonych wartości sygnałów intensywności iskier w czasie trwania cyklu pomiarowego przedstawiono na rys. 3.3, a wskaźniki iskrzenia poszczególnych działek komutatora wynikające z prostych i ważonych średnich wartości na rys. 3.4. [3], [9]. W pobliżu granicy iskrzenia proste wartości średnie są zbliżone do średnich wartości ważonych ponieważ liczba iskier o dużej intensywności jest znikoma. Natomiast przy znacznym przekroczeniu granicy iskrzenia otrzymuje się odpowiednio rozkłady świadczące, że wskaźniki iskrzenia otrzymane z średnich ważonych bardziej odpowiadają wizualnej ocenie iskrzenia.

W konfrontacji obserwacji szczotek iskrzących z obliczanymi każdorazowo średnimi prostymi i średnimi ważonymi rejestrowanych sygnałów proporcjonalnych do intensywności iskiek okazało się, że wskaźniki iskrzenia szczotek powinny być wyrażone przez średnie ważne intensywności iskiek wszystkich działek komutatora. Podobnie wskaźniki iskrzenia indywidualnych działek powinny być wyrażone przez średnie ważne intensywności iskiek działki w czasie cyklu pomiarowego. Stwierdzono, że metoda oceny zagrożenia iskrzenia szczotek przy zasilaniu prądem pulsującym, bazująca na przybliżonej metodzie badania trajektorii punktu pracy na tle obszaru statycznej beziskrowej komutacji sprawdza się dość dobrze, przy zastosowaniu szczotek o współczynniku pokrycia $\beta \approx 3$.

Działka	kl1	kl2	kl3	kl4	kl5	kl6	kl7	kl8	kl9	kl10	Yx	Yxs
d6	9	3	3	2	1	1	1	0	1	6	27	119
d19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	13
d25	9	2	4	0	1	0	0	0	0	1	17	40
d31	8	3	4	1	2	0	0	0	0	0	18	40
d34	32	11	5	6	5	2	4	3	3	38	109	589
d36	3	0	3	0	1	0	0	0		2	9	37
d42	8	4	1	1	0	0	0	0	0	0	14	23
d49	9	12	4	4	2	0	5	2	0	15	53	272
d58	17	7	3	5	4	3	3	2	0	16	60	295
d64	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	6	13
d70	6	2	2	0	0	1	0	0	0	0	11	22
d73	4	5	4	0	0	0	1	1	0	1	16	51
d81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Liczba wszystkich iskiek $Z = 350$
Wartość ważona $Z_s = 1550$

Rys.3.3. Wyniki numeryczne pomiarów iskrzenia maszyny

Yx - liczba iskiek dowolnej działki x
Yx' - średnia częstotliwość iskrzenia danej działki
Qx - udział iskiek danej działki w sumie iskiek
Yxs - liczba iskiek o ważonej intensywności
Yxs'' - umowna średnia intensywności działki
Qxs - miara natężenia iskiek danej działki

Działka X	Yx	Yx'	Qx	Qx	Yxs''	Qxs
		[%]	[%]			
d7	27	13,5	7,714	119	4,407	0,34
d19	2	1	0,571	13	6,5	0,037
d25	17	8,5	4,857	40	2,352	0,114
d31	18	9	5,142	40	2,222	0,114
d34	109	54,5	31,14	589	5,403	1,682
d35	2	1	0,571	20	10	0

d37	9	4,5	2,571	37	4,11	0,105
d43	14	7	4	23	1,642	0,065
d49	53	26,5	15,14	272	5,132	0,777
d58	60	30	17,14	295	4,916	0,842
d64	6	3	1,714	13	2,166	0,037
d67	5	2,5	1,428	13	2,16	0,062
d70	11	5,5	3,142	22	2	0,062
d73	16	8	4,571	51	3,187	0,145
d75	1	0,5	0,285	3	3	0,008

$Z' = 2.160$ [%] średnia częstość iskrzenia
wszystkich działek
 $Z_s'' = 4.420$ średnia intensywności iskry
 $Z_s' = 9.567$ [%] średnia intensywności iskrzenia
całego komutatora

Rys.3.4. Wyniki obliczeń oceniające iskrzenie poszczególnych działek komutatora

4. Wnioski

Na podstawie pomiarów przeprowadzonych optoelektronicznym analizatorem iskrzenia oraz obliczeń dla przypadku pulsującego prądu twornika można wyznaczyć dla kolejno przemieszczających się pod nieruchomą szczotką działek komutatora ilość zerwań prądów o wartości większej od wartości przyjętej granicznie, a określonej wzrokowo przez obserwatora w analogicznym cyklu pomiarowym. Można było potwierdzić, że przy dużych wartościach zerwanego prądu twornika na końcu okresu komutacji w zezwoju komutującym samodzielnie o zwiększonej indukcyjności końcowej częstość iskrzenia takiej indywidualnej działki była większa. Wniosek ten potwierdzałby hipotezę podatności do iskrzenia działki przy dużym wskaźniku $0.5 L_z \Delta I^2$.

5. 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]. W. Paszek, T. Glinka: *Zagadnienia komutacji w stanach ustalonych maszyn prądu stałego zasilanych z układów tyrystorowych. Zeszyty problemowe KOMEL Nr 10/1974, Katowice.*
- [3]. Wł. Zieliński: *Komputerowe algorytmy do oceny iskrzenia rejestrowanego za pomocą optoelektronicznego analizatora iskrzenia. Maszyny Elektryczne, Zeszyty problemowe KOMEL Nr 66/2003, Katowice – maj 2003r. s. 125-128.*
- [4]. Wł. Zieliński: *Monitorowanie iskrzenia styku szczotka-komutator w maszynach prądu stałego za pomocą optoelektronicznego analizatora iskrzenia.*

Maszyny Elektryczne, Zeszyty problemowe KOMEL Nr 65/2003, Katowice – maj 2003r. s. 149-152.

[5]. Wł. Zieliński: *Computer Indicators of Sparkling in DC Commutating Machines. IV International Conference NEET'2005. Zakopane – 21-24 June 2005r. s. 301-303.*

[6]. Wł. Zieliński: *Metody monitorowania styku szczotka-komutator przy pomocy optoelektronicznego analizatora iskrzenia w maszynach komutatorowych prądu stałego. Miesięcznik Naukowo-Techniczny „Pomiary, Automatyka, Kontrola”, 3/2005, s. 14-16.*

[7]. Wł. Zieliński: *Kompjuternye algorytmy dlja ocenki iskrenija, registriruemogo s pomoszczju optoelektronного analizatora iskrennija. „ENERGETYKA” 4/2005. Mińsk. s. 41-46.*

[8]. Wł. Zieliński: *Kontrol iskrzenia kontakta szczotka – kolektor w maszynach postajannogo toka pomoszczju optoelektronного analizatora iskrzenia. „ENERGETYKA” 5/2005. Mińsk. s. 52-58.*

[9]. Wł. Zieliński: *Analiza matematyczna wyników iskrzenia maszyn komutatorowych prądu stałego. Maszyny Elektryczne, Zeszyty problemowe KOMEL Nr 72/2005, Katowice – maj 2005r. s. 253-256.*