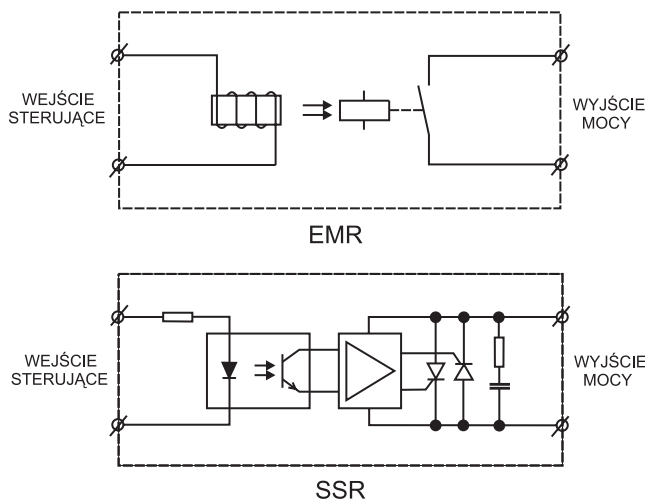


## Przełączniki półprzewodnikowe

### Przełącznik półprzewodnikowy (ang. Solid State Relay)

jest urządzeniem załączającym moc, składającym się z komponentów elektronicznych. Termin "przełącznik" (ang. Relay) wskazuje, że urządzenie jest porównywalne do przełącznika elektromagnetycznego. "Stan stabilny" (ang. Solid State) - oznacza, że przełączniki te nie zawierają żadnych elementów ruchomych w obwodzie załączającym obciążenie.

Zadaniem przełączników półprzewodnikowych jest sterowanie obciążeniem prądowym przy użyciu półprzewodnika mocy sterowanego niewielkim obwodem elektronicznym. Obwód sterujący jest prostym obwodem analogowym, w niektórych przypadkach zespolony z obwodem opartym na sterowniku mikroprocesorowym. Separacja galwaniczna w tych przełącznikach realizowana jest w oparciu o sprzężenie optyczne (transoptor lub optotriak) oddzielające obwód wejściowy przełącznika od obwodu wykonawczego mocy pod względem elektrycznym.

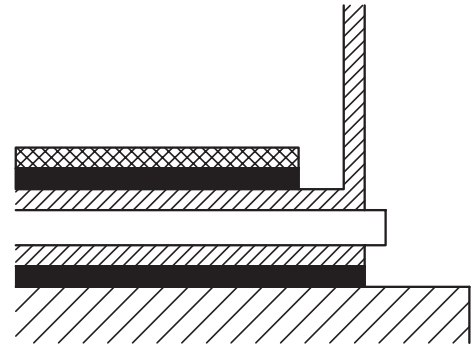


Schemat blokowy przełącznika elektromagnetycznego (EMR) i przełącznika półprzewodnikowego (SSR)

Najistotniejszym elementem przełącznika półprzewodnikowego jest oczywiście złącze półprzewodnikowe. Technologia, a tym samym parametry techniczne (głównie rezystancja termiczna złącza - obudowa) są decydującym parametrem świadczącym o jakości przełącznika. Najczęściej stosowanymi elementami wykonawczymi są triaki (maksymalnie do 40 A) i para tyrystorów. Technologia wykonania złącza półprzewodnikowego mocy, właśnie ze względu na rezystancję termiczną - jest bardzo istotna.

W naszych przełącznikach końcówka mocy nanoszona jest bezpośrednio na płytkę ceramiczną. Płytkę domieszkuje miedzią i pokryta nią obustronnie, a następnie sprasowana w wysokiej temperaturze i pod dużym ciśnieniem. Ograniczenie ilości warstw między złączem półprzewodnikowym a radiatorem powoduje znaczne obniżenie wartości rezystancji termicznej w stosunku do tradycyjnych rozwiązań.

Innym wymogiem jest bezpieczna izolacja elektryczna między wysokonapięciowym złączem półprzewodnikowym a radiatorem (obudową). Podobnie jak w przypadku izolacji pomiędzy wejściem a wyjściem, tak i tu gwarantuje się izolację nie mniejszą niż 4 kV. Wspomniana wyżej płytka ceramiczna musi spełnić bardzo rygorystyczne wymagania dotyczące materiału. Współczynnik jego rozszerzalności musi być możliwie najbliższy współczynnikowi rozszerzalności krzemowego złącza półprzewodnikowego. Dzięki nowoczesnej technologii wykonania końcówki mocy, miedź i powierzchnia substratu ceramicznego łączą się bezpośrednio. Połączenie jest tak silne, że miedź ma prawie taki sam współczynnik rozszerzalności jak materiał ceramiczny ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Redukuje to w sposób istotny stres termiczny wewnątrz przełącznika.



$\text{Al}_2\text{O}_3$		Cu	
Si		Al	
Spoivo			

Przełącznik półprzewodnikowy oferuje dużo szersze możliwości, jeśli chodzi o rodzaj sterowania obciążeniem niż tradycyjne układy łącznikowe takie jak przełączniki elektromagnetyczne czy styczniki. Stosując przełączniki półprzewodnikowe mamy możliwość znacznego zwiększenia częstotliwości operacji łącznikowych, możliwość wyboru momentu załączenia obciążenia w okresie przebiegu napięciowego (włączając moment przejścia napięcia przez wartość zero), oraz możliwość wyłączenia obciążenia przy zerowym prądzie.

### Oferta przełączników półprzewodnikowych

- przełączniki 1-fazowe, do obwodów drukowanych, na prądy do 5 A (AC lub DC),
- przełączniki przemysłowe, 1-fazowe, do montażu na radiator, prądy do 110 A ACrms,
- przełączniki przemysłowe, 1-fazowe, do montażu na radiator, prądy do 50 A ACrms, sterowane liniowym sygnałem prądowym 4...20 mA lub napięciowym 0...10 V DC,
- przełączniki przemysłowe, do montażu na radiator, prądy do 5 A DC,
- przełączniki przemysłowe, 1-fazowe, z radiatorem, prądy do 63 A ACrms,
- przełączniki przemysłowe, 3-fazowe, trójpolowe, do montażu na radiator, prądy do 3x55 A ACrms,
- przełączniki przemysłowe, 3-fazowe, dwupolowe z radiatorem, prądy do 50 A ACrms.

Przełączniki półprzewodnikowe (z wyjściem AC), ze względu na moment załączania obciążenia dzielą się na dwa podstawowe (ze względu na liczbę zastosowań) typy; Są to przełączniki załączające "w zerze" napięcia i załączające w dowolnej chwili, czyli zaraz po pojawieniu się sygnału sterującego.

Oba typy przełączników podlegają podziałowi ze względu na rodzaj napięcia sterującego, które jest tu swoistą analogią do napięć sterujących cewek przełączników elektromagnetycznych i styczników. Istotną różnicą w tym ostatnim podziale jest duża uniwersalność tego wejścia w odniesieniu do zakresu napięć. Dla napięć DC: 3...32 V oraz dla napięć AC/DC: 24-265 V i 90-265 V. We wszystkich aplikacjach przedziaty te gwarantują doskonałą współpracę z obwodami wyjściowymi sterowników, regulatorów, płyt interfejsowych komputerów, mierników cyfrowych i innych urządzeń pomiarowo - sterujących.

Przełączniki półprzewodnikowe stanowią idealny interfejs pomiędzy niskonapięciowym obwodem sterującym a wysokonapięciową częścią obwodów wykonawczych. Wysokie napięcie izolacji - ponad 4 kV - między wejściem i wyjściem przełącznika zapewnia systemowi niezbędną ochronę.

## Wskazówki dla użytkownika

### Wejście sterujące

Rozróżniamy następujące rodzaje sterowania:

- załączanie w zerze napięcia (ZS),
- załączanie w dowolnej chwili (IO),
- załączanie w maksimum napięcia (PS),
- załączanie analogowe (AS),
- załączanie DC (DCS),
- pełnookresowe załączanie analogowe (FS).

### Wyjście mocy

Zależnie od aplikacji, od wyjścia mocy przełącznika półprzewodnikowego wymaga się określonych parametrów. Aby poprawnie dobrać przełącznik półprzewodnikowy do danej aplikacji, należy zdefiniować:

- zakres napięcia obciążenia (napięcie),
- prąd obciążenia (prąd),
- rodzaj i przedział działania dla wejściowego sygnału sterującego,
- rodzaj obciążenia.

Wartości te powinny być skalkulowane dokładnie.

### Zakres napięcia obciążenia

Zakres napięcia SSR musi być obliczony w taki sposób, aby żadna wartość szczytowa zmian napięcia ani wartość szczytowa zakłócenia nie przekroczyła niepowtarzalnego szczytowego napięcia blokowania ( $V_p$ ).

W celu zabezpieczenia wyjścia sterującego stosuje się elementy ochronne, takie jak dioda gasząca (tylko DC), warystor lub układ gasikowy RC (standardowo:  $R = 100 \Omega$ ,  $C = 0,22 \mu F$ ).

### Prąd obciążenia

Przełącznik musi być skalkulowany w taki sposób, aby prąd ciągły obciążenia w czasie pracy nie przekroczył odpowiedniej wartości nominalnej podanej dla przełącznika.

Jest ważnym, aby w obliczeniach tego prądu wziąć pod uwagę temperaturę otoczenia.

Dla obciążeń indukcyjnych, np. silniki, zawory, itd., wartość prądu musi być dobrana przy uwzględnieniu wartości prądu rozruchowego.

W celu zabezpieczenia SSR przed zwarciami należy stosować ultraszybkie bezpieczniki topikowe (szeregowo w obwodzie obciążenia).

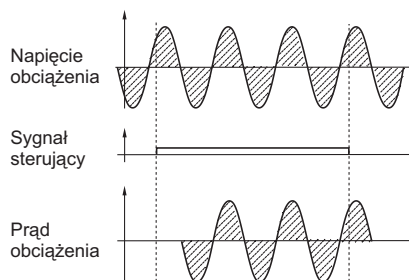
### Napięcie sterujące

Dobór przełącznika ze względu na napięcie (sygnał) sterujące wynika z dostępnego rodzaju sygnału, który pośredniczy w sterowaniu elementu mocy.

Nasze przełączniki półprzewodnikowe zapewniają współpracę zarówno z sygnałami AC (24-265 V), jak i DC (3-32 V) oraz z analogowymi sygnałami liniowymi (4...20 mA i 0...10 V DC).

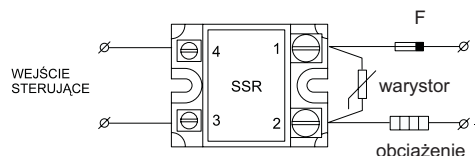
### ZAŁĄCZANIE W ZERZE NAPIĘCIA (ZS)

Dla obciążeń rezystancyjnych, indukcyjnych i pojemnościowych



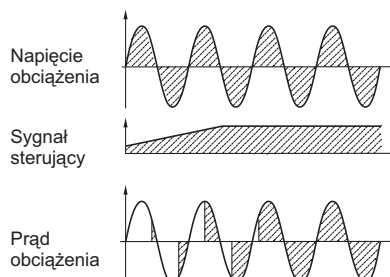
Moment załączenia w przełącznikach załączających w zerze następuje w momencie przejścia napięcia przez wartość zero a jego wyłączenie - w momencie, gdy wartość prądu osiągnie zero. Maksymalny czas reakcji wynosi 10 ms przy 50 Hz.

Przełączniki te stosowane są w wielu aplikacjach sterując obciążeniami o charakterze rezystancyjnym i indukcyjnym (sterowanie temperaturą, ogrzewaniem) sterowanie lampami żarowymi. Wykorzystuje się je także w maszynach do produkcji form plastikowych, maszynach pakujących, w liniach (maszynach) do montażu elementów SMD, oraz w technologiach związanych z przemysłem spożywczym. Przełączniki półprzewodnikowe załączające w zerze odznaczają się wieloma zaletami w stosunku do przełączników elektromagnetycznych. Pozwalają one na ograniczenie prądów udarowych (łączeniowych) powstających podczas operacji łączeniowych, szczególnie w przypadku sterowania obciążeniami indukcyjnymi.



### ZAŁĄCZANIE ANALOGOWE (AS)

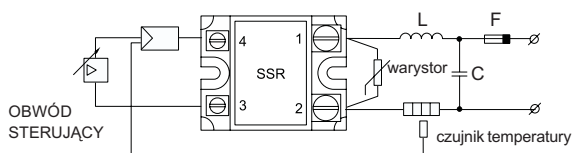
Dla obciążeń rezystancyjnych, indukcyjnych i pojemnościowych



Przełączniki półprzewodnikowe sterowane sygnałem analogowym (0-10 V DC lub 4-20 mA DC) są właściwie przełącznikami załączającymi w dowolnej chwili (IO) zintegrowanymi ze sterownikiem fazowym. Wartość skuteczna napięcia na wyjściu sterującym jest proporcjonalna do wartości sygnału sterującego podawanego na wejście sterownika fazowego.

Sterownik synchronizuje momenty załączania przełącznika z fazą napięcia sterowanego. W celu eliminacji zakłóceń generowanych do sieci związanych z tego rodzaju sterowaniem, konieczne jest zastosowanie filtra LC.

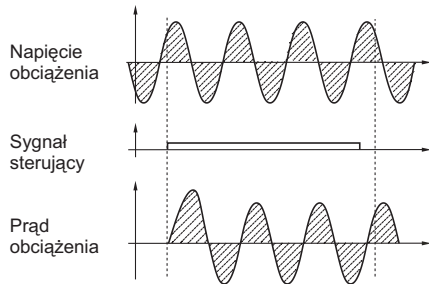
Przełączniki te stosowane są w wielu aplikacjach (sterując obciążeniami rezystancyjnymi), takich jak kontrola temperatury oraz kontrola natężenia oświetlenia.



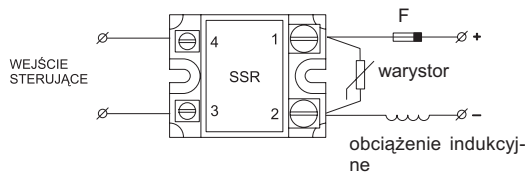
Rodzaje sterowania - wykresy czasowe obrazujące moment załączenia obciążenia w zależności od sygnału sterującego i przebiegu napięcia obciążenia

# Przełączniki półprzewodnikowe

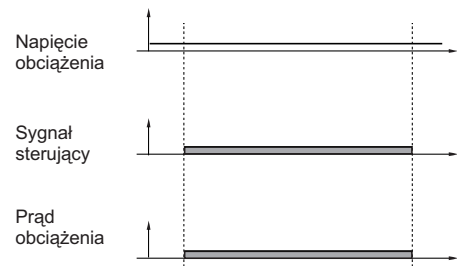
## ZAŁĄCZANIE W DOWOLNEJ CHWILI (IO) Dla obciążeń indukcyjnych



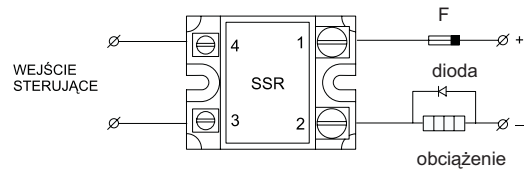
Wyjście przełącznika aktywowane jest natychmiast po podaniu napięcia sterującego. Typowy czas odpowiedzi jest mniejszy od 1 ms. Sterowanie tego typu przeznaczone jest przede wszystkim dla aplikacji, gdzie wymagany jest krótki czas odpowiedzi lub w rozwiązaniach ze sterownikami fazowymi.



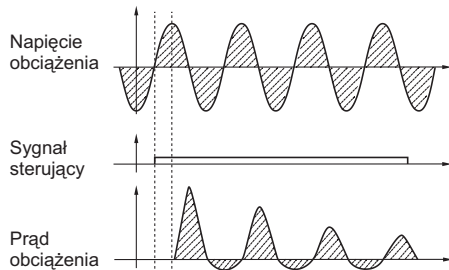
## ZAŁĄCZANIE DC (DCS) Dla obciążeń rezystancyjnych i indukcyjnych



Załączanie przełącznika następuje w momencie pojawienia się sygnału na jego wejściu sterującym. Czas odpowiedzi nie przekracza tu 100 us. Przełączniki te stosowane są w sterowaniu obciążeniami indukcyjnymi i rezystancyjnymi; do kontroli pracy silników i zaworów. W celu zabezpieczenia wyjścia sterującego (głównie przy sterowaniu obciążeniami indukcyjnymi), należy stosować diodę prostowniczą przyłączoną równoległe do obciążenia.

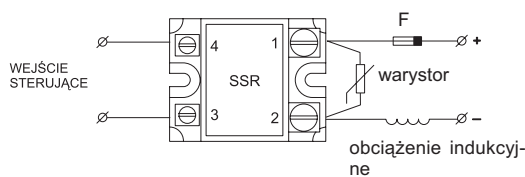


## ZAŁĄCZANIE W MAKSYMUM NAPIĘCIA (PS) Dla obciążeń indukcyjnych (transformatorów)

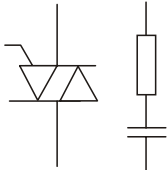
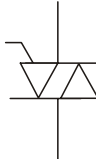
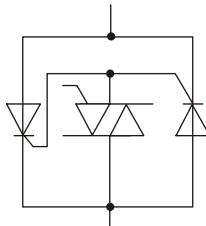
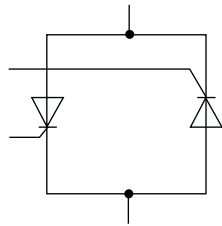
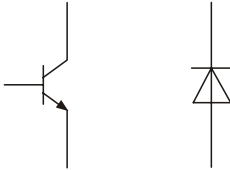


Zadziałanie (przewodzenie) w przełączniku półprzewodnikowym załączającym w maksimum napięcia następuje w momencie osiągnięcia wartości szczytowej napięcia zasilania.

W przypadku, gdy obciążeniem jest transformator, prąd udarowy jest zminimalizowany w pierwszej połowie okresu napięcia. Ten rodzaj sterowania przeznaczony jest dla obciążeń wybitnie indukcyjnych (transformatorowych) z magnetyzmem szczątkowym rdzenia.



Rodzaje sterowania - wykresy czasowe obrazujące moment załączania obciążenia w zależności od sygnału sterującego i przebiegu napięcia obciążenia

Element załączający obciążenie	Symbol	Zastosowanie
<p><b>Triak</b> Triak składa się z dwóch równoległe i przeciwsobnie połączonych tyrystorów montowanych w jednej obudowie i posiadających wspólną bramkę. W celu ograniczenia <math>dV/dt</math> często równoległe do triaka montowany jest układ gasikowy RC.</p>		<p>Triak jest najwłaściwszym rozwiązaniem pod względem kosztu w aplikacjach nie wymagających dużych szybkości narostu <math>dV/dt</math>, np. elementy grzejne o niewielkiej indukcyjności.</p>
<p><b>Triak bez układu gasikowego RC</b> Triak bez układu gasikowego jest kolejną opcją triaka, w której tyrystory posiadają dobrą separację. Eliminacja układu gasikowego pozwala na uzyskanie szybszych narostów <math>dV/dt</math>.</p>		<p>Wyeliminowanie gasika zmniejsza także prąd upływu w obwodzie wykonawczym. Rozwiązanie to jest stosowane w obwodach niskoprądowych (do 40 A) ze względnie niskimi wymaganiami dotyczącymi <math>dV/dt</math>, tj. w elementach grzejnych o charakterze rezystancyjnym.</p>
<p><b>Alternistor</b> Alternistor został opracowany specjalnie dla zastosowań przemysłowych. Alternistor złożony jest z dwóch równoległe i przeciwsobnie połączonych tyrystorów aktywowanych bramką triaka i zintegrowanych w jednej obudowie. Tyrystory są dobrze odseparowane a triak pozwala na blokowanie niekontrolowanego włączenia podczas komutacji..</p>		<p>Alternistor jest szeroko stosowany jako wykonawcza końcówka mocy w przełącznikach dla obciążeń rezystancyjnych i indukcyjnych.</p>
<p><b>SCR (tyrystory)</b> Para tyrystorów (SCR) jest najpopularniejszym elementem załączającym w półprzewodnikowych przełącznikach przemysłowych. Rozwiązanie wymaga dwóch oddzielnych tyrystorów sterowanych oddzielnymi bramkami. Wyjście tyrystorowe oferuje optymalne parametry dotyczące szybkości narostu napięcia <math>dV/dt</math>.</p>		<p>Para tyrystorów jest stosowana dla wszystkich typów obciążeń, tzn. rezystancyjnego, indukcyjnego i nawet pojemnościowego. Tyrystory pracujące w mostku diodowym stosowane są jedynie w przełącznikach do montażu na płytkę dla obciążeń do 2 A.</p>
<p><b>Tranzystor</b> Wyjście tranzystorowe, najczęściej w konfiguracji Open Collector, jest stosowane w SSR DC. Często, równoległe do tranzystora montowana jest dioda gasząca, w celu uniknięcia uszkodzeń spowodowanych napięciami komutowanymi przez obciążenia indukcyjne.</p>		<p>Tranzystor stosowany jest do obciążeń DC jak styczniki, zawory, itp. Wykorzystanie przełącznika DC oferuje użytkownikowi wysokie napięcie izolacji między wyjściem a wejściem sterującym (4000 V AC rms).</p>

## Zalety i ograniczenia

Przełączniki półprzewodnikowe oferują dużo szersze możliwości, jeśli chodzi o rodzaj sterowania obciążeniem, niż tradycyjne układy łącznikowe, takie jak przełączniki elektromagnetyczne lub styczniki.

Przełączniki półprzewodnikowe powinny być traktowane jak oddzielna klasa przełączników.

Ze względu na ich konstrukcję, użytkownicy muszą się borykać z kilkoma ograniczeniami, całkiem odmiennymi od tych, jakie spotykamy w przełącznikach elektromechanicznych (EMR).

Poniższa lista zalet i ograniczeń przełączników półprzewodnikowych będzie służyć za przewodnik efektywnego użytkownika tych urządzeń.

### Zalety

- duża trwałość i niezawodność działania - ponad  $10^9$  operacji,
- brak łuku na stykach, zdolność załączania wysokich prądów rozruchowych,
- wysoka odporność na wstrząsy i wibracje,
- wysoka odporność na środowisko agresywne, chemikalia i kurz,
- brak zakłóceń elektromechanicznych,
- kompatybilność logiczna (szeroki przedział dla wejściowych sygnałów sterujących),
- szybkość działania,
- niska pojemność wejście-wyjście.

### Duża trwałość i niezawodność działania

Zastosowany w odpowiedni sposób przełącznik półprzewodnikowy gwarantuje wykonanie milionów operacji łączeniowych.

Sama konstrukcja przełącznika zapewnia dużą niezawodność. Brak ruchomych części w wyjściowym obwodzie załączającym zapewnia optymalne działanie w nowoczesnej energoelektronice. W przełącznikach oferowanych przez Relpol S.A. opisana wyżej technologia DCB pozwala uzyskać doskonałe parametry termiczne, co automatycznie przekłada się na żywotność urządzenia. Półprzewodnikowa końcówka mocy nie jest tu narażona na stres termiczny jak ma to miejsce w tradycyjnych rozwiązaniach.

### Brak łuku na stykach

W przełącznikach półprzewodnikowych nie występuje pojęcie łuku, ponieważ załączanie następuje wewnątrz materiału półprzewodnikowego, który zmienia się z nieprzewodzącego w przewodzący zgodnie z wyjściowym sygnałem sterującym.

Redukuje to znacznie emisję zakłóceń o częstotliwościach radiowych (EMI), co może być wykorzystane przez konstruktorów jako istotna zaleta. Nie występuje tu także zjawisko drgania styków.

Zakłócenia przewodzone są również istotnie zmniejszone z tego względu, że wyjście tyrystorowe stosowane w przełącznikach półprzewodnikowych jest w zasadzie urządzeniem blokującym prądowo, które wyłącza się tylko gdy prąd AC jest bliski wartości zero (wyłączanie w zerze).

Dalsza poprawa dotycząca zmniejszenia zakłóceń elektromagnetycznych jest osiągana w przełącznikach załączających w zerze (ZS). Zasada sterowanie obciążeniem przez przełączniki ZS pozwala na zmniejszenie do najniższego możliwego poziomu zakłóceń EMI. W samej sieci często obecne są zakłócenia EMI, dlatego też najważniejszym będzie zastosowanie liniowego filtra wejściowego w celu ochrony przełącznika przed zakłóceniami pochodzącymi z sieci.

### Wysoka odporność na wstrząsy i wibracje

Przełączniki półprzewodnikowe są urządzeniami elektronicznymi całkowicie zintegrowanymi z materiałem obudowy i w konsekwencji nie mają żadnych ruchomych części. Są więc bardzo odporne nawet na duże wibracje, co dotyczy zarówno ich amplitudy, jak i częstotliwości.

Wysoka odporność na środowisko agresywne; chemikalia i kurz. W zastosowaniach, w których przełączniki elektromechaniczne mogą być narażone na działanie środowiska agresywnego lub gdzie kurz może zniszczyć styki, przełączniki półprzewodnikowe mogą stanowić najbardziej odpowiednią alternatywę tak ze względów technicznych, jak i ekonomicznych.

### Brak zakłóceń elektromechanicznych

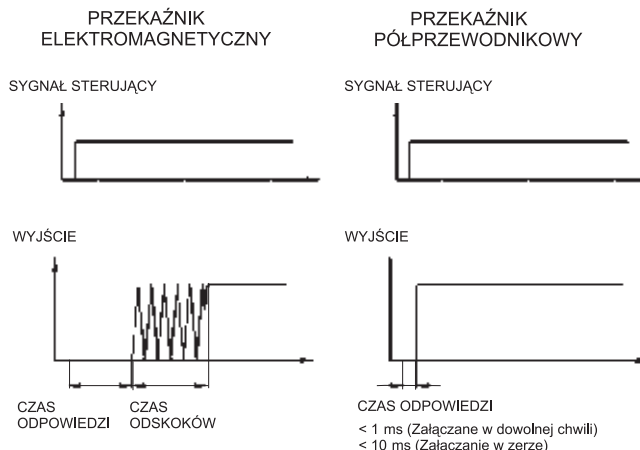
Dzięki zastosowaniu przełącznika półprzewodnikowego zakłócenia zawarte w sygnale sterującym są całkowicie wyeliminowane, ponieważ sterowanie odbywa się całkowicie elektronicznie. Cecha ta jest szczególnie istotna w takich produktach jak np. fotokopiarki.

### Kompatybilność logiczna

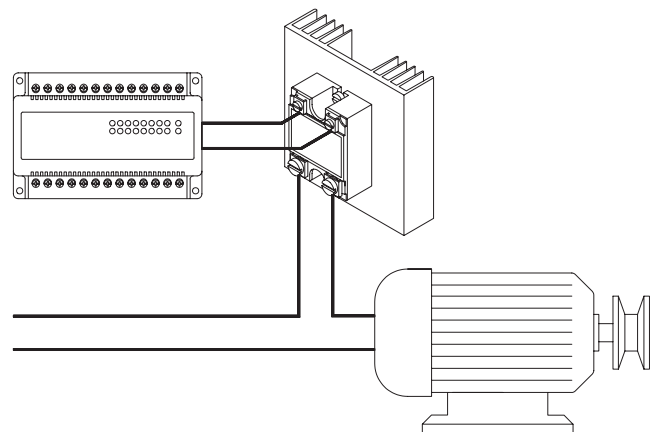
Przełączniki półprzewodnikowe mają obwody wejściowe kompatybilne z mikroprocesorami i elementami logicznymi wykonanymi w technologii CMOS, obwodami analogowymi.

Kompatybilność logiczna jest bardzo ważna dla zastosowań przemysłowych ze sterownikami PLC, ponieważ przełączniki te mogą być sterowane bezpośrednio z wyjścia PLC.

SSR zapewnia użytkownikowi załączanie wysokich prądów i wysoki poziom izolacji od sieci. Napięcie izolacji między wejściem a wyjściem jest zazwyczaj wyższe niż 4 kV rms.



Porównanie przełącznika elektromechanicznego i przełącznika półprzewodnikowego załączającego w dowolnej chwili (IO)



Kompatybilność logiczna

**Szybkość działania**

Istotną cechą przełączników półprzewodnikowych, szczególnie załączających w dowolnej chwili (IO) jest możliwość załączania w czasie krótszym niż 1 ms. Cecha ta daje możliwość sterowania fazowego obciążeniem; Istnieje wówczas konieczność dodatkowego zastosowania sterownika fazowego współpracującego z przełącznikiem IO.

**Niska pojemność pomiędzy wejściem a wyjściem przełącznika**

Bardzo niska pojemność między wejściem a wyjściem przełącznika wynika z zastosowania sprzężenia optycznego.

Właściwość ta ma też pozytywny wpływ na redukcję wartości prądu upływu, co jest ważne w zastosowaniach medycznych, maszynach biurowych, AGD i przemysłowych.

**Ograniczenia**

- spadek napięcia na złączu,
- określona rezystancja złącza i ograniczenie narostu napięcia  $dV/dt$  - wrażliwość na przepięcia,
- prąd upływu,
- ograniczenia narostu  $dI/dt$ .

**Podsumowanie****Przełączniki półprzewodnikowe****Zalety:**

- duża trwałość i niezawodność działania - ponad  $10^9$  operacji.
- brak łuku na stykach.
- zdolność załączania wysokich prądów rozruchowych.
- brak drgania styków.
- wysoka odporność na wstrząsy i wibracje.
- wysoka odporność na środowisko agresywne, chemikalia i kurz,
- brak zakłóceń elektromechanicznych,
- kompatybilność logiczna (szeroki przedział dla wejściowych sygnałów sterujących),
- szybkość działania (sterowanie fazowe),
- niska pojemność wejście-wyjście.

**Wady:**

- spadek napięcia na złączu (1...1,6 V) - wydzielanie się ciepła i konieczność stosowania radiatora,
- określona rezystancja złącza, wrażliwość na przepięcia - konieczność stosowania warystora lub układu RC,
- prąd upływu - w niektórych aplikacjach konieczność stosowania łączników mechanicznych dla zapewnienia przerwy galwanicznej w obwodzie sterowanym.

**Przełączniki elektromagnetyczne****Zalety:**

- jednakowa zdolność do przełączania obciążeń AC i DC,
- niski koszt początkowy,
- pomijalny spadek napięcia,
- duża odporność na przepięcia,
- zerowy prąd upływu.

**Wady:**

- zużywanie się styków; mniejsza żywotność (ilość załączeń),
- odskoki styków podczas załączania,
- zakłócenie elektromagnetyczne,
- niedostateczna jakość przy załączaniu prądów udarowych,
- długi czas reakcji.

**Przełączniki hybrydowe**

Kiedy do sterowania obciążeniem zastosujemy hybrydę zbudowaną z przełącznika elektromagnetycznego i półprzewodnikowego, będziemy mogli wykorzystać zalety wynikające z obu przełączników.

Doskonałym rozwiązaniem jest załączanie obciążenia przełącznikiem półprzewodnikowym a następnie mostkowanie złącza półprzewodnikowego przez przełącznik mechaniczny. Przełącznik elektromagnetyczny pełni tu jedynie rolę by-pass'u eliminując wydzielanie się energii cieplnej na złączu półprzewodnikowym.

**Dane aplikacyjne****Dobór do różnych typów obciążeń**

Aplikacja	Grzejniki rezystancyjne	Lampy rezystancyjne	Lampy halogenowe	Silniki 1-fazowe	Silniki 3-fazowe	Małe transformatory	Transformatory 1-ph/3-ph	Styczniki, cewki, zawory DC13
-----------	-------------------------	---------------------	------------------	------------------	------------------	---------------------	--------------------------	-------------------------------

**Przełączniki do druku**

Tryb załączania	ZS	ZS	ZS	ZS (IO)	ZS (IO)	ZS (IO)	PS	ZS (IO)
3 A Triak	2,5 A	1,5 A		2,5 A	2,5 A	0,5 A		1,5 A
5 A Tyristory	4 A	3 A		3 A	3 A	0,8 A		3 A

**Przełączniki obudowa przemysłowa**

10 A Triak	8 A	5 A	2 A	2 A		2 A		
25 A Triak	16 A	10 A	4 A	4 A		4 A		
10 A Tyristory Alternistor	10 A	8 A	3 A	3 A	3 A		3 A	
25 A Tyristory Alternistor	25 A	15 A	6 A	5 A	6 A		6 A	
40 A Alternistor	40 A	25 A	12 A	12 A	10 A			
50 A Tyristory	50 A	30 A	15 A	15 A	12 A		15 A	
55 A Alternistor	55 A	33 A	16 A	16 A	15 A			
90 A Tyristory	65 A	50 A	25 A	20 A	24 A			
110 A Tyristory	95 A <sup>(1)</sup>	60 A	30 A	30 A	40 A			

ZS: załączanie w zerze, IO: załączanie w dowolnej chwili, PS: załączanie w maksimum.

<sup>(1)</sup> Zaciski przewidziano do przewodzenia prądów maksymalnie do 63 A. Dane podane są dla temperatury otoczenia  $T_a = 40^\circ\text{C}$ .