

Silnik prądu przemiennego

5 Przedmiotem wynalazku jest silnik prądu przemiennego z cewką do bezkontaktowego pomiaru momentu mechanicznego i elektromagnetycznego, prędkości obrotowej i kątowej oraz do wykrywania zwarć i wewnętrznych asymetrii maszyn elektrycznych prądu przemiennego z wykorzystaniem magnetycznego strumienia poosiowego, znajdujący zastosowanie do napędu urządzeń różnego przeznaczenia.

10 Zwarcia uzwojeń maszyn elektrycznych prądu przemiennego są jedną z częstych przyczyn awarii tych urządzeń. Zwarcie uzwojenia powoduje znaczny wzrost wartości chwilowych prądów w uzwojeniach przy jednoczesnym niewielkim wzroście prądu pobieranego z sieci zasilania. Działanie dynamiczne i termiczne występujące podczas zwarcia uzwojeń może prowadzić do nieodwracalnych uszkodzeń, w tym uszkodzeń
15 izolacji uzwojeń i przerzutu niebezpiecznego napięcia na obudowę. Szczególnie znaczne wartości prądów podczas zwarć występują w instalacjach i maszynach elektrycznych o dużej mocy zwarciowej. Wewnętrzne asymetrie pochodzące z uszkodzenia łożysk, prętów klatki rozruchowej lub tłumiącej, uszkodzenia blach i uzwojeń, są w dłuższej perspektywie pracy maszyny elektrycznej prądu przemiennego
20 przyczyną różnego typu awarii. Wewnętrzne asymetrie są bardzo trudne do identyfikacji i zabezpieczeń.

 Rozwój metod monitoringu układów napędowych sprawił, że moment mechaniczny jest użytecznym sygnałem diagnostycznym wskazującym na aktualny stan techniczny układu napędowego maszyn elektrycznych prądu przemiennego. Pomiar
25 wartości chwilowej momentu mechanicznego lub elektromagnetycznego pozwala na wykrycie wad połączenia mechanicznego w układzie napędowym oraz wewnętrznych asymetrii silnika.

 Typowe sposoby pomiaru momentu na wale maszyny można podzielić na pośrednie i bezpośrednie. Pośrednie określenie wartości momentu polega na pomiarze
30 mocy elektrycznej dostarczanej do silnika i pomiarze prędkości kątowej wału. Pomiar pośrednie charakteryzują się największą ingerencją w zespół napędowy ze względu na

konieczność pomiaru wielkości elektrycznych i mechanicznej. Pośrednie szacowanie momentu na wale jest głównie ograniczone do stanów ustalonych. Metody bezpośrednie, kontaktowe pomiaru momentu bazują na czujnikach tensometrycznych zainstalowanych bezpośrednio w układzie sprzęgieł łączących silnik z maszyną napędzaną. Podstawową cechą czujników do pomiarów bezpośrednich, wirujących wraz z wałem, jest ich połączenie galwaniczne z zewnętrznym układem akwizycji danych. Połączenie elektryczne jest zazwyczaj realizowane przez zespół szczotek, które są szczególnie narażone na szybkie zużycie mechaniczne, a ich zastosowanie jest ograniczone do pomieszczeń niezagrożonych wybuchem. Innym standardowym rozwiązaniem jest instalacja czujników fotooptycznych w części stałej sprzęgła zliczających impulsy świetlne na jednostkę czasu. Transmisja danych w tego typu momentomierzach odbywa się zazwyczaj bezprzewodowo za pomocą łącza radiowego lub podczerwieni. Przedstawione przykłady dotychczas stosowanych rozwiązań wskazują na konieczność bezpiecznego i możliwego technicznie do wykonania pomiaru momentu bez ingerencji w pracujący układ napędowy.

Znane są układy do pomiaru momentu na wale, w których pomiędzy silnikiem a maszyną napędzaną montowany jest wałek skrętny, lub w których pod łapy badanego silnika montuje się czujniki siły. Te rozwiązania mają szereg wad, między innymi, wymagają specjalnej konstrukcji sprzęgieł o odpowiedniej sprężystości i sztywności niwelujące wzniosy wałów sprzęgniętych maszyn oraz niezwykle precyzyjnie wykonanego wałka skrętnego do pomiaru momentu. Wyposażenie maszyny napędzającej i napędzanej w sprzęgła oraz w wałek skrętny zniekształca pomiar samego momentu, a ponadto wymaga zastosowania zarówno sprzęgieł, jak i wałka skrętnego o odpowiednio dobranych sprężystościach i sztywnościach.

W publikacji „Wyznaczanie momentu obciążenia silnika indukcyjnego w oparciu o pomiar strumienia poosiowego” – Maszyny elektryczne - zeszyty problemowe nr 2/2016 (110) przedstawione jest wyznaczenie momentu obciążenia silnika indukcyjnego na podstawie sygnału strumienia poosiowego wyznaczonego poprzez pomiar indukowanego napięcia w cewce, przyłożonej do obudowy silnika indukcyjnego od strony wału.

Znany jest z publikacji „Wykorzystanie strumienia unipolarnego w diagnostyce maszyn prądu przemiennego” – Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne

Nr 2/2013 (99), sposób badania strumienia poosiowego, w którym wykorzystuje się
65 cewkę bezrdzeniową umieszczoną bezkontaktowo wokół wału silnika jak najbliższej
uzwojenia stojana. W sposobie tym cewkę do pomiaru indukowanego napięcia mocuje
się do tarczy łożyskowej silnika w jego wnętrzu lub na zewnątrz obudowy silnika.
Cewka może być montowana na zewnątrz silnika zarówno od strony wentylatora,
jak i od strony wału. Ponieważ indukowane napięcie w cewce ma niewielkie wartości
70 z uwagi na niewielkie wartości strumienia poosiowego, aby polepszyć udział sygnału
użytecznego do sygnału szumu lub zakłóceń, z przeprowadzonych badań wynika, że
cewka powietrzna wymaga nawinięcia dużej ilości zwojów np. ok. 2000.

Znane są z literatury sposoby wykrywania zwarć zwojowych w maszynach
elektrycznych prądu przemiennego. Jednym ze sposobów wykrywania zwarć
75 zwojowych jest pomiar prądów i napięć zasilających oraz analiza np. mocy chwilowej
pobieranej przez maszynę z sieci zasilającej. W przypadku wystąpienia zwarcia
wewnątrz uzwojenia maszyny w sygnale mocy chwilowej występują bardziej wyraźne
symptomy zwarć. Podobnie jest w przypadku innych metod wykorzystujących sygnały
rejestrowanych prądów i napięć. Sposoby te mogą być stosowane on-line, wymagają
80 one jednak przynajmniej trzech lub więcej przetworników pomiarowych i zwłoki
czasowej potrzebnej do przetworzenia sygnałów pomiarowych, zawierających
symptomy świadczące o występowaniu zwarcia wewnętrznego w uzwojeniach.
Ponadto, sposoby te wymagają ciągłego użycia specjalistycznego oprogramowania oraz
sprzętu komputerowego.

85 Silnik prądu przemiennego posiadający obudowę wyposażoną w łapy, do
których przymocowany jest stojan, w którym umieszczone jest uzwojenie stojana oraz
wirnik wytwarzający magnetyczny strumień poosiowy, osadzony na wale, przy czym
do obudowy silnika przymocowana jest osłona wentylatora, charakteryzuje się tym,
że na wale, przed stojanem, zainstalowana jest cewka ze zwojami, które osadzone są
90 w ferromagnetycznej obudowie, odizolowanej wkładką izolacyjną od tarczy
łożyskowej, osadzonej na łożysku.

Korzystnie, zwoje cewki nawinięte są spiralnie w jednej warstwie i umieszczone
w otwartym pierścieniowym gnieździe ferromagnetycznej obudowy.

Korzystnie, obudowa cewki utworzona jest z rurowych pierścieni połączonych
95 płaskim pierścieniem.

Korzystnie, ferromagnetyczna obudowa cewki jest zainstalowana po wewnętrznej stronie tarczy łożyskowej obudowy maszyny elektrycznej prądu przemiennego i jest oddzielona od niej wkładką z tworzywa o własnościach izolacyjnych.

100 Korzystnie, ze zwoje cewki zatopione są w żywicy o własnościach izolacyjnych i usztywniających położenie uzwojenia.

Konstrukcja silnika prądu przemiennego, według wynalazku, dzięki umieszczonej w żywicy cewce w ferromagnetycznej obudowie, pozwala na pomiar napięcia o małej liczbie zwojów cewki. Ferromagnetyczna obudowa cewki pozwala na
105 uzyskanie sygnału indukowanego napięcia o dużej amplitudzie przy znacznie mniejszej liczbie zwojów niż cewka bezrdzeniowa i nie wymaga wzmocnienia indukowanego napięcia dużą ilością zwojów. Ponadto ferromagnetyczna obudowa ogranicza wpływ zakłóceń na indukowane napięcie, czyli pracuje jako filtr dolnoprzepustowy. Wynalazek pozwala na bardzo szybkie oszacowanie momentu, prędkości rozwijanej
110 przez maszyny elektryczne prądu przemiennego bez konieczności instalowania dodatkowych złożonych i drogich urządzeń stosowanych do pomiaru metodami klasycznymi to jest sprzęgieł i wałka skrętnego o odpowiednio dobranej sztywności. Silnik jest prosty w wykonaniu i umożliwia w sposób bezkontaktowy na proste i szybkie uzyskanie informacji o wartościach wielu parametrów badanej maszyny
115 elektrycznej prądu przemiennego. Silnik może mieć zastosowanie do wielofazowych maszyn elektrycznych prądu przemiennego o dowolnej znanej konstrukcji uzwojenia stojana.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój silnika indukcyjnego z cewką
120 w ferromagnetyczną wzmacniającą poosiowy strumień magnetyczny, fig. 2 – schemat rozłożenia uzwojenia cewki w gnieździe obudowy, fig. 3 – przekrój cewki w jednorodnej obudowie, fig. 4 – przekrój cewki w obudowie utworzonej z elementów składowych, fig. 5 – schemat rozkładu magnetycznego strumienia poosiowego, fig. 6 – schemat usytuowania cewki wzmacniającej poosiowy strumień magnetyczny
125 w obudowie metalowej po wewnętrznej stronie tarczy łożyskowej z zaznaczeniem wzmocnienia strumienia poosiowego obejmującego cewkę.

Silnik prądu przemiennego posiada obudowę **1** wyposażoną w łapy **12**, do których przymocowana jest obudowa **1** wraz ze stojanem **10**, w którym umieszczone jest uzwojenie stojana **9**. Wirnik **11**, wytwarzający magnetyczny strumień poosiowy (fig. 5), osadzony jest na wale **8**. Do obudowy **1** silnika przymocowana jest osłona wentylatora **7**. Na wale **8**, przed stojanem **10**, osadzona jest cewka ze zwojami **2** zatopionymi w żywicy, która osadzona jest w ferromagnetycznej obudowie **3a**, **3b** (fig. 2), odizolowanej wkładką izolacyjną **4** od tarczy łożyskowej **5**, osadzonej na łożysku **6**. Zwoje **2** cewki, osadzone w żywicy, są nawinięte spiralnie w jednej warstwie i umieszczone w pierścieniowym otwartym gnieździe ferromagnetycznej obudowy **3a**, **3b**, przy czym ferromagnetyczna obudowa **3a**, **3b** otwartą stroną jest skierowana w kierunku wirnika **11** i stojana **10** silnika prądu przemiennego **1**.

W rozwiązaniu przedstawionym na fig. 3, ferromagnetyczna obudowa **3a** cewki stanowi konstrukcję litą. Natomiast w rozwiązaniu przedstawionym na fig. 4 ferromagnetyczna obudowa **3b** cewki jest utworzona z rurowych pierścieni **13**, **14** połączonych płaskim pierścieniem **15**.

W przykładzie wykonania przedstawionym na fig. 6 ferromagnetyczna obudowa **3a**, **3b** zwojów cewki osadzonych w żywicy jest zainstalowana do tarczy łożyskowej **5** po jej wewnętrznej stronie i jest oddzielona od niej wkładką **4** z tworzywa o własnościach izolacyjnych. Takie rozwiązanie umożliwia znaczne wzmocnienie napięcia indukowanego od magnetycznego strumienia poosiowego, co poprawia udział indukowanego użytecznego napięcia do napięcia pochodzącego od innych strumieni będących zakłóceniami.

Wyindukowane napięcie w zwojach **2** cewki pochodzące od strumienia poosiowego może mieć zastosowanie do szybkiego pomiarów momentu mechanicznego lub elektromagnetycznego, do pomiaru prędkości obrotowej lub kątowej oraz do wykrywania zwarc i wewnętrznych asymetrii maszyn elektrycznych prądu przemiennego z wykorzystaniem magnetycznego strumienia poosiowego.