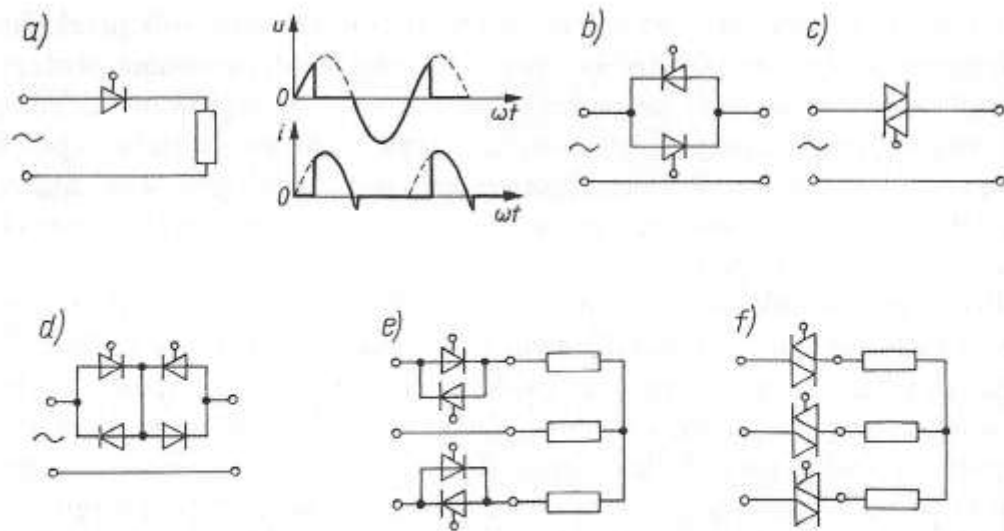


Lekcja 27

Temat: Łączniki energoelektroniczne.

Elementy półprzewodnikowe (dioda, tranzystor, tyrystor), dzięki swym właściwościom, doskonale nadają się do konstruowania łączników niskiego napięcia. Z racji swej budowy łączniki takie zalicza się do urządzeń energoelektronicznych.

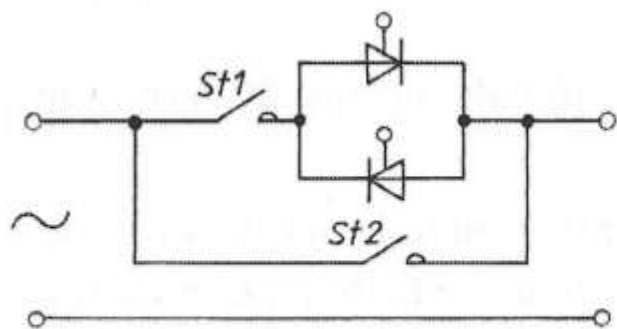
Podstawową zaletą łączników półprzewodnikowych jest brak elementów ruchomych w postaci zestyków. Załączanie i wyłączenie następuje w nich dzięki zmianom w strukturze wewnętrznej półprzewodnika (stan przewodzenia lub stan zaporowy).



Rys. 6.16. Typowe układy łączników tyrystorowych: a) schemat oraz przebiegi napięcia i prądu tyrystora z obciążeniem rezystancyjnym; b) układ odwrotnie równoległy; c) układ z tyrystorem triodowym dwukierunkowym — triakiem; d) układ mieszany tyrystorowo-diodowy; e) układ trójfazowy odwrotnie równoległy niepełny; f) układ trójfazowy z triakami

W praktycznym zastosowaniu rozpowszechniły się przede wszystkim **łączniki tyrystorowe**. Wprowadzenie tyrystora w stan przewodzenia może nastąpić na skutek przepływu prądu w obwodzie bramki (wyzwalanie bramkowe). W układach praktycznych załączenie łączników realizuje się przez podanie na bramkę tyrystorów napięcia dodatniego. Wyjście tyrystorów ze stanu przewodzenia (wyłączenie łącznika) jest możliwe po zmniejszeniu prądu roboczego poniżej wartości prądu wyłączenia. W łącznikach tyrystorowych pracujących w obwodzie prądu przemiennego do wyłączania tyrystorów wykorzystuje się zjawisko tzw. komutacji sieciowej, gdy prąd tyrystora maleje do zera, a następnie na krótko zmienia swój znak i staje się prądem wstecznym.

Brak elementów stykowych umożliwia wyeliminowanie z pracy łączników łuku elektrycznego. Łączniki takie pracują bezgłośnie, są trwałe (do 10^7 łączeń), a ich częstość pracy jest duża (ok. 120 łączeń na godzinę). Ponadto są odporne na wstrząsy, drgania oraz wpływ czynników atmosferycznych. Natomiast wadą łączników jest stosunkowo duża strata mocy w czasie przewodzenia. Spadek napięcia na tyrystorze wynosi ok. $1 \div 2$ V, co przy dużych prądach powoduje wydzielanie się znacznych ilości ciepła. Wymaga to stosowania dużych radiatorów,



Rys. 6.17. Schemat stycznika hybrydowego

Szczególną grupę łączników automatycznych stanowią tzw. **styczniki hybrydowe (rys. 6.17)**. Ich główny człon łączeniowy zawiera elementy ruchome (zestyki) i półprzewodnikowe. Podstawową zaletą styczników hybrydowych jest praktycznie całkowite wyeliminowanie łuku elektrycznego, gdyż przerywanie obwodu roboczego następuje przez tyrystor, natomiast w stanie przewodzenia zmniejszenie

strat mocy osiąga się dzięki zbocznikowaniu tyrystora łącznikiem mechanicznym. Zastosowanie drugiego łącznika gwarantuje galwaniczną separację w stanie otwarcia stycznika. Bardzo ważna jest odpowiednia kolejność czynności łączeniowych. Podczas załączania obwodu kolejność jest następująca (rys. 6.17):

1. Bezprądowe załączenie łącznika mechanicznego (St1);
2. Załączenie obwodu za pomocą tyrystora;
3. Zbocznikowanie tyrystora przez załączenie (St2).

Otwieranie stycznika hybrydowego (w kolejności odwrotnej):

1. Praktycznie beznapięciowe otwarcie (St2);
2. Bezłukowe przerwanie obwodu tyrystorem;
3. Bezprądowe otwarcie (St2).

Styczniki hybrydowe stosuje się przede wszystkim w układach, które wymagają dużej trwałości i niezawodności łączenia.

Lekcja 28 Wyłączniki

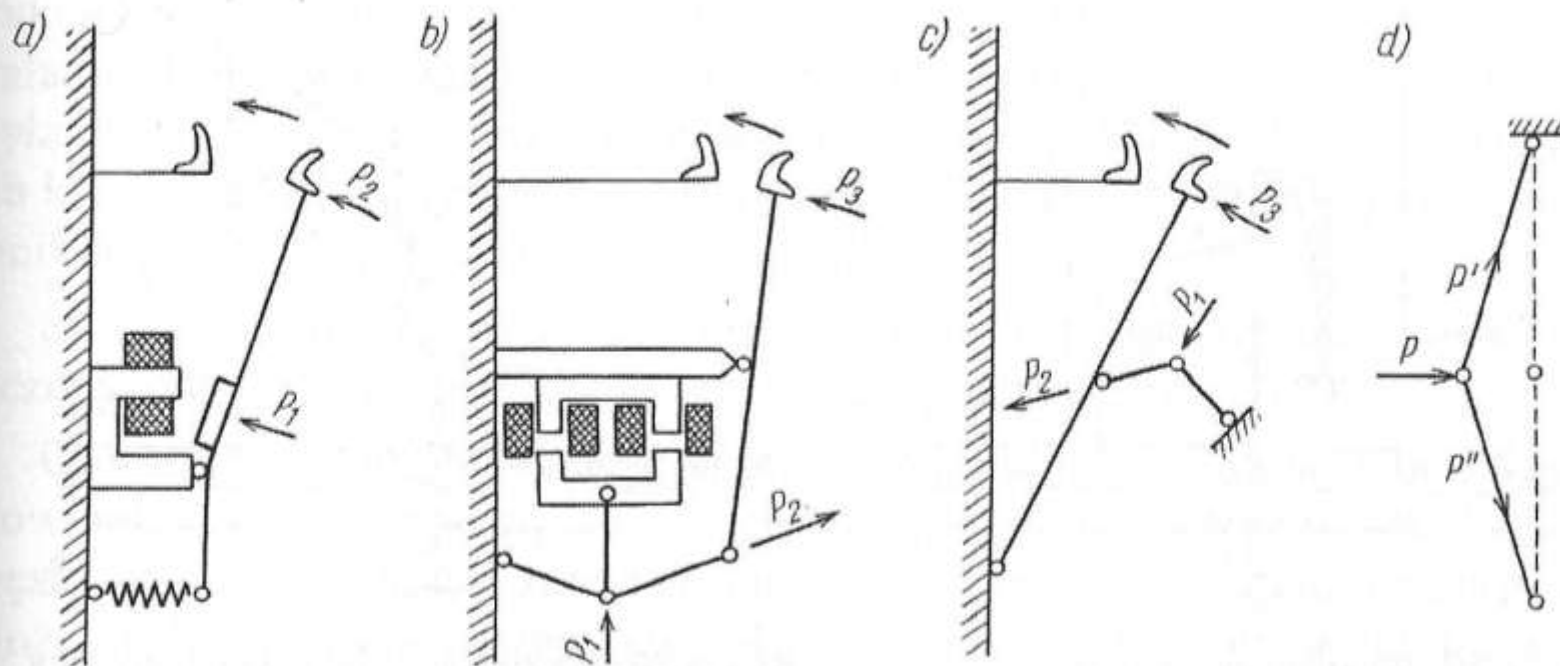
Wyłączniki, umożliwiające wyłączanie prądów zwarciovych, są bardziej skomplikowanymi aparatami niż styczniki. Wyłączniki niskonapięciowe produkują się wyłącznie jako suche.

Podstawowe zespoły wyłącznika to:

- układ zestyków głównych i pomocniczych,
- komory gaszące,
- urządzenia wyzwajające,
- zamek,
- napęd.

Stosuje się różnego typu napędy, najczęściej jednak **ręczny, elektromagnetyczny** (elektromagnesowy) i **silnikowy**. Siła napędzająca przekładnię przenosi się na wał główny wyłącznika, na którym są umocowane styki ruchome. W wyłącznikach na niniejsze prądy stosuje się przeważnie **przekładnię dźwigniową**

(rys. 6.18a). Dla większych wartości prądu trzeba zapewnić silniejszy docisk między stykami, co umożliwia przekładnia przegubowa (rys. 6.18b i c). Aby ruch powrotny przekładni przegubowej podczas wyłączania był swobodny, przegub napędzający nie może dojść do tzw. **punktu martwego**,

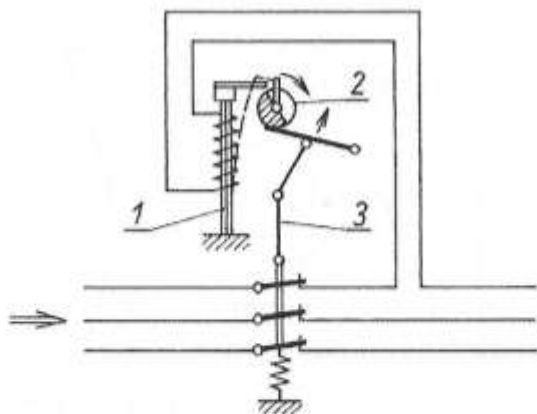


Rys. 6.18. Przekładnie wyłączników: a) dźwigniowa; b), c) przegubowe; d) rozkład siły P działającej na przegub na składowe o dużym kącie rozwarcia (linią kreskową zaznaczono martwe położenie dźwigni przegubowej)

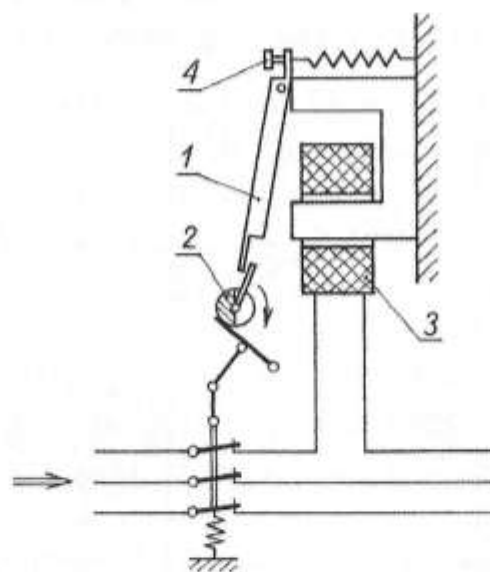
Najistotniejszym elementem konstrukcyjnym różniącym wyłącznik od stycznika jest **zamek**. Powoduje on, że po zamknięciu się styków wyłącznika układ napędowy zostaje zaryglowany i siła nacisku na niego (np. przerwanie prądu w obwodzie cewki elektromagnesu napędowego) nie powoduje rozwarcia się styków. Do otworzenia wyłącznika jest konieczne zadziałanie osobnego **urządzenia wyzwalamącego** działającego na zamek.

Urządzenie powodujące obrót zapadki nazywa się **urządzeniem wyzwalamącym**. Rozróżnia się **wyzwalacze** i **przełączniki**. Różnica między nimi polega na tym, że wyzwalacze działają bezpośrednio na odryglowanie zamka, natomiast przełączniki sterują wyzwalaczami przez zamknięcie lub otwarcie obwodu elektrycznego.

Wyzwalacze termiczne (rys. 6.19) działają na takiej samej zasadzie jak omówione wcześniej przekaźniki termobimetalowe, z tą tylko różnicą, że działają bezpośrednio na zamek wyłącznika, a nie na obwód sterowania. W nowszych konstrukcjach wyłączników zamiast wyzwalaczy stosuje się przekaźniki termiczne (termobimetalowe), które zamykają obwód wyzwalaczy napięciowych obracających zapadkę. Wyzwalacze lub przekaźniki termiczne działają ze zwłoką konieczną do nagrzania bimetalu, toteż są stosowane jako zabezpieczenia przeciążeniowe. Nie nadają się one do zabezpieczeń zwarciovych, gdzie jest konieczne działanie natychmiastowe.



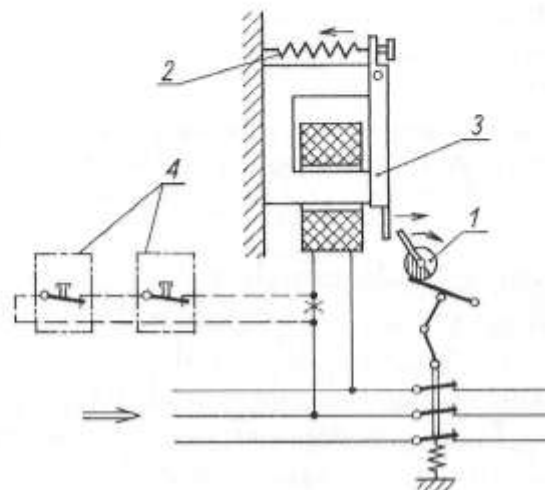
Rys. 6.19. Wyzwalacz termiczny
1 – bimetal, 2 – zapadka, 3 – fragment sprężyna



Rys. 6.20. Wyzwalacz elektromagnetyczny
1 – zwora elektromagnesu, 2 – zapadka zamka, 3 – cewka włączona szeregowo w obwód prądowy, 4 – pokrętło regulacyjne naciągu sprężyny

Wyzwalacze elektromagnetyczne działają przy zwiększeniu prądu ponad wartość nastawioną. Zwiększenie prądu na skutek zwarcia lub przeciążenia powoduje przyciągnięcie ruchomej zwory i obrót zapadki zamka (rys. 6.20). Cewka elektromagnesu jest włączona do obwodu głównego wyłącznika bezpośrednio lub przez przekaźnik. Prąd zadziałania jest nastawiony przez regulację naciągu sprężyny lub szerokości szczeliny między elektromagnesem a zwora. Czas zadziałania wyzwalacza jest bardzo krótki — ok. 0,02 s. Wyzwalacze elektromagnetyczne są stosowane jako zabezpieczenia zwarciorowe lub przeciążeniowe bezzwłoczne.

Wyzwalacze napięciowe zanikowe działają na zasadzie stycznika elektromagnetycznego. Gdy na cewkę elektromagnesu jest podane napięcie, zwora jest przyciągnięta i nie działa na zapadkę. W chwili zaniku napięcia lub znacznego obniżenia się jego wartości zwora pod wpływem sprężyny zostaje odciągnięta



Rys. 6.21. Wyzwalacz napięciowy zanikowy
1 — zapadka zamka, 2 — sprężyna naciągająca wraz z regulatorem, 3 — zwora elektromagnesu, 4 — przyciski zdalnego wyłączenia (linią kreskową zaznaczono sposób przyłączenia przycisków do zdalnego wyłączenia)

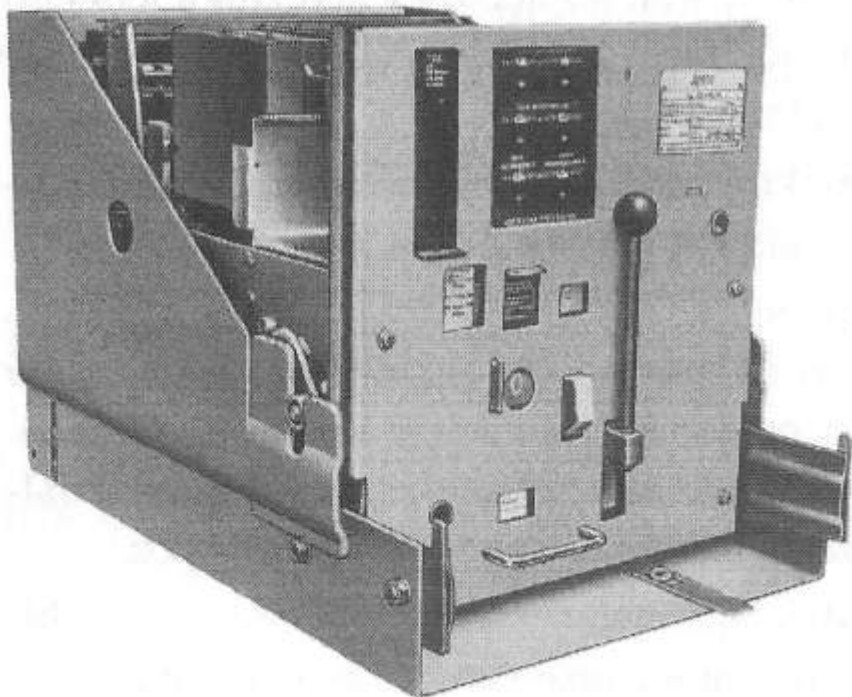
i powoduje obrót zapadki zamka (rys. 6.21). Wyłącznik zostaje wyłączony i po ponownym pojawieniu się napięcia nie zostaje automatycznie załączony. Wyzwalacze napięciowe zanikowe mogą również służyć do zdalnego otwierania wyłącznika przez włączenie szeregowo w obwód napięciowy stycznika jednego lub kilku łączników przyciskowych rozłącznych, których naciśnięcie powoduje zanik napięcia i otwarcie się styków łącznika.

Sterowanie wartością napięcia, przy którym wyłącznik powinien zostać wyłączony, odbywa się przez regulację naciągu sprężyny 2 (rys. 6.21).

Omówione dotąd wyzwalacze są przede wszystkim wyzwalaczami zakłóceńowymi, działają automatycznie w chwili zaistnienia zakłócenia. Wyłączniki często należy otwierać i zamykać do celów ruchowych i konserwacyjnych. Można to wykonywać ręcznie przez działanie na zapadkę zamka, lub też zdalnie — najczęściej za pomocą **wyzwalaczy napięciowych wybijkowych**.

Różnica w działaniu wyzwalacza zanikowego i wybijakowego polega więc na tym, że wyzwalacz napięciowy zamkowy działa przy przerwaniu obwodu stycznika, natomiast wyzwalacz napięciowy wybijakowy — przy załączeniu obwodu stycznika pod napięcie.

Aby móc zdalnie nie tylko wyłączyć, ale również załączyć wyłącznik, stosuje się układ, w którym przycisk steruje stycznik działający na napęd wyłącznika



Rys. 6.24. Wyłącznik niskiego napięcia przemysłowy DS

(rys. 6.23). Układ wyłączający może być wykonany z zastosowaniem wyzwalacza zanikowego lub też wyzwalacza wybijakowego.

W razie stosowania wyzwalacza wybijakowego przycisk wyłączający powinien być zwiemy, podobnie jak przycisk załączający (rys. 6.23).

Przykładem wyłącznika instalacyjnego jest obecnie powszechnie spotykany wyłącznik instalacyjny płaski serii S190, stosowany w instalacjach mieszkaniowych i oświetleniowych zamiast bezpieczników. Działa on zarówno przy zwarciach (bezzwłocznie), jak i przeciążeniach (zwłocznie), można go też wyłączyć za pomocą przełącznika.

Z wyłączników przemysłowych nadal najczęściej stosuje się wyłączniki WIS, APU, AP oraz DS na licencji Westinghouse (rys. 6.24). Jednak coraz częściej używa się także elektronicznych wyzwalaczy nadprądowych charakteryzujących się dużą dokładnością i niezawodnością.

Lekcja 29 Bezpieczniki

Podczas zwarć i przeciążeń w instalacjach elektrycznych nadmierny prąd może uszkodzić zainstalowane urządzenia lub przepalić przewody instalacji. Wyłączniki jako urządzenia kosztowne nie mogą służyć do powszechnego zabezpieczenia przed skutkami zwarć i przeciążeń. Najprostszym i jednocześnie najtańszym sposobem zabezpieczenia się przed tymi skutkami jest stosowanie bezpieczników. Bezpieczniki są najłabszym elementem w instalacjach i aparatach elektrycznych — podczas przepływu nadmiernego prądu ulegają „uszkodzeniu”, wyłączając obwód i chroniąc tym samym pozostałe urządzenia. „Uszkodzenie” bezpiecznika jest właśnie celem jego stosowania i polega na stopieniu się topiku w wymiennalnym elemencie bezpiecznika — wkładce topikowej.

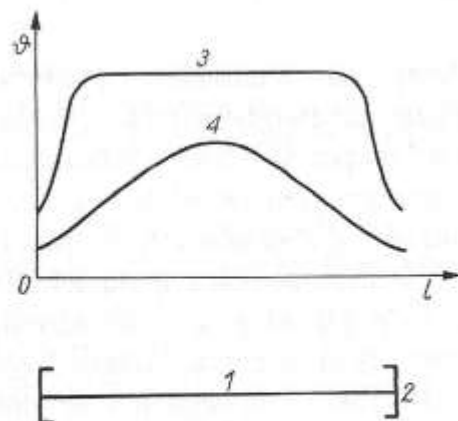
Niezależnie od rodzaju bezpiecznika zawiera on dwie zasadnicze części: podstawę i wymiennalną wkładkę topikową. Najistotniejsza część bezpiecznika — **wkładka topikowa** — składa się z ceramicznej rury stanowiącej obudowę oraz umieszczonego wewnątrz **topiku**. Obudowa z obu stron jest zakończona stykami, a wewnątrz wypełniona **gasiwem**.

Topiki są najczęściej wykonywane w postaci drutów lub cienkich taśm z posrebrzanej miedzi lub stopu srebra. Celem srebrzenia jest uzyskanie odporności na utlenianie i tym samym niezmiennej w czasie charakterystyki działania. Stopienie się topiku powoduje powstanie łuku elektrycznego. Istotną rolę w jego zgaszeniu odgrywa gasiwo, którym jest najczęściej drobny piasek kwarcowy. Piasek odgrywa następującą rolę:

- dzięki dużej pojemności cieplnej umożliwia stosowanie topików o mniejszym przekroju,
- ułatwia gaszenie łuku w wyniku jego wydłużenia i rozdzielenia w wąskich szczelinach piasku,
- zmniejsza ciśnienie na ścianki obudowy przy paleniu się łuku.

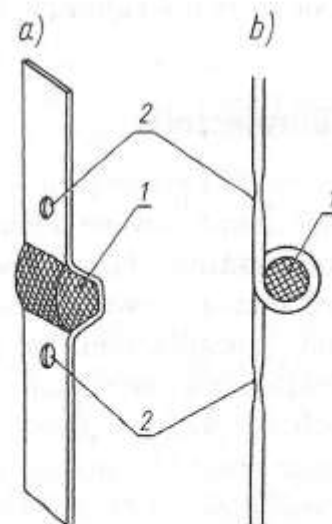
Podstawa bezpiecznika służy do jego włączenia w obwód elektryczny. Ma ona styki łączące ze stykami wkładki oraz zaciski umożliwiające przyłączenie przewodów.

Podczas zwarć i przeciążeń topik nie nagrzewa się jednakowo (rys. 6.25). Podczas przeciążeń maksymalna temperatura występuje w środku topiku, ze względu na bardziej intensywne oddawanie ciepła na zewnątrz przy stykach. Natomiast podczas zwarć, ze względu na szybkość narastania prądu i jego wartość, efekt zwiększonego oddawania ciepła przy stykach jest mniej widoczny i praktycznie temperatura jest prawie jednakowa na całej długości. Aby nie dopuścić do zbyt dużego nagrzania się styków przez łuk, w przypadku przerwania topiku na skraju jego długości (przy styku), stosuje się sposoby z góry lokalizujące miejsce powstania łuku.



Rys. 6.25. Rozkład temperatury wzdłuż topiku dla przeciążeń i zwarć

1 — topik, 2 — styk wkładki topikowej, 3 — zwarćie, 4 — przeciążenie



Rys. 6.26. Lokalizacja miejsc przepalania 1 — miejsce przecięzeniowe (stop cynowo-ołowiowy), 2 — miejsce zwarciove (zmniejszenie przekroju topiku)

ROZNE wartości temperatury powstają w czasie

Podstawową wielkością charakteryzującą wkładkę topikową jest jej prąd znamionowy.

Prąd znamionowy I_{bN} wkładki topikowej jest to prąd płynący długotrwale przez wkładkę, który nie wywołuje przekroczenia dopuszczalnej temperatury poszczególnych części bezpiecznika lub innych niepożądanych następstw.

Działanie bezpieczników przy zwarciach jest charakteryzowane przez prąd wyłączalny oraz prąd ograniczony.

Znamionowy prąd wyłączalny bezpiecznika I_{Nws} jest to początkowy prąd zwarciovowy o największej wartości, który może wyłączyć bezpiecznik bez uszkodzenia jego konstrukcji.

Bezpieczniki mają tę zaletę, że oprócz wyłączenia prądów zwarciovych ograniczają również ich wartość. Dzieje się tak dzięki ich szybkiemu działaniu — zanim prąd zwarciovoy osiągnie wartość maksymalną i_u , nastąpi przepalenie topiku i wyłączenie prądu (rys. 6.29). Maksymalną chwilową wartość, jaką zdoła osiągnąć prąd zwarciovoy, nazywa się **prądem ograniczonym bezpiecznika** i_{bo} .

Ograniczenie prądu i_u ma wpływ na dobór urządzeń elektrycznych zainstalowanych za bezpiecznikiem, ze względu na działanie cieplne i elektrodynamiczne prądu zwarciovego.

W zależności od przeznaczenia bezpieczniki dzieli się na:

- instalacyjne,
- stacyjne,
- aparatowe,
- specjalne.

Bezpieczniki instalacyjne (rys. 6.30) są najczęściej stosowanymi bezpiecznikami zarówno w budownictwie mieszkaniowym i komunalnym, jak i przemysłowym. Składają się one z **podstawy**, **wstawki redukcyjnej**, zwanej kalibrową, **wkładki topikowej** i **główki**. Całość jest wykonana z porcelany. Najistotniejszą część bezpiecznika — wkładka topikowa — umieszczona wewnątrz korpusu porcelanowego jest wypełniona piaskiem kwarcowym, w którym znajdują się topiki i drut wskaźnika zadziałania. Po przerwaniu topiku, palący się łuk topi drut wskaźnika zadziałania i umieszczone na końcu na sprężynie oczko odskakuje. W ten sposób można sprawdzić stan wkładki przez wziernik z szybką umieszczony w główce bezpiecznika.

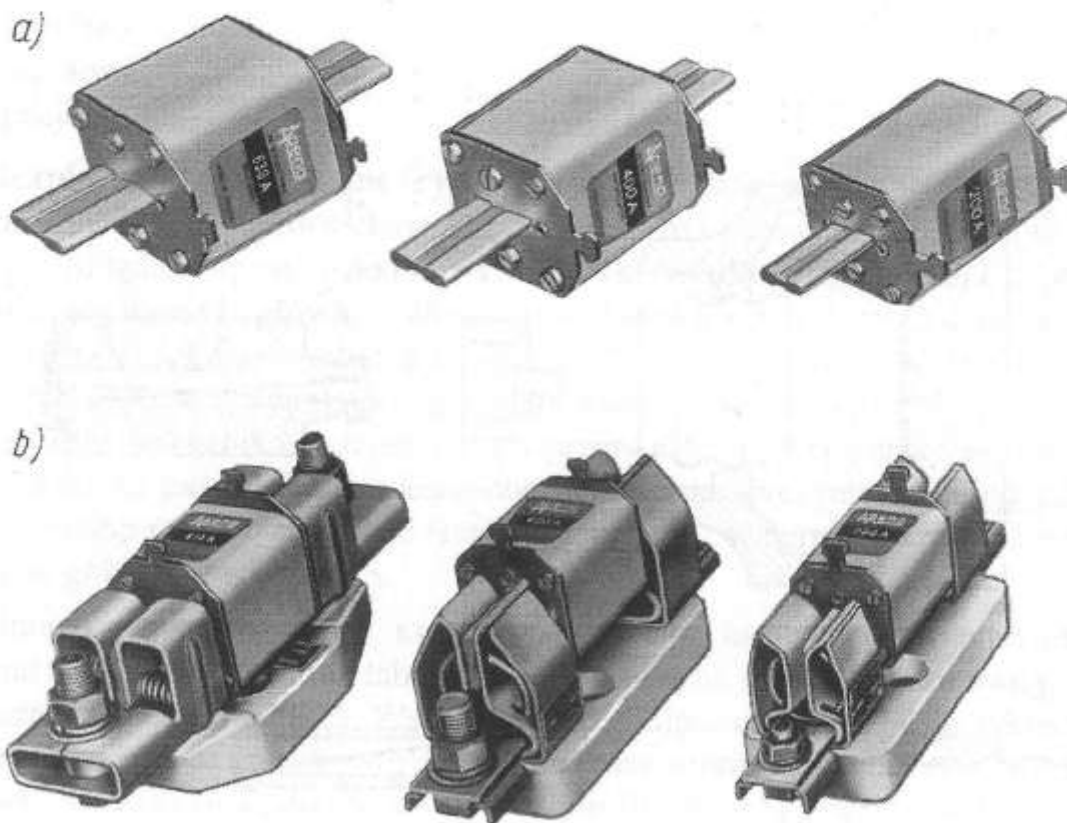
Gniazda bezpiecznikowe są produkowane w następujących odmianach: ściennie zamknięte i otwarte, tablicowe i szynowe, na prądy znamionowe o wartościach 25, 63, 100 i 200 A. Wstawki ograniczające uniemożliwiają wkręcenie do gniazda wkładki topikowej o prądzie znamionowym większym niż prąd wstawki. Główki służą do mocowania w gniazdach wkładek topikowych.

Produkowane wkładki topikowe małowabarytowe nie mają wskaźnika zadziałania. Zamiast wstawki redukcyjnej stosuje się odpowiednie wgłębienia w czopiku (dolnym styku) wkładki. Budowa pozostałych elementów bezpiecznika jest podobna do bezpieczników normalnych.

Bezpieczniki instalacyjne mają ogólny symbol Bi, po którym jest podawane dokładniejsze określenie jego elementu: gniazdo ściennie — Gs, gniazdo ściennie otwarte — Gso, gniazdo tablicowe — Gt, gniazdo szynowe — Gsz, wkładka topikowa szybka — Wts, wkładka topikowa zwłoczna — Wtz, wkładka topikowa zwłoczna małowabarytowa — Wtzm, wstawka redukcyjna — Wd, główka — G. Po symbolu podaje się wartości prądu i napięcia znamionowego.

Odmianą bezpieczników instalacyjnych są **bezpieczniki napowietrzne słupowe**, szczękowe (rys. 6.30f). Wkładkę topikową wciska się do styków szczękowych gniazda od dołu w celu ochrony przed opadami atmosferycznymi.

Bezpieczniki stacyjne (zwane dawniej bezpiecznikami mocy) stosuje się najczęściej w rozdzielniach i stacjach, gdzie są wymagane zarówno większe wartości prądów znamionowych, jak i prądów wyłączalnych. Bezpiecznik składa się z podstawy o dwóch stykach szczękowych i wciśniętej w nią wkładki topikowej (rys. 6.31). Nowy typ wkładek ma obudowę ceramiczną o przekroju kwadratowym, zakończoną z obu stron stykami nożowymi. Wewnątrz obudowy

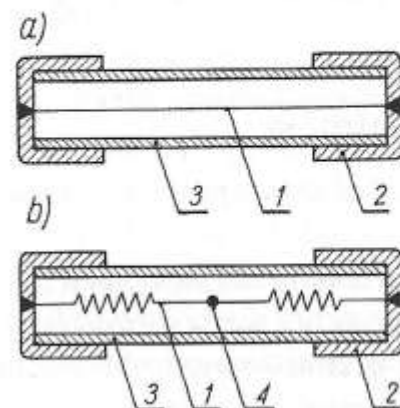


znajduje się topik wykonany z jednego lub kilku srebrnych lub miedzianych pasków. Wnętrze wkładki topikowej jest wypełnione drobnoziarnistym piaskiem kwarcowym. Wkładki topikowe stacyjne pracują w położeniu pionowym, dlatego sprężynowy wskaźnik zadziałania znajduje się w ich górnej pokrywie. Na zewnętrznej stronie wkładki, przy górnej i dolnej pokrywie, znajdują się odpowiednio uformowane występy umożliwiające wciskanie i wyjmowanie wkładki topikowej ze szczek podstawy za pomocą specjalnego uchwyty izolacyjnego. Wkładki do bezpieczników stacyjnych są produkowane na następujące prądy znamionowe: 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 i 200 A (o działaniu szybkim) oraz 6, 10, 16, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500 i 630 A (o działaniu zwłocznym). W Polsce spotyka się powszechnie dwa typy bezpieczników: starsze – Bm i nowsze – WT.

Bezpieczniki aparatowe (rys. 6.32) stosuje się do zabezpieczania poszczególnych aparatów o niedużym poborze prądu (radio, telewizory itp.). Wkładka topikowa jest wciskana do odpowiednich szczek znajdujących się wewnątrz aparatu. Bezpieczniki takie mają niewielką zdolność wyłączenia, ich prąd znamionowy jest ograniczony do wartości 6,3 A.

Rys. 6.32. Bezpieczniki aparatowe: a) wkładka o działaniu szybkim; b) wkładka o działaniu zwłocznym

1 – topik, 2 – styk, 3 – rurka szklana, 4 – lut



Bezpieczniki specjalne stosuje się w różnego typu mechanizmach i aparatach, a ich budowa zależy od konkretnych potrzeb. Są to np. bezpieczniki samochodowe, frakcyjne itp.; omawianie ich wykracza poza zakres tego podręcznika.

Dobór bezpieczników polega na ustaleniu następujących danych:

- typu bezpiecznika,
- napięcia znamionowego,
- prądu znamionowego,
- rodzaju wkładki topikowej,
- prądu wyłączalnego.

Dobór bezpiecznika zależy również od miejsca jego zainstalowania (instalacje, rozdzielnice, silniki itp.).

Napięcie znamionowe bezpiecznika nie powinno być niższe niż międzyprzewodowe napięcie znamionowe sieci, w której bezpiecznik ma być zainstalowany.

Dobór prądu znamionowego wkładki topikowej zależy w dużej mierze od rodzaju zabezpieczanych urządzeń. Prąd długotrwałego obciążenia obwodu nie powinien jednak nigdy przekraczać prądu znamionowego wkładki topikowej.

Powinno się ponadto uwzględnić **selektywność** działania bezpieczników, czyli konieczność zadziałania bezpiecznika znajdującego się najbliżej urządzenia zabezpieczanego w kierunku zasilania.

Niezależnie od zabezpieczenia urządzeń należy również dobrać bezpieczniki do rodzaju instalacji i obciążalności długotrwałej przewodu.

Rodzaj wkładki topikowej (o działaniu szybkim lub zwłocznym) zależy od wartości i czasu trwania przeciążeń w zabezpieczanym urządzeniu. Posługujemy się w tym celu charakterystykami prądowo-czasowymi.

Aby bezpiecznik był prawidłowo dobrany do warunków zwarciovych, powinna być spełniona zależność:

$$I_{Nws} \geq I_k'' \quad (6.1)$$

w której: I_{Nws} — znamionowy prąd wyłączalny, I_k'' — początkowy prąd zwarciovych w tym punkcie sieci, gdzie ma być zainstalowany bezpiecznik.