

Przełączniki elektromagnetyczne

Przełączniki elektromagnetyczne to proste urządzenia elektromechaniczne, których działanie oparte jest na zjawiskach znanych niemal od początku eksperymentów z elektromagnetyzmem. Pomimo silnej konkurencji przełączników półprzewodnikowych (SSR) mają wiele zalet, a niekiedy są niezastąpione.

Zasada działania zwykłych przełączników stykowych polega na tym, że metalowe elementy stykają się i prąd może przez nie przepływać. Kiedy są od siebie odsunięte, powietrze między nimi stanowi nieprzekraczalną barierę. Natomiast o przełączniku mówimy wtedy, gdy wspomniane styki poruszane są elektromagnesem, sterowanym przez odrębny układ.

Elektromagnes został wynaleziony na początku XIX wieku i od tamtej pory niewiele zmieniło się w jego konstrukcji. Mamy za to większą wiedzę oraz możliwości technologiczne, aby wykonywać elektromagnesy miniaturowe, o niskim poborze prądu, z możliwością zasilania prądem stałym lub zmiennym.

Przełączniki elektromagnetyczne lub po prostu przełączniki (półprzewodnikowe powstały dużo później i dlatego są określane dodatkowym przymiotnikiem) to podzespoły, które najczęściej są zamknięte w prostokątnej obudowie z wyprowadzeniami do lutowania lub umieszczenia w podstawie. Wewnątrz znajduje się elektromagnes, metalowa kotwiczka poruszająca stykami oraz styki. Niby niewiele, ale zastosowań całe mnóstwo, a lista parametrów istotnych dla konstruktora jest jeszcze dłuższa...

Parametry

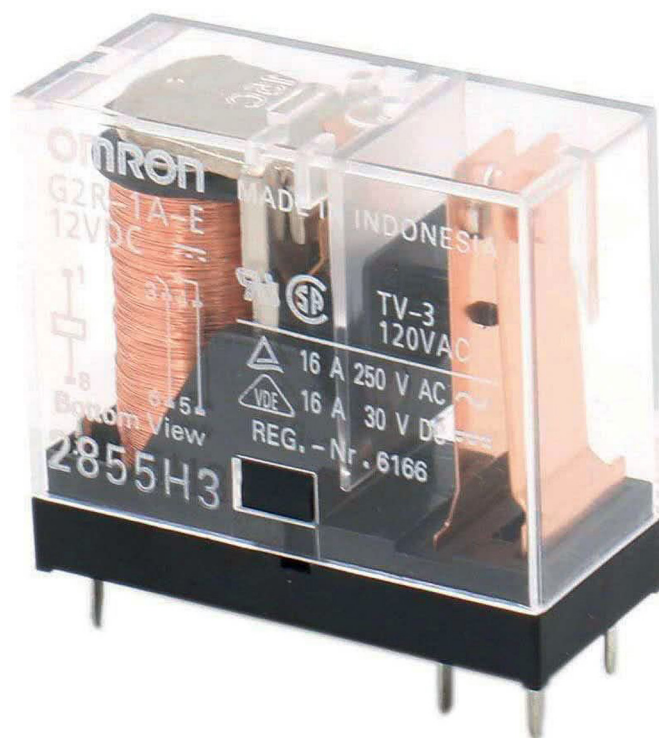
Dobór odpowiedniego przełącznika jest bardzo ważny. Z reguły, kryterium wyboru ogranicza się do ceny lub zasobów szuflady. Jednak do tej kwestii można podejść bardziej fachowo i bez konieczności zaopatrywania się w dziesiątki różnych przełączników, co udowodnię w dalszej części artykułu. Postaram się omówić mniej popularne parametry oraz spojrzeć na nie z innej strony, ponieważ ważna ich część jest często interpretowana zbyt pobieżnie.

Napięcie zasilania cewki

Parametr z pozoru banalny, na obudowie przełącznika jest napisane, np. 12 V, co oznacza, że wymaga 12 V. Jednak rzadko kiedy mamy do dyspozycji napięcie o dokładnie wymaganej wartości. Co zrobić, w sytuacji, gdy napięcie w układzie może spaść do 9 V albo wzrosnąć do 15 V? To „tylko” elektromagnes przyciągający kotwiczkę, ale wiąże się z nim kilka zagadnień.

Jeżeli napięcie będzie zbyt wysokie, to cewka elektromagnesu, najczęściej hermetycznie zamknięta w małej obudowie z tworzywa sztucznego, po prostu się przegrzeje. Prawo Joule’a jest tutaj nieubłagane. Jednak istnieje pewien zapas napięcia „w górę”, przewidziany przez producentów. Natomiast jeżeli napięcie byłoby zbyt niskie, to przez cewkę o stałej rezystancji popłynie mniejszy prąd, przez co kotwiczka będzie słabiej przyciągana. Jeżeli prąd będzie z kolei zbyt mały, to kotwiczka w ogóle się nie poruszy.

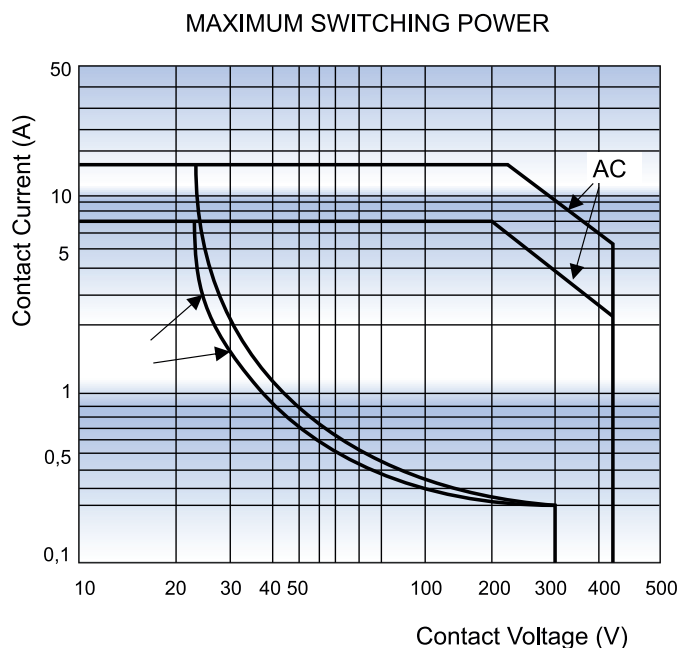
Termin „napięcie zasilania cewki” jest nieprecyzyjny, ponieważ każdy producent przełączników powinien podać minimum dwa różne napięcia charakteryzujące cewkę. Pierwsze to napięcie załączenia (pickup voltage), a drugie napięcie rozłączenia (dropout voltage) [1].



Napięcie załączenia jest zbliżone do napięcia nadrukowanego na obudowie. W przypadku popularnych przełączników HF115F marki Hongfa, wynosi ono 70% napięcia nominalnego. Jest to wartość, przy której producent gwarantuje załączenie styków. Wartość ta jest podawana dla ściśle określonej temperatury, najczęściej pokojowej lub podobnej. W wyższej temperaturze rezystancja drutu wzrasta, więc przyłożenie do cewki identycznego napięcia spowoduje przepływ prądu o niższym natężeniu (może być niewystarczający, aby poruszyć kotwiczkę). Napięcie rozłączenia informuje, do jakiej wartości trzeba obniżyć napięcie zasilające cewkę, aby styki wróciły do położenia spoczynkowego. Patrząc na notę katalogową [2], można być zaskoczonym – to tylko 10% nominalnego napięcia! Zatem przełącznik, o podanym na obudowie napięciu zasilania 5 V, rozłączy się, gdy spadek napięcia przekroczy 0,5 V, a to przecież mniej, niż wynosi napięcie przewodzenia krzemowych złączy pn. Różnice procentowe spowodowane są histerezą magnetyczną materiału ferromagnetycznego, z jakiego jest wykonany rdzeń elektromagnesu. W przypadku HF115F jest ona dużym udogodnieniem, ponieważ pozwala znacząco zmniejszyć pobór mocy przez cewkę w stanie ustalonym. Przełącznik o nominalnym napięciu zasilania 12 V wystarczy zasilić napięciem wyższym niż 8,4 V (np. 9 V), a następnie je obniżyć (do np. 2 V). Oszczędność energii elektrycznej, istotna w układach zasilanych akumulatorowo, będzie ogromna. Faktyczne napięcie zasilania cewki może różnić się od podanego na obudowie w dosyć szerokich granicach. Warto o tym pamiętać. Po przyciągnięciu kotwiczki przez elektromagnes można obniżyć napięcie zasilania cewki i zaoszczędzić energię elektryczną.

Maksymalna przetwarzana moc

Szukając przełączników na stronach internetowych sklepów, można znaleźć opisy takie, jak „maksymalna przetwarzana moc: 4000 VA”. Jest



Rysunek 1. Wykres zależności między maksymalnym napięciem a maksymalnym prądem dla przełącznika HF115F [2]

to zgodne z wartością podawaną przez producentów w notach katalogowych, a oznacza iloczyn prądu maksymalnego i napięcia maksymalnego, jakie może ten przełącznik przewodzić. Dla 16 A i 250 V AC to dokładnie 4000 VA, co często można znaleźć na pierwszej stronie noty katalogowej [2]. W istocie jest to bezużyteczna liczba. Wskazuje na to wykres zależności między napięciem w przełączanym odwodzie a prądem (Maximum switching power). O ile dla prądu przemiennego takie parametry, jak 16 A i 250 V AC są prawdziwe, to dla prądu stałego, już nie do końca (**rysunek 1**).

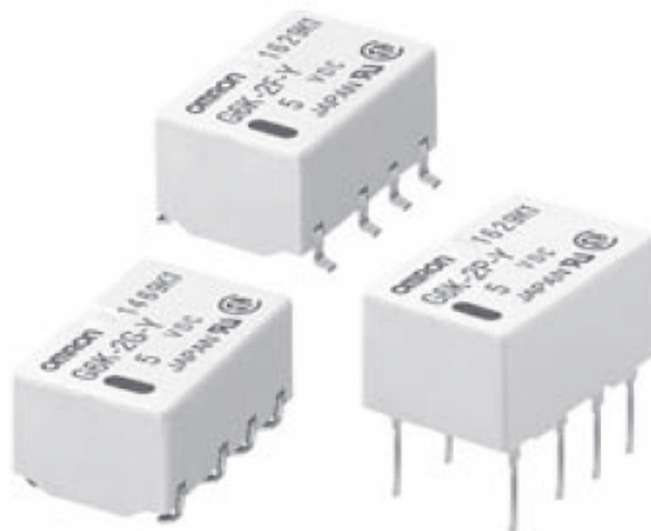
Prąd stały ma cechę niepożądaną dla elementów stykowych. Podczas ich rozłączania powstaje łuk elektryczny, który nie gaśnie natychmiast, ale trwa, dopóki odległość między stykami nie będzie odpowiednio duża. W czasie trwania łuku styki są wypalane jak przy spawaniu. Prąd przemienny ma „łagodniejszą” naturę, ponieważ napięcie między stykami spadnie do zera najdalej za pół okresu, co w przypadku obwodów pracujących z częstotliwością 50 Hz daje tylko 10 ms. Dlatego maksymalna moc, jaką może przełączać ten sam przełącznik umieszczony w obwodzie prądu stałego, będzie znacząco niższa od 4000 W. Przy wysokim napięciu, wynoszącym 300 V, maksymalny prąd może wynieść tylko 200 mA, czyli obciążenie może pobierać nie więcej niż zaledwie... 60 W.

Zdecydowana większość przełączników średniej mocy dostępnych na rynku jest przeznaczona do pracy w obwodach prądu przemiennego (szczególnie egzemplarze z niższej półki cenowej). Prąd stały wymaga zaopatrzenia przełącznika w dodatkowe elementy przyspieszające zgaszenie łuku elektrycznego, co podnosi jego cenę.

Minimalna przelączana moc

Parametr minimalnego prądu przewodzenia oraz minimalnej przelączanej mocy w notach katalogowych często nie jest podawany w sposób bezpośredni, lecz w formie komentarzy lub odnośników. Przykładowo, w specyfikacji HF115F [2] dopiero na trzeciej stronie można znaleźć informację, napisaną małą czcionką, że minimalne przelączane napięcie to 5 V DC, a minimalny przelączany prąd to 10 mA (w przypadku przełączników ze stykami pokrytymi złotem). Wspomniane warunki muszą zostać spełnione jednocześnie [1].

Powód powyższego obostrzenia leży w samej naturze działania elementów stykowych. Kiedy przewodzą prąd o odpowiednio wysokim natężeniu, powstające w trakcie łączenia i rozłączania iskry jest w stanie oczyścić ich powierzchnię z tlenków, siarczków i innych



Fotografia 1. Przełączniki małosygnałowe z serii G6K firmy Omron [4]

zanieczyszczeń. Jest to tzw. efekt samooczyszczania [3]. Producenci przełączników muszą w tym celu odpowiednio dobrać siłę, z jaką styki są do siebie dociskane, aby owa warstwa mogła się ścierać. Jeśli ten proces nie przebiega prawidłowo, rezystancja styków może powoli wzrastać, aż w końcu pojawią się problemy z przewodzeniem prądu. Efekt jest szczególnie widoczny przy zastosowaniu przełączników przeznaczonych do przełączania obciążeń średniej lub wysokiej mocy, w miejscach, gdzie przepływające prądy są śladowe, np. w torze sygnałowym audio. Zjawisko widać jeszcze lepiej, kiedy przełącznik nie ma uszczelnionej, hermetycznej obudowy i atmosfera w jego wnętrzu zawiera zanieczyszczenia pochodzące z powietrza (głównym winowajcą jest tutaj siarka i jej związki). Dlatego przełączniki tzw. niskosygnałowe powinny mieć, przede wszystkim, szczelną obudowę. Tylko wtedy można zagwarantować, że przez wiele lat pracy, w otoczeniu o różnym stopniu zanieczyszczenia, będą działały prawidłowo. Poza tym, styki powinny być pokryte odpowiednim metalem. Najczęściej do pokrywania używa się złota, ale zdarzają się np. stopy srebra i palladu [1], które cechują się zdecydowanie niższą rezystancją.

Do przełączania słabych sygnałów analogowych stosuje się przełączniki z serii G6K firmy Omron [4] (**fotografia 1**). Mają hermetyczną obudowę i dostępne są w wersji do montażu powierzchniowego (co przy produkcji seryjnej ma niebagatelne znaczenie). Mogą przewodzić prąd o natężeniu nawet do 1 A, więc załączanie niewielkich układów wykonawczych jest również możliwe.

Prąd przewodzenia styków

Zarówno styki, jak i metalowe doprowadzenia do nich to elementy o skończonym polu przekroju poprzecznego. Istnieje graniczna wartość natężenia prądu, jaki może przez nie przepływać, bez obawy o przegrzanie. Na wartość tego parametru ma wpływ kształt styków, powierzchnia kontaktu, materiał styków oraz siła ich docisku. W przypadku styków normalnie otwartych (NO) i normalnie zamkniętych (NC) identyczność pierwszych trzech parametrów jest prosta do osiągnięcia. Wystarczy bowiem, aby były produkowane z tego samego materiału, przy użyciu tych samych form.

Parametr siły docisku jest trudniejszy do powtórzenia. Styki NO zderzają się z dużą siłą, a następnie są przytrzymywane przez kotwiczkę. Docisk styków NC zapewnia jedynie sprężynka, która nie może być zbyt twarda, aby elektromagnes przełącznika mógł ją wygiąć. Z tego powodu prąd, jaki mogą przewodzić styki NO, może być większy od tego, jaki może płynąć przez styki NC. Niektórzy producenci zastrzegają jednak, że maksymalny prąd przewodzenia styków NO jest dostępny przy nominalnym napięciu zasilania cewki. Wielu producentów bierze to pod uwagę i tak konstruuje swoje wyroby, aby nie było różnicy w parametrach między stykami NO i NC. Jeżeli styki

Contact Resistance	30mΩ Max.		
Contact Rating (Resistive Load)	NO : 40A/14VDC	NC : 30A/14VDC	<Special Request NO : 45A 14VDC>
Switching Voltage	DC 75V Max.		

Rysunek 2. Prąd przewodzenia styków w przełącznikach z serii FRA2 [5]

NC mają być znacznie obciążone, warto zajrzeć do noty katalogowej i upewnić się, że to możliwe. Wspomniany aspekt został wyszczególniony, między innymi, w specyfikacji przełączników z serii FRA2 produkcji FORWARD INDUSTRIAL [5]. Styk normalnie zwarty może przewodzić prąd do 30 A, a normalnie rozarty do 40 A (rysunek 2).

Rodzaj obciążenia

Maksymalny prąd przewodzenia styków jest parametrem, który może się różnić dla prądu stałego i zmiennego. Może też rozróżniać się na obciążenia rezystancyjne i reaktancyjne. Najczęściej obciążenie rezystancyjne może pobierać większy prąd od reaktancyjnego.

Niektórzy producenci podają w notach katalogowych bardziej szczegółową specyfikację, np. z uwzględnieniem obciążenia silnikowego. Tak jest w przypadku przełącznika RM83 firmy Relpol [6] (rysunek 3). Pomimo wysokiego maksymalnego prądu przewodzenia styków, który wynosi aż 16 A, największa moc sterowanego silnika może wynosić jedynie 650 W. Powód jest prosty – obciążenie indukcyjne to wyzwanie dla styków ze względu na powstające przepięcia i prądy rozruchowe. Dlatego „mocny” przełącznik może okazać się niewystarczający w zastosowaniach, które z pozoru nie należą do szczególnie wymagających.

Czas przełączania

Warto przypomnieć, że przełączniki są wolniejsze od elementów półprzewodnikowych. W niektórych zastosowaniach należy wprowadzić odpowiednie sekwencje przełączania. Podam na to przykład z własnego doświadczenia, czyli pasywne regulatory głośności. Szybkie przełączanie rezystorów wchodzących w skład dzielnika rezystancyjnego jest konieczne do uzyskania wrażenia płynności przy szybkiej zmianie głośności. Należy tutaj pamiętać, że pozostawienie obwodu otwartego chociażby na chwilę, kiedy to jeden przełącznik już się rozłączył, a sąsiedni jeszcze nie zadziałał, może skutkować bardzo nieprzyjemnym dla ucha trzaskiem, dobiegającym z głośników. W sprzęcie audio wysokiej klasy jest to niedopuszczalne, a w studiu nagraniowym jakiegokolwiek dodatki do dźwięku są jednoznacznie dyskwalifikujące.

Należy brać pod uwagę czas na załączenie następnego przełącznika, zanim przestanie pracować poprzedni. W przypadku wspomnianych przeze mnie wcześniej przełączników sygnałowych Omron z serii G6K czas wynosi około 3 ms. Trzeba jednak wziąć pod uwagę możliwą odchyłkę napięcia zasilającego w dół, a także podwyższoną temperaturę otoczenia (np. w urządzeniach lampowych), co wpływa na wydłużenie czasu załączania. Dlatego w konstruowanych przez siebie urządzeniach zakładam czas dwukrotnie większy od podanego w nocie katalogowej, czyli około 6 ms.

Obudowa

Przełączniki z hermetyczną obudową stają się coraz popularniejsze, jednak wciąż dostępne są egzemplarze w nieszczelnej obudowie,

mającej postać „osłony” z tworzywa sztucznego, mocowanej na zetrzaskach. Przy projektowaniu sprzętu działającego w warunkach domowych czy biurowych nie ma to większego znaczenia. Jednak w środowiskach zanieczyszczonych warto zwrócić na to uwagę.

Na pewno hermetycznie zamknięte przełączniki powinny znaleźć się w środowisku o podwyższonej wilgotności. Jednak są też pomieszczenia o zupełnie innej specyfice np. kotłownie. Powietrze w nich jest najczęściej suche i ciepłe, ale zanieczyszczone pyłem węglowym i spalinami. Zanieczyszczenia są bogate w siarkę, która jest nieodłącznym towarzyszem wszelkiego rodzaju węgla. Jej spalanie w niewielkich kotłowniach (przydomowych czy osiedlowych) ma marginalny wpływ na środowisko, ale znajdująca się wewnątrz kotłowni elektronika może to odczuć. Większość przełączników średniej mocy ma styki pokryte stopami srebra, które doskonale reagują z siarką, tworząc nierozpuszczalny i nieprzewodzący prądu elektrycznego siarczek srebra. Może się okazać, że w krótkim czasie styki przełączników są zasiarczone. Z taką sytuacją spotkałem się w sterowniku mialowego pieca centralnego ogrzewania, gdzie użyto przełączników bez hermetyzacji obudowy. Po dwóch latach piec zaczął „dziwnie pracować”, aż w końcu przestał załączać pompy i podajnik. Przyczyną były silnie zasiarczone styki przełączników. Wewnątrz aż lepiły się od smolistego kurzu. Po wymianie na egzemplarze ze szczelną obudową piec działa bezawaryjnie przez wiele lat.

Producenci zwracają uwagę w notach katalogowych, aby przełączniki z nieszczelnymi obudowami stosować tylko w miejscach wolnych od kurzu oraz związków siarki i azotu. Ma to również przełożenie na klasę szczelności – egzemplarze z uszczelnioną obudową najczęściej mają klasę IP67, a „zwykłe” jedynie IP40.

Podstawka

Przełączniki to elementy elektromechaniczne, więc ulegają zużyciu. Może to być pominięte w większości urządzeń produkowanych masowo – czas życia przełącznika zazwyczaj jest dłuższy niż przewidywany czas eksploatacji danego urządzenia. Jeżeli nawet przełącznik uległby awarii (np. zespawaniu styków) lub przedwczesnemu zużyciu, wymiana podzespołu w serwisie to czynność prosta i rutynowa.

Inaczej ma się sprawa z urządzeniami automatyki przemysłowej. Tam, gdzie nie da się zastosować przełączników półprzewodnikowych (SSR) lub urządzenie nie należy do najnowszych, pozostaje regularna wymiana przełączników. Należy wziąć pod uwagę, że często urządzenia pracują w bardzo złych warunkach, tj. podwyższonej wilgotności (powodujące korozję wyprowadzeń), wibracji, zapylenia (pogarszające izolację), czy skrajnie wysokiej lub skrajnie niskiej temperaturze. Nie pozostaje wtedy nic innego, jak użycie podstawki pod przełącznik. Część z nich – na przykład wspomniany wcześniej RM83 – ma wyprowadzenia, pozwalające zarówno na wlutowanie w płytkę drukowaną, jak i montaż w podstawie z obejmą dociskową, zapobiegającą wypadnięciu.

Wiele podstawek ma wyprowadzenia zrobione w tym samym rozstawie, co montowane w nie przełączniki. Dzięki temu można dodać

Znamionowy prąd (moc) obciążenia w kategorii	AC1	16 A / 250 V AC	
	AC15	6 A / 120 V	3 A / 240 V (A300)
	DC1	16 A / 24 V DC	
	DC13	0,22 A / 120 V	0,1 A / 250 V (R300)
Obciążenie silnikowe	wg UL 508	1/2 HP	240 V AC, 4,9 FLA, silnik jednofazowy ①
	AC3 wg IEC 60947-4-1	0,65 kW	240 V AC, silnik jednofazowy

Rysunek 3. Fragment dokumentacji przełącznika RM83 [6] szczegółowo opisujący maksymalną moc obciążenia

w urządzeniu podstawkę pod przełącznik, bez zmiany w projekcie płytki drukowanej. Ma to szczególne znaczenie w sytuacji, gdy na etapie projektu jeszcze nie wiadomo, czy dany przełącznik będzie ulegał częstym awariom. Dołożenie podstawki na etapie produkcji masowej, mając już gotowe obwody drukowane, nie będzie niczym trudnym.

Przełącznik osadzony w podstawce zazwyczaj ma mniejszy dopuszczalny prąd przewodzenia styków. Zależy to od samej podstawki, ponieważ można dostać wersje mniej i bardziej „budżetowe”. Przykładowo, do RM83 producent przewiduje trzy różne podstawki – jedna może przenieść prąd do 8 A, dwie pozostałe do 12 A. To nadal mniej niż 16 A, jaki oferuje sam przełącznik.

Bistabilne/monostabilne

Przełączniki bistabilne są coraz tańsze i bardziej dostępne, ale wielu konstruktorów omija je szerokim łukiem. W układach zasilanych z sieci, energooszczędność nie ma dużego znaczenia, ale w aplikacjach wymagających oszczędności w poborze mocy mogą być dużym ułatwieniem. Do utrzymania kotwiczki w jednym położeniu nie jest wymagana jakakolwiek energia. Pobór prądu odbywa się podczas przełączania styków, które trwa kilkadziesiąt milisekund, a potem można jego źródło odłączyć. Urządzenie pozostanie w ustalonym stanie przez dowolnie długi czas, stąd jego nazwa. Typowe przełączniki mają tylko jedną pozycję stabilną, a utrzymanie drugiej wymaga ciągłego przepływu prądu przez cewkę.

Występują dwa rodzaje przełączników bistabilnych: z jedną cewką i z dwiema cewkami. W przypadku przełączników dwucewkowych sprawa jest prosta, ponieważ jedna z nich służy do jego „załączania”, a druga do „wyłączania” – innymi słowy, do przestawiania styków w pozycje odpowiednio 1 i 2. Natomiast w przełącznikach jednocewkowych trzeba zamieniać kierunek prądu płynącego przez cewkę, czyli biegunowość jej zasilania.

Przełączniki bistabilne są dostępne zarówno jako niewielkie przełączniki sygnałowe, jak i przełączniki średniej mocy, do przełączania urządzeń zasilanych z sieci i pobierających prąd rzędu kilku amperów. Praktycznie każda duża firma zajmująca się przełącznikami posiada je w swojej ofercie, dlatego wybór jest naprawdę duży.

Zdaniem konstruktora

Moje zastosowania przełączników obejmują kilka obszarów. Największym z nich jest przełączanie sygnału analogowego audio. Jego częstotliwość nie jest wysoka, a długości połączeń są relatywnie małe, dlatego nie muszę martwić się o problemy związane z dopasowaniem impedancji. Jednak jest kilka szczegółów, na które zawsze zwracam szczególną uwagę.

Przełączniki pracujące w pasywnych regulatorach głośności oraz w selektorach źródła sygnału muszą charakteryzować się niewielką rezystancją styku, która utrzyma się przez długi czas. W zależności od rodzaju regulatora wykorzystuję styki NO lub NO i NC. Do regulacji są zazwyczaj dwa kanały (w przypadku niesymetrycznego sygnału stereo, np. z wyjściem RCA) lub cztery (dla symetrycznego źródła sygnału stereo, np. z wyjściem XLR). Jedno urządzenie może mieć nawet kilkadziesiąt przełączników, dlatego istotne są małe gabaryty, łatwość montażu, niski pobór mocy oraz relatywnie przystępna cena. Przełącznik powinien być możliwie uniwersalny, aby ten sam typ mógł pracować zarówno w selektorze, regulatorze głośności, jak i w części sterującej – np. do odłączania zasilania modułu Bluetooth. Warto, aby przełączały się możliwie szybko, a czas przełączania miał małe rozrzuty między poszczególnymi egzemplarzami. Nadają się jedynie przełączniki sygnałowe w obudowach przystosowanych do montażu powierzchniowego, które są na rynku od wielu lat (dzięki temu można być pewnym ich powtarzalności) i nic nie wróży ich rychłego wycofania. Dlatego niezmiennie stosuję przytoczone już wcześniej przełączniki G6K2FY produkcji Omron [4]. Spełniają wszystkie kryteria, a awaryjność jest wręcz zerowa – na kilkanaście tysięcy użytych egzemplarzy jak dotąd trafiło mi się tylko kilka sztuk, które

nie działały prawidłowo. Nie ma jednak gwarancji, że nie zostały np. przegrzane podczas lutowania, więc ten odsetek może być jeszcze niższy. Poza tym są dostępne z cewką przeznaczoną do zasilania napięciem stałym o wartości 4,5 V. Producent gwarantuje, że poprawne działanie zaczyna się od 3,6 V, ale należy uwzględnić spadek napięcia na układzie wykonawczym. Ponieważ najczęściej stosuję do tego celu znane układy ULN2003, spadek napięcia (przy zasilaniu cewki jednego przełącznika) wynosi około 0,7 V [7], co potwierdza moje obserwacje. Minimalne napięcie zasilające układ wynosi wtedy 4,3 V. Dla cyfrowych układów sterujących zasilanych napięciem o nominalnej wartości 5 V to dobra informacja. W przypadku przełączników przeznaczonych do pracy z napięciem 5 V trzeba by zastosować inne układy wykonawcze, o mniejszym spadku napięcia.

W układach audio, szczególnie we wzmacniaczach mocy i przedwzmacniaczach lampowych, należy załączać transformator sieciowy lub odpowiednią przetwornicę impulsową. Tutaj moim typem jest HF115F produkcji Hongfa z cewką 5 V i stykami w konfiguracji DPST. Dwie pary styków przydają się do odłączania transformatorów przystosowanych do zasilania napięciem zarówno 115 V, jak i 230 V, gdzie trzeba przerwać przepływ prądu w dwóch połówkach uzwojenia pierwotnego jednocześnie. Przerwanie jednej żyły zasilania jest tu niewystarczające, gdyż za selektorem napięcia zasilającego jest włączony jeszcze jeden transformator, znacznie mniejszy, zasilający układy cyfrowe i przełączniki. Ponieważ taki przełącznik jest z reguły tylko jeden w całym urządzeniu, do sterowania używam tranzystora MOSFET lub bipolarnego, typu BC807. Spadek napięcia na przewodzącym tranzystorze jest tak mały, że przełącznik z cewką na 5 V na pewno będzie pracował poprawnie.

Są też inne dziedziny elektroniki, w których działam na bieżąco. W niewielkich układach automatyki domowej i dla rolnictwa ważne są małe wymiary oraz niska cena. Dlatego sięgam po tanie i popularne przełączniki JQX3FF z cewką 12 V, również produkcji Hongfa. Służą do załączania głównie elektrozaworów, niewielkich silników prądu przemiennego lub lamp sygnalizacyjnych. Zaletą tego typu przełączników jest mnogość odpowiedników innych firm, na przykład LEG-12 produkowany przez RAYEX ELECTRONICS. Dzięki temu, w razie braku konkretnego typu w hurtowniach, można dobrać inny, będący na stanie, bez konieczności długotrwałego wstrzymywania produkcji.

W układach z branży automotive najczęściej używam przełączników z serii FRA2 [5]. To nie tylko niski koszt i małe gabaryty, lecz także możliwość przełączania niskonapięciowych obciążeń, pobierających prąd stały o natężeniu do 40 A. W samochodach osobowych i ciężarowych ma to miejsce nieustannie, a wspomniane przełączniki są do tego przeznaczone. Warto zwrócić uwagę na różny prąd przewodzenia styków NO i NC (rysunek 2) – co nie zdarza się zbyt często.

Jest jeszcze jeden powód, dla którego przełączniki FRA2 warto wykorzystywać w samochodach. Minimalne napięcie załączenia cewki to tylko 57,5% nominalnej wartości napięcia zasilającego, a zwykle parametr ten oscyluje w przedziale 70...80%. W sytuacji nagłego obniżenia napięcia zasilającego, wywołanego rozładowanym akumulatorem lub rozruchem silnika, przełącznik ten nadal ma szansę zadziałać poprawnie.

Otoczenie

Sam przełącznik nie jest zbyt użyteczny. Należy go wysterować pod układ zarządzający pracą systemu, np. sterownik z mikrokontrolerem. Jednak między delikatny świat nowoczesnych układów scalonych a „brutalne” przełączniki, które wymagają załączania cewek o niemałej indukcyjności, trzeba włączyć pewien pomost – najlepiej układ zawierający kilka struktur, typu otwarty kolektor, do którego można zaliczyć ULN2003A, mający siedem kanałów, oraz ULN2803A z jednym kanałem więcej. Niska cena, dostępność oraz wbudowane diody zabezpieczające to powody, dla których warto je stosować. Mogą być sterowane z układów pracujących w logice zarówno 5 V, jak i 3,3 V, ale trzeba przeanalizować natężenie prądu płynącego przez kolektor

tranzystora roboczego. W moich zastosowaniach, gdzie przez jeden kanał nie płynie więcej jak 150 mA, nie odnotowałem jakichkolwiek problemów. Natomiast niemałą wadą, która wymaga uwzględnienia podczas projektowania schematu ideowego, jest spadek napięcia na takim kluczu. Może ono wynosić od ok. 0,7 V do nawet 1,6 V [7], w zależności od prądu i temperatury. W urządzeniach zasilanych niskimi napięciami może to stanowić poważny problem.

Bardzo dobrą alternatywą, aczkolwiek trudniejszą do kupienia w Polsce, jest układ TPL7407L produkcji Texas Instruments. Tranzystory robocze MOSFET zapewniają mniejszy spadek napięcia przy małych prądach. Dla przykładu, przy prądzie drenu 100 mA, napięcie dren-źródło nie przekroczy 320 mV [8]. Ponadto wbudowane układy sterujące bramkami umożliwiają rozpoznanie wysokiego stanu logicznego na wejściu już od 1,5 V, więc mogą być sterowane przez układy cyfrowe zasilane napięciem 1,8 V.

Dla pojedynczych przełączników, stosuję tranzystor BSS123 lub BC807, zależnie od dostępnej linii zasilającej, ponieważ używam ich w dużych liczbach, w wielu układach. Diodą zabezpieczającą najczęściej jest 1N4148 w obudowie MiniMELF. Taki zestaw stosuję od lat i nigdy nie sprawił mi problemów.

Poza ochroną elektroniki przed zgubnymi skutkami przełączania cewki (mam tu na myśli impuls samoindukcji, powstający podczas zanikania prądu w cewce) warto zabezpieczyć ją przed zakłóceniami, jakie generują iskrzące styki. Szczególnie odczuwają to mikrokontrolery, pracujące w otoczeniu przełączników, które mogą doprowadzić do zawieszenia się programu. Z moich obserwacji wynika, że ma to miejsce zwłaszcza przy obciążeniach o wysokiej indukcyjności, jak elektrozawory zasilane napięciem 230 V AC. Przykładem takiego obwodu zabezpieczającego jest szeregowy układ RC, noszący trudną do spolszczenia nazwę snubber. Mogą to być inne konfiguracje, zawierające np. diodę typu transil lub, w obwodach prądu stałego, szybką diodę półprzewodnikową.

Teoretycznie obwód zabezpieczający powinien być dobrany do obciążenia, które generuje zakłócenia. O ile można to zrobić w przetwornicach impulsowych, gdzie znamy parametry przełączanego elementu indukcyjnego, o tyle w uniwersalnych sterownikach jest to skazane na niepowodzenie. Dane wyjście przełącznikowe może czasem załączać elektrozawór tej albo innej firmy (o innych parametrach), może sterować lampą, a może też włączać niewielki wentylator. Poza tym

nieznane mogą być parametry i długość przewodów połączeniowych. Dlatego trzeba w takich sytuacjach pójść na kompromis. Najczęściej używam rezystora 47 Ω , połączonego szeregowo z kondensatorem o pojemności 100 nF z dielektrykiem polipropylenowym, oznaczanym jako X2 (do zastosowań przeciwzakłóceńowych). Takie elementy są tanie, mają niewielkie gabaryty, a sprawdzają się zarówno w obwodach prądu stałego, jak i zmiennego.

Podsumowanie

Przełączniki elektromagnetyczne, jakie znamy od lat, nie opuszczają rynku komponentów elektronicznych. Wręcz przeciwnie, producenci nadal rozwijają i inwestują w tę technologię, czego przykładem może być cała gama dostępnych materiałów na styki. Dzięki temu możliwy jest dobór chociażby odpowiedniego materiału stykowego do danego zastosowania.

Coraz popularniejsze stają się przełączniki bistabilne, czego dowodem może być seria miniaturowych przełączników sygnałowych firmy Finder. Ich cena jest przystępna, co zachęca do eksperymentów. Nacisk kładziony na redukcję poboru energii elektrycznej przez układy elektroniczne prawdopodobnie popchnie konstruktorów w tę architekturę, zwłaszcza tam, gdzie zasilaniem ma być źródło energii odnawialnej.

Polecam stosować przełączniki z wycuciem, biorąc pod uwagę często pomijane ograniczenia (np. wymóg minimalnego przełączanego prądu), a będą one służyły długo i bezawaryjnie.

Michał Kurzela, EP

Bibliografia

1. Relay Technical Information, <https://bit.ly/3adZCaQ>, 2020.05.25.
2. HF115F Miniature High Power Relay, <https://bit.ly/2DwOFWd>, 2020.05.25.
3. Materiał zestyków w przełączniku, jakie ma znaczenie?, <https://bit.ly/3gKNrol>, 2020.05.25.
4. G6K Surface Mounting Relay, <https://bit.ly/3gMlBI>, 2020.05.25.
5. FRA2 Relay, <https://bit.ly/30KuHjt>, 2020.05.25.
6. Przełącznik RM83, <https://bit.ly/3fOz94O>, 2020.05.25.
7. ULN2002A/ULN2003A/ULN2004A, <https://bit.ly/30IE9DJ>, 2020.05.25.
8. TPL7407L, <https://bit.ly/2PIvTxf>, 2020.05.25.

REKLAMA

KITy
AVT

KITy AVT na wideo <http://bit.ly/2ScLZTy>

O KIT-ach AVT przeczytasz również na Facebooku <http://bit.ly/2BjVMN7>

 AVT3144 - Klaskacz - przełącznik akustyczny 0:26	 AVT3250 - Bombka LED dla każdego - montaż 2:06	 AVT3165 - Odstraszacz kretów 0:28	 AVT5599 - Zdalnie sterowany włącznik 4-kanałowy 0:37	 AVT1484 - Wskaźnik temperatury silnika 0:26	 AVT5596 - Mieszacz kolorów RGB 0:40
 AVT1960 - Termometr z termoparą i alarmem 0:34	 AVT777 - Sterownik miniwiertarki modelarskiej 0:34	 AVTM001 - Uniwersalny regulator impulsowy 5A 0:42	 AVT5554 - Gra elektroniczna SNAKE 0:30	 AVT478 - Regulator obrotów wentylatorów 12V 0:30	 AVT720 - Błękitno-biały mrygacz 0:32
 AVT1853 - Iluminofonia LED RGB 1:28	 AVT2942 - Kogut dyskotekowy 1:06	 AVT3125 - Włącznik sterowany dowolnym pilotem 0:32	 AVT788 - Lampka LED reagująca na kłaśnięcie ... 0:38	 AVT1900 - Animowany bałwanek LED 0:54	 AVT1651 - Gra - Kto pierwszy ten lepszy 0:34