

Zabezpieczenia silników indukcyjnych

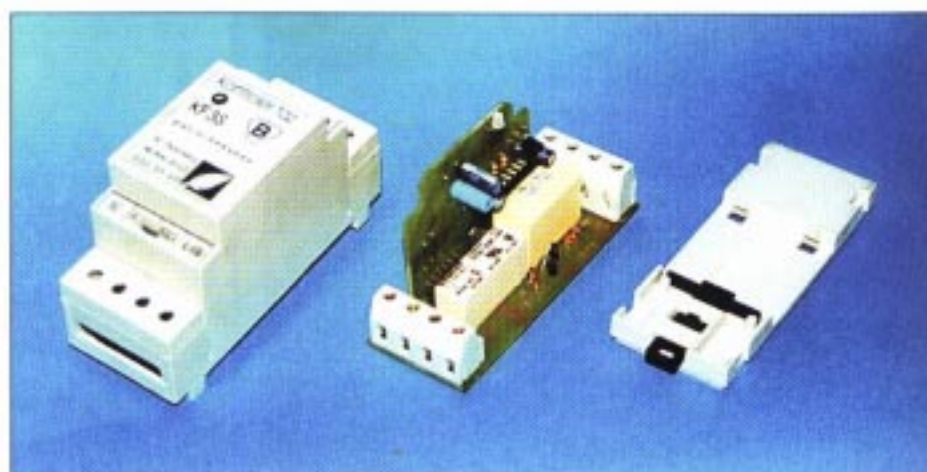
Mirosław Piórowicz

Kontroler faz jest unikatową konstrukcją powstałą w wyniku prac badawczo-projektowych firmy PPHU M. PIÓROWICZ (zgłoszoną w Urzędzie Patentowym RP pod numerem P.334044). Urządzenie jest uzupełnieniem podstawowego zabezpieczenia silnika indukcyjnego trójfazowego. Różni się ono od znanych rozwiązań tym, że działa wykorzystując zupełnie inne zjawiska towarzyszące zakłóceniom w sieci niż np. czujniki asymetrii. Kontroler faz niezawodnie wykrywa i reaguje z minimalnym opóźnieniem na stany sieci groźne dla silnika, pomijając nieprawidłowości w pracy sieci nie grożące jego uszkodzeniem, np. niewielkie zmiany napięcia którejs z faz powodowane nierównomiernym ich obciążeniem odbiornikami jednofazowymi.

Zabezpieczenia istniejące na rynku

Dostępne na rynku urządzenia do zabezpieczania trójfazowych silników indukcyjnych są dwójakiego rodzaju:

- zabezpieczenia podstawowe przeciążeniowe, np. zabezpieczenia termiczne oraz wszelkiego typu zabezpieczenia działające na podstawie pomiaru temperatury uzwojeń silnika;
- zabezpieczenia uzupełniające, mające na celu niedopuszczenie do przeciążenia uzwojeń silnika przez wykrycie stanu sieci grożącego uszkodzeniem silnika, np. braku którejs z faz.



Kontroler faz KF3-S

Niedoskonałość zabezpieczenia przeciążeniowego polega na tym, że urządzenie niezależnie od przyczyny wyłącza zasilanie dopiero wówczas, gdy uzwojenie stojana mocno się nagrzeje. Jeżeli zabezpieczenie jest starannie wyregulowane, nie dopuści do powstania groźnego w skutkach zdarzenia (np. pożaru), jednakże każdorazowe przegrzanie uzwojeń zmniejsza trwałość silnika. Zabezpieczenie nie odróżnia wzrostu pobieranej mocy spowodowanego awarią poza siecią, np. nadmiernym obciążeniem silnika od zaniku fazy. Jeszcze gorzej pod tym względem jest z silnikami małych mocy. Tu zabezpieczenia termiczne zawadzają zupełnie, gdyż prąd silnika normalnie pracującego i zatrzymanego niewiele się różni. Pozostaje kontrolowanie temperatury uzwojeń małego silnika za pomocą termistorów współpracujących z urządzeniami elektronicznymi (do pierwszego przewo-

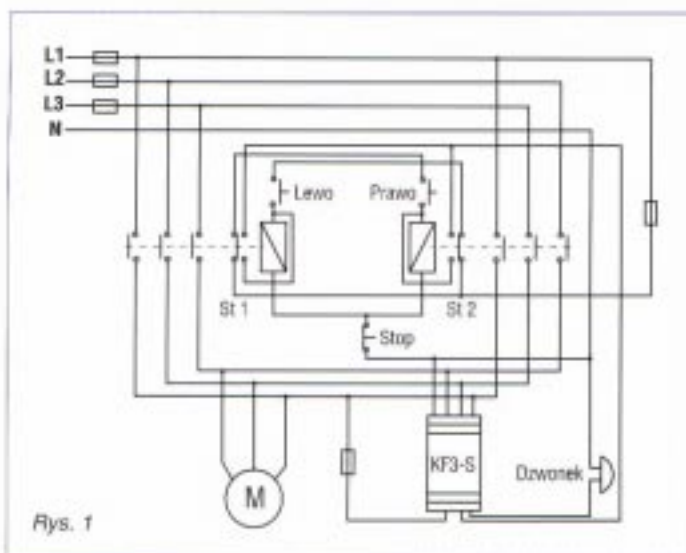
żenia – gdyż zwykle usunięte zostaną ze spalonym uzwojeniem także termistory).

Wynika z tego, że zarówno dla silników dużej, jak i małej mocy konieczne jest uzupełnienie podstawowego zabezpieczenia silnika. Powinno to być urządzenie reagujące szybko na zanik fazy lub inne stany sieci, w których silniki nie mogą pracować prawidłowo.

Pomiar napięcia stosowany jako metoda wykrywania zaniku napięcia jednej fazy zawodzi zupełnie, gdy awaria wystąpiła w czasie pracy maszyny. Lepszym rozwiązaniem są czujniki asymetrii, które reagują na wektorową sumę napięć poszczególnych faz. Urządzenia te nie rozróżniają jednak przyczyny powstania wykrywanej asymetrii, a jest to, że względu na pewność działania urządzenia – czynnik bardzo istotny. Nawet przy silnikach niewielkiej mocy, rzędu 1 kW, napięcie tzw. sztucznej fazy osiąga wartość większą niż 195 V, a przecież napięcie fazy sieci prawidłowej może zmniejszać się do wartości nawet 180 V. Zakresy napięcia pokrywają się, więc istnieje problem z regulacją takiego czujnika. Zakres napięcia, który by odpowiadał tylko stanowi zaniku fazy nie istnieje. Pewnej ochronie silnika towarzyszyć więc muszą w rozpatrywanym przypadku alarmy wywołane nawet dopuszczalnymi przez normy zmianami napięcia zasilającego. Należy dodać, że im większy (i tym samym zwykle droższy) silnik, tym bardziej wspomniane zakresy napięcia pokrywają się, a praca czujnika asymetrii staje się mniej pewna. Skutkiem są nagminne bezzasadne wyłączenia, a znaczna uciążliwość zjawiska może stawać sensownością stosowania czujników asymetrii do ochrony silników pod znakiem zapytania.

Zasilanie silnika w stanie zaniku fazy

Dla silnika bardzo ważne są odpowiednie wzajemne przesunięcia fazy w sieci. Na przykład opóźnienie którejs o wartość równą połowiczy prędkości wirowania obciążonego silnika (ok. 8%) jest równoznac-



Fys. 1

czne z pojawieniem się składowej przeciwniej do napięcia zasilającego na tej fazie i dodając się do niego powoduje zanikanie napięcia równoważne brakowi zasilania z tej fazy, niezależnie od napięcia na przewodzie. Pracujący na uszkodzonej fazie silnik zachowuje się jak prądnica, ponieważ wzbudza siłę elektromagnetyczną, tzw. sztuczną fazę, niewiele różniącą się od napięcia w sieci i przesuniętą (opóźnioną) w stosunku do niego. Dla poślizgu ok. 8% jest to opóźnienie kątowe równe $360^\circ \cdot 8\% / 3 = 9,6^\circ$. Opóźnienie fazy zasilającej silnik (pracujący z poślizgiem 8%) o $9,6^\circ$ daje taki efekt, jak całkowity brak napięcia na tej fazie. Większe opóźnienie oznacza, że na tej fazie silnika występuje napięcie (wspomniany efekt prądnicy) zasilając inne, do tej fazy przyłączone odbiorniki energii.

Inne wzajemne przesunięcie faz niż 0° , 120° i 240° powoduje, że pole magnetyczne w stojanie można rozłożyć na dwie składowe: wirującą zgodnie i wirującą przeciwnie do kierunku wirowania silnika. W wyniku nakładania się tych pól dochodzi do nierównomiernej pracy silnika (szarpanie wirnika, charakterystyczne buczenie). Silnik ma znacznie zmniejszoną moc i sprawność (może się wręcz zatrzy-

nadmierne przeciążenia silnika. W istotny sposób prawidłowe rozpoznanie asymetrii jest zakłócanie wspomnianym występowaniem „sztucznej fazy”. Silnik jest bardzo wrażliwy na wzajemny układ faz, a mniej wrażliwy na dopuszczalne zmiany napięcia jednej z faz – zupełnie odwrotnie niż czujnik asymetrii. Do większych, znaczących dla silnika spadków napięcia faz nie dopuszczają inne zabezpieczenia – bezpieczniki. Układy bazujące na pomiarze sumy wektorowej napięć zasilających silniki są obciążone poważnymi wadami. Nie ma ich proponowany kontroler faz.

Sposób działania kontrolera faz

Napięcia kontrolowanych faz zamienione na sygnał cyfrowy, porównywane są w układzie komparatora fazy z wzorcem sieci prawidłowej (synchronizowanym z fazą obwodu kontrolowanego). Wynik porównania zależy od wielkości asymetrii rozmieszczenia wektorów napięć poszczególnych faz względem siebie. Zaprogramowana strefa nieczułości pozwala na dopasowanie ww. różnicy tak, by uzyskać maksymalną czułość urządzenia i jednocześnie dużą odporność na zakłócenia impulsowe. Wygenerowany sygnał wyjściowy błędu powoduje świecenie czerwonym kolorem diody LED. Jeżeli sygnał błędu utrzyma się ponad ok. 1 s, to zostanie uruchomiony również przełącznik wyjściowy (przełączy styk „wej” z „praca” na „alarm”). Do zacisków tego przełącznika mogą być dołączone odpo-

wiednie urządzenia sterujące, np. stycznik. W stanie symetrii sieci sygnał błędu nie występuje, a zielonym kolorem świecąca dioda LED sygnalizuje prawidłowy stan zasilania. Po ok. 1 s od zaniku sygnału błędu, przełącznik przełączy styk „wej” z „alarm” na „praca”.

Załączenie napięcia zasilającego (zaciski L1 i N) do prawidłowo przyłączonego zabezpieczenia spowoduje w czasie nie dłuższym niż 0,2 s załączenie układu elektronicznego i przełączenie styków przełącznika tak, że styk „wej” zwarty ze stykiem „alarm” (stan przełącznika w stanie bez zasilania lub awarii zasilania) zostanie przełączony na styk „praca”. Jednocześnie rozpoczyna się ciągły proces badania stanu sieci, sygnalizowany czerwonym kolorem LED. Jeżeli w ciągu ok. 1 s

stan sieci zostanie rozpoznany jako prawidłowy, kolor świecenia LED zmieni się na zielony, a styki „wej” i „praca” pozostaną zwarte. Jeśli zaś w tym czasie stan sieci zostanie rozpoznany jako nieprawidłowy, LED nie zmieni koloru świecenia i będzie świecić na czerwono, a przełącznik po upływie ww. 1 s rozewrze styki „wej” i „praca” a zewrze styki „wej” i „alarm”.

Wynika z powyższego, że urządzenie zareaguje na następujące zakłócenia:

- opóźnienie dowolnej fazy większe od progowego (ustawiono 3°),
- brak napięcia dowolnej fazy,
- podanie tej samej fazy na więcej niż jedno wejście kontrolne (L1; L2; L3).

Zignorowane zaś zostaną:

- nieistotne dla silnika zmiany napięcia faz w dowolnej konfiguracji,
- zmiana wartości prądu lub mocy pobieranej w kontrolowanym obwodzie,
- kolejność faz.

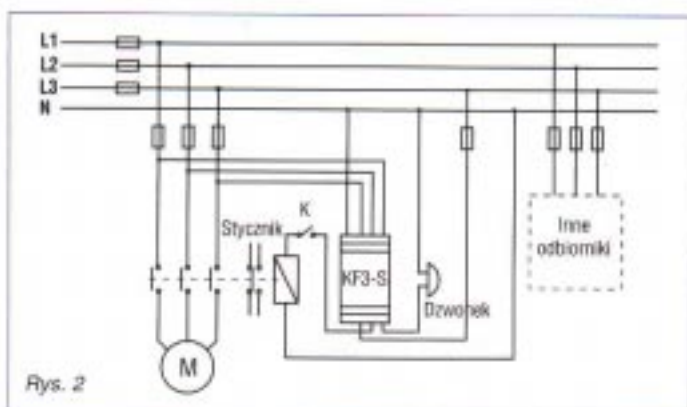
A oto przykładowe zastosowania opisywanego zabezpieczenia.

Na rys. 1 przedstawiono fragment schematu połączeń urządzenia ze zmianą kierunku obrotów trójfazowego silnika indukcyjnego zabezpieczonego omawianym kontrolerem faz KF3-S.

Wnoszone przez KF3-S opóźnienie ok. 0,2 s jest niezauważalne. Silnik zostanie wyłączony, gdy wystąpi awaria zasilania, a także gdy zostaną uszkodzone styki któregoś stycznika (wypalenie styków). Brak wrażliwości na kolejność faz pozwala zabezpieczyć styki obu styczników jednym urządzeniem. Jeśli stycznik zawiesi się lub skleją się jego styki, KF3-S uruchomi alarm akustyczny trwający w najgorszym przypadku do zatrzymania się silnika.

Na rys. 2 przedstawiono schemat połączeń kompresora lub hydroforu (sterowanie bez układu podtrzymania stycznika) z wykorzystaniem KF3-S. Nie są kontrolowane styki stycznika, ani zasilanie innych odbiorników (na przykład oświetlenie). Awaria zasilania odłączy silnik i uruchomi alarm, np. akustyczny.

Galwanicznie odizolowane od sieci styki wyjściowe kontrolera pozwalają na dowolne ich łączenie z różnymi urządzeniami, także cyfrowymi. Możliwe jest wykonanie urządzenia w innych wersjach, np. z inną strefą nieczułości (np. 1°), stopniem ochrony IP 40, temperaturą pracy od -40 do 85° czy wersji z identyfikacją uszkodzonej fazy.



Rys. 2

mac), silnie nagrzewają się uzwojenia do spalania włącznie. Należy przy okazji dodać, że dopuszczalne normami obniżenie napięcia którejś fazy powodowane przez odbiorniki jednofazowe może powodować podobne skutki, chociaż w mniej dotkliwym stopniu (mniejsze zagrożenie dla silnika).

Dlaczego urządzenia powszechnie znane jako czujniki asymetrii często pracują niepewnie i powodują bezzasadne wyłączenia? Znane autorowi czujniki asymetrii mogą – z samej swojej zasady działania – reagować na różnicę wektorową napięć między fazami. Ustawienie odpowiedniej – z punktu widzenia eksploatacji silnika – różnicy napięć jest bardzo trudne. Zbyt mała różnica sprzyja niepożądanym wyłączeniom. Zbyt duża dopuszcza