

Jerzy JAKUBIEC  
Irena WARCHOŁ  
Paweł WIECHUŁA

Instytut Metrologii Elektrycznej i Elektronicznej  
Politechniki Śląskiej

## POMIAR INTENSYWNOŚCI ISKRZENIA KOMUTATORÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób pomiarowej oceny intensywności iskrzenia komutatorów maszyn elektrycznych. Zaproponowano miarę intensywności iskrzenia oraz przedstawiono układ elektryczny przetwarzający zaproponowaną wielkość na wskazanie analogowe.

### 1. Wstęp

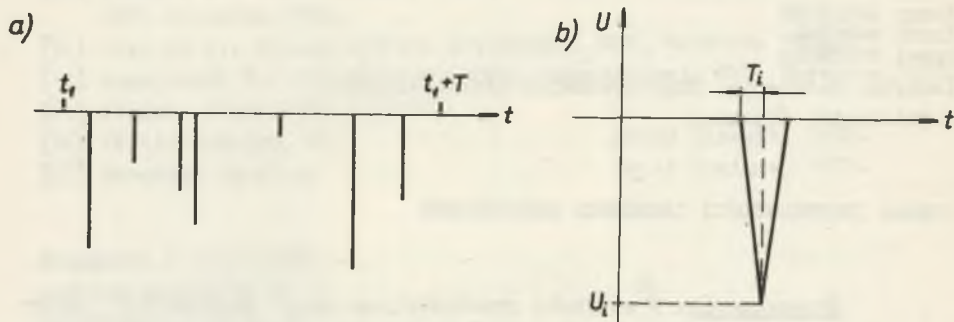
Dla trwałości elektrycznej maszyny komutatorowej istotne znaczenie ma intensywność iskrzenia komutatora. Intensywność tę przedstawia się w tzw. stopniach iskrzenia. Normy wyróżniają pięć stopni intensywności, poczynając od stanu zupełnego braku iskrzenia. Daną intensywność iskrzenia przyporządkowuje obserwator odpowiedniemu punktowi pięciostopniowej skali na podstawie subiektywnego wrażenia jasności. Obiektywność takiego sposobu oceny jakości komutacji jest niezadowolająca.

Ostatnio opracowano w Instytucie Metrologii Elektrycznej i Elektronicznej Politechniki Śląskiej przetwornik świetlnych skutków iskrzenia na sygnał elektryczny, wykorzystując do tego celu fotopowielacz. W ten sposób umożliwiono obserwowanie na ekranie oscyloskopu układu iskrzenia na obwodzie komutatora. Właściwości przetwornika i sposób stosowania opisano w pracy [1]. Obserwowanie oscylogramów układu iskrzenia na obwodzie komutatora jest szczególnie wygodnym środkiem do indentyfikacji działek, których iskrzenie jest nieprawidłowe, np. nienormalnie duże. Oscylogramy natomiast są mało przydatne do ogólnej oceny jakości komutacji wg pięciostopniowej skali, tj. wg skali przewidzianej normą.

Z analizy oscylogramów otrzymanych przy użyciu przetwornika opisanego w pracy [1] wynikają wnioski co do właściwości sygnału wyjściowego tego przetwornika.

Właściwości te są następujące:

- napięciowy sygnał wyjściowy jest ciągiem ujemnych szpilkowych impulsów o amplitudzie do 70 V;
- amplitudy impulsów szpilkowych są proporcjonalne do strumienia świetlnego iskry;



Rys. 1. Przebieg na wyjściu z fotopowielacza

a) przebieg czasowy

b) kształt pojedynczego impulsu

- amplituda odpowiadająca danej działce jest w zasadzie stała co do wartości dla kolejnych obrotów komutatora;
- ciąg impulsów powtarza się co jeden obrót, a odchylenia losowe amplitud są niewielkie;
- jednej działce odpowiada jeden impuls;
- kształt impulsu jest w przybliżeniu trójkątem, a czas trwania impulsu jest rzędu  $4 \mu\text{s}$  (rys. 1b) i praktycznie nie zależy od częstotliwości działkowej.

Wykorzystując sygnał wyjściowy fotopowielacza oraz informacje o właściwościach tego sygnału zaproponowano sposób pomiaru ogólnej intensywności iskrzenia i opracowano układ przetwornika elektronicznego.

## 2. Miara intensywności iskrzenia komutatorów

Wrażenie intensywności iskrzenia dla danego obserwatora jest rosnącą funkcją między innymi takich czynników: wypadkowej amplitudy strumienia świetlnego iskry, liczby iskrzących działek, częstotliwości powtarzania iskry. Oko ludzkie ma właściwości filtra dolnoprzepustowego i uśrednia świetlny skutek iskrzenia.

Ogólna ocena jakości komutacji jest np. użyteczna przy regulacji położenia szczotek i badaniu oddziaływania biegunów kompensacyjnych oraz porównywania iskrzenia maszyn między sobą. Wówczas układ iskrzenia na obwodzie komutatora jest dość jednostajny, ponieważ lokalne wady komutatora powinny być wykryte za pomocą odpowiednich metod pomiarowych i usunięte. W tych okolicznościach stosowany sposób oceny iskrzenia, oparty na wrażeniu intensywności wieczenia, dostarcza mało porównywalnych wyników ze względu na subiektywność ale i również ze względu na wpływ na przykład prędkości obrotowej na wrażenie obserwatora, gdy amplituda iskier i ich

liczba praktycznie są niezmiennie. Ponadto wrażenie jasności jest logarytmiczną funkcją ilości wydzielonego światła, np. wg subiektywnej oceny obserwatora dwa razy intensywniejsze iskrzenie odpowiada wzrostowi do kwadratu strumienia świetlnego iskier.

Postuluje się przyjęc jako miarę intensywności iskrzenia komutatora wielkość  $W$  proporcjonalną do sumy amplitud impulsów świetlnych na obwodzie komutatora. Impulsy świetlne przetworzone w fotopowielaczu odpowiadają impulsom napięcia wyjściowego tego przetwornika. Z tego względu można napisać:

$$W \stackrel{\text{def}}{=} C \sum_{i=1}^{i=k} U_i \quad (1)$$

$k$  = liczba działek na obwodzie komutatora.

Skalę wielkości  $W$  można zbudować np. w następujący sposób. Zero skali przyjęc jako brak iskrzenia, brak światła. Drugi kraniec skali oznaczony liczbą, np. 10 lub 100 można przyjęc jako stan ognienia komutatora. Pośrodku punkty skali celowe jest rozmieścić jednostajnie, dzieląc przedział 0,10 lub 0,100 na dziesięć lub sto części. Przewidziana normą pięciostopniowa skala iskrzenia powinna być przeliczana, tj. odwzorowana na nową skalę. Oczywiście przeliczenie nie może być arytmetyczne. Należy sformułować na nowo wymagania co do jakości komutacji wyrażonej w liczbach nowej skali intensywności iskrzenia.

Proponowana wielkość jako miara intensywności iskrzenia ma jedną istotną zaletę: jest mierzalna. Dzięki temu może być wyeliminowana subiektywność oceny jakości komutacji.

Zasada pomiaru wielkości  $W$  może być zrealizowana przez przetwarzanie amplitud szpilkowych impulsów napięciowych, otrzymywanych z fotopowielacza na np. napięcie prądu stałego lub wskazanie miernika wskazówkowego. Niech będzie np.

$$U'_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} U'_i T'_u}{\sum_{i=1}^{i=k} T_o} = \frac{T'_u \sum_{i=1}^{i=k} U'_i}{k T_o} = \frac{T'_u \sum_{i=1}^{i=k} U'_i}{T} \quad (2)$$

gdzie  $U'_{sr}$  - napięcie wyjściowe ogniwa łańcucha przetwarzania,  $U'_i$  - amplituda prostokątnego impulsu napięciowego proporcjonalnego do amplitudy odpowiedniego impulsu z fotopowielacza,  $T'_u$  - czas trwania impulsów  $U'_i$  stały co do wartości i zawsze  $T'_u < T_o$ ,  $T_o$  - czas między kolejnymi działkami,  $T$  - czas jednego obrotu komutatora. Niech będzie na wyjściu innego ogniwa przetwarzania.

$$U_{\dot{s}r}'' = \frac{U'' T_u''}{T} \quad (3)$$

gdzie  $U''$  - amplituda prostokątnego impulsu o stałej wartości i stałym czasie trwania  $T_u''$

$T$  - czas jednego obrotu komutatora.

Jeżeli weźmiemy iloraz

$$\frac{U_{\dot{s}r}'}{U_{\dot{s}r}''} = \frac{T_u' \sum_{i=1}^{i=k} U_i'}{U'' T_u''} = c \sum_{i=1}^{i=k} U_i' \quad (4)$$

otrzymamy

$$\sum_{i=1}^{i=k} U_i' = \frac{1}{c} \frac{U_{\dot{s}r}'}{U''_{\dot{s}r}}$$

Równanie przetwarzania wielkości  $W$  ma postać

$$W = \frac{U}{c} \frac{U_{\dot{s}r}'}{U''_{\dot{s}r}} \quad (5)$$

jeżeli przyjąć, że  $U_i' = U_i$

Tor przetwarzania wielkości  $W$  musi zawierać: formowanie napięcia  $U_{\dot{s}r}'$  wg równania (2), równoległe napięcia  $U_{\dot{s}r}''$  wg równania (3) oraz ilorazu wg równania (5).

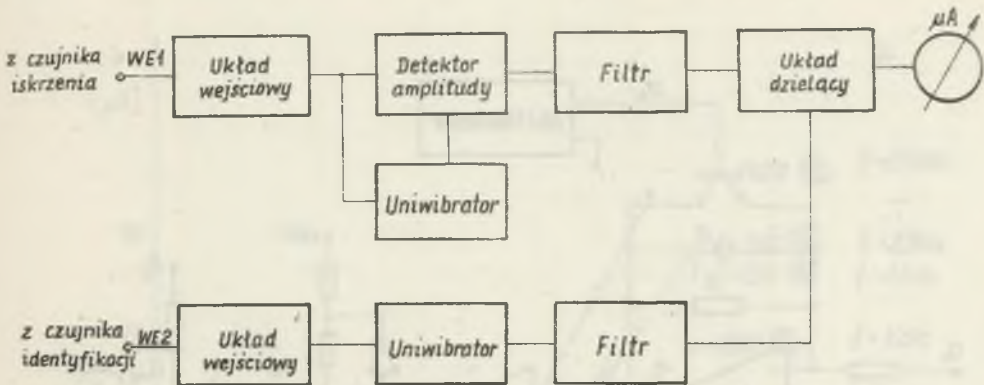
### 3. Układ przetwornika

Układ składa się z dwóch torów:

- toru połączonego z wyjściem fotopowielacza,
- toru połączonego z czujnikiem identyfikacji obrotów (prędkości obrotowej).

Układ pracuje poprawnie przy częstotliwości działkowej (iloczyn prędkości obrotowej i liczby działek) od 600 do 10 000 Hz, co pozwala np. na pomiar wielkości  $W$  iskrzenia dla silnika o 200 działkach w zakresie prędkości obrotowych od 200 do 3000 obr/min.

Impulsy napięciowe z fotopowielacza podawane są na układ wejściowy i następnie na detektor amplitudy zamieniający impulsy szpilkowe na impulsy prostokątne o czasie trwania  $t_1 = 100 \mu s$ . Czas  $t_1$  ogranicza górną wartość częstotliwości działkowej maszyny. Impulsy prostokątne z detektora są uśredniane w filtrze o paśmie przenoszenia 0,2 Hz, co wg równania (2)



Rys. 2. Schemat blokowy układu do pomiaru intensywności iskrzenia

dla przyjętego zakresu zmian prędkości obrotowej powoduje, że sygnał wyjściowy z filtru jest stały i proporcjonalny do wartości średniej sumy amplitud impulsów prostokątnych.

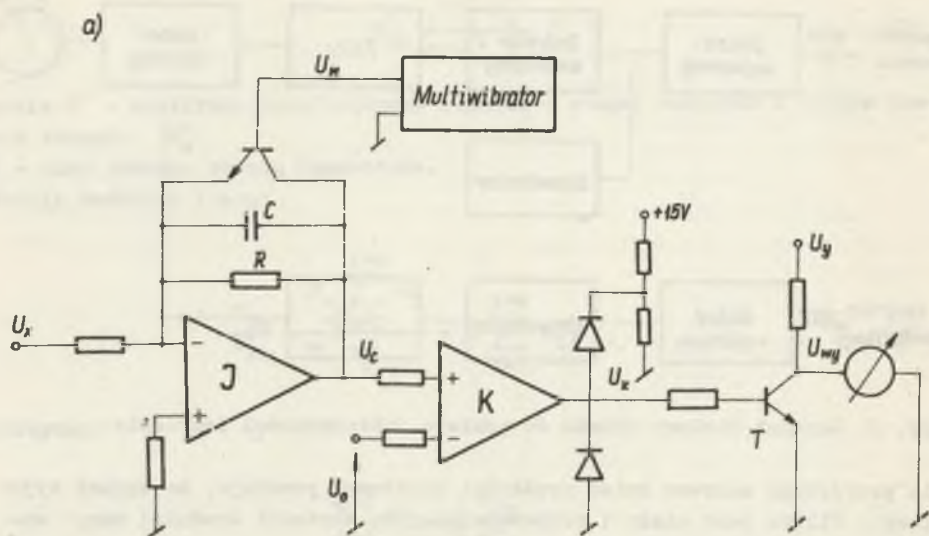
Czujnik identyfikacji jest to fotopowielacz, dający jeden impuls na każdy obrót maszyny. Impulsy te po uformowaniu za pomocą przerzutnika Schmitta w układzie wejściowym wyzwalają uniwibrator, którego sygnał wyjściowy jest uśredniony w filtrze o właściwościach analogicznych jak w torze pierwszym. Sygnał z filtru jest proporcjonalny do prędkości obrotowej.

Układ dzielący zasługuje na szczegółowy opis, ponieważ dokładność dzielenia decyduje o dokładności przetwarzania. Zastosowany układ dzielący (rys. 3a) działa na zasadzie modulacji szerokości impulsów. Praca układu polega na generacji przebiegu prostokątnego, którego wartość średnia zależy od stosunku sygnałów wejściowych. Wartość średnia przebiegu wyjściowego jest mierzona mikroamperemierzem magnetoelektrycznym. Układ dzielący składa się z integratora I sterowanego multiwibratorem, komparatora K i klucza tranzystorowego T. Przebiegi sygnałów w poszczególnych punktach przedstawia rys. 3b.

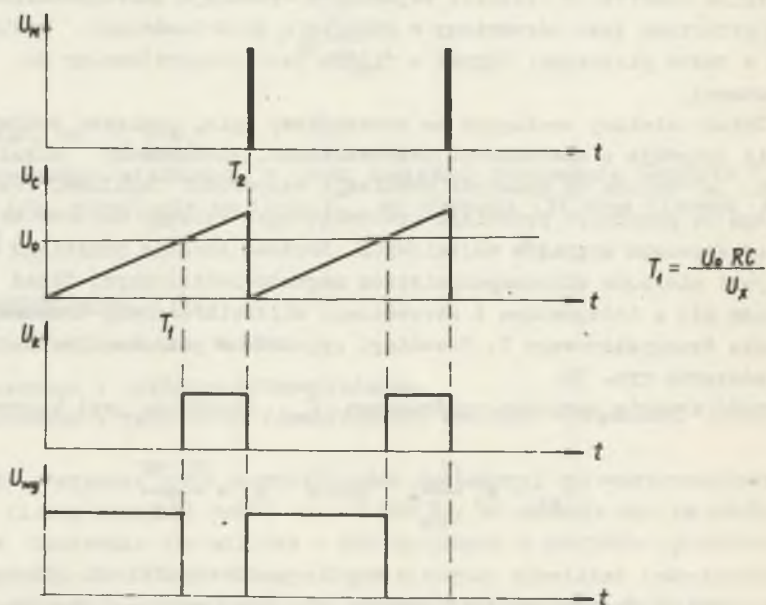
Wartość średnia napięcia wyjściowego  $\bar{U}_{wy}$  określona jest wzorem

$$\bar{U}_{wy} = k_1 \frac{U'_{sr}}{U_{sr}}, \quad \text{gdzie} \quad k_1 = \frac{U_o RC}{T_2}$$

O dokładności dzielenia decyduje współczynnik wypełnienia przebiegu wyjściowego  $U_{wy}$ . Współczynnik ten zależy dla danej wartości sygnału  $U_{sr}$  od przyjętego napięcia odniesienia  $U_o$ . Zmierzone charakterystyki układu dzielącego przedstawia rys. 4.



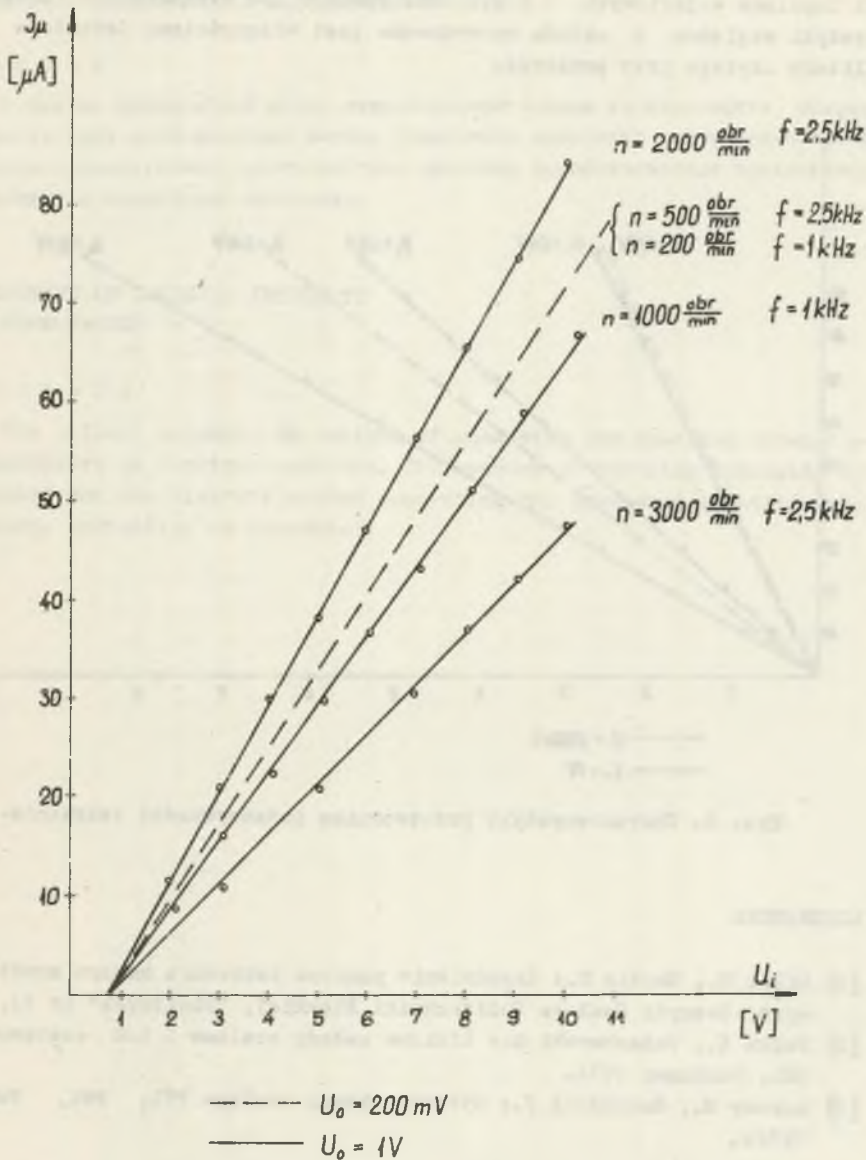
b)



Rys. 3. Układ dzielnicy

a) schemat,

b) przebiegi czasowe

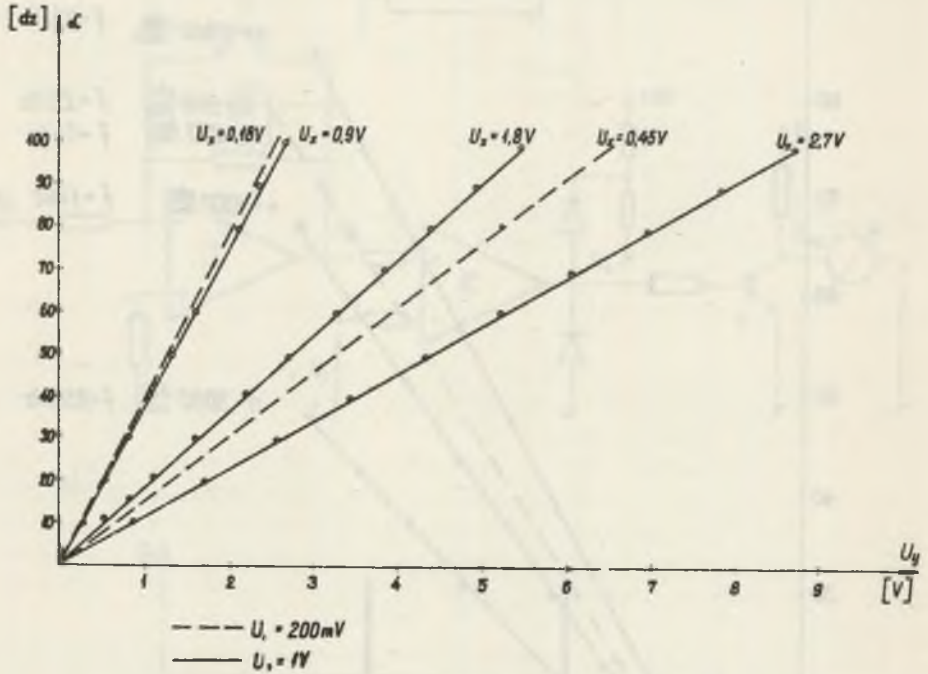


Rys. 4. Charakterystyki układu dzielącego

4. Charakterystyki przetwarzania układu

Podstawowe własności układu określa zależność między wartością średnią napięcia wyjściowego a amplitudą wejściowych impulsów szpilkowych. Charakterystyki te przedstawia rys. 5. Zostały one zmierzone przy częstotliwości-

ci impulsów wejściowych 1 i 2,5 kHz. Występujące przesunięcie charakterystyki względem 0 układu spowodowane jest własnościami detektora amplitudy użytego przy pomiarze.



Rys. 5. Charakterystyki przetwornika intensywności iskrzenia

#### LITERATURA

- [1] Miłek M., Skubis T.: Zagadnienie pomiaru iskrzenia maszyn komutatorowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Elektryka" nr 33, 1972.
- [2] Kulka Z., Nadachowski M.: Liniowe układy scalone i ich zastosowanie, WKŁ, Warszawa 1974.
- [3] Łakomy M., Zabrodzki J.: Cyfrowe układy scalone TTL, PWN, Warszawa 1974r.



## ИЗМЕРЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИСКРЕНИЯ КОММУТАТОРОВ

## Р е з ю м е

В статье представлен метод измерительной оценки интенсивности искрения коммутаторов электрических машин. Предложено измерение интенсивности искрения и представлена электрическая система, преобразовывающая предложенную величину в аналоговое показание.

MEASURING OF SPARKING INTENSITY  
OF COMMUTATORS

## S u m m a r y

The article presents the method of measuring the sparking intensity of commutators in electric machines. The measure of sparking intensity is suggested and the electric system converting the suggested quantity into analogue indication is presented.