

Przełączniki – parametry i zasady aplikacji

O przełącznikach elektromagnetycznych wielokrotnie pisaliśmy w Elektronice Praktycznej. Każdy elektronik wie, są one stosowane w roli przełączników i włączników, ale niestety nie każdy używa ich świadomie. Jak każdy komponent przełączniki charakteryzują się pewnymi parametrami, o których warto wiedzieć wybierając odpowiedni do swojej aplikacji.

Przełączniki ze względu na nieskomplikowaną budowę często są lekceważone przez konstruktorów urządzeń elektronicznych. Zwykle skupiają się oni na różnych aspektach sterowania przełącznikiem, natomiast sam dobór elementu wykonawczego jest dokonywany na zasadzie „aby się zmieścił”, „aby pasowało napięcie” i „jakiś się wybierze”. Takie podejście owocuje szeregiem kłopotów, ponieważ właściwy dobór parametrów przełącznika do aplikacji jest równie istotny, jak prawidłowy dobór parametrów tranzystorów lub innych elementów półprzewodnikowych.

Przełącznik realizuje trzy podstawowe zadania:

- Odseparowuje galwanicznie obwód sterowania od obwodu zasilania obciążenia. Napięcie przebicia nawet najmniejszych przełączników sięga kilowoltów, co umożliwia zapewnienie bezpieczeństwa użytkownika.
- Dokonuje konwersji poziomów napięcia, na przykład, zwykle niewielkiego, panującego w obwodzie sterującym na znacznie wyższe, występujące w obwodzie obciążenia.
- Pozwala przełączać spore obciążenie (tzn. zasilane wysokim napięciem lub pobierające prąd o dużym natężeniu) obciążenia za pomocą niewielkiej (0,3...0,5 W) mocy zasilającej cewkę przełącznika.

Jeśli w tak będziemy rozumieli rolę przełącznika, to jasne jest, że producenci przełączników powinni je wytwarzać zgodnie z normami obowiązującymi dla tych produktów, a dodatkowo powinny być także znormalizowane parametry przełączników, aby można było je dobierać do aplikacji w podobny sposób, jak dobiera się tranzystory. Dlatego, typowo, jeśli karta katalogowa danego wyrobu nie informuje inaczej, został on skonstruowany oraz wyprodukowany zgodnie z następującymi standardami europejskimi oraz międzynarodowymi:

- EN 61810-1 ed.2, IED 61810-7, EN 60255-23 dla przełączników NO, NC, CO.
- EN 61812-1 dla przełączników czasowych.
- EN 60669-1 i EN 60669-2-2 dla elektromechanicznych przełączników schodowych (do sterowania oświetleniem na klatkach schodowych).
- EN 60669-1, EN 60669-2-1 i EN 60669-2-3 dla elektronicznych przełączników schodowych, wyłączników schodowych i przełączników sterowanych światłem.

W warunkach europejskich, inne standardy, używane jako odniesienie dla zagadnień związanych z podwójną izolacją, to:

- VDE 0106 jako podstawowy,
- EN 60335 (VDE 0700) dla aplikacji domowych, zalecający dystans 8 mm pomiędzy doprowadzeniami cewki i styków,
- EN 50178 (VDE 0160) dla aplikacji przemysłowych, zalecający odstęp 5,5 mm oraz 6,4 do 8 mm pomiędzy doprowadzeniami cewki oraz styków.

Zgodnie z normą EN 61810-1 wszystkie parametry są podawane w standardowych warunkach otoczenia, to jest w temperaturze 23°C, przy ciśnieniu atmosferycznym 96 kPa, wilgotności 50%, w warunkach czystego powietrza i dla częstotliwości prądu przemiennego



50 Hz. Typowo, tolerancja rezystancji cewki, mocy przez nią przepasanej oraz pobieranej wynosi $\pm 10\%$. Łatwo przy tym zauważyć, że jeśli warunki panujące w otoczeniu będą inne, to parametry elektryczny przełącznika również mogą ulec zmianie. Dotyczy to zwłaszcza mocy strat występującej na cewce elektromagnesu oraz napięcia termoelektrycznego na zaciskach styków przełącznika.

Typowe warunki eksploatacji

Jeśli w karcie katalogowej nie podano inaczej, wszystkie przełączniki są odpowiednie do pracy przy współczynniku wypełnienia napięcia zasilającego cewkę wynoszącym 100%. W warunkach europejskich, cewki przełączników zasilane prądem przemiennym, są przystosowane są do zasilania napięciem o częstotliwości 50 lub 60 Hz. Dla zwykłego przełącznika niedopuszczalna jest praca w warunkach, które powodują kondensację pary wodnej oraz tworzenie się lodu na przełączniku.

Aby nie doprowadzić do uszkodzenia lub zakłócenia pracy układu złączającego (sterującego pracą) przełącznik zaleca się stosowanie zabezpieczeń nadnapięciowych (np. warystorów dla prądu przemiennego, diod dla prądu stałego) włączonych równolegle z cewkami przełączników. Jeśli napięcie zasilające cewkę przełącznika jest załączane przez czujnik zbliżeniowy, a długość kabli połączeniowych jest większa od 10 metrów, zaleca się dołączenie równolegle do doprowadzeń cewki dodatkowego obwodu służącego do tłumienia prądów szczytowych (residual current bypass).

Montaż automatyczny, lutowanie

Ogólnie proces automatycznego montażu składa się z następujących faz:

- **Montaż przełącznika.** Należy upewnić się, że doprowadzenia przełącznika są proste i pionowo przechodzą przez otwory w płytce. Dla każdego przełącznika w katalogu pokazane są właściwe rysunki podstawek montażowych (w widoku od strony miedzi) pomocne podczas projektowania płytki.
- **Pokrywanie topnikiem.** Jest to proces wymagający dużej ostrożności. Jeśli przełącznik nie jest umieszczony w szczelnej obudowie, topnik może migrować do jego wnętrza i penetrować je na skutek zjawiska włoskowatości. W takim wypadku, właściwości mechaniczne i elektryczne przełącznika mogą ulec zmianie.

Podczas używania piany lutowniczej lub metody opryskowej, należy upewnić się, że topnik aplikowany jest właściwie i nie zanieczyszcza strony komponentów. Przestrzegając podanych wyżej zasad oraz wykorzystując topniki na bazie wody lub alkoholu, możliwe jest użycie przełączników o kategorii ochrony RT II lub wyższym.

- **Nagrzewanie wstępne.** Należy ustawić czas rozgrzewania wstępnego oraz grzania płytki na czas niezbędny tylko do właściwego rozprowadzenia topnika. Temperatura od strony komponentów nie może przekraczać 100°C.
- **Lutowanie.** Lutując z użyciem fali lutowniczej, należy tak ustawić jej wysokość, aby nie zatapiała ona płytki omywający jedynie powierzchnię lutowania. Temperatura lutowania nie powinna przekraczać 250°C a jego czas 3 sekund.
- **Mycie.** Zalecane jest używanie nowoczesnych topników niewymagających późniejszego mycia po lutowaniu. W specjalnych przypadkach, gdy płytka drukowana musi być myta, zalecane jest używanie przełączników w obudowach wodoodpornych (opcja RT III). Po umyciu sugerowane jest wyłamanie zaślepki umieszczonej na obudowie przełącznika (jeśli istnieje). Jest to niezbędne w celu zapewnienia właściwej trwałości elektrycznej przełącznika – inaczej ozon znajdujący się wewnątrz obudowy powoduje zmniejszenie trwałości styków proporcjonalnie do częstotliwości załączeń. Należy wystrzegać się mycia płytki przy pomocy agresywnych rozpuszczalników lub wody o bardzo niskiej temperaturze. Ten drugi przypadek może spowodować uszkodzenie zarówno połączeń jak i komponentów na płytce drukowanej na skutek szoku termicznego.

Terminologia i definicje

Zwykle terminy stosowane odnośnie do przełączników w różnych materiałach są powszechnie używane w języku technicznym, jednak lokalnie narodowe europejskie czy międzynarodowe standardy mogą zalecać używanie innych określeń. W przypadku ich stosowania, należy odnieść się do opisów podanych niżej, aby poprawnie zidentyfikować dany parametr.

Konfiguracja kontaktów

| Konfiguracja | EU | D | GB | USA |
|------------------------------|----|---|----|-------------------------------|
| Normalnie otwarty | NO | S | A | SPST-NO DPST-NO NPST-NO |
| Normalnie zwarty (zamknięty) | NC | Ö | B | SPST-NC DPST-NC NPST-NC |
| Styki przetaczane | CO | W | C | SPDT DPDT NPDT |

Oznaczenie doprowadzeń

Stosowany powszechnie w Europie standard EN50005 zaleca stosowanie następującej numeracji dla doprowadzeń przełączników:

- .1 dla doprowadzeń wspólnych (np. 11, 21, 31, ...),
- .2 dla normalnie zwartych doprowadzeń (np. 12, 22, 32, ...),
- .4 dla normalnie otwartych doprowadzeń (np. 14, 24, 34, ...),
- A1 i A2 dla doprowadzeń cewki.

W przełącznikach czasowych dla kontaktów działających z opóźnieniem powinno się stosować następującą numerację:

- .5 dla doprowadzeń wspólnych (np. 15, 25, ...),
 - .6 dla normalnie zwartych doprowadzeń (np. 16, 26, ...),
 - .8 dla normalnie otwartych doprowadzeń (np. 18, 28, ...),
- Norma IEC67 i standardy amerykańskie zalecają:
- postępującą numerację doprowadzeń kontaktów (1, 2, 3, ... 13, 14 itd.),
 - niekiedy oznaczenie A i B dla doprowadzeń cewki.



Prąd nominalny

Ograniczony, największy prąd ciągły, który mogą przewodzić kontakty w danym zakresie temperatury. Jest on związany z limitowaną liczbą przełączeń. Można powiedzieć, że jest to maksymalny prąd, który kontakty mogą rozłączać, załączać i przewodzić w wyspecyfikowanych warunkach.

MAKSYMALNY PRĄD SZCZYTOWY. Największa wartość impulsu prądowego o czasie trwania $\leq 0,5$ sekundy, który kontakty mogą przewodzić i załączać bez utraty wyspecyfikowanych właściwości przewodzących na skutek wydzielanego ciepła. Zbiega się on z limitem dla liczby załączeń.

Tabela 1. Kategorie obciążenia zgodnie z normą EN 60967

| Kategoria obciążenia | Rodzaj zasilania | Aplikacja |
|----------------------|---------------------------------|--|
| AC 1 | AC jednofazowe AC trójfazowe | Rezystancyjne lub lekko indukcyjne obciążenie AC |
| AC 2 | AC jednofazowe AC trójfazowe | Silniki indukcyjne pierścieniowe, ruch i wyłączenie |
| AC 3 | AC trójfazowe | Uruchamianie i zatrzymanie przy pełnej prędkości obrotowej silnika klatkowego. Zmiana kierunku obrotów tylko po zatrzymaniu silnika. |
| AC 4 | AC trójfazowe | Rozruch, zatrzymanie i zmiana kierunku obrotów silnika klatkowego. Impulsowanie i hamowanie prądem o przeciwnym kierunku. |
| DC1 | Prąd stały | Obciążenie rezystancyjne lub lekko indukcyjne*. |
| AC14 | AC jednofazowe | Sterowanie pracą małych obciążeń elektromagnetycznych (<72VA), styczników, zaworów elektromagnetycznych, elektromagnesów. |
| AC 15 | AC jednofazowe | Sterowanie pracą obciążeń elektromagnetycznych (>72VA), styczników, zaworów elektromagnetycznych, elektromagnesów. |
| DC 13 | Prąd stały | Sterowanie pracą obciążeń elektromagnetycznych, styczników, zaworów elektromagnetycznych, elektromagnesów. |

* Napięcie przelączane może być podwajane dla tego samego prądu obciążenia poprzez połączenie szeregowo dwóch kontaktów.

MAKSYMALNE NAPIĘCIE BLOKOWANE. Parametr podawany dla przełączników półprzewodnikowych. Jest to maksymalna wartość napięcia wyjściowego, dla którego układy wyjściowe przełącznika nie zostaną uszkodzone.

NAPIĘCIE NOMINALNE. Napięcie mierzone pomiędzy linią przewodzącą a neutralną (czerpane z doprowadzenia napięcia nominalnego kontaktów zasilających) używane do koordynacji izolacji.

MAKSYMALNE NAPIĘCIE PRZEŁĄCZANE. Najwyższe napięcie (z uwzględnieniem tolerancji), które styki mogą przelączać.

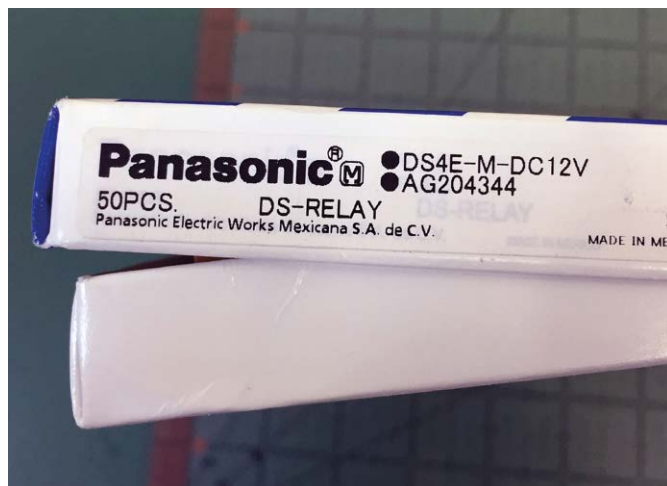
NOMINALNE OBCIĄŻENIE ZGODNIE Z AC1. Maksymalna moc pozorna prądu przemiennego (w VA), którą kontakty mogą łączyć, przewodzić i rozłączać w sposób powtarzalny, odpowiednio dla kategorii AC1 (norma EN 60947-4-1, tabela 1). Parametr wynika z określonego ograniczonego napięcia przy określonym ograniczonym prądzie obciążenia. Używany jest jako odniesienie dla elektrycznych testów trwałości przełącznika.

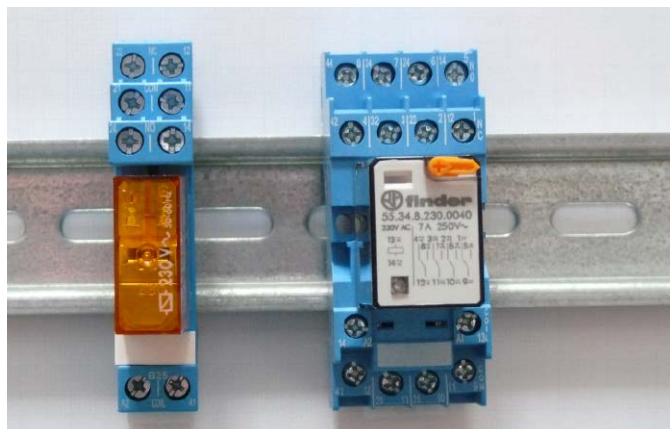
NOMINALNE OBCIĄŻENIE ZGODNIE Z AC15. Maksymalna moc pozorna prądu przemiennego (w VA) zasilającego obciążenie indukcyjne, którą kontakty mogą załączać, przewodzić i rozłączać, zgodnie z kategorią AC15, norma EN 60947-5-1 (tabela 1).

Specyficznym rodzajem obciążenia, które może być załączane przez przełącznik, jest silnik prądu przemiennego. Dlatego często w danych technicznych przełącznika często odrębnie podaje się parametry silnika, który może być sterowany przez przełącznik, a przede wszystkim nominalną wartość mocy silnika zasilanego prądem, którą styki przełącznika mogą załączać odpowiednio do normy EN 60947-1, UL 508 i CSA 22.2 n.14. Typowo wartość mocy silnika podawana jest w kW. Jego moc w koniach mechanicznych (KM) może być wyliczona przez pomnożenie wartości mocy w kW przez współczynnik 1,34 (np. $0,37 \text{ kW} \times 1,34 = 0,5 \text{ KM}$). Jeśli jest zmieniany kierunek obrotów silnika, zawsze dozwolona jest pośrednicząca przerwa o czasie trwania powyżej 300 ms. Pomimo tego może pojawić się bardzo duży impuls prądowy, spowodowany zmianą polaryzacji pojemności silnika. Może on spowodować zgrzanie się kontaktów przełącznika.

Innym rodzajem odbiorników, z którym muszą sobie „poradzić” przełączniki są lampy oświetleniowe. Maksymalne obciążenie podane dla lamp żarowych i fluorescencyjnych zasilanych napięciem 230 V AC. Domyślnie zakłada się, że lampy fluorescencyjne są odpowiednio skompensowane dla uzyskania wartości współczynnika $\cos \phi \geq 0,9$. Dla zmiennoprądowych obciążeń indukcyjnych (takich jak elektromagnesy, cewki styczników itp.) współczynnik redukcji odpowiadający $\cos \phi$ powinien być pomnożony przez nominalny prąd w celu zdefiniowania maksymalnego dopuszczalnego prądu styków. Współczynnik ten nie obowiązuje dla silników elektrycznych i lamp jarzeniowych.

ZDOLNOŚĆ ROZŁĄCZANIA WG DC1. Maksymalna wartość prądu stałego zasilającego obciążenie rezystancyjne, który kontakty mogą załączać, zależnie od wartości napięcia na obciążeniu (tabela 1).





Minimalne przelączane obciążenie

Istotnym parametrem charakteryzującym przełącznik jest obciążenie minimalne. Trzeba zdawać sobie sprawę, że nie każdy przełącznik nadaje się na przełącznik źródeł sygnału audio, do załączania termopary, wejść pomiarowych i w innych, „wrażliwych” aplikacjach. Dlatego w danych katalogowych można znaleźć minimalną wartość mocy, napięcia i prądu, które kontakty mogą pewnie przelączać. Na przykład, jeśli podano minimalną wartość 300 mW, 5 V/5 mA, to:

- dla napięcia 5 V prąd musi mieć wartość co najmniej 60 mA,
- dla napięcia 24 V prąd musi mieć wartość co najmniej 12,5 mA.
- dla 5 mA napięcie musi wynosić co najmniej 60 V.

Dla wariantu wykonania kontaktów jako złocone, sugerowane jest obciążenie nie mniejsze niż 50 mW, 5 V/2 mA. Gdy konieczne jest uzyskanie mniejszych wartości przelączanej mocy prądu, możliwe jest połączenie równolegle większej liczby kontaktów. Na przykład dwa złocone kontakty połączone równolegle umożliwiają przelączanie prądu o parametrach 1 mW, 0,1 V/1 mA. Jedna ważna uwaga. Styki przełącznika mogą być złocone w różnych celach. Na przykład,

jeśli warstwa złota ma grubość 3...5 μm, to została ona nałożona dla ochrony styków podczas przechowywania przełącznika i nie ma wpływu na jego parametry elektryczne.

Trwałość elektryczna przełącznika

W celu określenia trwałości elektrycznej przełącznika, zmiennoprądowe obciążenie testowe, rezystancyjne, kategorii AC1 jest dołączane do jego kontaktów. Kontakty załączane są przez cewkę przełącznika zasilaną napięciem nominalnym. Obciążenie dołączane jest pomiędzy wszystkie ruchome i normalnie otwarte kontakty, ale bez dołączonego jakiegokolwiek obciążenia pomiędzy normalnie zamknięte kontakty i odwrotnie. Dla typowych przełączników częstotliwość przelączania wynosi: cewka 900 cykli na godzinę, kontakty 900 cykli na godzinę (2 sekundy załączony, 2 sekundy wyłączony lub 1 sekunda załączony, 3 sekundy wyłączony dla ograniczonego prądu > 16 A). Dla przełączników tzw. klatkowych (schodowych) – cewka 900 cykli na godzinę, kontakty 450 cykli na godzinę (4 sekundy załączony, 4 sekundy wyłączony)

Rezystancja kontaktów

Rezystancja zwartych kontaktów jest mierzona na zewnętrznych doprowadzeniach przełącznika i jest ona związana z ich kategorią (tabela 2). Jest ona wartością statystyczną i niereprodukowalną. Dla większości aplikacji nie ma ona wpływu na odpowiedniość przełącznika. Typowa wartość rezystancji styków, mierzona przy 24 V/100 mA to 50 mΩ.

Efektywność, z którą styki przełącznika mogą załączać obwód elektryczny jest zależna od wielu czynników takich, jak: materiał używany na kontakty, jego narażenie na działanie czynników zewnętrznych, mechaniczna budowa styków itp. Dla poprawnej pracy kontaktów oraz ułatwienia ich doboru w zależności od rodzaju aplikacji, konieczna jest specyfikacja kategorii aplikacji kontaktów. Jest ona jednym z czynników definiujących zdolność do przelączania przez styki przełącznika w warunkach minimalnych i maksymalnych wartości napięć i prądów kontaktów. Odpowiednia kategoria aplikacji definiuje również wartości napięcia i prądu używane przy pomiarze rezystancji kontaktów.

W tabeli 3 wymieniono rodzaje materiałów używanych do wykonywania styków przełączników wraz z ich krótką charakterystyką.

Parametry cewki przełącznika

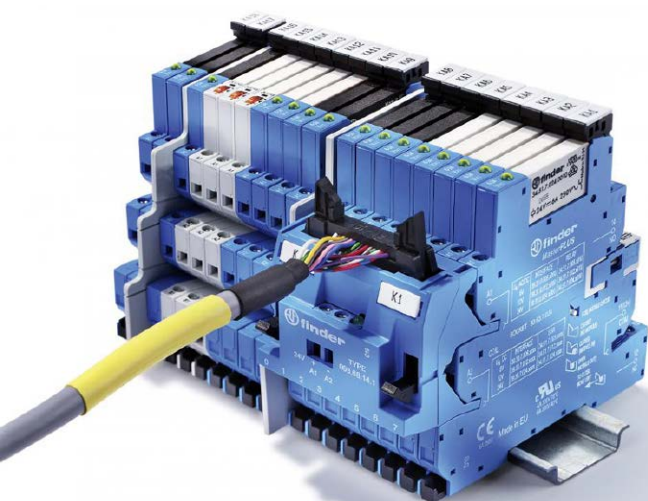
Wybierając przełącznik do aplikacji typowo zwracamy uwagę na napięcie znamionowe cewki oraz ewentualnie prąd jej zasilania. Warto wiedzieć, że cewkę przełącznika charakteryzuje też szereg innych parametrów, na które warto zwrócić uwagę.

Tabela 2. Kategoria kontaktów zgodnie z normą EN60255-23

| Kategoria aplikacji | Napięcie [V] | Prąd [A] | Warunki pomiaru rezystancji kontaktów (IEC 61810-7) | |
|---------------------|-----------------|------------------|---|--------|
| 0 | $U < 0,03$ | $I < 0,01$ | > 30mV | 10mA |
| 1 | $0,03 < U < 60$ | $0,01 < I < 0,1$ | 100mV | 10mA |
| 2 | $5 < U < 250$ | $0,1 < I < 1$ | 24V | 100mA |
| 3 | $5 < U < 600$ | $0,1 < I < 100$ | 24V | 1000mA |

Tabela 3. Charakterystyki materiałów na kontakty

| Materiał | Właściwości | Typowa aplikacja* |
|---|--|--|
| AgNi+Au (Srebro – Nikiel pokrywany Złotem) | Srebro – Nikiel jako baza pokryty galwanicznie warstwą złota o grubości 5 μm Złoto nie jest podatne na działanie czynników przemysłowych Dla małych obciążeń rezystancja kontaktów jest mniejsza w porównaniu z innymi materiałami Uwaga: znaczenie 5 μm warstwy złota jest inne, niż warstwy 0,2 μm, która to zapewnia ochronę podczas przechowywania, ale nie zmniejsza rezystancji kontaktów | Szeroki zakres aplikacji: <u>Zakres małych obciążeń</u> (gdzie erozja warstwy złota jest bardzo mała) od 1,5 W/24 V (obciążenia rezystancyjne) <u>Zakres średnich obciążeń</u> gdzie warstwa złota eroduje po pewnej liczbie załączeń i dominujący staje się stop AgNi Dla bardzo małych obciążeń, typowo 1 mW (0,1 V – 1 mA, dla przykładu w przyrządach pomiarowych), zalecane jest równoległe połączenie 2 kontaktów |
| AgNi (Srebro – Nikiel) | Standardowy materiał kontaktowy dla większości aplikacji przełączników Wysoka odporność na zużycie Średnia odporność na zgrzewanie | Obciążenia rezystancyjne i lekko indukcyjne Prąd nominalny do 12 A Prąd impulsowy do 25 A |
| AgCdO (Srebro – Kadm – Tlenek) | Wysoka odporność na zużycie przy przenoszeniu dużych obciążeń AC Dobra odporność na zgrzewanie | Obciążenia indukcyjne, silniki Prąd nominalny do 30 A Prąd impulsowy do 50 A |
| AgSnO ₂ (Srebro – Cynk – Tlenek) | Doskonała odporność na zgrzewanie Niska dyfuzja materiału dla obciążeń statoprądowych | Źródła światła i obciążenia pojemnościowe Bardzo duży prąd impulsowy obciążenia (do 120 A) |



NAPIĘCIE NOMINALNE CEWKI. Nominalna wartość napięcia cewki (lub wejściowego lub zasilania), dla którego przełącznik został opracowany i dla którego zamierzone jest użycie. Praca oraz charakterystyki użytkowe odniesione są dla napięcia nominalnego.

MOC NOMINALNA CEWKI. Wartość mocy prądu stałego podana w [W] lub wartość mocy pozornej prądu przemiennego podana w [VA], która jest absorbowana przez cewkę w temperaturze otoczenia 23°C przy zasilaniu napięciem nominalnym. Jest to wartość chwilowa (nie ma stanu stabilnego).

ZAKRES PRACY. Zakres nominalnego napięcia wejściowego, dla których przełącznik działa w całym zakresie temperatury otoczenia, zgodnie z klasami pracy:

- klasa 1: (0,8...1,1) U_N ,
- klasa 2: (0,85...1,1) U_N .

Oprócz napięcia znamionowego (nominalnego) dla cewki przełącznika lub całego przełącznika jako zespołu, bo tu znaczenie będą miały także siły sprężystości, niezmiernie ważne w niektórych aplikacjach mogą być maksymalne napięcie, przy którym styki przełącznika jeszcze nie zostaną przyciągnięte (przełączniki NO) lub rozwarne (przełączniki NC) zwane *napięciem niezadziałania* oraz napięcie minimalne, które spowoduje przyciągnięcie styków (ich zwarcie – NO lub rozwarcie – NC) zwane *napięciem przyciągnięcia*. W tym kontekście znaczenia nabierają też *napięcie podtrzymania*, to jest najniższa wartość napięcia przyłożonego do cewki, przy którym przełącznik (poprzednio zasilony napięciem o wartości nominalnej) nie zwalnia styków oraz napięcie zwolnienia, to jest wartość napięcia cewki, przy której przełącznik (poprzednio zasilony napięciem o wartości nominalnej) definitywnie zwalnia styki. *Napięcie maksymalne* jest najwyższą wartością napięcia przyłożonego do cewki, przy której przełącznik może pracować, w zależności od temperatury otoczenia.

REZYSTANCJA CEWKI. co oczywiste, zależy od liczby zwojów drutu oraz jego przekroju. Średnia wartość rezystancji cewki jest podawana w standardowych warunkach i temperaturze otoczenia 23°C.

NOMINALNY POBÓR PRĄDU to średnia wartość prądu cewki przy zasilaniu napięciem nominalnym. Dla przełączników półprzewodnikowych podaje się prąd kontrolny, to nominalne natężenie prądu płynącego przez układ wejściowy, gdy jest on zasilany napięciem nominalnym.

Parametry izolacji

Koordinacja izolacji jest określana w odniesieniu do norm EN 61810-1 ed.2 oraz 60664-1. Zgodnie z normą EN 61810-1 ed.2, cechy charakterystyczne izolacji przełącznika mogą być opisane przez dwa parametry – nominalne napięcie szczytowe (Rated Impulse Voltage) oraz stopień zanieczyszczenia (Degree of Pollution).

Aby upewnić się, co do właściwej koordynacji izolacji pomiędzy przełącznikiem a aplikacją, projektant urządzenia (użytkownik przełącznika) powinien określić nominalną impulsową wartość napięcia odpowiednio dla swojej aplikacji oraz stopień zanieczyszczenia dla otaczającego mikro-środowiska, w którym pracuje przełącznik. Na tej podstawie musi on dobrać odpowiedni dla aplikacji przełącznik, zgodnie z parametrami określonym w karcie katalogowej danego typu przełącznika.

Aby ustalić odpowiedni stopień zanieczyszczenia oraz wytrzymałość na impuls napięciowy należy odnieść się do właściwego standardu lub rozważyć dane podane w tabelach 4 i 5. Wybierając odpowiednią wytrzymałość napięciową należy kierować się wiedzą o nominalnej wartości zasilania i na temat kategorii napięciowej (jak podano w normie IEC 60664-1).

W zależności od standardu produktu, stopnie zanieczyszczenia 2 i 3 są najczęściej używane dla urządzeń. Na przykład norma „EN 50178” (urządzenia elektroniczne do użytku w instalacjach mocy) zaleca, w normalnych warunkach, użycie komponentów adekwatnych dla stopnia zanieczyszczenia 2.

Przykłady specyfikacji nominalnego impulsu napięciowego oraz stopnia zanieczyszczenia:

- **4 kV/3** (ten przełącznik jest przeznaczony do przetrzymania impulsu napięciowego 4 kV i może pracować w środowisku zgodnym ze stopniem zanieczyszczenia 3),
- **4 – 2,5 kV/3** (ten przełącznik jest przeznaczony do przetrzymania impulsu napięciowego 4 kV i 2,5 kV oraz może pracować w środowisku o 3 stopniu zanieczyszczenia).



Tabela 4. Szacowanie wytrzymałości napięciowej

| Nominalne napięcie systemu zasilania (głównego) odpowiednio do IEC60664-1 | | Napięcie w odniesieniu do linii neutralnej (dostarczane przez nominalne napięcie AC lub DC do i dotychczas) | Wytrzymałość na impuls napięciowy | | | |
|---|------------|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| 3-fazy | 1-faza | | I | II | III | IV |
| | 120 do 240 | 150 | 800 | 1500 | 2500 | 4000 |
| 230/400* | | 250* | 1200* | 2200* | 3600* | 5500* |
| 230/400 | 277/480 | 300 | 1500 | 2500 | 4000 | 6000 |

* - Zastosowanie mają wartości przybliżone (interpolowane)

Tabela 5. Określanie stopnia zanieczyszczenia

| Stopień zanieczyszczenia | Przybliżone warunki panujące w otoczeniu |
|--------------------------|---|
| 1 | Bez zanieczyszczeń lub tylko suche, nie-przewodzące zanieczyszczenia. Zanieczyszczenie nie ma wpływu |
| 2 | Tylko nie przewodzące zanieczyszczenia, wyjątkowo okazjonalnie lub czasowo spodziewane są przewodzące spowodowane przez kondensację |
| 3 | Występują przewodzące zanieczyszczenia lub suche nie przewodzące, które stają się przewodzącymi na skutek kondensacji, która jest spodziewana |
| 4 | Zanieczyszczenia powodują stałe przewodnictwo spowodowane przez nagromadzony pył lub deszcz czy śnieg |

Jeśli podany jest tylko impuls napięciowy, jego wartość odnosi się do wszystkich obwodów elektrycznych: każdy do każdego i każdy do dostępnych powierzchni. Jeśli podawane są dwie wartości impulsu napięciowego pierwsza z nich odnosi się do kontaktów: każdy do każdego i każdy do dostępnych powierzchni równie dobrze jak i do innych obwodów elektrycznych. Druga wartość podawana jest dla cewki w stosunku do dostępnych powierzchni oraz innych obwodów elektrycznych.

WYTRZYMAŁOŚĆ DIELEKTRYCZNA. Parametr może być opisany dla napięcia przemiennego lub dla przepięcia (impuls 1,2/50 μs). Zależność pomiędzy napięciem przemiennym oraz przepięciami jest opisana w normie IEC 60664-1, aneks A, tabela A.1.

WYTRZYMAŁOŚĆ DIELEKTRYCZNA POMIĘDZY OTWARTYMI KONTAKTAMI. Parametr znacznie przekracza maksymalne napięcie przełączane. Typowo, jako rezultat przerwy o szerokości 0,3...0,5 mm pomiędzy stykami jest uzyskiwana wytrzymałość dielektryczna około 1300...1500 V (impuls 1,2/50 μs), ale dla konkretnej aplikacji zawsze należy odnieść się do danych katalogowych.

GRUPA IZOLACJI. Ostatni sposób specyfikacji właściwości izolacji nawiązujący do koordynacji izolacji, zastępuje klasyfikację grupy izolacji, tak jak C250, nawiązującą do starego standardu VDE 0110.

BEZPIECZNA SEPARACJA/PODWÓJNA IZOLACJA. Koordynacja izolacji, jak opisano wcześniej, zapewnia separację od przepięć pochodzących

z innych obwodów elektrycznych a ostatecznie redukuje je do bezpiecznego poziomu konstrukcyjnego. Powodem jest nie tylko uniemożliwienie bezpośredniego dostępu do odizolowanych części obwodu i dzięki temu uniknięcie ryzyka porażenia, ale również unikanie sytuacji, gdzie uszkodzenie doprowadza do zagrożenia życia (dobrymi przykładami są aplikacje telekomunikacyjne i medyczne).

Dla aplikacji wysokiego ryzyka czy wysokiej integracji, wymagane są specjalne rodzaje izolacji o podwyższonym stopniu izolacji fizycznej i integralności pomiędzy obwodami. Zapewniana są one przez bezpieczną separację oraz podwójną izolację. Regulacje dla bezpiecznej separacji wprowadzają warunki, które muszą być spełnione dla obwodów PELV (protected extra low voltage) lub SELV (safety extra low voltage).

We wszystkich przypadkach, gdzie napięcie sieci 230V oraz niskie napięcie doprowadzane są razem do przełącznika, wszystkie niżej wymienione wymagania dla przełącznika, włączając w to połączenia i okablowanie, muszą być konsekwentnie spełnione:

- Niskie napięcie musi być odseparowane od sieci zasilającej 230 V AC przez podwójną lub wzmocnioną izolację. Oznacza to, że pomiędzy dwoma obwodami elektrycznymi musi być zapewniona wytrzymałość dielektryczna 6 kV (1,2/50 μs). Można to osiągnąć na przykład przez izolację powietrzną w postaci szczeliny od szerokości 5,5 mm. Należy jednak pamiętać, że wytrzymałość takiego dielektryka zależy od stopnia zanieczyszczenia mikrośrodowiska pracy oraz materiału bazowego, jeśli przełącznik umieszczony jest na płytce drukowanej.
- Obwody elektryczne w przełączniku muszą być chronione przed jakąkolwiek możliwością zwarcia do siebie napięcia niskiego i napięcia sieci 230 V AC, na przykład przez luźne części metalowe znajdujące się wewnątrz przełącznika. Osiągane jest to przez fizyczną separację obwodów dzięki umieszczeniu styków w izolowanych od siebie komorach wewnątrz przełącznika.
- Przewody dołączone do przełącznika muszą być fizycznie odseparowane każdy od każdego. Normalnie jest to osiągnięte przez używanie odseparowanych kanałów kablowych.
- Dla przełączników montowanych na płytkach drukowanych musi być zapewniona właściwa odległość pomiędzy ścieżkami dołączonymi do niskiego napięcia i ścieżkami dołączonymi do innych napięć.

Niektóre przełączniki oferowane są z opcją izolacji SELV. Mimo, iż aplikacje tego typu wydają się być bardzo złożone, stosując je użytkownik musi odnieść się tylko do dwóch ostatnich punktów. Dzięki wyprowadzeniom cewki i kontaktów umieszczonymi po przeciwnych stronach przełącznika czy gniazda, ułatwiona jest separacja połączeń w różnych kanałach kablowych. Podobnie z układem ścieżek na płytce drukowanej.

Parametry techniczne

Przełącznik jest charakteryzowany przez szereg parametrów, których zrozumienie jest kluczem do poprawnej aplikacji.

Jak łatwo zauważyć, praca przełącznika jest charakteryzowana przez cykl, w którego trakcie następuje zadziałanie i w dalszej kolejności wyłączenie przełącznika. Podczas cyklu do cewki dołączone jest i odłączone napięcie nominalne a kontakty przesuwają się z punktu, w którym na przykład obwód jest załączony, przez przerwanie obwodu, do punktu, w którym obwód jest wyłączony. Cykl jest charakteryzowany przez czas trwania.

Trwałość mechaniczna przełącznika określa jego odporność mechaniczną, która to – obok żywotności styków – jest głównym czynnikiem wyznaczającym niezawodność. Test trwałości mechanicznej zwykle jest przeprowadzany przez zasilanie cewki pewnej liczby przełączników danego typu z częstotliwością 8 cykli na sekundę, bez obciążenia elektrycznego dołączonego do kontaktów. Parametr ten określa trwałość przełącznika, gdy obciążenie przenoszone przez kontakty nie ma znaczenia. Maksymalna trwałość elektryczna może,



Tabela 6. Stopień szczelności obudowy przełącznika

| Kategoria technologiczna przełącznika | Warunki eksploatacji |
|--|--|
| RT 0 – Przełącznik otwarty | Przełącznik nie jest dostarczany z obudową ochronną |
| RT I – Przełącznik chroniony przed pyłem | Przełącznik jest dostarczany z obudową, która chroni mechanizm przed pyłem |
| RT II – Przełącznik odporny na działanie topnika | Przełącznik może być automatycznie lutowany bez zezwolenia na migrację topnika lutowniczego pomiędzy zamierzonymi obszarami |
| RT III – Przełącznik odporny na mycie | Przełącznik może być automatycznie lutowany i następnie może przejść proces mycia, aby usunąć nagromadzony topnik bez zezwolenia na wchodzenie topnika lub związków myjących |
| RT IV – Przełącznik w obudowie szczelnej | Przełącznik dostarczany w obudowie, która nie posiada otworów wentylacyjnych |
| RT V – Przełącznik zamknięty hermetycznie | Przełącznik w obudowie o podwyższonym stopniu szczelności |

więc osiągać trwałość mechaniczną, gdy obciążenie elektryczne kontaktów jest bardzo małe.

CZAS ZADZIAŁANIA upływa pomiędzy przyłożeniem nominalnego zasilania do doprowadzeń cewki, a momentem, gdy kontakt typu NO (normalnie otwarty) zostanie zwarty. **Uwaga! Czas zadziałania nie uwzględnia czasu drgań styków.**

CZAS ZWOLNIENIA (ROZŁĄCZENIA). Dla przełączników NC jest to typowa wartość czasu pomiędzy odłączeniem zasilania od cewki przełącznika, a zwarcie kontaktów typu NC (normalnie zamkniętych). Nie uwzględnia czasu drgań styków. Dla przełączników NO (normalnie otwartych) jest to typowa wartość czasu pomiędzy odłączeniem napięcia zasilania od cewki przełącznika a otwarciem kontaktów NO (normalnie otwartych). Oba czasy mogą różnić się od podanych w danych katalogowych, jeśli równoległe do styków przełącznika dołączono obwody tłumiące przepięcia na cewce (obwód RC, dioda).

Podczas załączania przełącznika na skutek sprężystości materiału i właściwości mechanicznych występuje drganie styków. Parametr o nazwie **CZAS DRGANIA STYKÓW** określa typową wartość czasu trwania drgań styków, dla kontaktów typu NO (normalnie otwarty) lub NC (normalnie zamknięty).

Podsumowując, w danych katalogowych przełącznika można znaleźć następujące czasy:

- T_A – czas załączenia,
- T_B – czas trwania drgań styków dla kontaktów typu NO,
- T_C – czas zwolnienia (przełączniki NC),
- T_D – czas zwolnienia (przełączniki CO),
- T_E – czas trwania drgań styków NC.

ZAKRES TEMPERATURY OTOCZENIA informuje o temperaturze, w której jest umieszczony jest przełącznik i dla których gwarantowana jest poprawna praca przełącznika.

ODPORNOŚĆ NA WARUNKI ŚRODOWISKOWE jest określana zgodnie z normą IEC 61810-7. Stopień uszczelnienia obudowy przełącznika opisuje kategoria technologii – wymieniono je w tabeli 6.

KATEGORIA OCHRONY OBUDOWY jest określana zgodnie z normą EN 60529. Pierwsza cyfra odnosi się do ochrony przed wchodzeniem stałych, obcych obiektów do wnętrza urządzenia jak również do dostępu do części stwarzających zagrożenie. Druga cyfra odnosi się do ochrony przed wtargnięciem wody. Dla przełączników stopień IP jest określany dla normalnego użytkownika przełącznika umieszczonego w gnieździe lub na płytce drukowanej. Dla złącz IP20 oznacza, że złącze jest zabezpieczone przed dotykiem (VDE0106).



Przykłady określenia stopnia ochrony:

- IP 00 – brak ochrony (obudowa otwarta),
- IP 20 – chronione przed obiektami stałymi o średnicy 12,5 mm i większej. Brak ochrony przed dostępem wody.
- IP 40 – chronione przed obiektami stałymi o średnicy 1 mm i większej. Brak ochrony przed dostępem wody.
- IP 50 – chronione przed pyłem (wchodzenie pyłu nie jest całkowicie chronione, ale pył nie będzie penetrował wnętrza w ilości umożliwiającej pogorszenie parametrów przełącznika). Brak ochrony przed dostępem wody.
- IP 67 – całkowicie chronione przed pyłem i chronione przed cząsteczkowym działaniem wody.

ODPORNOŚĆ NA WIBRACJE. Maksymalna wartość przyspieszenia (mierzona w $g=9,81 \text{ m/s}^2$) dla zakresu częstotliwości od 10 do 55 Hz, która może być zastosowana do przełącznika w 3 współrzędnych, bez otwarcia kontaktów typu NO na czas dłuższy niż 10 μs (cewka przełącznika jest zasilona) lub kontaktów typu NC (cewka nie jest zasilana). W stanie zasilenia, odporność na wibracje jest zazwyczaj większa, niż w stanie odłączenia napięcia zasilającego.

Na koniec

Przedstawiony wyżej skrót wiedzy pozwoli na poprawne interpretowanie chociaż części danych zawartych w kartach katalogowych przełączników. Każdy konstruktor powinien pamiętać, że niezawodność urządzenia w dużej mierze zależy od niezawodności wszystkich części składowych, bo jeśli chociaż jedna z nich zawiedzie, to awarii ulega cały sterownik, maszyna, sprzęt AGD itp. Z tego punktu widzenia na niezawodność całości ogromny wpływ ma właściwy, poprawny dobór komponentów, zgodnie z ich funkcjonalnością i późniejszym przeznaczeniem. Dlatego jeśli karta katalogowa przełącznika jest niedostępna lub niewiarygodna, to może lepiej nie używać przełącznika, nawet pomimo jego niskiej ceny? Pomimo pozornych oszczędności, późniejsze koszty mogą być ogromne: naprawy gwarancyjne, utrata wizerunku, konieczność ponownego zakupu komponentów jako części zamiennych.

Jacek Bogusz, EP

