

oddziaływaniu cieplnym na styki, tak, że erozja styków jest wydatnie zmniejszona w stosunku do klasycznego łącznika zestykowego. Dzięki temu w łącznikach hybrydowych można uzyskać znaczne powiększenie trwałości łączeniowej w stosunku do łączników zestykowych. Należy jednakże podkreślić, że nie daje się tu w pełni uniknąć łuku wyłączeniowego.

Dodatkowe zmniejszenie erozji styków można uzyskać przez synchroniczne otwieranie styków gałęzi zestykowej w określonej chwili czasowej, przed przejściem prądu przez zero. Komplikuje to jednakże istotnie układ sterowania i powiększa koszty realizacji.

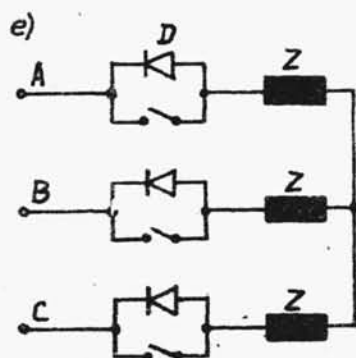
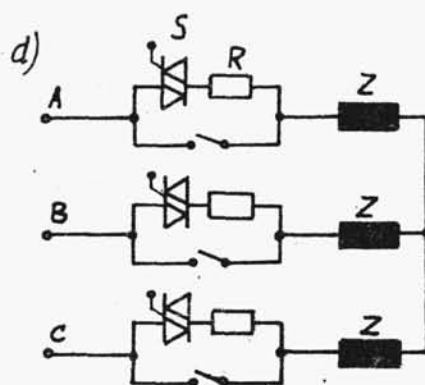
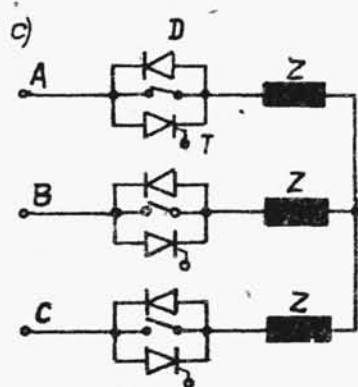
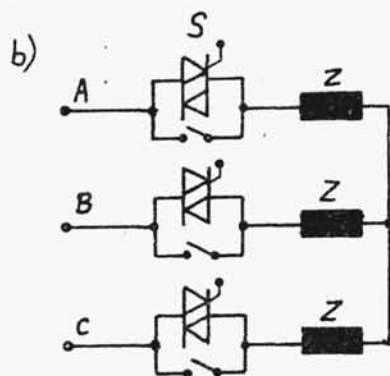
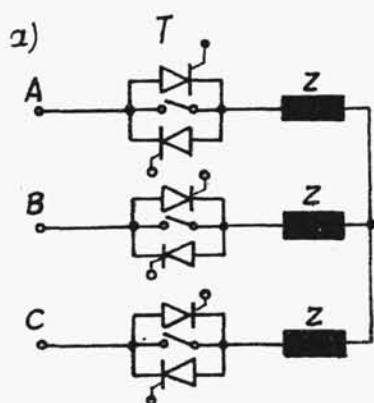
Układ hybrydowy, obok wspomnianych powyżej zalet, ma jednakże jedną istotną wadę. Otóż częstość łączeń układu jest ograniczona czasami własnymi gałęzi zestykowej, co uniemożliwia pełne wykorzystanie możliwości, jakie daje łącznik półprzewodnikowy. Stąd też układ hybrydowy można traktować przede wszystkim jako udoskonalenie łącznika zestykowego, zwiększające istotnie jego trwałość łączeniową.

Na rys.6.31 przedstawiono możliwe do realizacji układy hybrydowe do sieci trójfazowej. Układ wg rys.6.31c jest układem oszczędnościowym (diody w miejsce tyrystorów).

W układzie wg rys.6.31d, w gałęzi tyrystorowej umieszczone są rezystory zmniejszające prąd w gałęzi tyrystorowej. Umożliwia to stosowanie tyrystorów o mniejszych parametrach prądowych. Pogarszają się jednakże warunki pracy gałęzi zestykowej. W układzie wg rys.6.31e konieczna jest przystawka synchronizująca, zapewniająca takie wystereowanie chwili rozdziału styków gałęzi zestykowej, aby kierunek prądu był zgodny z kierunkiem przewodzenia diod. Załączanie obwodu w tym przypadku odbywa się w gałęzi zestykowej.

### 6.8. Łączniki manewrowe prądu stałego

Spośród kilku układów, jakie mogą być stosowane w tyrystorowych łącznikach manewrowych prądu stałego, najbardziej przydatny jest układ przedstawiony na rys.6.32, w którym obwód wymuszonej komutacji prądu włączony jest równolegle do

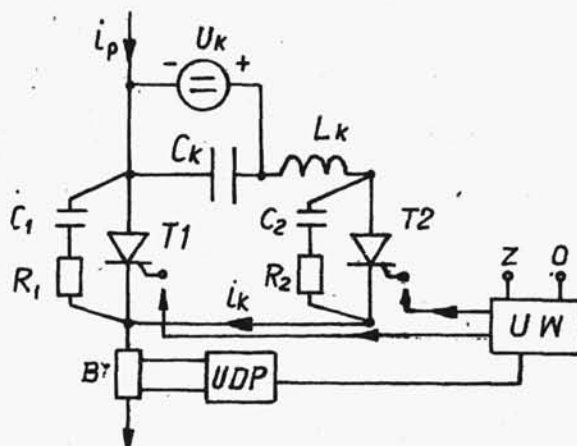


Rys.6.31. Idealne układy trójfazowych łączników hybrydowych

tyrystora roboczego (T1). Szeregowy obwód komutacyjny nie znajduje szerszego zastosowania z uwagi na generację znacznych przepięć przy łączeniach.

Rozważmy pracę układu, rozpatrując kolejno czynności łączeniowe: załączanie i wyłączanie obwodu wychodząc ze stanu wyłączenia.

Dla uzyskania stanu przewodzenia łącznika do tyrystora roboczego T1 zostaje doprowadzony sygnał bramkowy z układu wyzwalania (przycisk Z w układzie UW), powodując zadziałanie tyrystora T1 (przejście w stan przewodzenia) i załączenie obwodu.



Rys.6.32. Ideowy schemat tyrystorowego łącznika prądu stałego

Celem operacyjnego wyłączenia obwodu zostaje podany z układu wyzwalania (przyciskiem O) sygnał bramkowy do tyrystora T2.

W przypadku wyłączania prądu przeciążeniowego działa układ detekcji stanu przeciążenia (UDP) zasilany napięciem z bocznika prądowego, umieszczonego w obwodzie głównym. Układ ten, po przekroczeniu określonej chwilowej wartości spadku napięcia na boczniku (odpowiadającej określonej wartości prądu w obwodzie) wysyła impuls do urządzenia wyzwalającego, powodując włączenie tyrystora pomocniczego (T2).

Włączenie tyrystora T2 powoduje przepływ prądu rozładowania kondensatora  $C_K$  (naładowanego wcześniej np. ze źródła pomocniczego), który odejmując się od prądu w gałęzi tyrystora T1 powoduje wyłączenie T1.

Rozładowanie kondensatora  $C_K$  odbywa się w obwodzie  $C_K - L_K - T1 - T2$ . Prąd rozładowania ma przebieg oscylacyjny o pulsacji  $\omega_K = \frac{1}{\sqrt{L_K C_K}}$  i daje się wyrazić wzorem:

$$i_k = \frac{U_{mk}}{\omega_k L_k} \sin \omega_k t .$$

gdzie:

$U_{mk}$  - napięcie na kondensatorze przed włączeniem tyrystora T2.

Wprowadzenie do obwodu indukcyjności komutacyjnej  $L_k$  i uzyskanie na tej drodze oscylacyjnego przebiegu prądu  $i_k$  wynika z konieczności ograniczania stromości prądu, z uwagi na jej dopuszczalną wartość dla tyrystora T2. Przez tyrystor T2 poza prądem  $i_k$  płynie dodatkowo prąd rozładowania pojemności  $C_2$  układu zabezpieczającego od przepięć. Po czasie  $t > 3 R_2 C_2$ , który wynosi kilka ms, prąd ten praktycznie zanika.

Prąd płynący w obwodzie tyrystora roboczego jest różnicą prądu przeciążeniowego  $i_p$  i prądu  $i_k$ :

$$i = i_p - i_k .$$

Przyjmując, że:

$$i_p = \frac{U_{ms}}{R} \left( 1 - e^{-t R/L} \right)$$

gdzie:

$U_{ms}$  - wartość maksymalna napięcia zasilania obwodu sieciowego,

$L, R$  - elementy obwodu sieciowego, otrzymuje się przyjmując, że tyrystor T2 działa natychmiast po powstaniu przeciążenia:

$$i = \frac{U_{ms}}{R} \left( 1 - e^{-t R/L} \right) - \frac{U_{mk}}{L_k} \sin \omega_k t .$$

Aproksymując dla początkowej fazy przebiegu prądu, że prądy zmieniają się liniowo tzn.

$$i_p = \left( \frac{du}{dt} \right)_{t=0} t = \frac{U_{ms}}{L} t .$$

i

$$i_k = \left( \frac{di_k}{dt} \right)_{t=0} t = \frac{U_{mk}}{L_k} t .$$

Prąd  $i$  w tyrystorze  $T1$  będzie wówczas:

$$i = \left( \frac{U_{ms}}{L} - \frac{U_{mk}}{L_k} \right) t \quad (6.6)$$

Wyłączenie tyrystora  $T1$  nastąpi wówczas, gdy prąd  $i_k$  będzie narastał z większą stromością niż prąd  $i_p$ , tj. wówczas gdy:

$$\frac{U_{mk}}{L_k} > \frac{U_{ms}}{L} . \quad (6.7)$$

Prąd  $i$  dąży do zera ze stromością  $\frac{di}{dt} = \frac{U_{mk}}{L_k} - \frac{U_{ms}}{L}$ , a po osiągnięciu wartości zero następuje krótkotrwały przepływ prądu wstecznego, a następnie definitywne wyłączenie tyrystora  $T1$ , który uzyskuje własności zaporowe.

Z chwilą wyłączenia  $T1$  rozpoczyna się drugi etap wyłączenia. Następuje ładowanie pojemności  $C_k$  ze źródła  $U_s$  (w obwodzie  $C_k$  - tyrystor  $T2$  - obciążenie obwodu głównego - źródło). Przebieg ma charakter oscylacyjny, tak, że przy najbliższym przejściu prądu przez zero następuje wyłączenie tyrystora pomocniczego  $T2$ , który uzyskuje własności zaporowe.

Celem zmniejszenia strat mocy w stanie przewodzenia w półprzewodnikowych łącznikach manewrowych prądu stałego możliwe są również rozwiązania hybrydowe zawierające człon zestykowy przewodzący prąd w stanie zamkniętym.