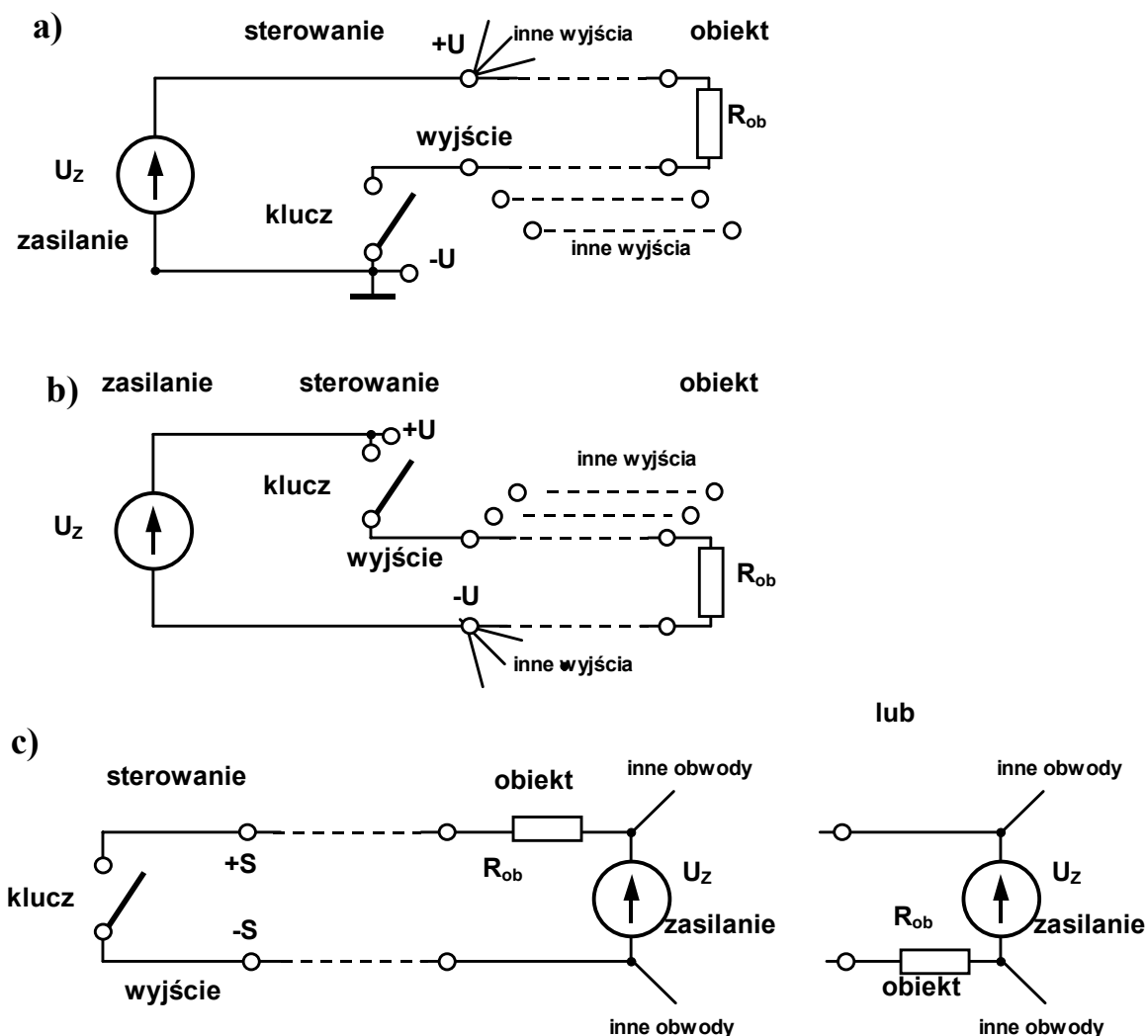


## Stany awaryjne w obwodzie wyjść dwustanowych

Przed układami wyjść dwustanowych (UWD) stawia się wymaganie odporności na zwarcie obciążenia w obwodzie, przeciążenia oraz inne stany awaryjne. Zwarcie rozumiane jest nie tylko jako zwarcie obciążenia, lecz też jako zwarcie napięcia zasilania, zwarcia do innych napięć w systemie, masy ziemi ochronnej i itp. Mówiąc stanach awaryjnych należy rozpatrywać cztery typowe konfiguracje wyjść dwustanowych. Urządzenia automatyki mają najczęściej więcej niż jedno wyjście. Mogą one mieć odrębne (odseparowane galwanicznie) źródła zasilania. Najczęściej jednak wspólny zasilacz obsługuje wiele wyjść. Daje to powiązanie wyjść przez wspólne zasilanie. (Rys. 1).



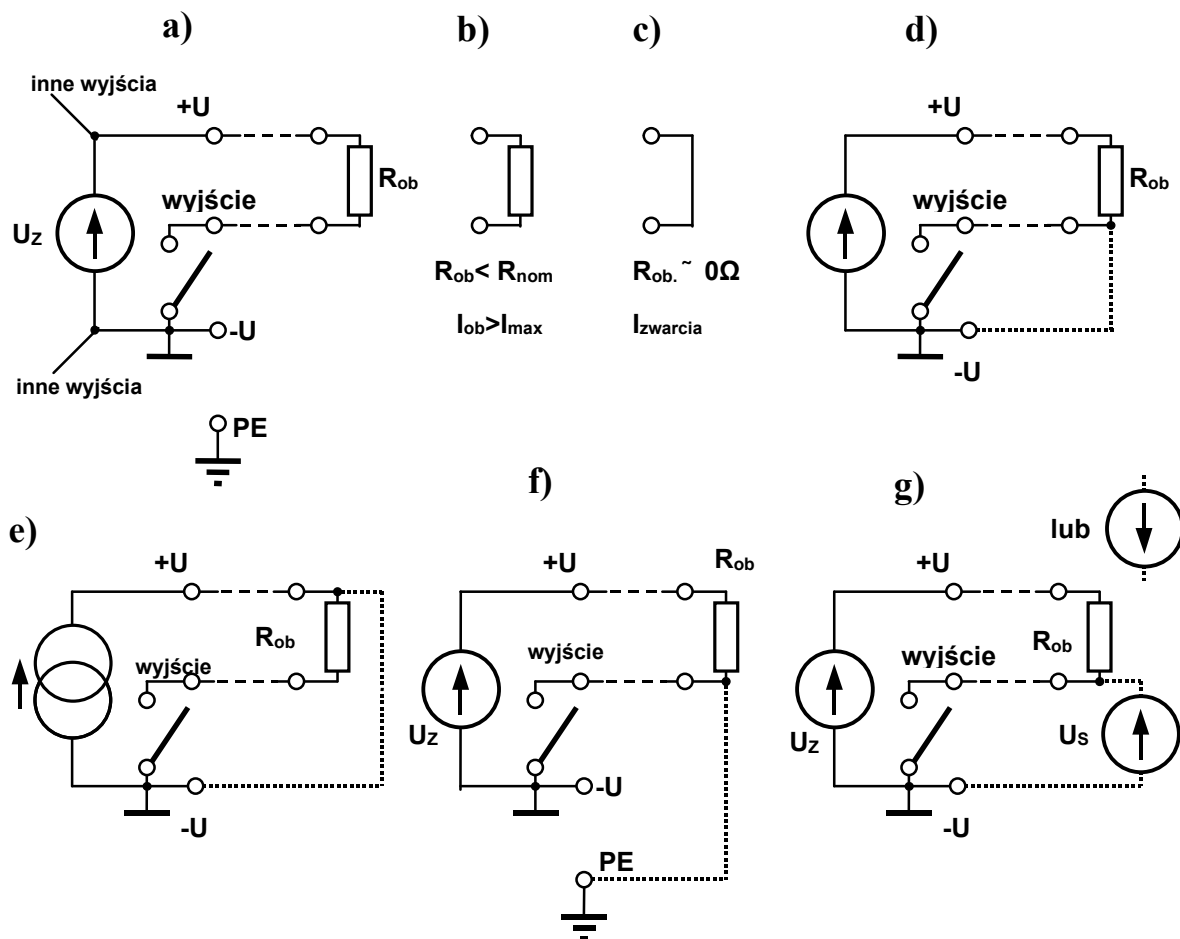
Rys. 1. Podstawowe konfiguracje wyjść dwustanowych typu: a) czynne (dostarczające energię) ze wspólnym dodatnim biegunem zasilania(logika ujemna), b) czynne ze wspólnym ujemnym biegunem zasilania (logika dodatnia), c) bierne.

Dla uniknięcia problemów wynikających ze wspólnego zasilania należy:

- trzymać się konsekwentnie wybranej konwencji wyjść,
- stosować obwody wyjść dwustanowych separowane galwanicznie między sobą i z separowanym zasilaniem.

Opiszmy, na przykładzie konfiguracji wyjścia z Rys. 1.a, sytuacje awaryjne, które mogą wystąpić i są zilustrowane na Rys. 2.:

- przeciążenie wyjścia (Rys. 2.b), gdy obciążenie jest mniejsze od nominalnego ( $R_{ob} < R_{nom}$ ) czyli jest przekroczony maksymalny prąd wyjścia ( $I_{ob.} > I_{max}$ ). Może być też wywołane nadmiernym wzrostem napięcia zasilania.
- zwarcie obciążenia (Rys. 2.c),
- zwarcie do zacisku zasilania (Rys. 2.d) daje efekt ciągłego włączenia obciążenia niezależnie od stanu klucza. Wykrywanie tej awarii jest możliwe przez kontrolę napięcia na kluczu w stanie rozwarcia. Powinno być napięcie bliskie napięciu zasilania. Przy niskim napięciu na kluczu sygnalizowany jest błąd.
- zwarcie zasilania (Rys. 2.e) wymaga wprowadzenia do źródła zasilania zabezpieczenia prądowego lub zastosowania źródła prądowego,
- zwarcie do zacisku ochronnego PE. Skutki takiego uszkodzenia należy rozpatrywać w połączeniu z stosowanymi w obwodzie środkami ochrony przepięciowej, przyłączonymi zwykle względem ziemi ochronnej PE, (Rys. 2. f)
- zwarcia do innych napięć połączonych galwanicznie z obwodem (Rys. 2. g).

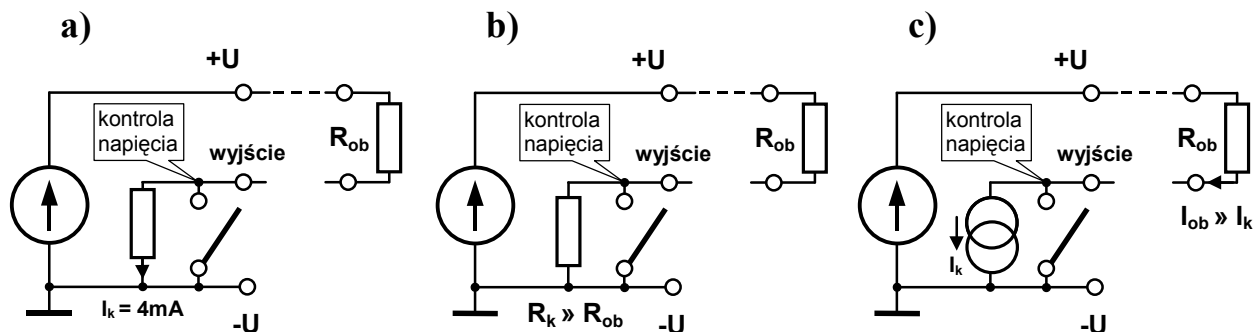


Rys. 2. Przykłady stanów awaryjnych wyjść dwustanowych.

## Przerwa w torze transmisyjnym

Odrębnym typem uszkodzenia jest przerwa w torze transmisyjnym sygnału. Kontrolę ciągłości linii prowadzimy przez:

- Stosowanie przesunięcia prądowego (sygnał typu 4-20mA) jak na Rys. 3.a.
- Zastosowanie, przyłączonego równolegle do klucza, obciążenia o rezystancji zdecydowanie większej od obciążenia i kontrolowanie napięcia na rozwartym kluczu (Rys. 3.b). Przy niskim napięciu na kluczu sygnalizowany jest błąd.
- Podobną rolę może pełnić źródło prądowe o odpowiedniej wydajności (Rys. 3.c).



Rys. 3. Sposoby wykrywania przerwy w obciążeniu wyjść dwustanowych.

## Zabezpieczenie przed niewłaściwą obsługą i innymi przyczynami zwarć i przeciążeń

Należy przewidzieć zabezpieczenie wyjść przed uszkodzeniami wynikającymi z:

- przyłączenia zamiast obciążeń, napięć stałych lub zmiennych przez nieuwagę lub niewykwalifikowaną obsługę.
- dostanie się tych napięć w wyniku awarii.

Rozwiązaniem jest umieszczenie w układzie elementów zabezpieczających układ przez czas niezbędny do zadziałania bezpieczników topikowych lub termistorowych. Zabezpieczenia są często podobne do zabezpieczeń przepięciowych komutacyjnych i indukowanych.

Stosowane jest dwojaki sposób do zabezpieczeń:

- Zabezpieczenia wewnętrzne, czyli umieszczone w całości wewnątrz urządzenia.
- Zabezpieczenie na poziomie minimalnym wbudowane w urządzenie, a pozostałe na zewnątrz.

## Zabezpieczenie elementu kluczującego przed przeciążeniem i zwarciem w obwodzie

W systemach automatyki wymagana jest odporność wyjść dwustanowych na zwarcia i przeciążenia. Zalecenia normy PN-EN 61131-2:2008 („Sterowniki programowalne. Część 2: Wymagania i badania dotyczące sprzętu) wyróżniają dwie kategorie wyjść”):

- wyjścia elektromechaniczne,
- wyjścia półprzewodnikowe,

Dla obu kategorii wyróżnia się wyjścia zabezpieczone i niezabezpieczone.

### Wyjścia zabezpieczone (wg PN-EN 61131-2:2008)

Sposób i zakres zabezpieczenia definiuje się dla wyjść elektromechanicznych, wyjść półprzewodnikowych prądu stałego i zmiennego.

Wyjścia dwustanowe określane przez producenta jako **zabezpieczone**, muszą spełniać następujące warunki:

- wyjście powinno wytrzymywać i układ zabezpieczający powinien działać prawidłowo dla wszystkich ustalonych wartości prądu wyjściowego większego niż 1,1 znamionowego

prądu wyjściowego dla wyjść zmiennoprądowych i 1,2 znamionowego prądu wyjściowego dla wyjść stałoprądowych,

- po zresetowaniu lub wymianie pojedynczego urządzenia zabezpieczającego urządzenie powinno powrócić do normalnej pracy,
- podczas trwania przeciążenia nie powinno wystąpić ryzyko zapalenia lub przebiecia elektrycznego i natychmiast po ustąpieniu przeciążenia maksymalny przyrost temperatury izolacji wejść / wyjść nie powinien przekroczyć określonych normami wartości.

W przypadku zadziałania zabezpieczenia musi nastąpić restart wyjścia. Wyróżnia się trzy opcje restartu:

- ♦ **Automatyczny restart zabezpieczonego wyjścia.** Wyjście automatycznie powraca do normalnego stanu po ustąpieniu przeciążenia,
- ♦ **Sterowany restart zabezpieczonego wyjścia.** Zabezpieczone wyjście jest resetowane sygnałami (np. zdalnego sterowania),
- ♦ **Ręczny restart zabezpieczonego wyjścia.** Zabezpieczone wyjście wymaga interwencji operatora w celu powrotu do normalnego stanu (np. wymiana bezpieczników topikowych, odblokowanie zabezpieczenia elektronicznego).

W przypadku wyjść określonych przez producenta jako **odpornych na zwarcie** według normy muszą one spełniać następujące warunki:

- dla wszystkich prądów wyjściowych mieszczących się między  $I_N$  a  $2 \cdot I_N$  (gdzie  $I_N$  jest wartością znamionową) wyjście powinno pracować i wytrzymywać chwilowe przeciążenia (ściśle określone przez producenta),
- układ zabezpieczający powinien zadziałać dla wszystkich prądów wyjściowych mogących przekroczyć 20 razy wartość znamionową. Po zresetowaniu lub wymianie układu zabezpieczającego urządzenie automatyki (sterownik programowalny) powinno powrócić do normalnego działania,
- dla wyjściowych prądów w zakresie od 2 do 20 razy większych niż  $I_N$  dla chwilowych przeciążeń ponad granice ustanowione przez producenta układ zabezpieczający może wymagać naprawy lub wymiany,
- podczas trwania przeciążenia o wartości  $2 \cdot I_N$  w czasie 5 min nie powinno wystąpić ryzyko zapalenia lub przebiecia elektrycznego i natychmiast po ustąpieniu przeciążenia maksymalny przyrost temperatury izolacji wejść / wyjść nie powinien przekroczyć określonych normami wartości.

### Wyjścia niezabezpieczone

Wyjścia określone jako **nie zabezpieczone** a przystosowane do współpracy z urządzeniami zabezpieczającymi dostarczonymi przez wytwórcę, powinny spełniać wszystkie wymagania ustanowione dla wyjść odpornych na zwarcie.

### Elementy ochrony przeciążeniowej i zwarciorowej

Elementy ochrony przed przeciążeniami i zwarciami można podzielić na:

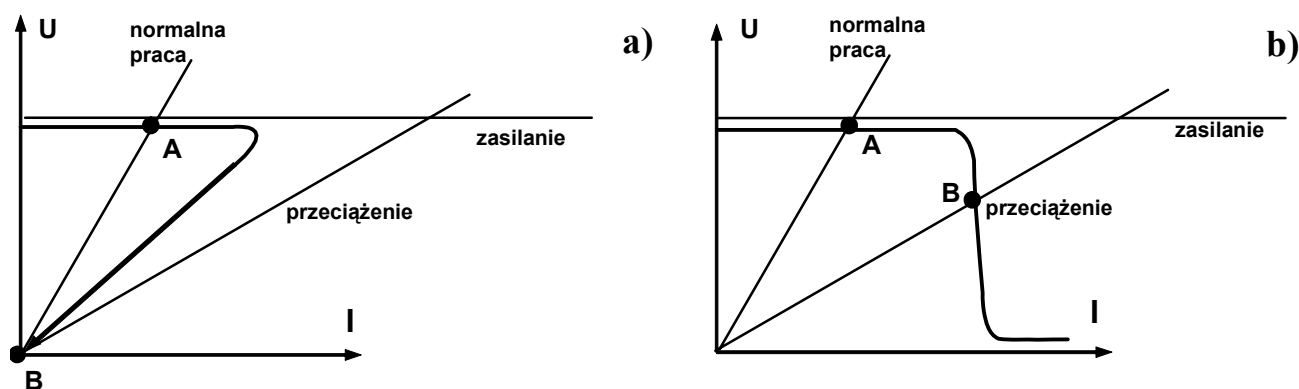
- A. Zabezpieczenia przeciążeniowe elektroniczne – UWD III część,
- B. Zabezpieczenia przed zwarciami do napięć zasilających (wykrywanie zwarć) - UWD II część,
- C. Elementy bierne ograniczające prąd: rezystory Dodatek K
- D. Elementy bierne termiczne (termistory i pozystory- Dodatek F, bimetale – Dodatek H),
- E. Bezpieczniki (Dodatek G).

Zabezpieczenia wyjść elektromechanicznych (przełącznikowych) jako bardziej odporne na uszkodzenia opierają się głównie na elementach biernych i bezpiecznikach (grupa C, D i E). Wyjścia półprzewodnikowe dla napięć stałych zawierają tranzystory kluczujące. Są one wyposażone w dodatkowe układy kontrolujące prąd i zabezpieczające przed przegrzaniem. W przypadku przekroczenia założonej wartości granicznej prądu lub temperatury struktury półprzewodnika, następuje wyłączenie tranzystora sterującego w sposób trwały lub wyłączenie okresowe.

Obecnie produkuje się je w postaci specjalizowanych układów scalonych (układy kluczujące oraz wzmacniacze) przeznaczonych do sterowania różnorodnymi obciążeniami. Stosuje się w nich elementy zabezpieczające mające na celu ochronę przed przetężeniami i zwarciami wyjścia do: obciążenia, napięcia zasilania, masy lub ziemi (ochronnej) oraz przekroczeniem maksymalnej dopuszczalnej temperatury układu.

Niezależnie od zabezpieczenia realizowanego na drodze elektronicznej celowe jest umieszczanie zabezpieczeń dublujących je lub minimalizujących skutki uszkodzenia. Są to najczęściej elementy bierne i bezpieczniki.

Ze względu na sposób działania zabezpieczenia stosowane w układach scalonych przed skutkami zwarcia, przeciążeń i nadmiernej temperatury pracy dzieli się na:



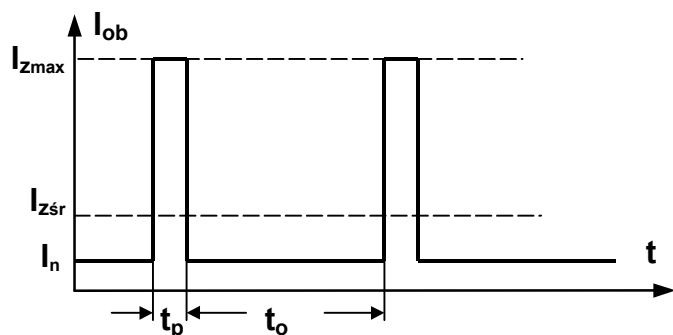
Rys. 4. Charakterystyka przejściowa typowego: a) zabezpieczenia przerzutnikowego, b) zabezpieczenia analogowego.

a) **Przerzutnikowe** - przekroczenie założonej wartości granicznej kontrolowanego parametru (prąd obciążenia, temperatura) powoduje trwałe wyłączenie całego układu lub jego części. Ponowne włączenie następuje poprzez podanie zewnętrznego sygnału odblokowującego układ. Istotną wadą, eliminującą z wielu zastosowań jest konieczność odblokowywania wyjścia po zadziałaniu zabezpieczenia, (Rys. 4.a).

b) **Analogowe** - gdzie następuje ograniczenie prądu wyjściowego układu. Zasada działania zabezpieczenia jest analogiczna do stosowanej w układach stabilizatorów napięcia. Bardzo trudne jest ograniczenie wydzielanej na tranzystorze mocy w czasie przeciążenia do poziomu mocy przy kluczowaniu. Tranzystory wykorzystywane jako klucze są znacznie mniejszej mocy czynnej wydzielanej (Rys. 4.b),

c) **Próbkujące (impulsowe)**, - przekroczenie założonej wartości granicznej kontrolowanego parametru (prąd obciążenia, temperatura) powoduje wyłączenie całego układu lub jego części. Ponowne włączenie następuje automatycznie po ustąpieniu zakłócenia w postaci przeciążenia lub nadmiernej temperatury. W układach tych bardzo często stosowane są układy z histerezą w celu zapobiegania wydzielania się nadmiernej mocy.

Co pewien czas w układach próbkujących następuje krótkotrwałe odblokowanie tranzystora i wówczas płynie prąd zwarcia ograniczony parametrami układu. Jednak wartość średnia mocy wydzielonej w tranzystorze wyjściowym podczas zwarcia jest porównywalna z mocą traconą w stanie normalnej pracy, (Rys. 5).



Rys. 5. Charakterystyka przejściowa zabezpieczenia próbkującego (impulsowego),  $I_n$  - prąd wyjściowy znamionowy,  $I_z$  - wartość maksymalna prądu w stanie zwarcia,  $I_{zsr}$  - wartość średnia prądu w stanie zwarcia,  $t_p$  - czas przewodzenia,  $t_o$  - czas zatkania.

Zabezpieczenia z próbkowaniem dzielą się na:

- układy z próbkowaniem ciągłym,
- układy z próbkowaniem ograniczonym (jeżeli przez pewien czas próbkowania

wartość prądu nadal przekracza dopuszczalną wartość to zabezpieczenie powoduje zupełne wyłączenie układu scalonego),

d) **Inteligentne** - są odmianą powyższych zabezpieczeń. Oprócz reakcji na przeciążenie, zwarcie lub nadmierną temperaturę powoduje dodatkowo wysłanie sygnału (najczęściej w postaci cyfrowej) informującego urządzenie nadrzędne (np. procesor) o zaistniałym zagrożeniu. Sygnał wysyłany do systemu nadrzędnego zawiera informację o rodzaju i miejscu powstania zagrożenia. Inteligentne układy zabezpieczeń posiadają także wejścia pozwalające na wyłączenie części lub całości układu przez urządzenie nadrzędne.

Większość układów zabezpieczeń posiada także możliwość sygnalizacji optycznej (LED) o zaistniałych zagrożeniach.