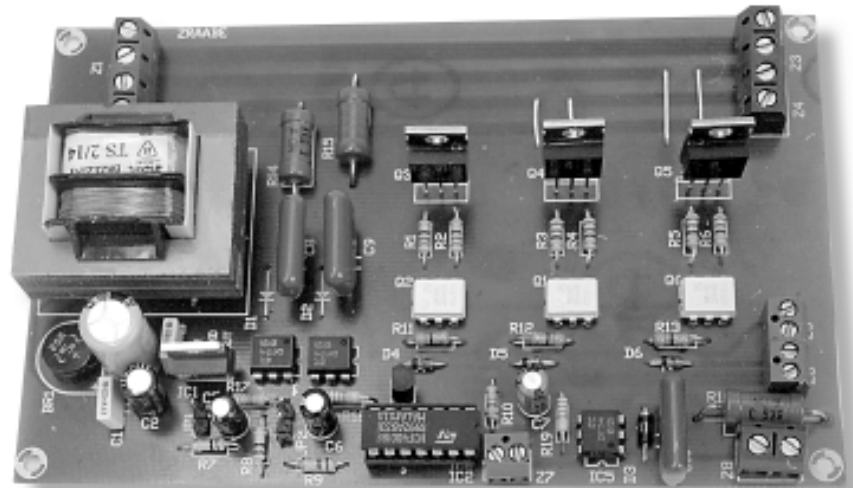


Półprzewodnikowy przełącznik trójfazowy

kit AVT-372

We współczesnej elektronice coraz wyraźniej jest widoczna tendencja do zastępowania, wydawałoby się nieśmiertelnych, rozwiązań mechanicznych ich elektronicznymi odpowiednikami. Prezentowana w artykule konstrukcja wspiera ten trend, dzięki niej możliwe jest bowiem zastąpienie mechanicznych przełączników dużej mocy stosunkowo prostym układem elektronicznym, o znacznie większej trwałości i lepszych parametrach połączeniowych.



O tym, że liczba urządzeń, znajdujących się w naszych domach, zasilanych z sieci energetycznej, nieustannie rośnie nie trzeba chyba nikogo przekonywać. Do tej pory mieliśmy do czynienia prawie wyłącznie z urządzeniami zasilanymi z sieci jednofazowej napięciem 220VAC. Jedynie posiadacze domków jednorodzinnych stykali się z silnikami zasilanymi z sieci trójfazowej, najczęściej silnikami stosowanymi w pompach hydroforów. Pozostałe odbiorniki prądu trójfazowego były stosowane prawie wyłącznie w zakładach przemysłowych i rzemieślniczych oraz w gospodarstwach wiejskich. Należy jednak sądzić, że sytuacja ta będzie się zmieniać, a to że nie zmienia się dostatecznie szybko spowodowane jest przede wszystkim przestarzałą instalacją elektryczną w blokach mieszkalnych, utrudniającą doprowadzenie do mieszkań sieci trójfazowej, czyli tzw. „siły“.

Można wymienić przynajmniej dwa rodzaje urządzeń zasilanych z zasady prądem trójfazowym, które powinny jak najprędzej znaleźć się w naszych mieszkaniach: nowoczesne kuchenki elektryczne, które dawno już powinny zastąpić nieekonomiczne i niebezpieczne kuchnie gazowe oraz gazowe pie-

cyki kąpielowe, możliwe do zastąpienia całkowicie bezpiecznymi w użyciu i ekonomicznymi grzejnikami przepływowymi. Wszystkie te urządzenia wymagają zasilania prądem trójfazowym i dlatego, jak na razie, są dostępne w zasadzie tylko dla właścicieli własnych domków, do których z zasady taka instalacja jest doprowadzana. Tak czy inaczej, z urządzeniami zasilanymi „siłą“ będziemy spotykać się coraz częściej i już teraz warto pomyśleć, w jaki sposób wszechobecna elektronika może ułatwić ich używanie.

Podobnie jak wszystkie inne urządzenia elektryczne trójfazowe odbiorniki energii z zasady wymagają stosowania odpowiedniego wyłącznika. O ile jednak w przypadku instalacji jednofazowej sprawa jest dość prosta, to budowa wyłącznika do urządzeń trójfazowych nieco się komplikuje. Przede wszystkim musimy symultanicznie włączać i wyłączać aż trzy obwody elektryczne, z zasady pobierające dość dużo prądu. Narzuca to rozbudowaną konstrukcję wyłącznika oraz konieczność wyposażenia go w styki o dużej obciążalności prądowej.

A przecież stosowanie styków mechanicznych do przełączania obwodów prądowych jest w koń-

cu 1997 roku zupełnym anachronizmem! Jeszcze gorzej wygląda sprawa zasilania silników elektrycznych prądu trójfazowego. O ile „wypadnięcie“ jednej fazy zasilającej piecyk kąpielowy czy kuchenkę nie grozi żadnymi przykrymi konsekwencjami, to zasilanie silnika trójfazowego dwoma lub jedną tylko fazą najczęściej kończy się jego poważnym uszkodzeniem.

Do włączania urządzeń zasilanych z sieci trójfazowej najczęściej służą specjalne trójsekcyjne przełączniki oraz tzw. styczniki, czyli przekaźniki o trzech stykach o dużej obciążalności prądowej. Szczególnie te ostatnie sprawiają masę kłopotów: styki dość szybko się wypalają, a zanieczyszczony stycznik staje się przyczyną przykrego i trudnego do usunięcia hałasu. Ponadto, zastosowanie samego tylko stycznika nie chroni odbiornika energii przed skutkami zaniku jednej z faz. Potrzebne są do tego wyspecjalizowane urządzenia elektromechaniczne lub elektroniczne, podobnie jak same styczniki dość kosztowne.

Proponowany układ ma za zadanie rozwiązanie wielu problemów związanych zarówno z jednoczesnym przełączaniem trzech obwodów elektrycznych, jak i z zabezpieczeniem silników trójfazowych przed uszkodzeniem w przypadku zaniku jednej z faz. Jest to jednak tylko podstawowe zastosowanie naszego układu, który, jak za chwilę się przekonamy, ma znacznie szersze możliwości.

A więc wymienimy po kolei, do czego możemy zastosować nasz przekaźnik trójfazowy:

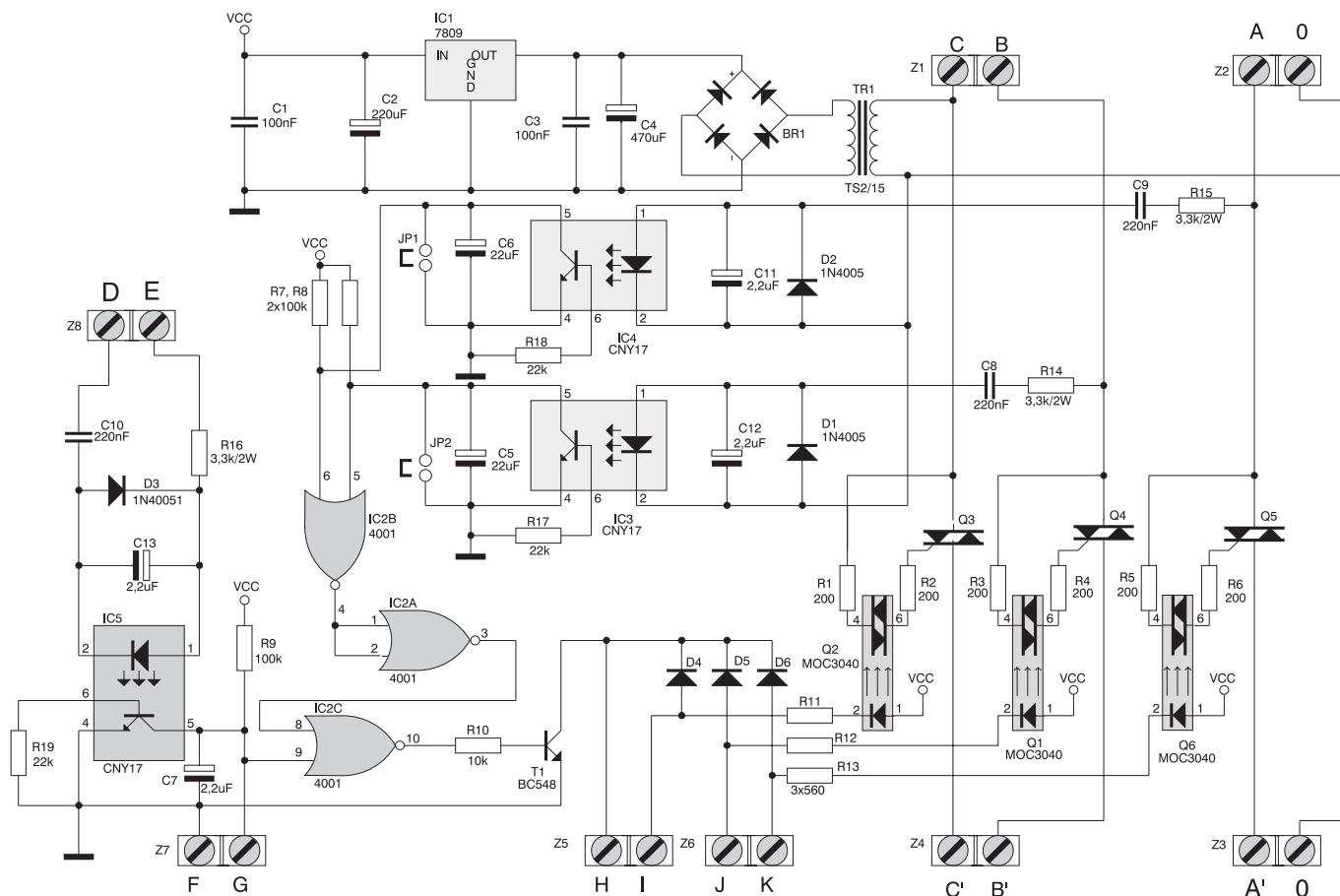
1. Włączanie i wyłączanie odbiorników prądu trójfazowego z zabezpieczeniem ich przed skutkami zaniku jednej lub dwóch faz. Przekaźnik może być sterowany dwoma sposobami:
 - przez zwarcie styku całkowicie odizolowanego od sieci energetycznej;
 - przez doprowadzenie napięcia 220VAC do wejścia układu.

Ten drugi sposób zapewnia całkowitą kompatybilność naszego układu z powszechnie dotąd stosowanymi stycznikami.

2. Włączanie i wyłączanie odbiorników prądu trójfazowego bez zabezpieczenia ich przed skutkami zaniku jednej lub dwóch faz. Ten tryb pracy można zastosować w przypadku zasilania np. grzałek czy piecyków. Przekaźnik może być sterowany dwoma sposobami:
 - przez zwarcie styku całkowicie odizolowanego od sieci energetycznej;
 - przez doprowadzenie napięcia 220VAC do wejścia układu.

3. Włączanie trzech zupełnie niezależnych od siebie urządzeń. Do przekaźnika może być doprowadzony prąd trójfazowy, lub tylko jedna lub dwie fazy. Sterowanie odbiornikami energii odbywa się za pomocą zwierania do masy odpowiednich, całkowicie odizolowanych od sieci wejść układu.

Jak więc widać, możliwości proponowanego układu są dość duże, a w każdym razie ich stosunek do kosztów wykonania urządzenia jest wyjątkowo korzystny. Układ został zaprojektowany z wykorzystaniem tanich i ogólnie dostępnych elementów. O wartość-



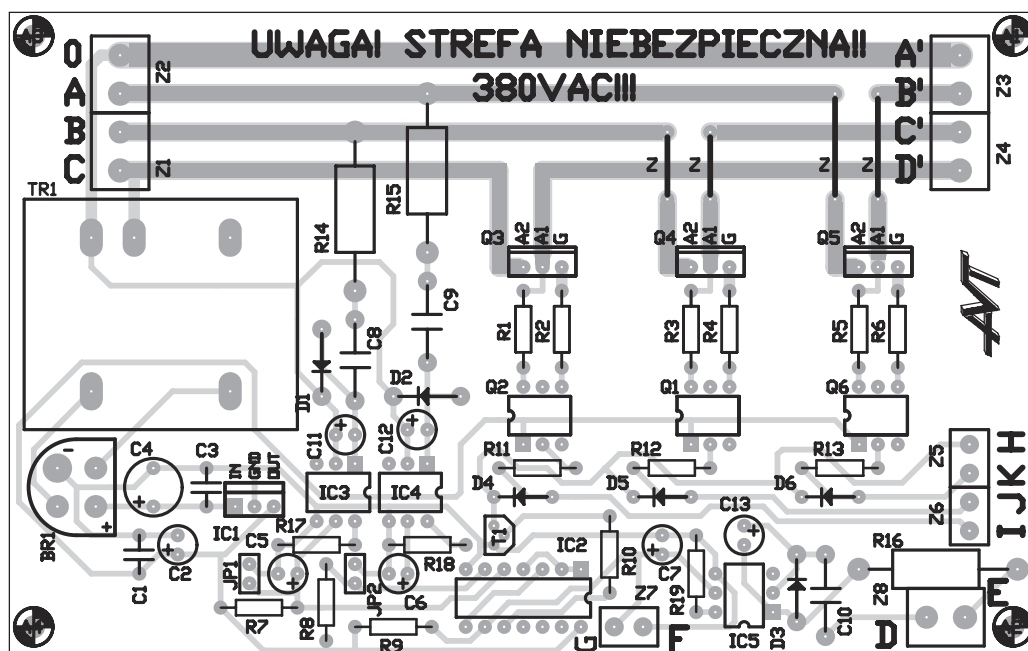
Rys. 1. Schemat elektryczny układu.

ci dopuszczalnego prądu, który przełącznik może przełączać, decyduje jedynie typ zastosowanych triaków. W układzie modelowym zastosowano najtańsze triaki o prądzie przewodzenia 6A, co pozwoliło na sterowanie odbiornikiem energii o maksymalnej mocy do 3,5kW (z zastosowaniem sporego radiatora). Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, aby w wykonanym układzie zastosować triaki o znacznie większym dopuszczalnym prądzie.

Kolejną, bardzo ważną sprawą „załatwianą” przez nasz układ jest całkowita eliminacja zakłóceń radioelektrycznych, tak dokuczliwych przy stosowaniu tradycyjnych włączników. Triaki sterowane są w taki sposób, że ich włączenie może nastąpić jedynie przy napięciu sieci bliskiemu zeru, co radykalnie wyklucza powstawanie jakichkolwiek zakłóceń.

A teraz może najważniejsza zaleta proponowanego urządzenia - zapewnienia ono użytkownikowi prawie całkowite bezpieczeństwo obsługi! Obwody znajdujące się pod napięciem sieci zostały odizolowane od części sterującej za pomocą optotriaków i transoptorów o wytrzymałości na przebicie rzędu wielu kilowoltów. Niemniej nie zalecamy budowy układu zupełnie początkującym elektronikom i osobom nie obeznanym z zasadami bezpiecznej pracy przy

Część płytki obwodu drukowanego znajduje się pod bardzo niebezpiecznym dla życia napięciem 220V, a pomiędzy przewodami fazowymi występuje napięcie 380V! Jeżeli więc nie jesteście całkowicie pewni swoich umiejętności, to lepiej poprosić o pomoc bardziej doświadczonego elektronika. Niedopuszczalne są jakiegokolwiek prowizorki, a przed dołączeniem napięcia zasilającego układ musi zostać umieszczony w odpowiednio mocnej obudowie. Pamiętajcie też o zasadzie „pracy jedną ręką” przy urządzeniach dołączonych do sieci energetycznej!



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

obwodach będących pod napięciem już nie 220, ale 380V!

Opis działania układu

Schemat elektryczny układu przełącznika trójfazowego przedstawiony został na rys. 1. Analizę działania układu rozpoczniemy od momentu, w którym na wejścia A, B i C zostało doprowadzone napięcie z sieci trójfazowej. Konsekwencją faktu podania na wejście C napięcia fazowego 220V jest zasilanie poprzez transformator sieciowy TR1 prostownika i stabilizatora napięcia z układem IC1, a tym samym włączenie zasilania całego układu.

Napięcie z pozostałych faz jest podawane na wejścia dwóch identycznych prostowników zasilających diody nadawcze transoptorów IC3 i IC4. Prąd płynący przez te diody jest ograniczony za pośrednictwem układu z rezystorami R14 i R15 i kondensatorami C8 i C9. Diody D1 i D2 zabezpieczają diody nadawcze transoptorów przed uszkodzeniem podczas ujemnej półfali napięcia.

Konsekwencją włączenia diod nadawczych zawartych w strukturach transoptorów jest przewodzenie złączanych z nimi tranzystorów i wymuszenie na wejściach bramki NOR - IC2B stanów niskich. Stan wysoki z wyjścia tej bramki, po zanegowaniu przez IC2A zostaje podany na jedno z wejść bramki IC2C.

Zasilanie dołączonego do wyjść A', B' i C' odbiornika możemy włączyć dwoma sposobami. Po pierwsze przez zwarcie ze sobą wejść F i G układu. Spowoduje to wymuszenie stanu niskiego na drugim wejściu bramki IC2C i w konsekwencji powstanie stanu wysokiego na jej wyjściu. Baza tranzystora T1 zostanie wtedy spolaryzowana i tranzystor ten, za pośrednictwem diod D4, D5 i D6, zewrze do masy katody diod nadawczych, umieszczonych w strukturach optotriaków Q1, Q2 i Q6. Włączenie tych diod spowoduje wyzwolenie triaków Q3..Q5 i dołączenie zasilania do sterowanego przez nasz przełącznik odbiornika.

W drugim sposobie sterowania przełącznikiem należy podać na wejścia D i E napięcie sieciowe 220V. Fragment układu z transoptorem IC5 działa identycznie, jak opisane wyżej układy z transoptorami IC3 i IC4. Konsekwencją włączenia diody w strukturze transoptora IC5 jest także zwarcie do masy wejścia 9 bramki IC2C i przewodzenie tranzystora T1. Sterowanie układu napięciem 220V pozwala na proste zastąpienie dowolnego stycznika naszym przełącznikiem trójfazowym.

Rozpatrzmy teraz, co się stanie w momencie zaniku jednej z faz. Jeżeli będzie to faza dołączona do wejścia C przełącznika, to zasilanie układu zostanie odłączone, co

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2, R3, R4, R5, R6: 200Ω

R7, R8, R9: 100kΩ

R10: 10kΩ

R11, R12, R13: 560Ω

R14, R15, R16: 3,3kΩ/2W

R17, R18, R19: 22kΩ

Kondensatory

C1, C3: 100nF

C2: 220μF/25V

C4: 470μF/25V

C6, C5: 22μF/16V

C7, C11, C12, C13: 2,2μF/50V

C8, C9, C10: 220nF/400V

Półprzewodniki

D1, D2, D3: 1N4005 lub odpowiednik

D4, D5, D6: 1N4148 lub odpowiednik

IC3, IC4, IC5: CNY17

IC1: 7809

IC2: 4001

BR1: mostek prostowniczy 1A/50V

Q1, Q2, Q6: MOC3040

Q3, Q4, Q5: BT136/500 lub odpowiednik

T1: BC548 lub odpowiednik

Różne

JP1, JP2: dwa goldpiny + jumper

TR1: TS2/15

Z1, Z2, Z3, Z4, Z8: ARK2/500

Z5, Z6, Z7: ARK2/350

3 podkładki mikowe + tulejki izolacyjne

Uwaga: Radiator nie wchodzi w skład kitu.

spowoduje wyłączenie diod optotriaków i natychmiastowe odcięcie dopływu prądu do sterowanego przez nasz przekaźnik urządzenia. Zanik napięcia na wejściach A i/lub B spowoduje wyłączenie diod nadawczych transpotorów IC3 i IC4. Konsekwencją tego faktu będzie powstanie stanu wysokiego na jednym lub obu wejściach bramki IC2B i wymuszenie stanu wysokiego na wejściu 8 bramki IC2C. Tranzystor T1 przestanie przewodzić i diody w strukturach optotriaków zostaną wyłączone.

Omówiony wyżej układ zabezpieczenia odbiornika energii przed skutkami zaniku jednej z faz nie zawsze jest potrzebny. Należy go wykorzystywać głównie przy sterowaniu trójfazowymi silnikami prądu przemiennego, np. silnikami od pomp hydroforów. Jeżeli

jednak wykorzystamy nasz przekaźnik np. do sterowania zasilanego z sieci trójfazowej urządzenie grzewczego, to ochrona przed zanikiem fazy nie będzie konieczna. Możemy więc z niej zrezygnować zwierając jumpery JP1 i JP2, co spowoduje trwałe wymuszenie stanów niskich na wejściach bramki IC2B.

Rozpatrzymy teraz dodatkowe możliwości sterowania układami wykonawczymi, jakie daje nam nasz przekaźnik. Poza dwoma wyżej omówionymi metodami włączania odbiornika prądu, istnieje jeszcze trzecia: przez zwarcie do masy wejścia H układu. Spowoduje to włączenie diod nadawczych we wszystkich trzech triakach, a w konsekwencji dołączenie sterowanego urządzenia do zasilania. Ale uwaga: przy takim trybie sterowania przekaźnikiem nie działa zabezpieczenie przed zanikiem fazy! Kolejną możliwością jest sterowanie trzema niezależnymi odbiornikami prądu 220V. Realizowana jest przez zwieranie do masy wejść I, J i K przekaźnika, co powoduje uaktywnienie jedynie wybranych triaków. Przy zasilaniu z sieci trójfazowej np. pieca, tą metoda można w prosty sposób regulować jego moc.

Nic nie stoi na przeszkodzie, aby przekaźnik trójfazowy wykorzystywać także w obwodach prądu jednofazowego. Należy wtedy zewrzeć ze sobą wejścia A, B i C, zasilane układy dołączać do wyjść A', B' i C'.

Montaż i uruchomienie

Na **rys. 2** przedstawiono rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej, której mozaika znajduje się na wkładce wewnątrz numeru. Montaż układu wykonujemy w typowy, wielokrotnie omawiany sposób, rozpoczynając od elementów o najmniejszych gabarytach, a kończąc na wlutowaniu w płytkę transformatora sieciowego. Problemy wystąpią jedynie przy montażu triaków. Elementy te możemy zamontować na trzy sposoby:

1. Wlutować je w płytkę bez stosowania radiatora, tak jak w układzie modelowym. Jest to rozwiązanie najprostsze, ale znacznie ograniczające przenoszone przez triaki prądy. W zasadzie

można je zastosować jedynie do sprawdzenia poprawności pracy układu, tak jak to zrobiono w układzie prototypowym.

2. Zastosować mały radiator umieszczony na płytce. W takim przypadku zwory oznaczone na stronie opisowej płytki przez Z musimy wlutować od strony lutowania. Odcinki grubej srebrzanki lub miedzianego drutu należy wygiąć w kształt litery „U”, tak aby zwora odstawała o ok. 5mm od powierzchni płytki. Po wykonaniu w radiatorze otworów na śrubki mocujące triaki, przykręcamy je do radiatora stosując podkładki z miki i tulejki izolacyjne. Nie muszą chyba dodawać, jakie konsekwencje pociągnęłyby za sobą niezastosowanie elementów izolacyjnych! Dopiero po przykręceniu triaków do radiatora należy je przylutować do płytki, a radiator przykleić do jej powierzchni za pomocą kleju silikonowego.

3. Trzecią możliwością jest zamocowanie triaków na osobnym radiatorze i połączenie ich z płytką odpowiednio długimi przewodami. To rozwiązanie umożliwia najbardziej efektywne chłodzenie triaków, a tym samym przenoszenie przez przekaźnik dużych obciążeń. W tym rozwiązaniu możemy zastosować jeden radiator i podkładki izolacyjne, a także trzy, odizolowane od siebie, radiatory.

Czytelnicy, którzy będą oglądać płytkę obwodu drukowanego przekaźnika, zauważą z pewnością dziwaczne wykonanie ścieżek, przez które będzie płynął prąd obciążenia. Ścieżki te celowo nie zostały pokryte maską i w procesie technologicznym zostały pocynowane, podobnie jak punkty lutownicze. Umożliwia to przylutowanie do tych ścieżek odcinków grubej srebrzanki lub drutu miedzianego, co pozwoli na wykorzystywanie układu przy dużych prądach obciążenia.

Układ zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga jakiegokolwiek uruchamiania ani regulacji i natychmiast działa poprawnie. Aby sprawdzić jego działanie nie jest nawet potrzebna instalacja trójfazowa - możemy wejścia A, B i C układu dołączyć do jednej fazy.

Zbigniew Raabe, AVT