

Badanie transformatora położenia kąтового

I. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA TRANSFORMATORA OBROTU

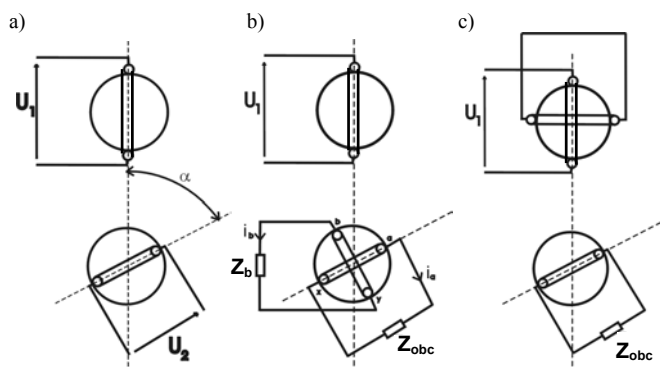
Transformator położenia kąowego jest małą maszyną indukcyjną, której zadaniem jest precyzyjne przetwarzanie położenia kąowego na sygnał wyjściowy proporcjonalny do sinusa albo kosinusa kąta obrotu wirnika. Najczęściej jest on wykorzystywany w precyzyjnych układach automatycznej regulacji i sterowania oraz w urządzeniach liczących. Celowe zatem jest zapoznanie studentów z budową, zasadą działania, właściwościami, zastosowaniem tych maszyn oraz metodami ich badania.

Stojan i wirnik transformatora położenia kąowego są spakietowane z blach elektrotechnicznych o bardzo dużej przenikalności i małej stratności lub permalaju. W żłobkach stojana i wirnika są umieszczone po dwa niezależne uzwojenia o osiach przesuniętych względem siebie o 90° . Końce uzwojeń wirnika transformatora o *nieograniczonym kącie obrotu* są wyprowadzone za pośrednictwem pierścieni i szczotek do tabliczki zaciskowej (*transformatory zestykowe*) lub przez transformatory pierścieniowe (*transformatory bezzestykowe*). Natomiast w transformatorach o *ograniczonym kącie obrotu* połączenie to jest zrealizowane za pomocą giętkich przewodów. Najprostszy transformator ma tylko jedno uzwojenie stojana i jedno uzwojenie wirnika – rys. 1a. Zasadniczym wymaganiem stawianym transformatorom położenia jest sinusoidalna lub kosinusoidalna zależność indukcyjności wzajemnej między uzwojeniem stojana i wirnika od kąta obrotu wału. Realizacji tego wymagania jest podporządkowana konstrukcja, technologia i wykonanie maszyny.

Podstawowym stanem pracy transformatora położenia jest powolny, w stosunku do pulsacji napięcia zasilającego, obrót wirnika względem stojana. Indukująca się wówczas w uzwojeniu wyjściowym siła elektromotoryczna rotacji jest tak mała w porównaniu z siłą elektromotoryczną transformacji, że jej wpływ na pracę maszyny można pominąć.

Przy zasilaniu uzwojenia stojana (rys. 1) napięciem przemiennym U_1 o stałej amplitudzie i częstotliwości, w uzwojeniu wirnika indukuje się napięcie o tej samej częstotliwości lecz o amplitudzie proporcjonalnej do kosinusa kąta obrotu wirnika względem stojana $U_2(\alpha) = k_1 U_1 \cos \alpha$ (k_1 – współczynnik transformacji). Jeżeli w uzwojeniu wirnika popłynie prąd, to oddziaływanie wirnika zniekształci rozkład indukcji w szczelinie i odkształci przebieg napięcia wyjściowego $U_2(\alpha)$. Dlatego najkorzystniej jest, jeżeli transformator pracuje nieobciążony prądowo (praca sygnałowa).

W celu skompensowania wpływu oddziaływania wirnika umieszcza się na nim oprócz uzwojenia wyjściowego uzwojenie kompensacyjne – rys. 1b. Aby uzyskać właściwą kompensację należy odpowiednio dobrać impedancję Z_b w uzwojeniu ($Z_b = Z_{obc}$). Przy całkowitym skompensowaniu strumienia głównego prąd pobierany z sieci nie będzie zależał od położenia wirnika.



Rys. 1. Schemat transformatora położenia kąowego z jednym uzwojeniem w stojanie i wirniku (a) oraz z kompensacją wtórną (b) i pierwotną (c)

Wpływ oddziaływania wirnika można także zniwelować przez tzw. kompensację pierwotną, tj. umieszczenie uzwojenia kompensacyjnego na stojanie – rys. 1c. Najlepszy efekt kompensacji otrzymuje się, jeżeli impedancja źródła zasilania i impedancja obciążenia uzwojenia kompensacyjnego są sobie równe. Ponieważ impedancja źródła zasilania o dużej mocy (sieć) jest bliska zero, więc wartość impedancji w uzwojeniu kompensacyjnym powinna być zbliżona do zera. Oprócz oddziaływania wirnika przyczyną występowania uchybu w transformatorze obrotu może być nierównomierność szczeliny powietrznej, użłobkowanie stojana i wirnika, skosy żłobków, duża liczba cewek, małe rozwarście żłobkowe lub nieliniowa charakterystyka magnesowania.

Poprzez odpowiednie połączenie uzwojeń transformatora można uzyskać przetwornik, w którym napięcie wyjściowe z dość dużą dokładnością zmienia się liniowo w przedziale zmian kąta obrotu wirnika od -60° do 60° . Transformator położenia kąowego z dwoma uzwojeniami w stojanie i wirniku można także zastosować do rozwiązywania równań trójkąta prostokątnego.

W artykule przedstawiono skomputeryzowane stanowisko dydaktyczne do wyznaczania charakterystyk transformatora położenia kąowego. Do sterowania położeniem wału badanego transformatora obrotu wykorzystano sterowany komputerem silnik krokowy. Komputer wykorzystano także do obróbki i wizualizacji wyników pomiarów.

II. KONFIGURACJA STANOWISKA LABORATORYJNEGO

Stanowisko laboratoryjne do badania transformatora położenia kąowego pokazano na rys. 2. Zbudowano je między innymi z podzespołów oferowanych przez firmę WObit z Poznania. Można w nim wyróżnić oprócz widocznego na rys. 2 komputera, służący do sterowania silnikiem krokowym oraz do wizualizacji pomiarów uzyskanych z karty pomiarowej ALFINA, następujące elementy: transformator położenia kąowego (1), silnik krokowy (2), enkoder (3), sterownik SMC 64 (4) ze stopniem mocy, licznik impulsów (5) generowanych w enkoderze,

zasilacz sieciowy (6) oraz zadajnik ZD 100 (7) wysyłający impulsy taktujące (tzw. sygnał CLK) do sterownika.



Rys. 2. Widok stanowiska laboratoryjnego do badania transformatora położenia kąowego sterowanego za pomocą komputera

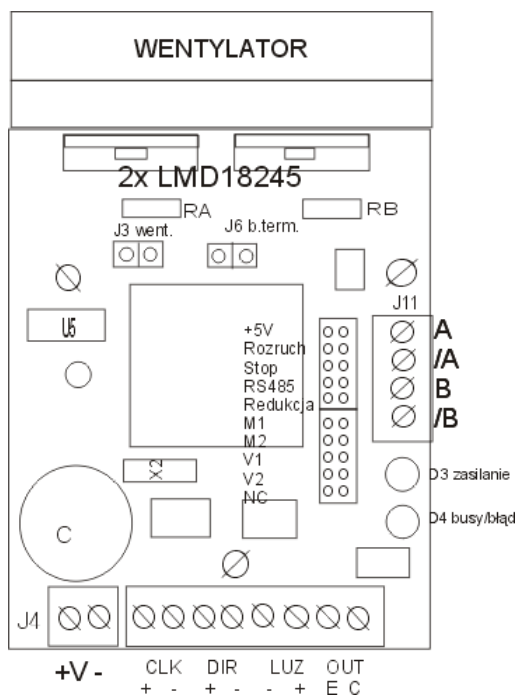
Przy badaniu transformatora obrotu mierzy się m. in. napięcie na zaciskach wyjściowych w funkcji kąta położenia wału. Napięcie to rejestruje się za pomocą karty pomiarowej ALFINA. Położenie wału określa się za pomocą enkodera. Do zliczania impulsów uzyskiwanych z enkodera wykorzystuje się licznik. Jego wskazanie wyskalowane jest w stopniach. Elementem służącym do zmiany położenia kąowego wirnika badanego transformatora jest silnik krokowy bipolarny o naturalnej długości kroku równej $1,8^\circ$. Silnik wykonuje zatem 200 kroków na jeden obrót wału. W celu zwiększenia rozdzielczości, z jaką nastawiany jest kąt położenia wału badanej maszyny, silnik krokowy pracuje z mikrokrokiem. Przy największym realizowanym w sterowniku podziale kroku $1/8$ można nastawić aż 1600 różnych pozycji wirnika. Wyboru długości mikrokroku od $1/2$ do $1/8$ dokonuje się za pomocą zworek M1, M2 na płytce sterownika – rys. 3.

Sterownik (rys. 3) automatycznie obniża prąd pobierany przez silnik po ok. 0,5 sekundy od jego zatrzymania. Zapobiega to jego nadmiernemu nagrzewaniu się.

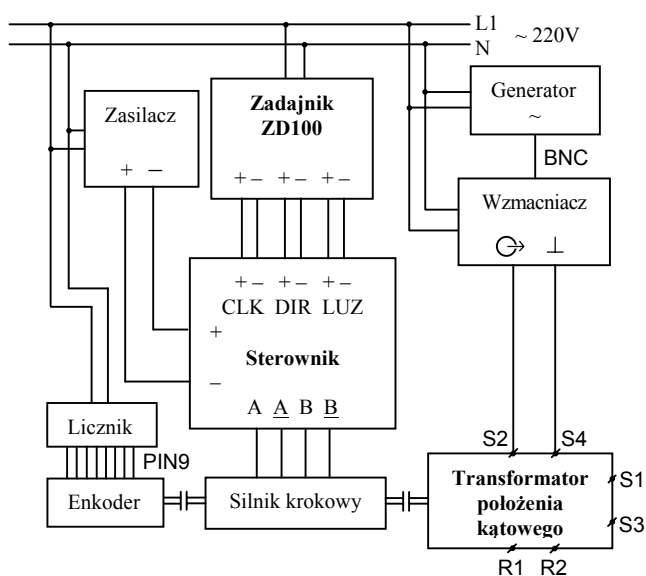
W opisywanym stanowisku wirnik badanego transformatora położenia kąowego może przyjmować względem stojana tylko położenia wynikające z całkowitej wielokrotności długości kroku silnika i przyjętego podziału kroku przy pracy mikrokrokowej. Wybrane położenie wału transformatora uzyskuje się zadając w układzie sterowania silnika wykonanie odpowiedniej liczby kroków, przy czym ich długość zależy od przyjętego przy pracy mikrokrokowej

podziału kroku naturalnego silnika. Pracą silnika krokowego w prezentowanym stanowisku można sterować za pomocą: a) sterownika SMC 64, b) zadajnika ZD 100, c) komputera przez łącze szeregowo.

Stwierdzono, że pozycjonowanie wirnika silnika krokowego najłatwiej jest realizować za pomocą zadajnika ZD 100. W tym przypadku w sterowniku SMC 64 zadaje się podziału kroku i pełni on w układzie funkcję stopnia mocy, z którego zasilane są uzwojenia silnika. Pracą silnika krokowego można sterować wykorzystując proste komendy z panelu przedniego zadajnika (7) – rys. 2.



Rys. 3. Płytkę sterownika SMC64



III POMIARY

Rys. 4. Schemat połączeń układu do badania transformatora obrotu

W ćwiczeniu należy zbadać bezstykowy transformator położenia kąтового produkcji zakładu „Mikroma” z Wrześni. Ma on dwa uzwojenia w stojanie (zaciski S1-S3, S2-S4) oraz jedno uzwojeniu we wirniku (zaciski R1-R2).

Zaciski wejściowe S2-S4 transformatora położenia kąтового zasilić z generatora częstotliwości poprzez wzmacniacz (rys. 4) sygnałem sinusoidalnym. Zaciski S1-S3 uzwojenia stojana zewrzeć, a zaciski R1-R2 połączyć z oscyloskopem. Zbadać zależność wartości skutecznej napięcia wyjściowego transformatora od kąta obrotu wirnika. Pomiar powtórzyć dla wybranych częstotliwości napięcia zasilającego

Zbadać także wpływ kształtu i częstotliwości napięcia zasilającego na amplitudę i przebieg napięcia wyjściowego transformatora obrotu przy zasilaniu transformatora napięciami o częstotliwościach 2500 Hz, 250 Hz, 50 Hz odpowiednio o przebiegach sinusoidalnym i prostokątnym. Wyznaczyć zależność napięcia na zaciskach wyjściowych w funkcji częstotliwości przy sinusoidalnym napięciu zasilającym o wartości 5 V.