

Marian Miłek
Tadeusz Skubis
Katedra Technologii
i Metrologii Elektrycznej

ZAGADNIENIE POMIARU ISKRZENIA MASZYN KOMUTATOROWYCH

Streszczenie. W artykule omówiono sposób realizacji obserwacji przebiegu iskrzenia na komutatorze, przy pomocy oscyloskopu. Dzięki przyporządkowaniu przebiegu iskrzenia przebiegowi znaczników działek istnieje możliwość zidentyfikowania iskrzących działek komutatora. Podano również metodę opracowania urządzenia pozwalającego na obiektywną ocenę iskrzenia komutatora.

1. Wstęp

Iskrzenie komutatorów w czasie pracy jest procesem złożonym. Wynika to z faktu, że samo iskrzenie jest efektem nie tylko zjawiska komutacji, ale również wielu innych czynników natury elektrycznej oraz mechanicznej.

Opracowany i wykonany w Katedrze Technologii i Metrologii Elektrycznej przyrząd pozwala na obserwację przebiegu iskrzenia na obwodzie komutatora oraz na wyłączenie wniosków dotyczących przyczyn nadmiernego iskrzenia, dzięki przyporządkowaniu impulsów iskrzenia poszczególnym działkom.

2. Ogólna zasada pomiaru

W celu otrzymania obrazu iskrzenia komutatora należy przetworzyć natężenie iskrzenia na przebieg prądu lub napięcia.

Przetwornik powinien posiadać następujące własności:

- liniową zależność sygnału wyjściowego od natężenia iskrzenia,
- odpowiednio wysokie pasmo przenoszonych częstotliwości, aby czujnik mógł współpracować z maszynami o dużej prędkości obrotowej i dużej ilości działek komutatora,
- małą wrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne i świetlne,
- czułość zapewniającą wykrycie granicy dostrzegalnego iskrzenia z bezpiecznej odległości,
- możliwość zastosowania do różnych maszyn (zmienną odległość czujnika od komutatora).

Z powyższych wymagań wynika, że jako element przetwarzający należy wykorzystać jeden z elementów fotoelektrycznych: foto-opór, foto-diod, tranzystor fotoelektryczny, fotoelektryczną kłódkę lub foto-powielacz.

3. Optymalizacja układu pomiarowego

Przeanalizowano przydatność różnych elementów fotoelektrycznych do pracy w układzie wskaźnika iskrzenia. Z rozważań teoretycznych popartych badaniami praktycznymi wyciągnięto wnioski.

Komórka fotoelektryczna - reaguje na szeroki zakres promieniowania widzialnego, jednak jej próg niezuciłości jest dość duży. Łatwo dostrzegalne iskrzenie praktycznie nie powoduje na wyjściu sygnałów mierzalnych. Również wykorzystanie powierzchni fotokatody jest b. małe, ponieważ obraz iskry ma kształt wąskiego paska, a fotokatoda - oszasy.

Fotodioda. Cechą dyskwalifikującą, oprócz znikomych rozmiarów i kołowego kształtu powierzchni fotoczułej jest nieodpowiednia charakterystyka widnowa. Posiada ona wyraźne maksimum oszłości dla fal długich i bardzo długich (głęboka podozerwień). Natomiast na styku Cu-C powstaje iskra posiadająca maksimum widnowe w zakresie światła niebieskiego i zielonego.

Tranzystor fotoelektryczny. Charakteryzuje się podobnymi cechami jak fotodioda. Posiada małą powierzchnię światłoczułą oraz niewielką oszłość widnową w zakresie fal krótkich.

Oporniki fotoelektryczne. Duża powierzchnia czynna i duża oszłość w zakresie fal o długości 400-600 nm są korzystne dla zastosowania fotooporu jako przetwornika jednak duża bezwładność i związana z tym niska oszęstotliwość graniczna (do 500 Hz) ograniczają zastosowanie takiego przetwornika do maszyn wolnowirujących.

Uzyskano wystarczającą oszłość układu; tzn. słaba iskra dostrzegalna gołym okiem spowodowała na osylogramie impuls o wysokości odpowiadającej amplitudzie około 1 V. Dla większych natężeń iskrzenia amplituda impulsów nie zwiększa się; było to spowodowane nasyceniem materiałów czynnych fotoopornika. Ostatecznie w wyniku eksperymentów zdecydowano się na zastosowanie fotopowielacza. Element ten pozwala na uzyskanie dużych amplitud przy małym progu niezuciłości oraz odpowiednio dużej oszęstotliwości przenoszenia sygnału.

4. Fotopowielacz jako osuźnik pomiarowy

Promienie świetlne, których źródłem jest iskra z komutatora, przechodzą przez układ optyczny o ognisku w punkcie znajdującym się na fotokatodzie. Elektrony wybite z fotokatody są przyspieszane i powielane w układzie dynod wskutek emisji wtórnej. Wypadkowe wzmocnienie fotopowielacza można określić z zależności

$$M = C \cdot \delta^n$$

gdzie:

- δ - współczynnik emisji wtórnej każdej z dynod
- n - ilość dynod
- C - sprawność zbierania elektronów przez układ dynod
- M - współczynnik wzmożenia definiowany jako

$$M = \frac{I_a}{I_f}$$

I_a - wartość prądu anodowego

I_f - wartość prądu fotoelektrycznego.

Istotnym parametrem pomiarowym jest wartość częstotliwości granicznej górnej i związany z nią czas przelotu elektronów powodujący opóźnienie czasowe. W fotopowielaczu to opóźnienie czasowe jest rzędu 10^{-9} s, a więc w praktycznym układzie do badania iskrzenia stanowi wartość pomijalną.

Charakterystyka widmowa wykazuje szereg zalet. Większość fotokatod, a zwłaszcza oznaczone (wg norm amerykańskich) symbolami S-4, S-8, S-9 wykazuje wyraźne maksima czułości w zakresie promieniowania fal o długości 400-600 nm odpowiadające barwom zielono-niebieskim.

Trudnością w stosowaniu fotopowielaczy jest konieczność użycia wysokiego napięcia do układu zasilania dynod. Napięcie zasilające dynody powinno być stabilizowane ze względu na dużą zależność czułości od zmian tego napięcia.

5. Praktyczny układ pomiarowy

Fotopowielacz pracujący w układzie wskaźnika iskrzenia zasilany jest z dzielnika oporowego. Sygnał z oporu obciążenia R_0 podawany jest bezpośrednio na wejście oscyloskopu.

Przebieg iskrzenia można ustalić na ekranie oscyloskopu przez dobranie odpowiedniego czasu przebiegu z generatora podstawy czasu. Jednak w tym przypadku każda zmiana obrotów wirnika, spowodowana zmianą obciążenia lub wahaniami napięcia sieci powoduje zerwanie obrazu. Również niemożliwym jest przyporządkowanie impulsów iskrzenia poszczególnym działkom komutatora, ponieważ przebieg ustali się wskutek zjawiska samosynchronizacji w ten sposób, że impuls o największej amplitudzie odpowiadający działce o najintensywniejszym iskrzeniu znajdzie się na początku przebiegu.

Trudne jest również stwierdzenie, czy otrzymany na ekranie obraz przedstawia przebieg iskrzenia obejmujący jeden, dwa lub trzy komutatory, tzn. czas narastania przebiegu pily jest równy czasowi jednego, dwóch lub trzech obrotów komutatora.

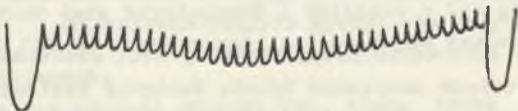
6. Układ synchronizacji i identyfikacji działki

Aby usunąć trudności opisane w punkcie 5, należało opracować urządzenie synchronizujące podstawę czasu oscyloskopu z obrotami wirnika.

Rozpatrzono możliwość zastosowania sposobu pomiaru prędkości obrotowej metodami elektrycznymi. Jednak ze względu na konieczność w każdej z tych metod kłopotliwego montowania na wirniku urządzeń pomocniczych (magnesu do ozujnika indukcyjnego, tarczy z otworem dla fotodiody) oraz niedoskonałości samych metod (za mała amplituda impulsu) oraz duża stała czasowa – sposób uzyskania impulsu wyzwalającego tą drogą odrzucono.

Stwierdzono, że najbardziej przydatny do układu synchronizacji jest fotopowielacz. Sygnał otrzymany z tego elementu spełnia wszystkie warunki stawiane impulsowi synchronizacji tzn. posiada odpowiednio dużą amplitudę i minimalne (do pominięcia) przesunięcie czasowe.

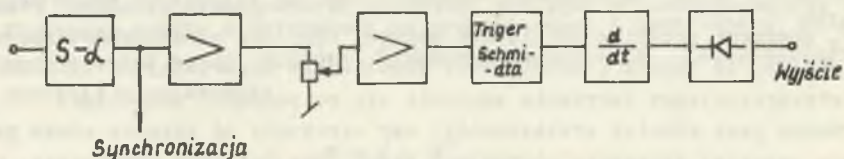
Równocześnie ozujnik synchronizacji służy do oznaczania działek. Sygnałem wejściowym dla fotopowielacza jest różnica odbić promieni świetlnych od działek komutatora oraz od izolacji mikowej. Impuls synchronizujący uzyskano przez wyróżnienie jednej działki naklejając na niej skrawek folii aluminiowej. Podobny efekt uzyskuje się przez wyczyszczenie jednej działki. Typowy przebieg otrzymany z ozujnika synchronizacji przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Przebieg otrzymany z ozujnika identyfikacji działek

Na oscylogramie można rozróżnić impuls synchronizacji (większa amplituda) oraz kilkadziesiąt okresów przebiegu przemiennego spowodowanego odbiciem promieni świetlnych od działek komutatora. Pewna składowa zmienna o okresie równym czasowi jednego obrotu silnika jest wywołana różnicą odbić od powierzchni komutatora na długości obwodu komutatora wskutek strefowego zabrudzenia działek.

Przebieg przemienny zostaje podany na układ formujący w celu uzyskania impulsów przyporządkowanych poszczególnym działkom. Schemat układu formującego pokazano na rys. 2.



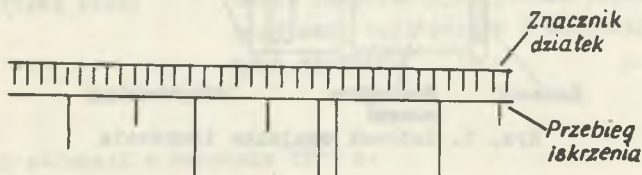
Rys. 2. Schemat blokowy układu formującego

Jako pierwszy stopień układu formującego zastosowano układ super-alfa – w celu dopasowania amplitudy wejścia fotopowielacza i wejścia układu.

Zastosowano dwa stopnie wzmożenia w celu uzyskania impulsu nawet przy b. małym (wskutek zabrudzenia) odbiciu światła od komutatora.

Regulacja wzmożenia pomiędzy stopniami pozwala dobrać takie wzmożenie, aby wszystkie działki były zaznaczone. Z drugiej strony zmniejszając wzmożenie można doprowadzić do takiego obrazu na ekranie, że na długości całego komutatora pozostanie jedynie impuls szpilkowy od działki wyróżnionej. W ten sposób można stwierdzić, ile rozwiniętych komutatorów mamy na długości podstawy osazu.

Odpowiednio wzmożone impulsy podano na układ Schmidta, zróżniczkowano i poprzez układ odcinający górne impulsy szpilkowe otrzymano obraz jak na rys. 3. Na rysunku tym przedstawiono też obraz iskrzenia z czujnika iskrzenia komutatora odtworzony przez drugi strumień oscyloskopu.

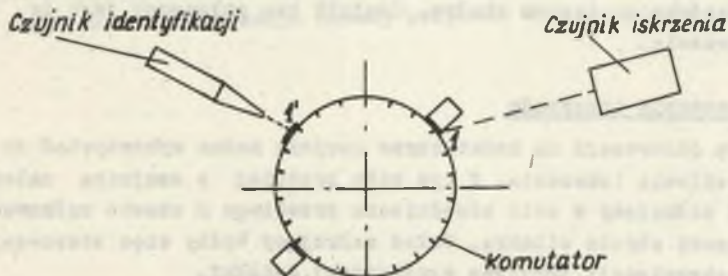


Rys. 3. Oscylogram przebiegu iskrzenia i znacznika działek

7. Zasada identyfikacji iskrzących działek

Rysunek 4 przedstawia zasadę identyfikowania iskrzących działek komutatora. Zasada ta pozwala na określenie iskrzącej działki z niedokładnością ± 1 działki.

Działkę wyróżnioną, poprzez naklejenie folii, można obrać w dowolnym miejscu komutatora. Oznaczmy ją jako "I". Właściwa działka początkowa oznaczona przez "1" znajduje się pod skrajem szozotki, przy której dokonujemy obserwacji iskrzenia, w momencie, gdy działka wyróżniona będzie pod czujnikiem identyfikacji działek.



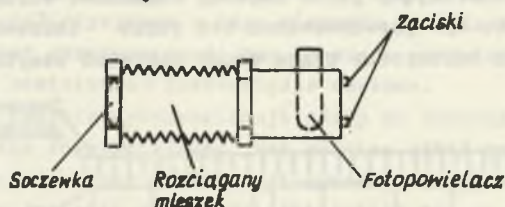
Rys. 4. Zasada identyfikacji iskrzących działek

Jeżeli na ekranie oscyloskopu stwierdzimy, że iskrzy działka, np. szósta w kolejności znaczników - czyli "6", to w rzeczywistości iskrzy będzie działka 6 liczona na komutatorze od działki 1 w odpowiednim kierunku obrotów.

8. Budowa ozujników pomiarowych

8.1. Czujnik iskrzenia

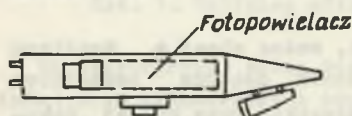
Czujnik iskrzenia stanowi osobny zestaw zamontowany na statywie, połączony dwoma przewodami ze wskaźnikiem iskrzenia oraz oscyloskopem (-1000V oraz sygnał). Czujnik wyposażono w dwa wymienne obiektywy, pozwalające ustawić fotonielaz w mniejszej lub większej odległości od miejsca iskrzenia komutatora. Ustawienie ostrości realizuje się przez zmianę odległości obiektywu od fotonielaza za pomocą rozciąganego mieszka. Schemat ozujnika przedstawia rys. 5.



Rys. 5. Schemat ozujnika iskrzenia

8.2. Czujnik identyfikacji

Czujnik ten jest bezobiektywową lunetką, wewnątrz której umieszczono fotonielaz. Lunetka zakończona jest zwężeniem stożkowym, na końcu którego znajduje się szczelina. Wymiary szczeliny są tak dobrane aby promienie padające, z pewnej odległości, na fotokatodę fotonielaza były odbite tylko od jednej działki. Jest to warunkiem pręmienności przebiegu otrzymywanego z ozujnika. Pod lunetką przymocowano obudowę żarówki pozwalającą na zmianę kąta padania strumienia światła. Osobny zasilacz



Rys. 6. Schemat ozujnika identyfikacji

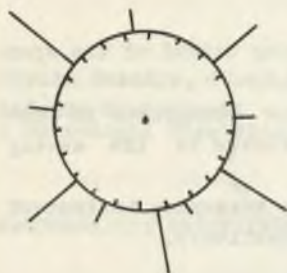
zasilają żarówkę napięciem stałym. Czujnik ten połączony jest ze wskaźnikiem iskrzenia.

9. Zastosowania przyrządu

Oprócz obserwacji na komutatorze ozujnik można wykorzystać do ilościowego określenia iskrzenia. W tym celu przebieg z ozujnika należy podać na układ całkujący w celu uśrednienia przebiegu o czasie całkowania równym okresowi obrotu silnika. Układ całkujący byłby więc sterowany z ozujnika synchronizacji impulsem wyróżnionej działki.

W pewnych przypadkach szczególnie intensywnego iskrzenia występuje nasycenie fotonielaza (powodowane ograniczoną wydajnością fotokatody).

W tym przypadku można rozszerzyć zakres pomiarowy drogą ograniczenia natężenia oświetlenia przez nałożenie na obiektyw odpowiednich filtrów.



Rys. 7. Przebieg iskrzenia na oscyloskopie z kołową podstawą czasu

Interesującą przedstawia się możliwość zastosowania do obserwacji przebiegu iskrzenia oscyloskopu z kołową podstawą czasu modulowaną impulsami identyfikacji działek. Na ekranie oscyloskopu otrzymuje się obraz jak na rys. 7.

Impulsy iskrzenia wskazują bezpośrednio miejsce iskrzenia oraz amplitudę, pod warunkiem że okres podstawy czasu jest równy czasowi jednego obrotu silnika

Takie rozwiązanie nasuwa największe trudności konstrukcyjne jednak pomiarowo zapewnia uzyskanie najlepszych i najbardziej czytelnych wyników.

Wpłynęło do redakcji w kwietniu 1971 r.

ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ИСКРЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫХ МАШИН

Р е з ю м е

В статье рассмотрено метод реализации наблюдений процесса искрения коллектора при помощи электроннолучевого осциллографа. Координирование процессов искрения отмечаящими маркерами сегментов дает возможность идентификации искрящих сегментов коллектора. Представлены метод построения установки разрешающей объективную оценку искрения коллектора.

THE MEASURING OF THE SPARKING OF COMMUTATORS

S u m m a r y:

The article is treating the observing and measuring method of the sparking process on a commutator by using an oscilloscope.

The identification of the sparking segments of the commutator is possible thanks to the subordinating of the sparking process to the moving of markings of the segments.

There is also mentioned the method of designing a measuring instrument for an estimation of the sparking of commutators objectively.

LITERATURA

- [1] A.P. Kugutow - O fotoelektriozeskim sposobie ocenki iskrenija elektroszetok kolektornych maszin. - Elektromechanika 5/1969 Izdatelstwo ENERGIA.
- [2] J.E. Nieboljubow - Fotoelektriozeskij metod issledowanija nastrojki kommutacii elektriozeskich maszin. - Elektroezestwo II/1956, Gosenergoizdat.