

Wskaźnik zaniku fazy

Do czego to służy?

Wiele urządzeń elektrycznych większej mocy zasilanych jest z sieci trójfazowej. Warunkiem poprawnego działania wielu z tych urządzeń, na przykład silników trójfazowych, jest obecność napięcia wszystkich trzech faz. Brak jednej fazy powoduje radykalny spadek mocy i jednocześnie pobór dużego prądu z pozostałych faz, i w krótszym lub dłuższym czasie uszkodzenie (spalenie) silnika.

Co prawda przy każdym silniku montowane są urządzenia zabezpieczające przed uszkodzeniem – wyłączniki termiczne, zwane termikami. Dobrze dobrany termik powinien skutecznie chronić silnik. Życie pokazuje jednak, że często termik nie zadziała na czas i trzeba zawieźć spalony silnik do przewinięcia. Dotyczy to zwłaszcza nowszych silników, o konstrukcji określonej przez praktyków jako „wyżyłowana” (mało żelaza i mało miedzi). Choćby z takiego powodu w wielu przypadkach celowe jest zastosowanie układu monitorującego stan napięcia wszystkich faz.

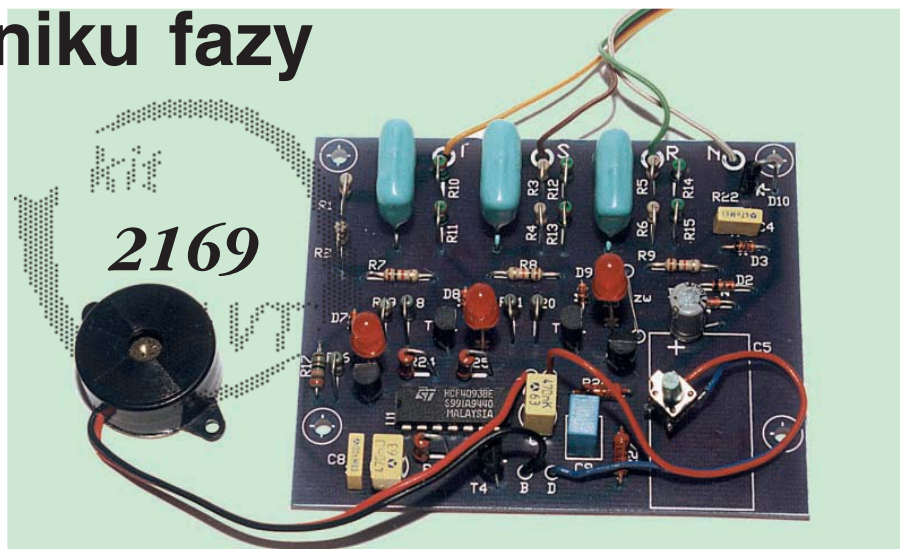
Całkowity zanik jednej fazy jest bardzo łatwy do wykrycia. Jednak silniki pracujące w trudnych warunkach narażone są na dodatkowe niebezpieczeństwo. Mianowicie może się zdarzyć, że podczas pracy silnika ulegnie przerwaniu jeden bezpiecznik. Po uszkodzeniu bezpiecznika silnik prawdopodobnie nadal będzie pracował (o ile obciążenie nie będzie zbyt duże) – wzrośnie tylko znacznie prąd pobierany z dwóch czynnych faz. Jeżeli wyłącznik termiczny nie zadziała na czas, silnik zostanie powoli „zamęczony” i po jakimś czasie się uszkodzi.

W takiej sytuacji warunki są szczególnie niebezpieczne. Przed bezpiecznikami wszystkie napięcia są w porządku. A na zaciskach silnika? Niezorientowani powiedzą, że na jednym z zacisków silnika nie będzie napięcia. To nieprawda. Pracujący silnik jest też swego rodzaju transformatorem. Na odłączonym zacisku silnika występować będzie napięcie rzędu 150V lub nawet nieco większe.

Najprostszy wskaźnik zaniku fazy, wykrywający jedynie całkowity brak napięcia, na nic tu się nie zda.

Potrzebny jest układ wykrywający nie tylko zanik fazy, ale też zachwianie symetrii napięć wszystkich faz.

Opisany dalej układ wyposażony jest w kontrolki obecności poszczególnych faz. Wykrywa zaburzenia symetrii faz i sygnalizuje to dźwiękiem. Dodatkowo zapamiętuje fakt zaburzenia i po przywróceniu normalnych napięć sygnalizuje to miganiem diod LED.



Jak to działa?

Schemat blokowy, pokazany na **rysunku 1** ułatwi zrozumienie działania układu. Wskaźnikami obecności napięć fazowych są diody LED D4 – D6. Zarówno te diody, jak i układ czujnikowo-wykonawczy są zasilane beztransformatorem, a elementami ograniczającymi prąd są kondensatory C1 – C3. Należy zauważyć, że dodatnie półokresy przebiegów z kolejnych faz zasilają kontrolki LED (D4 – D6), natomiast ujemne półokresy, wyprostowane przez diody D1 – D3 wytwarzają napięcie zasilające dla układu czujnikowo-wykonawczego. To napięcie zasilające jest ujemne w stosunku do przewodu zerowego, ale oczywiście nie ma to żadnego znaczenia.

Układ czujnikowy kontroluje napięcie na gwiazdzie, zbudowanej z rezystorów R_R, R_S, i R_T. Tu wyjaśnienie dla początkujących: ponieważ napięcia przemienne poszczególnych faz są wzajemnie przesunięte w fazie o 120°, więc w każdej chwili suma napięć wszystkich faz jest równa zero. Właśnie trzy jednakowe rezystory służą do dodawania tych napięć. A więc, gdy napięcia wszystkich faz są równe, napięcie w punkcie połączenia tych trzech rezystorów (oznaczony X) ciągle jest równe zero. Gdy występuje pewna nierównomierność (niesymetria) napięć poszczególnych faz, wtedy w punkcie X pojawia się pewne napięcie (sinusoidalnie zmienne). Wartość tego napięcia wskazuje na

stopień niesymetrii napięć fazowych. Napięcie z punktu X jest podawane na układ czujnikowy, a następnie na układ zapamiętujący i wykonawczy. Sygnał dźwiękowy jest włączany tylko wtedy, gdy występuje niesymetria, natomiast układ zapamiętujący włącza współpracujący generator powodujący miganie wszystkich trzech kontrolki D4 – D6. Kontrolki te migają stale, informując, że miał miejsce zanik fazy lub niesymetria napięć. Wyłączenie migotania nastąpi dopiero po naciśnięciu przycisku zerującego, który po prostu zwiera zasilanie układu i powoduje wyzerowanie układu pamiętającego.

Wyjaśnienia wymaga jeszcze obecność kondensatora C4. Czułość układu czujnikowego jest bardzo duża i konieczne jest zmniejszenie napięcia z punktu X. Można to zrobić włączając między punkt X a przewód zerowy (N) rezystor. Ale może to także być kondensator, który przeciw dla prądu zmiennego też stanowi so-

Wykaz elementów

Rezystory

- R1-R6: 470kΩ
- R7-R9: 1kΩ
- R10-R15: 100kΩ 1%
- R16-R21: 100kΩ 5%
- R22: nie montować
- R23-R27: 1MΩ

Kondensatory

- C1-C3: 68nF/630V
- C4: 47nF
- C5: 100µF/25V
- C6,C7: 470nF
- C8: 100nF
- C9: 1µF stały

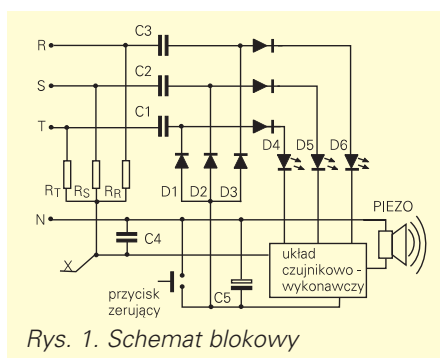
Półprzewodniki

- D1-D3,D7-D9: Diody 1N4148
- D4-D6: LED 5mm czerw.
- D10: dioda Zenera 12V
- T1-T5: dowolny PNP np. BC558
- U1: 4093

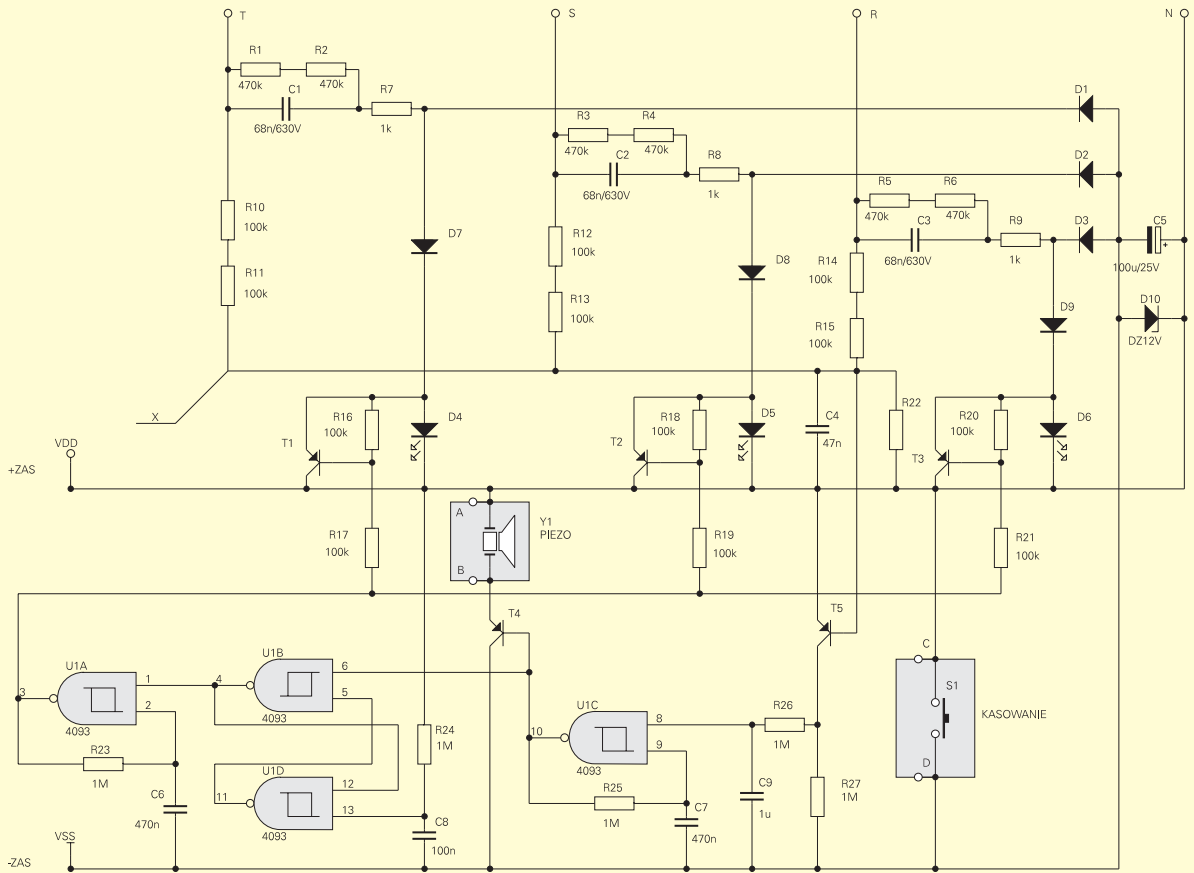
Pozostałe

- Y1: piezo z generatorem np. PCA-06 płytką wg rysunku 2

Uwaga! Przycisk S1 i obudowa nie wchodzi w skład kitu AVT-2169.



Rys. 1. Schemat blokowy



Rys. 2. Schemat ideowy

bą jakąś oporność. Kondensator ma jeszcze dodatkową zaletę, bo filtruje ewentualne chwilowe zakłócenia, jakie mogłyby występować w przewodach fazowych.

Szczegółowy schemat urządzenia pokazany jest na rysunku 2. Można na nim bez trudu odnaleźć elementy pokazane na rysunku 1. A oto szczegóły.

Rezystory R7 – R9 są potrzebne, żeby ograniczyć prąd udarowy, jaki mógłby popłynąć przy włączeniu zasilania w momencie, gdy napięcie danej fazy ma wartość bliską szczytowej. Rezystory R1 – R6 rozładują kondensatory C1 – C3 po wyłączeniu zasilania, zapobiegając nieprzyjemnym udomom przy ich późniejszym dotknięciu.

Ujemne połówki napięcia, przepuszczane przez diody D1 – D3, dają ujemne napięcie zasilające, filtrowane przez kondensator C5 i ograniczane przez diodę Zenera D10. Podczas normalnej pracy dodatnie połówki zasilają diody LED D4 – D6, powodując ich nieprzerwane świecenie.

Rezystory R10 – R15 gwiazdę pomiarową. Ze względu na dużą czułość układu, dobrze, by były to rezystory o tolerancji 1%. Potrzebne są dwa rezystory popularnej wartości 100kΩ – moc strat wydzielona na każdym z nich wynosi 0,12W, a w przypadku zastosowania tylko jednego rezystora 100kΩ, moc strat wyniosłaby 0,484W, trochę za dużo, jak na precyzyjny miniaturowy rezystor.

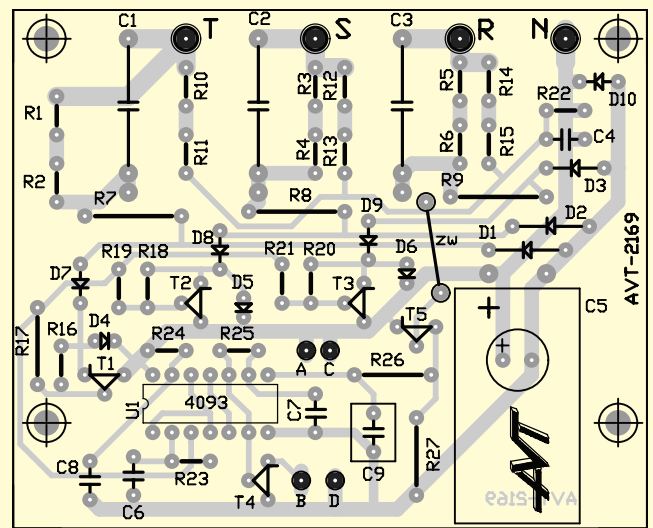
Podwójne rezystory R10 – R15 i R1 – R6 zastosowano także ze względu na ograniczoną wytrzymałość napięciową miniaturowych rezystorów o mocach poniżej 0,5W.

Kondensator C4 zmniejsza napięcie niesymetrii i filtruje przebieg. Na płytce przewidziano także miejsce na dodatkowy rezystor R22 – normalnie nie będzie on montowany.

Jeśli amplituda napięcia niesymetrii w punkcie X (w stosunku do przewodu zerowego N) będzie większa niż 0,6V, to ujemne połówki tego przebiegu będą powodować otwieranie tranzystora T5. Napięcie na kondensatorze C9 będzie stopniowo rosnać, i w końcu wzrośnie powyżej górnego progu bramki Schmitta U1C. Odblokuje to generator (o częstotliwości ok. 2...3Hz) zbudowany na tej bramce. Przebieg z generatora uruchomi piszczyk piezo (z generatorem).

Obwód opóźniający R26C9 jest konieczny, by układ nie reagował na krótkie zakłócenia, a tylko na niesymetrię utrzymującą się przynajmniej przez sekundę. Pierwsze pojawienie się stanu niskiego na wyjściu generatora (nóżka 10) przerzuci do stanu przeciwnego przerzutnik RS, zbudowany na bramkach U1B i U1D. Przerzutnik ten zapamięta fakt zaniku fazy (niesymetrii) i na stałe włączy drugi generator

Dokończenie na str. 67



Rys. 3. Schemat montażowy

Rys. 3. Schemat montażowy

ciąg dalszy ze str. 63

zbudowany z bramką U1A. Ten drugi generator będzie na przemian włączał i wyłączał tranzystory T1 – T3. Gdy tranzystory będą przewodzić, przejmą na siebie prąd diod LED D4 – D6, powodując ich gaśnięcie. Tym samym diody LED będą migać w rytm generatora U1A. Miganie diod można wyłączyć, zwierając na chwilę zasilanie przyciskiem S1. Powrót przerzutnika U1B, U1D do stanu spoczynkowego zapewniają elementy R24, C8.

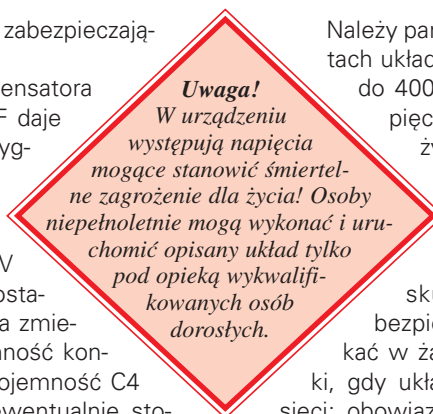
Montaż i uruchomienie

Wskaźnik można zmontować na płycie pokazanej na **rysunku 3**. Montaż jest klasyczny: najpierw elementy bierne, potem półprzewodniki. Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania i od razu pracuje poprawnie. Układ należy umieścić w solidnej

obudowie, skutecznie zabezpieczając przed porażeniem.

Zastosowanie kondensatora C4 o pojemności 47nF daje dużą czułość układu. Sygnalizacja zostanie włączona, gdy napięcie jednej z faz zmniejszy się już o około 20V w stosunku do pozostałych. Czułość tę można zmieniać, dobierając pojemność kondensatora (mniejsza pojemność C4 = większa czułość), ewentualnie stosując R22 dla zmniejszenia czułości.

Skuteczność zabezpieczenia można sprawdzić w „warunkach bojowych”, dołączając układ do zacisków silnika trójfazowego i wykręcając jeden bezpiecznik w czasie pracy tego silnika – sygnalizacja powinna się włączyć. Gdyby było inaczej, należy zmniejszyć pojemność C4.



Należy pamiętać, że na elementach układu występują napięcia do 400V (międzyfazowe napięcie sieci), dlatego należy zachować szczególną ostrożność i nigdy nie eksperymentować z układem bez podjęcia skutecznych środków bezpieczeństwa (nie dotykać w żadnym wypadku płytki, gdy układ jest dołączony do sieci; obowiązkowa obecność drugiej osoby).

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2169.