

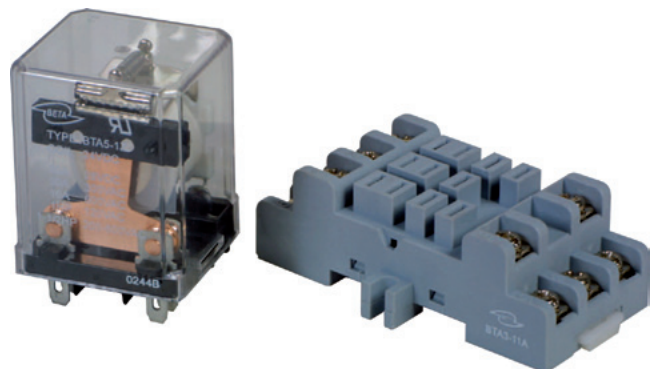
Przełączniki elektromechaniczne i półprzewodnikowe

Zastosowania

Przełączanie dużych prądów i napięć jest procesem, od którego zależy trwałość i wydajność wielu urządzeń elektronicznych. Prawidłowość i precyzja przeprowadzenia go zależy przede wszystkim od odpowiedniego doboru przełączników. Zadanie nie jest łatwe, gdyż na rynku dostępnych jest kilka grup takich elementów. Aby umożliwić optymalny dobór przełączników, warto je sklasyfikować i opisać ich właściwości.

Klasyczne – elektromechaniczne

Przełączniki elektromechaniczne, w których pole elektromagnetyczne indukowane w cewce przyciąga popychacz przełączający styki, są wciąż najtańszymi i najbardziej popularnymi elementami przełączającymi w energoelektronice. Jednakże wraz z rozwojem technologii mikroelektronicznej ich znaczenie na rynku maleje. Pomimo atrakcyjnych cen, coraz częściej w wielu nowych konstrukcjach są one zastępowane przez przełączniki SSR – głównie ze względu na niektóre ich parametry. Przełączniki z ruchomym, mechanicznym zwierakiem są odporne na nagłe skoki wartości prądów lub napięć na stykach oraz tolerują szeroki zakres temperatury pracy, ale nie mogą być zbyt często przełączane. Planując używanie takich przełączników przez cały rok nonstop, należy wziąć pod uwagę, że przełączenia nie powinny się odbywać częściej niż raz na minutę. Inaczej konieczne byłoby wymienianie przełączników na nowe co kilka miesięcy, gdyż ich żywotność mieści się w granicach od 50 do 250 tys. cykli włączenia i wyłączenia. Niestety ograniczenie to sprawia, że w praktyce nie nadają się one do zastosowania w wielu aplikacjach. Niejednokrotnie precyzja działania jakiegoś urządzenia zależy właśnie od możliwie dużej częstości przełączania prądów. Przykładowo, w zadaniach, w których zastosowano regulatory PID (Proportional-Integral-Derivative), użycie przełączników elektromechanicznych znacznie ograniczyłoby precyzję regulacji, a więc i precyzję jego działania. Z tego względu



praktycznie nie stosuje się ich np. w precyzyjnych układach grzejnych, gdzie duża częstość przełączeń grzałki konieczna jest do utrzymania stałej temperatury w układzie.

W instalacjach grzewczych

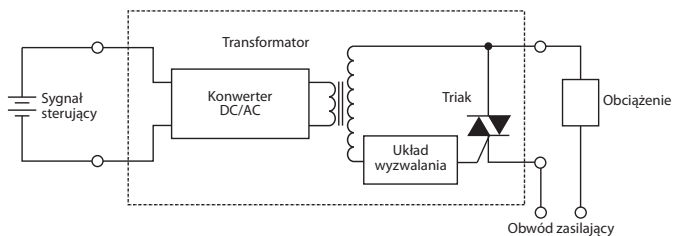
Jeszcze niedawno w aplikacjach związanych z ogrzewaniem zamiast klasycznych przełączników elektromechanicznych stosowano układy oparte o wykorzystanie par rtęci do nawilżania styków, co umożliwiała zwiększenie żywotności urządzeń. Wynosiła ona od 3 do 8 mln cykli, co przy 24-godzinnej pracy przez cały rok pozwalało przełączać obwód raz na kilka sekund. Jednakże od czasu wejścia w życie dyrektywy RoHS komponenty te praktycznie odchodzą w niepamięć. Trend ten dodatkowo przyspieszył rozwój przełączników półprzewodnikowych.

Podzespoły elektromechaniczne cechują się też dłuższym czasem reakcji, tj. opóźnieniem pomiędzy podaniem sygnału sterującego a przełączeniem, niż elementy półprzewodnikowe. Wymieniona cecha sprawia, że praktycznie nie da się zsynchronizować załączania przełączników z chwilą, gdy przekazywane napięcie przemienne ma wartość zerową. Powoduje to pojawianie się w obwodzie w momencie włączania nagłych skoków napięcia lub udarów prądowych, które mogą uszkodzić inne elementy instalacji.

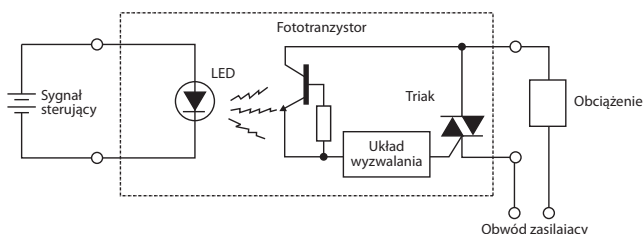
Za pomocą półprzewodników

Przełączniki SSR (Solid State Relay) wzięły swoją nazwę od elementów półprzewodnikowych, którymi zastąpiono elementy mechaniczne. Dzięki temu nie zużywają się one tak szybko, jak ich klasyczne odpowiedniki. Zastosowanie przełączników półprzewodnikowych, we wspomnianych wcześniej aplikacjach grzejnych, pozwala znacznie wydłużyć żywotność urządzeń sterowanych za ich pomocą. Możliwość uzyskania krótkich cykli przełączania prowadzi nie tylko do zwiększenia precyzji regulacji temperatury, ale przy okazji redukuje także udary termiczne, które występują w momencie, gdy przez zimną grzałkę zaczyna płynąć duży prąd. Przykładowo, dla grzałki, która ma przez pewien czas działać z 20% swojej mocy, jest możliwe jej włączenie na 0,2 s i wyłączenie na 0,8 s lub nawet włączenie na 0,02 s co 0,1 s. Biorąc pod uwagę synchronizację momentu przełączenia z napięciem sieci, odpowiadałoby to włączaniu i wyłączeniu grzałki odpowiednio na 10 i 40 lub 1 i 4 pełne okresy fali sinusoidalnej napięcia w sieci. Gdyby włączenie i wyłączenie następowało każdorazowo przy przejściu sinusoidy przez zero, to przełączanie grzałki nie tworzyłoby praktycznie żadnych zaburzeń powstałych w wyniku skoku prądu zasilania.

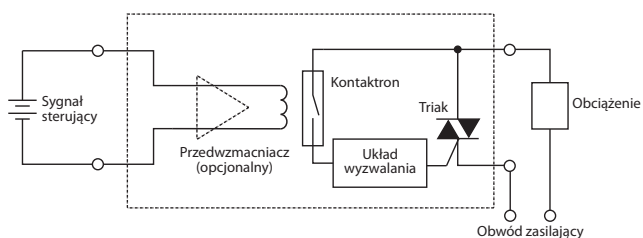
Dla porównania, użycie przełącznika elektromechanicznego, przy uwzględnieniu jego żywotności, wymagałoby włączania i wyłączenia grzałki mniej więcej co jedną lub dwie minuty, co zmniejsza dokładność stabilizacji temperatury. Przy niewielkiej bezwładności termicznej



Rysunek 1. Schemat przekaźnika elektronicznego sprzężonego poprzez transformator. Niekiedy zawiera on konwerter DC-AC po stronie pierwotnej



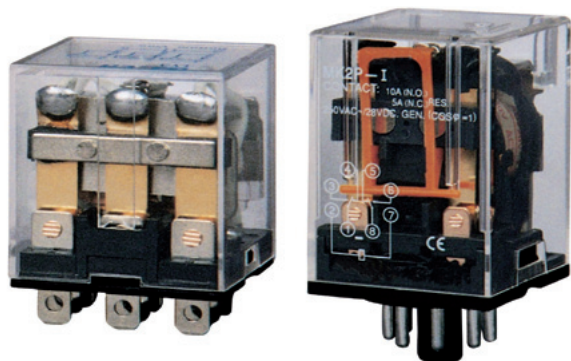
Rysunek 2. Schemat przekaźnika elektronicznego sprzężonego optycznie



Rysunek 3. Schemat przekaźnika hybrydowego

nej ogrzewanego obiektu taka sytuacja może być nie do zaakceptowania i w konsekwencji prowadzić do konieczności dodatkowej izolacji termicznej lub też instalacji dodatkowych grzałek działających naprzemiennie. Ponadto, stosując przekaźniki elektromechaniczne, nie można zapobiec nagłym skokom napięcia, które skracają żywotność grzałki.

Przekaźniki SSR można podzielić na: układy sprzężone transformatorowo (rysunek 1) lub optycznie (rysunek 2). Istnieją także moduły hybrydowe, w których strona pierwotna z wtórną są sprzężone poprzez kontakttron (rysunek 3). Stopień izolacji obwodu pierwotnego od wtórnego jest zbliżony we wszystkich rodzajach przekaźników, przy czym w przypadku elementów sprzężonych transformatorowo zależy on od jakości izolacji transformatora. Na rynku dostępne są również nietypowe przekaźniki, w których obwód pierwotny nie jest izolowany od wtórnego. Znaleźć można też elementy, w których do izolacji wykorzystano zjawiska takie, jak np. efekt Halla. Jednak w praktyce stosuje się prawie wyłącznie trzy opisane wyżej rodzaje przekaźników.



Fotografia 4. Przekaźnik elektromechaniczny

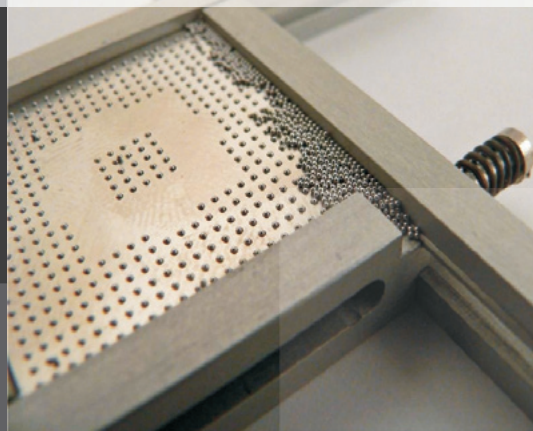
SZABLONY WYCINANE LASEROWO

urządzenie Stencil Laser G6060



- max wymiary: 600 x 600 mm
- grubość blachy: 30 μ m - 300 μ m
- materiał: stal SS304, nikiel

SZABLONY DO NAPRAW UKŁADÓW BGA



- szablony do rekonstrukcji kulek przy pomocy pasty
- szablony do nakładania kulek BGA (reballing)
- uchwyt regulowany do nakładania kulek BGA

SEMICON®

SEMICON Sp. z o.o.

- ul. Zwoleńska 43/43a, 04 - 761 Warszawa
- tel. 022 615 73 71, 022 615 64 31
- info@semicon.com.pl www.semicon.com.pl



Fotografia 5. Przełącznik ze stykami zwilżanymi rtęcią

Przełączniki różnią się między sobą czułością. Najbardziej czule są układy sprzężone optycznie. W ich przypadku moc potrzebna do przełączenia wynosi nawet od 6 do 100 mW (np. 3 V, 2 mA), co umożliwia bezpośrednie podłączenie ich do wyjść układów cyfrowych. Przełącznikom sprzężonym transformatorowo należy dostarczyć tylko tyle mocy, by uruchomić konwerter DC-AC. Zazwyczaj wystarcza od 10 do 50 mW (5 V, 2 mA), czyli nawet mniej, niż potrzeba klasycznym układom TTL. W przypadku elementów hybrydowych konieczne jest podanie sygnału zdolnego do przełączenia kontaktronu. Potrzebna w tym celu moc może wynosić od 40 do kilkuset miliwatów.

Układy z prądem stałym i przemiennym

W układach stałoprądowych i niektórych z prądem przemiennym stosuje się przełączniki z obwodem wyjściowym z tranzystorami MOSFET lub IGBT. Mogą one być włączane i wyłączane niezależnie od fazy napięcia na obciążeniu. Umożliwia to przełączanie przełącznika nawet kilkanaście tysięcy razy na sekundę, co pozwala precyzyjnie sterować pracą układów wykonawczych np. za pomocą techniki PWM (Pulse Width Modulation). Przełączniki te są także wykorzystywane w nowych pojazdach, w których moduły mechaniczne mogłyby być zawodne ze względu na drgania występujące podczas poruszania się samochodu.

Ponieważ na wyjściu przełącznika SSR, tym do którego przyłączone jest obciążenie, znajdują się zazwyczaj triak, tyrystor lub tranzystory MOSFET/IGBT, w wielu przełącznikach elektronicznych jest możliwa synchronizacja czasu załączania z przebiegiem napięcia przemiennego po stronie wtórnej. Dzięki temu nie występują nagłe skoki napięcia lub prądu, zakłócające pracę pozostałych elementów instalacji. Czas reakcji na sygnał sterujący jest dosyć krótki i zależy od tego, czy przełącznik ma być zsynchronizowany z napięciem na obciążeniu. Jeśli nie, to wynosi on od około 20 do 200 μ s w układach sprzężonych optycznie lub transformatorowo i niecałą milisekundę w hybrydowych. W przełącznikach zsynchronizowanych ich włączenie jest dodatkowo opóźnione do chwili, gdy napięcie zasilania przechodzi przez zero. Odbywa się to poprzez wewnętrzne obwody bramkujące, które kontrolują napięcie na linii zasilającej i zapobiegają wcześniejszemu włączeniu tyrystora. Oznacza to, że dla sieci elektrycznej o częstotliwości 50 Hz opóźnienie może wzrosnąć nawet o 10 ms.



Fotografia 6. Przełącznik półprzewodnikowy

Przewodzące przyrządy półprzewodnikowe wprowadzają do obwodu niewielkie szumy, które nie występują w przypadku wykorzystania przełączników mechanicznych. Może być to przyczyną problemów we wrażliwych układach elektronicznych.

Istotna jest także charakterystyka wyłączania przełącznika. Ponieważ tyrystor przestanie przewodzić prąd dopiero wtedy, gdy chwilowo w przebiegu przemiennym spadnie on poniżej poziomu podtrzymania, powstaje także opóźnienie przy wyłączeniu, które w najgorszym przypadku wynosi nieco ponad pół okresu sinusoidy sieci, czyli 10 ms.

Problemy praktyczne

Przełączniki elektroniczne, tak jak wszystkie przyrządy półprzewodnikowe, nagrzewają się podczas pracy. Występuje na nich pewien spadek napięcia, który zależy od rodzaju elementu przełączającego po stronie wtórnej przełącznika. Biorąc pod uwagę przepływające przez nie prądy, nawet przy niewielkim spadku napięcia na przełączniku jest tracona całkiem duża moc. Z tego względu wielu producentów oferuje przełączniki zintegrowane z radiatorami. Są one wykonane tak, aby zajmowały jak najmniej miejsca, a jednocześnie pozwalały na odprowadzenie wydzielającego się ciepła.

Ponadto, zarówno nieprzewodzący tyrystor, jak i tranzystor w stanie zatkania nie oddzielają idealnie obwodu obciążenia, w wyniku czego przez przełącznik w stanie otwartym także przepływa prąd. W najbardziej popularnych modułach tyrystorowych wynosi on około 1 mA i jest tym większy, im wyższa jest dopuszczalna wartość prądu obciążenia przełącznika. Występowanie tego prądu jest poważną wadą w stosunku do przełączników elektromagnetycznych, w których problem ten nie istnieje.

Główną wadą przełączników półprzewodnikowych jest jednak ich wrażliwość na nagłe skoki napięcia i udary prądowe oraz na wysoką temperaturę. Z tego względu niebezpieczne może być ich stosowanie w instalacjach przemysłowych, w których maszyny wprowadzają do sieci elektrycznej duże zaburzenia. Używane w przełącznikach tyrystory i tranzystory różnią się podatnością na te zjawiska. Tyrystory mogą włączyć się samoistnie w momencie, gdy w obwodzie zasilania pojawiają się chwilowe, ale silne skoki napięcia. Powodują one przełączenie przełącznika, który przewodzi aż do momentu spadku natężenia przepływającego prądu poniżej wartości podtrzymania. Równie groźne są dla elementów z tyrystorami bardzo szybkie, choć niekoniecznie bardzo silne przyrosty napięć w układzie zasilania, które także mogą spowodować załączenie. W przypadku zastosowania elementów z tranzystorami MOSFET, problem przypadkowego włączenia się niemalże znika, ale występuje możliwość uszkodzenia przełączników, tranzystory MOSFET są bowiem wrażliwe na przepięcia. Rozwiązaniem może być zastosowanie odpowiednio skutecznych filtrów.

Podsumowanie

Przełączniki półprzewodnikowe na pewno będą zyskiwały na znaczeniu wraz z rozwojem technologii wytwarzania układów półprzewodnikowych. Ponadto, coraz częściej producenci integrują z nimi dodatkowe układy sterujące. Przełączniki elektroniczne są także mniejsze niż odpowiadające im elementy mechaniczne o podobnych parametrach, a na dodatek pracują bezgłośnie, co może być istotne w niektórych zastosowaniach. Z pewnością ich budowa będzie w najbliższej przyszłości rozwijana w celu wyeliminowania typowych dla nich wad.

Podsumowując, przełączniki półprzewodnikowe, pomimo swojej nieco wyższej ceny, umożliwiają usprawnienie wielu konstrukcji – np. poprzez zwiększenie precyzji działania systemów z regulatorem PID. Pozwalają też zmniejszyć koszty działania maszyn dzięki ograniczeniu awaryjności komponentów.

Marcin Karbowniczek, EP
marcin.karbowniczek@ep.com.pl