

Krzysztof KRÓL*

REALIZACJA CZUJNIKA ZANIKU FAZY PRZY POMOCY DETEKCJI ZERA

W artykule opisano zasadę działania urządzenia wykrywania braku zasilania trójfazowego za pomocą detektora zera PC814 i Atmega8, a także zaprezentowany został opracowany program wykonywany przez procesor. Przedstawiono praktyczne wykorzystanie urządzenia.

SŁOWA KLUCZOWE: detekcja zera, czujnik zaniku fazy

1. WSTĘP

Postęp techniczny i tempo jego rozwoju obdarowuje nas niezliczoną ilością urządzeń elektrycznych, coraz bardziej precyzyjnych i o coraz większych mocach. Prawidłowość ich funkcjonowania wymaga wzmożonej kontroli warunków ich pracy. Maszynę elektryczną zasilaną z sieci trójfazowej należy zabezpieczyć od zwarć, przeciążeń, porażień oraz zaniku napięcia. Wykorzystywany jest tu czujnik zaniku napięcia, który nie pozwala na uruchomienie silnika w przypadku braku jednej fazy lub gwałtownego obniżenia napięcia sieciowego. Przy braku takiego zabezpieczenia, podczas rozruchu w uzwojeniach silnika może pojawić się trzykrotnie wyższy prąd od prądu znamionowego, co w konsekwencji powoduje nagrzewanie się uzwojeń i ostatecznie doprowadza do ich spalania. Przy każdym silniku elektrycznym montowane jest zabezpieczenie termiczne, które ma zabezpieczać przed przegrzaniem. Zdarza się jednak, że „termik” nie zadziała w odpowiednim czasie i silnik ulega przepaleniu. Dotyczy to zwłaszcza silników nowej generacji, gdzie parametry są tak dobrane, żeby były one jak najmniejsze i najlżejsze, przy tym jednocześnie osiągały dużą moc. Może zaistnieć również taka sytuacja, że przy pracującym silniku nastąpi uszkodzenie bezpiecznika. Wzrośnie wówczas prąd w pozostałych dwóch fazach i jeśli wyłącznik termiczny nie zadziała w odpowiednim momencie silnik w konsekwencji ulegnie uszkodzeniu.

Celem artykułu jest opisanie symulacji i działania wykonanego urządzenia zaniku fazy przy pomocy detekcji zera [1].

* Politechnika Poznańska.

2. ZASTOSOWANE ELEMENTY

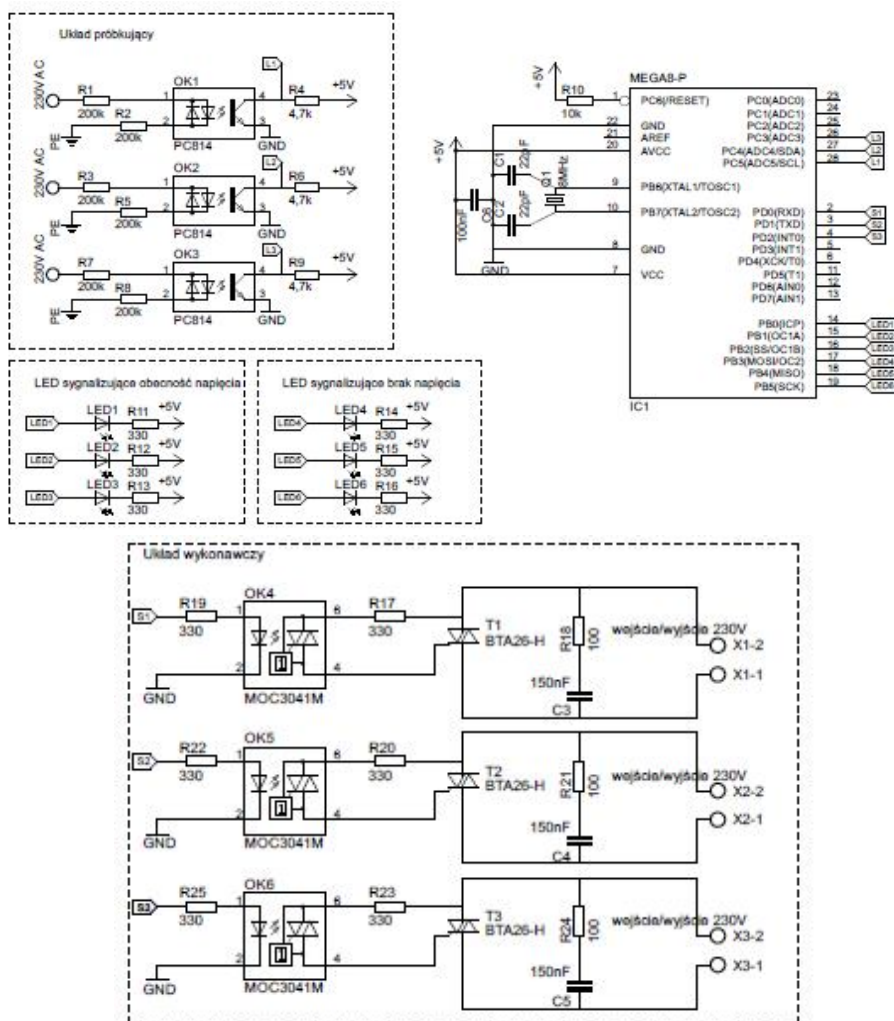
W urządzeniu wykrywania braku zasilania trójfazowego można wyróżnić człon pomiarowo – sprawdzający i człon wykonawczy, a sercem całego układu jest szeroko stosowany mikrokontroler Atmega8 firmy Atmel. Jego głównym zadaniem jest pomiar napięcia na wyjściu z transoptora PC814 oraz sterowanie silnikiem trójfazowym poprzez transoptor MOC3041 i triak BTA41. Transoptor PC 814 jest zbudowany z półprzewodnikowych, optoelektronicznych elementów, które w swojej strukturze posiadają dwie diody LED połączone przeciw swobodnie oraz fototranzystor wyjściowy. Poprzez taką budowę transoptor może wykrywać dodatnią i ujemną połówkę sinusoidy. Transoptory są szeroko stosowane w przemyśle, jak i w urządzeniach amatorskich. Zastosowanie ich umożliwia w prosty sposób rozdzielenie napięcia przemiennego 230VAC od napięcia stałego 5VDC, które jest wykorzystane do zasilania elektroniki które steruje urządzeniem podłączonym do sieci. Dzięki temu, że kolektor jest wbudowany w fototranzystor otrzymuje się szpilkę dla każdego przejścia przez zero.

Człon wykonawczy jest przystosowany do sterowania silnikiem dużych mocy – triak BTA41 może pracować na maksymalnym prądzie dochodzącym do 40 A. Właściwość ta daje możliwość sterowania silnikiem, który podczas rozruchu pobiera od 3 do 4 razy większy prąd niż prąd znamionowy. W związku z powyższym można z powodzeniem zastąpić klasyczny przełącznik, który jest mniej trwały, hałaśliwy oraz wymagający niewspółmiernie większego miejsca montażowego. Poprzez zastosowanie optotriaków każda faza jest włączana niezależnie w pierwszym zerze które pojawi się w sieci. Takie załączenie nie jest bez znaczenia przy dużych mocach. Jednocześnie optoizolacja zapewnia oddzielenie obwodów wysokiego napięcia przemiennego od obwodów prądu stałego. Obudowa optotriaków jest izolowana, dzięki czemu można wykorzystać jeden wspólny radiator, który można podłączyć do przewodu ochronnego. Podczas przebicia zapewni zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego, co w konsekwencji daje nam pełną ochronę przed porażeniem [1, 3].

3. ZASADA DZIAŁANIA

Działanie urządzenia polega na mierzeniu napięcia przez mikrokontroler Atmega8 za pomocą wewnętrznego przetwornika analogowo cyfrowego na wyjściu z transoptora (rys. 1). W przypadku wykrycia na wejściu transoptora zera w sieci przemiennej wbudowany tranzystor zwierza pin procesora do masy. Rezystor, podpięty między wejściem cyfrowym mikrokontrolera a zasilaniem, ma za zadanie wymuszenie odpowiedniego stanu na początku działania. Rezystancja takiego rezystora powinna wynosić 4,7 kΩ. Na wejściach

transoptora zamontowano rezystory o wartości 100 kΩ, w celu ograniczenia prądu diod znajdujących się wewnątrz transoptora.

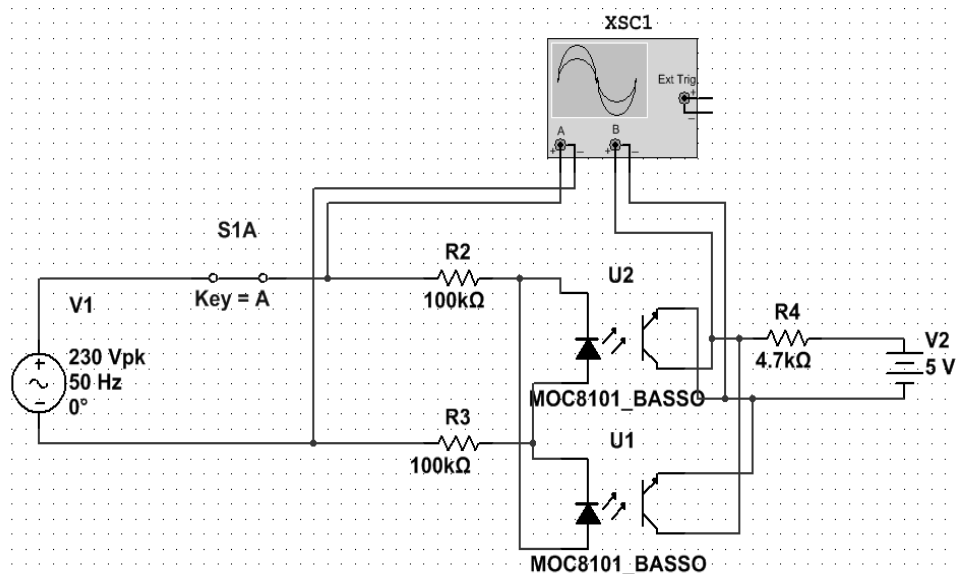


Rys. 1. Schemat urządzenia

Na wejściu optiotraka 3041 podłączony jest sygnał sterujący poprzez rezystor 330 Ω, który służy do ograniczenia prądu diody wewnętrznej. Element ten ma na celu ograniczenie i oddzielenie mikrokontrolera od groźnego napięcia sieci. Prąd bramki triaka BTA41 jest ograniczony przez rezystor 200 Ω. Poprzez zastosowanie takich elementów uzyskujemy układ, który działa jak wyłącznik i jest zwierany, gdy przez diodę optiotraka płynie prąd.

Ze względu na to, że urządzeniem odbiorczym jest silnik o charakterze indukcyjnym, zastosowano układy gasikowe typu RC. Składają się one z rezystorów $150\ \Omega$ i kondensatorów $100\ \text{nF}$. Układ RC podłączony został równolegle do odbiornika indukcyjnego, który sprawia duże problemy dla triaka, ze względu na przepięcia podczas wyłączenia prądu. Gromadząca się wówczas energia w odbiorniku musi zostać rozproszona co z powodzeniem zapewnia układ gasikowy.

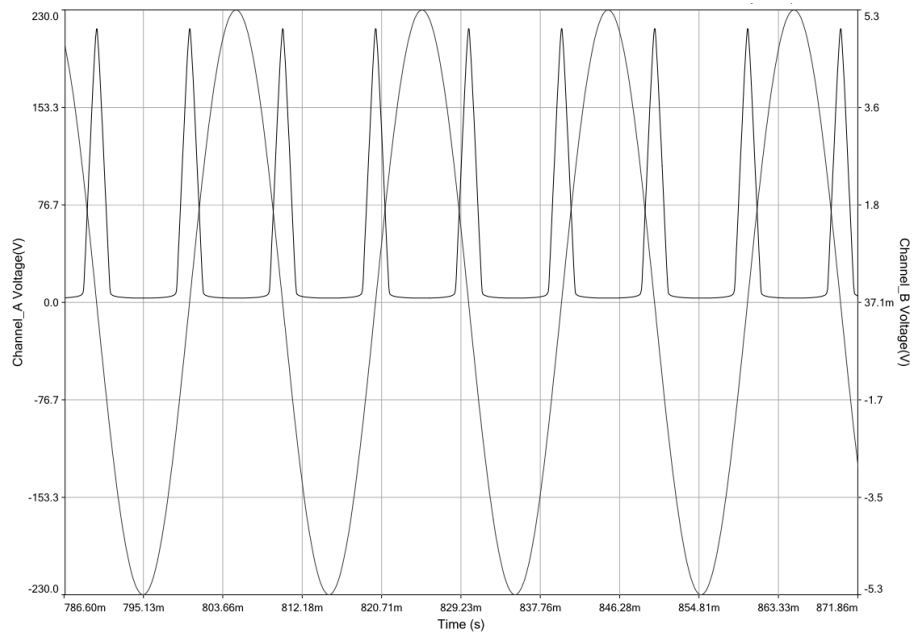
Skonstruowanie układu i jego zaprogramowanie poprzedziła dokonana symulacja w programie komputerowym Multisim12 dla transoptora PC814 na jednej fazie napięcia. Multisim12 nie posiadał transoptora PC814 w swojej bibliotece, ale dysponował transoptorem MOC8101, który nie posiada dwóch połączonych ze sobą przeciw swobodnych diod LED. W celu uzyskania działania na dwóch połówkach sinusoidy napięcia należy zastosować dwa transoptory MOC 8101 i połączyć jak na rys. 2. Zamiast mikrokontrolera zastosowano oscyloskop w celu zaobserwowania przebiegu napięć.



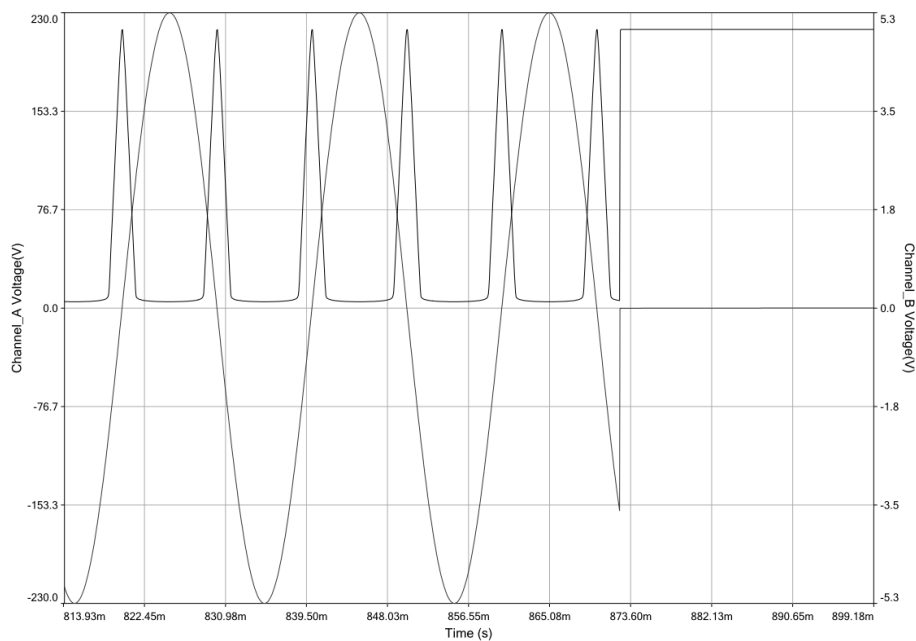
Rys. 2. Schemat symulacji transoptora

Na rysunku 3 przedstawiono wynik symulacji przebiegu napięć sieci oraz napięcia na wyjściu transoptorów. Podczas przejścia sinusoidy przez zero pojawiają się piki napięcia na transoptorze, które uzyskują wartość $5\ \text{V}$.

Na rysunku 4 przedstawiono przebiegi napięć w momencie wyłączenia napięcia sieciowego. Jak widać na rysunku podczas zaniku napięcia przemiennego, napięcie na transoptorze utrzymywało się na wartości $5\ \text{V}$ [4].



Rys. 3. Wynik symulacji przy załączonym napięciu



Rys. 4. Wynik symulacji przy zaniku napięcia

4. OPIS PROGRAMU

Program do mikrokontrolera został napisany w programie BASCOM. Do odczytywania sygnałów przychodzących z transoptorów PC814 wykorzystano wewnętrzny przetwornik napięcia. Odczyt napięcia następuje w głównej pętli programu, poprzez kolejne odpytywanie linii ADC5, ADC4, ADC3. Napięciem odniesienia dla wewnętrznego przetwornika mikrokontrolera jest napięcie zasilania 5 V. Przetwornik jest zasilany poprzez odpowiednie podłączenie napięcia na pin AVCC oraz masę AGND. Program Bascom jest wyposażony w instrukcję konfiguracyjną oraz funkcję umożliwiającą odczyt wartości napięcia w postaci cyfrowej, która została przekształcona z postaci analogowej. W funkcji konfiguracyjnej ustawia się tryb pracy, dzielnik częstotliwości zegara systemowego oraz napięcia odniesienia. Do wyboru są dwa tryby pracy przetwornika single lub free. Wybranie funkcji single użytkownik uruchamia poprzez rozpoczęcie konwersacji i po jej zakończeniu wynik umieszczony jest w buforze i czeka na następną inicjację. W trybie free konwersja następuje automatycznie, czyli po zakończeniu jednego przetwarzania i odczekaniu 1,5 taktu zegara wykonywany jest kolejny cykl. W buforze występuje zawsze ostatni cykl. Dzielnik częstotliwości można ustawić w tryb auto – podczas kompilacji Bascom sam wybierze optymalny stopień podziału, również można wybrać przedział 2, 4, 8, 16, 32, 64 lub 128. Napięcie odniesienia można ustawić wybierając następujące opcje OFF – napięcie podaje się z zewnątrz poprzez dołączenie napięcia odniesienia do pinów AREF mikrokontrolera, AVCC – napięcie odniesienia jest napięciem zasilającym część analogową przy czym należy pamiętać o dołączeniu dodatkowo kondensatora 100 nF między piny AVCC, AGND. Internal – napięcie odniesienia jest pobierane z wewnętrznego źródła. W programie do obsługi urządzenia wybrano następujące ustawienia tryb pracy przetwornika – SINGLE, dzielnik częstotliwości – AUTO, napięcie odniesienia – AVCC. Sam odczyt napięcia odbywa się poprzez funkcję GETADC i podanie numeru kanału, który ma zostać odczytany w danej chwili. Funkcja ta jest przystosowana tylko i wyłącznie dla trybu pracy przetwornika SINGLE. W celu korzystania z przetwornika należy go wcześniej włączyć funkcją Start ADC.

W programie wykorzystano również obsługę liczników Timer w celu odliczania czasu. Liczniki pracują w rozdzielczości 8 lub 16 bitów. W przypadku tego urządzenia licznik pracuje w rozdzielczości 8 bitowej. Moduł licznikowy pracuje jako licznik i konfiguracja następuje w sposób CONFIG TIMER0 = TIMER, PRESCALE = 64.

Sprawdzanie napięcia odbywa się w 5 sekundowej pętli z wykorzystaniem TIMER0. Jeśli napięcie mierzone na transoptorach jest większe od 4 V czyli napięcie sieci osiąga 230 V, to czas jest resetowany i przyjmuje stałą wartość.

Jeśli napięcie nie występuje na transoptorach i sieci, to wartość zmiennej ustawionej programowo jest odejmowana i po osiągnięciu zera następuje rozłączenie urządzenia sterującego. Cały cykl wykonywany jest w głównej pętli programu [2].

5. WNIOSKI

Czujnik zaniku fazy za pomocą detekcji zera poddano testom praktycznym podczas pracy silnika trójfazowego o mocy 1,5 kW, współpracującego z pompą hydroforową. Sterowanie wyżej wymienionego silnika osiągnięto poprzez wykorzystanie wyjścia mikrokontrolera podłączonego do czujnika ciśnienia przy zbiorniku hydroforu oraz zaimplementowano dodatkową funkcję w kodzie mikroprocesora.

Zaprezentowane urządzenie działało poprawnie przy kilkukrotnych próbach zaniku fazy. Ponadto przy pełnym cyklu pracy hydroforu, urządzenie zachowywało się nienagannie i gwarantuje płynność pracy silnika elektrycznego. Ze względu na niewielkie gabaryty uzyskuje się dużą swobodę montażu czujnika. Wyżej wymienione zalety tego urządzenia poszerzają możliwości wykorzystania go, zarówno w gospodarstwie domowym jak i w przemyśle.

LITERATURA

- [1] P. Horowitz, W. Hill, Sztuka elektroniki, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKiŁ, Warszawa, wydanie 11/2014.
- [2] M. Wiązania, Programowanie mikrokontrolerów w języku BASCOM, Wydawnictwo BTC, Warszawa 2004.
- [3] Z. Raabe, Moduł wykonawczy dużej mocy na triakach, Elektronika dla wszystkich, październik 1997, str. 51-53.
- [4] O. Vainio, S.J. Ovaska, "Digital Filtering for Robust Zero Crossing Detectors", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements, April, 1996, pages 426-430.

IMPLEMENTATION OF PHASE LOSS SENSOR WITH ZERO DETECTION

This paper describes the work of device which detects three-phase power failure with zero detector PC814 and Atmega8 and also presents the processor's program. The paper shows the practical use of the device.