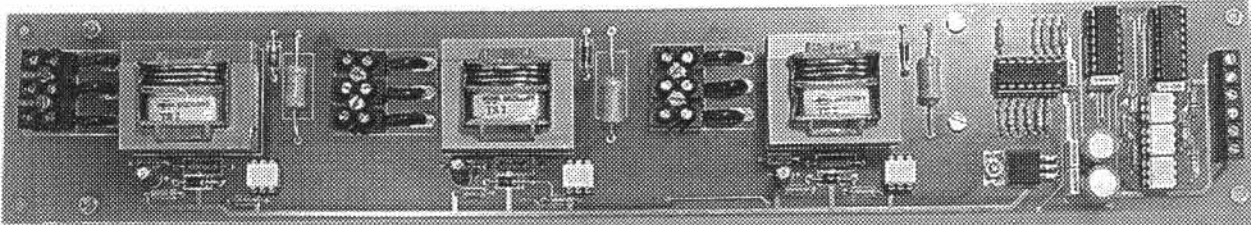


Trójfazowy czujnik prądowy



Układ, który przedstawiamy w artykule pozwala kontrolować pracę dowolnego urządzenia zasilanego z sieci trójfazowej. Sygnalizuje obecność napięcia każdej z faz, pozwala także stwierdzić czy odbiornik pobiera prąd.

Urządzenie można wykorzystać jako czujnik - przystawkę do dowolnego systemu sterowania.

Dzięki zastosowaniu optoizolatorów na jego wejściu i wyjściu możliwe jest łatwe dołączenie czujnika do samodzielnie wykonanego sterownika.

Ponieważ układ ten powinien posiadać atest bezpieczeństwa, a procedury weryfikacyjne trwają nawet kilka lat, postanowiliśmy opublikować opis projektu bez włączania go do oferty handlowej. Czytelnicy, którzy będą chcieli samodzielnie wykonać ten układ, znajdą na wkładce wewnątrz numeru rysunek płytki drukowanej.

Ciągłe nadzorowanie sprawności odbiorników prądu w układach energetycznych jest dosyć trudne. Można to realizować poprzez wtrącenie w obwód prądowy rezystora o małej rezystancji i badanie spadku napięcia na nim. Wadą tego układu jest galwaniczne połączenie z siecią energetyczną układów decyzyjnych oraz niekiedy znaczne straty ciepła rozpraszane na rezystorze pomiarowym.

Innym rozwiązaniem jest szeregowo połączenie nadzorowanego odbiornika z uzwojeniem pierwotnym transformatora. Uzwojenie wtórne, izolowane galwanicznie od sieci, jest połączone z układem pomiarowym. To drugie rozwiązanie zostało zastosowane w opisywanym układzie.

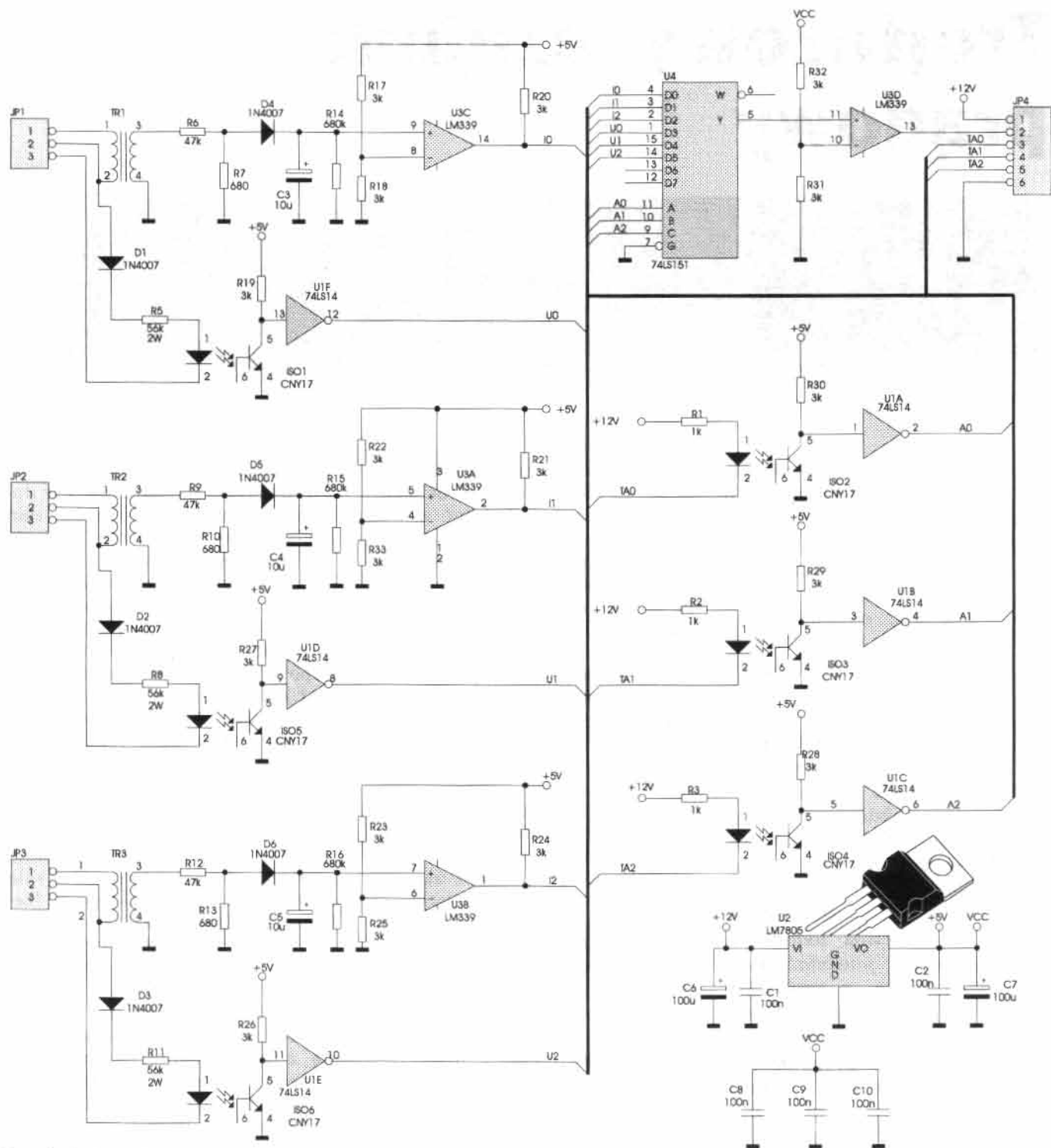
Trójfazowy czujnik prądowy służy do detekcji określonego poziomu poboru prądu przez odbiornik mocy, zasilany z trójfazowej sieci energetycznej. Oprócz tego układ wykrywa obecność napięcia na obciążeniu. Wiedza o poborze prądu i obecności napięcia na obciążeniu, pozwala wnioskować o stanie samego odbiornika i jego zasilaniu. Może to się odbywać w sposób zdalny, bowiem zaproponowano do komunikacji prosty, czteroliniowy interfejs oparty na pętli prądowej. Zdalna weryfikacja stanu sprawności odbiorników energii (np. baterii grzałek) pozwala na szybką lokalizację uszkodzeń, poprzez wskazanie jednego lub zaledwie kilku punktów układu zasilającego, w których trzeba szukać defektu.

Czujnik może współpracować z dowolnym stycznikiem i w dostępnym wykonaniu bada stan obciążenia do 2kW na fazę. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby przystosować go do pomiaru prądu o kilkukrotnie większej wartości, wystarczy nawinąć uzwojenia transformatora o innej przekładni, na odpowiednio większym rdzeniu.

Układ pomiarowy jest układem progowym. Próg wykrycia jest obierany za pomocą rezystorowego dzielnika napięcia. Układ został przewidziany do użytku w konfiguracji odbiorników połączonych w gwiazdę. Układ nie określa faktycznej wartości prądu, bowiem powstał on z myślą o współpracy z wszelkiego rodzaju włącznikami, które z natury rzeczy pracują bistabilnie.

Budowa układu

Na rys.1 pokazano schemat ideowy czujnika. Czujnik składa się z trzech identycznych torów, po jednym dla każdej fazy. Prześledźmy tor dla fazy podłączonej do złącza JP1. Pozostałe dwa tory są zbudowane identycznie. Na każdy tor przypada transformator, który pracuje w układzie przekładnika prądowego. Jego uzwojenie pierwotne jest połączone z końcówkami 1 i 2 złącza JP1. Płynący w uzwojeniu pierwotnym prąd wzbudza przemienny strumień magnetyczny, przez co pojawia się napięcie przemiennie na uzwojeniu wtórnym. Napięcie z uzwojenia wtórnego jest obniżane za pomocą dzielnika rezystorowego R6-R7, następnie jest pros-



Rys. 1. Schemat elektryczny czujnika.

owane na prostowniku jednopółlówkowym zbudowanym na diodzie D4. Składowa zmienna napięcia jest filtrowana przez kondensator C3. Tak otrzymany sygnał jest, w zakresie prądów użytkowych, w przybliżeniu proporcjonalny do prądu płynącego przez uzwojenie pierwotne transformatora TR1. Sygnał ten jest podawany na wejście nieodwracające komparatora U3C, porównu-

jącego to napięcie z napięciem odniesienia, otrzymywanym z dzielnika rezystorowego R17-R18. Przekroczenie progu 2,5V wymusza stan niski na wyjściu komparatora U3C.

Część napięciowa toru korzysta z nóżki 2 i 3 złącza JP1. Napięcie jest podawane poprzez diodę zabezpieczającą D1 na nadajnik transoptora ISO1. Rezystor R5 ogranicza wielkość prądu płyną-

cego przez diodę LED transoptora ISO1. Jest to rezystor o mocy co najmniej 1 wata, bowiem na nim odkłada się całe napięcie sieci. Fototranszystor transoptora ISO1 odbiera pulsujący strumień świetlny i na jego kolektorze pojawiają się dodatnie połówki zmniejszonego napięcia sinusoidalnego. Inwerter U1F ma wejście Schmitta i zamienia ten przebieg na falę prostokątną. Brak napięcia po stro-

Tabela 1.

TA2	TA1	TA0	Znaczenie sygnału
1	1	1	Sygnał prądowy pierwszej fazy
1	1	0	Sygnał prądowy drugiej fazy
1	0	1	Sygnał prądowy trzeciej fazy
1	0	0	Sygnał napięciowy pierwszej fazy
0	1	1	Sygnał napięciowy drugiej fazy
0	1	0	Sygnał napięciowy trzeciej fazy

nie nadawczej transoptora ISO1 zatyka tranzystor odbiorczy, czyli na wejściu bramki U1F panuje stały stan wysoki, wymuszany przez rezystor R19. Zatem po przejściu przez inwerter U1F dostajemy stabilny stan niski. Stabilizator U2 dostarcza napięcia +5V do układów logicznych i komparatorów.

Dwa pozostałe tory są zbudowane identycznie. Każdy tor wytwarza dwa sygnały, jeden o przekroczeniu założonej wartości prądu, a drugi o obecności napięcia na obciążeniu. Sygnały te są kierowane na multiplexer U4, wytwarzający jeden z sygnałów interfejsu.

Pozostałe sygnały tworzące interfejs współpracujący ze sterownikiem to sygnały adresowe, wybierające właściwy sygnał przeznaczony do analizy przez sterownik. Sterują one transoptorami ISO2.. ISO4, których diody na-

dawcze zamykają pętlę prądową interfejsu. Wyjście multiplexera U4 jest buforowane przez komparator U3D.

Znaczenie sygnałów i ich adresy podane są w tabeli 1.

Z tabeli 1 wynika, że adresy sygnałów należy interpretować w logice ujemnej. W praktyce zbytnio to nie przeszkadza, trzeba tylko o tym pamiętać. Dzieje się tak dlatego, że logiczna jedynka na jednej z linii adresowej wyłącza diodę nadawczą transoptora, czyli tranzystor odbiorczy jest zatkany, a to z kolei oznacza, że na wejściu inwertera jest stan wysoki i tym samym stan niski na jego wyjściu. Taki stan trafia na linię adresową multiplexera. Mowa tu oczywiście o sygnałach, które pojawiają się na liniach TA0...TA2.

Wnioskowanie przez program sterownika polega na wykorzystaniu właściwości wytworzonych

sygnałów. Przekroczenie progu poboru prądu oznacza wyłączenie tranzystora wyjściowego komparatora, czyli stan wysoki jego wyjścia. Brak poboru prądu albo prąd zbyt mały daje w tym samym miejscu układu stan niski.

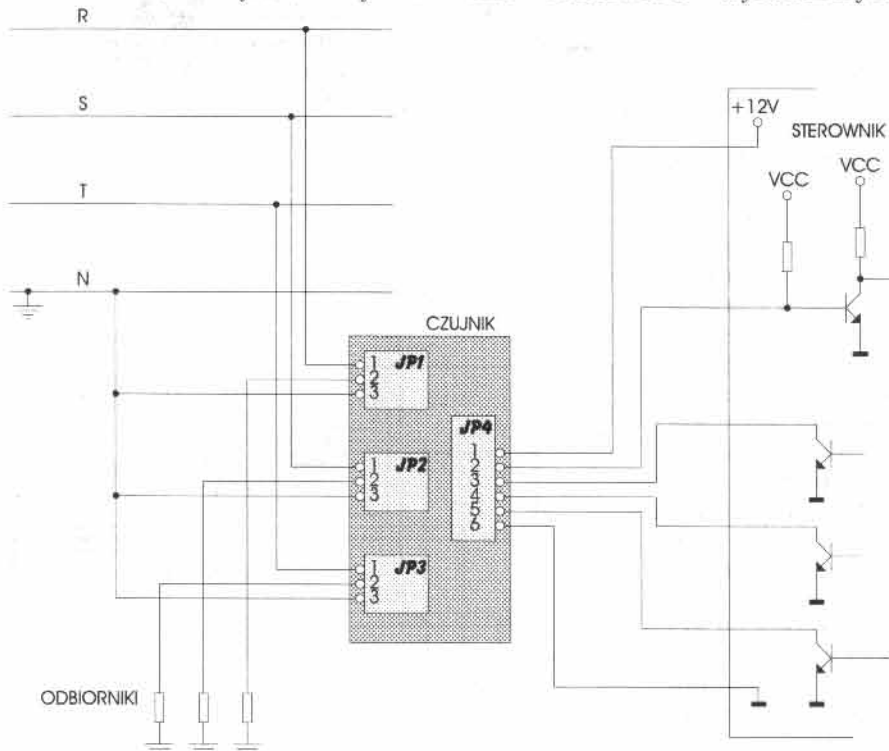
Sygnał napięciowy jest tworzony nieco inaczej. Brak napięcia jest sygnalizowany stabilnym stanem niskim, zaś obecność napięcia oznacza pojawienie się fali prostokątnej. Oprogramowanie sterownika powinno więc wykrywać obecność jedynki logicznych na wyjściu komparatora U3D.

Na rys. 2 pokazano sposób połączenia czujnika do instalacji. Złącza JP1, JP2 i JP3 służą do połączenia z obwodami badanych odbiorników. Złącze JP4 jest połączone ze sterownikiem. Z niego jest zasilana część niskonapięciowa czujnika, podawane są adresy oraz odbierany jest sygnał badany. Pętla prądowa zapewnia transmisję sygnału na znaczne odległości, ponieważ prędkość odczytu nie odgrywa tu istotnej roli. Na rys. 2 zaproponowano ponadto, jak po stronie sterownika wykonać końcówki układów współpracujących z interfejsem. Wtedy podawane adresy przez procesor powinny być w logice dodatniej, czyli od 000 do 101 w zapisie binarnym.

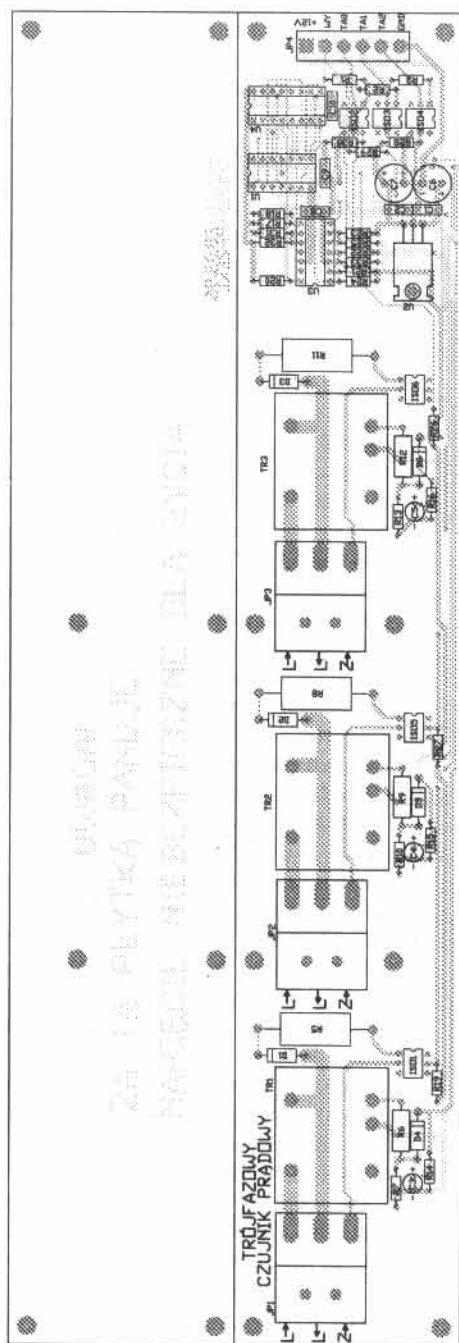
Na rys. 3 przedstawiono płytke drukowaną urządzenia. Składa się ona w zasadzie z dwóch płytek, z czego jedna jest właściwą płytką, na której są zamocowane wszystkie elementy układu, zaś druga pełni rolę ochronną i izoluje przed bezpośrednim dostępem do druku „pierwszej”. W wybranych miejscach układu, szczególnie w pobliżu transformatorów panuje pełne napięcie sieci, zatem po zdjęciu płytki ochronnej należy z dużą rozważą manipulować przy układzie.

Montaż układu

Montaż układu powinien być niezwykle staranny ze względu na panujące tu napięcia niebezpieczne dla życia. Montaż zaczynamy od podzespołów lekkich, takich jak rezystory, kondensatory, układy scalone. Montaż kończymy wkładając transformatory. Do podłączenia od strony sieci użyto znormalizowanych kołków, listew sieciowych przewidzianych na



Rys. 2. Sposób podłączenia czujnika do instalacji elektrycznej.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej (skala 1:2).

przewód 2.5mm², wykonanych z tworzywa sztucznego. Są one przymocowane do płytki za pomocą dwóch wkrętów M2.5. Krótkie przewody z jednej strony zalutowane na płytce, z drugiej zaś włożone i skręcone będą łączyły układ z obwodem sieci. Ich przekrój nie powinien być mniejszy niż 1.5mm².

Uruchomienie

Uruchomienie zaczynamy od zasilacza układów logicznych i komparatorów. Napięcie +12V należy podać z zasilacza o wydaj-

ności prądowej min. 200 mA. Do wejść adresowych podłączamy trzy włączniki mono- albo (lepiej) bistabilne, które z drugiej strony są połączone z masą (rys. 4). Do wyjścia informacyjnego interfejsu dołączamy katodę diody LED, której anoda jest połączona poprzez rezystor do +12V.

Stabilizator U2 powinien mieć na swoim wyjściu napięcie równe 5V ±5%. Przy braku napięcia i nadmiernym rozgrzewaniu się układu U2 należy szukać zwarcia w urządzeniu. Brak napięcia na nóżkach zasilających układów scalonych świadczyć też może o uszkodzonym stabilizatorze.

Przed podaniem napięć na zaciski złącz JP1..JP3, ustalą się stany logiczne wyjść sygnałowych. Wszystkie te stany powinny być niskie, co jest sygnalizowane świeceniem się diody LED, umieszczonej na wyjściu informacyjnym. Sprawdzić to możemy poprzez ustawianie adresów na podłączonym przełączniku. Dioda może zgasnąć tylko w sytuacji ustawienia adresu odpowiadającego wejściom informacyjnym D6 i D7 multiplexera U4.

Następnie do jednego ze złączy JP1..JP3 podłączamy zmienne obciążenie w postaci grzałki albo grupy grzałek. Moc 1000W jeszcze nie powinna zmienić stanu sygnału prądowego, natomiast przy mocy 2000W musi się to już stać. Dobór progu przełączenia sygnału prądowego odbywa się poprzez eksperymentalną zmianę wartości rezystancji R7, R10 i R13 w odpowiednich torach faz. Dioda zgaśnie, gdy ustawimy właściwy adres sygnału. Reakcją diody na aktywny sygnał napięciowy jest obniżenie jasności świecenia. Gdy podłączymy oscy-

WYKAZ ELEMENTÓW:

Rezystory

- R1, R2, R3: 1kΩ
- R5, R8, R11: 56kΩ/2W
- R6, R9, R12: 47kΩ
- R7, R10, R13: 680Ω
- R14, R15, R16: 680kΩ
- R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33: 3kΩ

Kondensatory

- C1, C2, C8, C9, C10: 100nF
- C3, C4, C5: 10μF/50V
- C6, C7: 100μF/25V

Półprzewodniki

- D1, D2, D3, D4, D5, D6: 1N4007
- ISO1, ISO2, ISO3, ISO4, ISO5, ISO6: CNY17
- U1: 74LS14
- U2: LM7805
- U3: LM339
- U4: 74LS151

Różne

Na rdzeniu TS2/14 należy nawinąć:

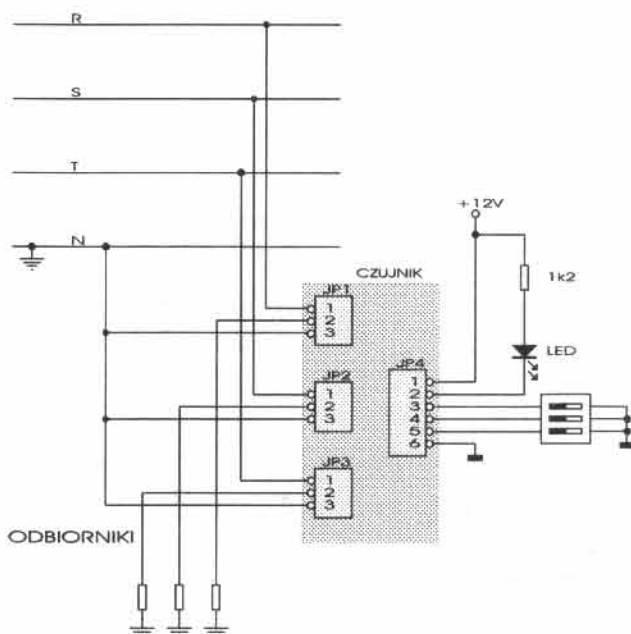
- pierwotne: 10 zw DNE φ1,8 mm
- wtórne: 5000 zw DNE φ0,05 mm

loskop, zobaczymy na nim fale prostokątną o częstotliwości 50Hz. W ten sposób sprawdzamy trzy kolejne tory fazowe.

Po zakończeniu uruchomienia, przykręcamy płytkę ochronną poprzez tuleje dystansowe.

Mirosław Lach, AVT

Przedstawione na wkładce płytki drukowane są zmniejszone o 25%



Rys. 4. Układ ułatwiający uruchomienie czujnika.