

## Układy połączeń transformatorów

Układy połączeń uzwojeń w transformatorach trójfazowych są oznaczane symbolem połączeń tego układu. Symbol składa się z liter i cyfr.

Symbol literowy określa sposób połączeń uzwojeń:

- duże litery **Y** – gwiazda ; **D** – trójkąt - dla napięć pierwotnych
- małe litery **y** – gwiazda ; **d** – trójkąt ; **z** – zygzak - dla napięć wtórnych
- litera **N** – oznacza wyprowadzenie zacisku neutralnego uzwojenia pierwotnego na listwę zaciskową
- litera **n** – oznacza wyprowadzenie zacisku neutralnego uzwojenia wtórnego na listwę zaciskową

Symbol cyfrowy określa wzajemne przesunięcie wskazów napięcia wyjściowego (np. 2U) w stosunku do wskazów napięcia wejściowego (1U). Przesunięcie fazowe wyrażone jest w godzinach od 0 do 11, zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Np.; układ połączeń Dy5 oznacza przesunięcie fazowe napięcia 2U w stosunku do napięcia 1U o 5 godzin. Jedna godzina jest równa przesunięciu o 30 stopni elektrycznych.

## Wybór grupy połączeń uzwojeń w transformatorach trójfazowych

W praktyce najczęściej spotykamy się z następującymi układami połączeń: **Yy**, **Dy**, **Yd**, **Yz** oraz **Dz**. Dodatkowo uzwojenia połączone w gwiazdę i zygzak posiadają punkt zerowy, który może być wyprowadzony bądź utajniony. Prawidłowy wybór układu połączeń transformatorów trójfazowych uzależniony jest od kilku czynników:

- układu zasilającego transformator:
  - transformator zasilany z sieci (trójprzewodowej, czteroprzewodowej)
  - transformator zasilany z przekształtnika
- mocy transformatora
- poziomu napięć
- niesymetrii obciążenia
  - niesymetria obciążenia przy zasilaniu symetrycznym układem napięć
  - niesymetria obciążenia wynikająca z niesymetrycznego układu napięć zasilających
- względów ekonomicznych (koszt budowy transformatora o różnych układach połączeń)

**1. Układ Yy** połączeń uzwojeń stosuje się głównie w transformatorach o małych mocach znamionowych zasilających symetryczne odbiory trójfazowe. Czasami połączenie to stosuje się do układów o dużych mocach znamionowych, w których zachodzi potrzeba uziemienia punktów zerowych połączeń gwiazdowych.

Układ ten jest niekorzystny ze względu na konieczność ograniczania szkodliwego wpływu braku harmonicznych rzędu  $v=3n$  ( $n=1,3,7,\dots$ ) w prądzie jałowym przy zasilaniu z sieci trójprzewodowej. Układ ten jest niekorzystny również przy obciążeniu niesymetrycznym (prądy składowej zerowej), gdy wyprowadzony jest punkt zerowy połączenia w gwiazdę uzwojeń wtórnych. Stwarza to konieczność wprowadzenia dodatkowego uzwojenia, tzw. kompensacyjnego, połączonego w trójkąt.

**2. Układ Dy** połączeń uzwojeń stosuje się głównie w transformatorach obniżających napięcie, z reguły o większych mocach znamionowych. Transformatory z takimi układami połączeń uzwojeń pracują w układach zasilania sieci rozdzielczych niskiego napięcia i mają zwykle wyprowadzony punkt zerowy połączenia gwiazdowego, by można było korzystać z napięć międzyprzewodowych i fazowych. Połączenie to jest bardzo korzystne ze względu na zmniejszenie strumieni trzecich harmonicznych oraz prądów składowej zerowej przy obciążeniu niesymetrycznym.

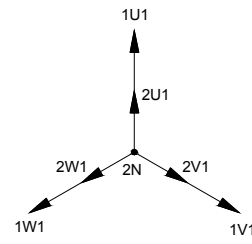
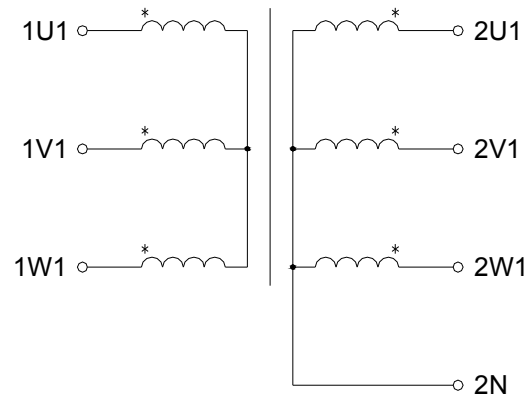
**3. Układ Yd** połączeń uzwojeń stosuje się głównie w transformatorach podwyższających napięcie. Transformator z takim układem połączeń jest korzystny, gdy punkt zerowy połączenia w gwiazdę strony pierwotnej ma być uziemiony bezpośrednio lub przez dławik. Połączenie uzwojeń w trójkąt po stronie pierwotnej lub wtórnej jest ze względu na prąd magnesujący bardzo korzystne, gdyż prąd trzeciej harmonicznej płynie w zwartym obwodzie trójkąta i strumień trzeciej harmonicznej praktycznie nie pojawia się.

**4. Układ Yz** oraz **Dz** połączeń uzwojeń stosuje się w transformatorach obniżających napięcie o małych mocach znamionowych. W układach tych punkt zerowy połączenia uzwojeń w zygzak jest wyprowadzony, aby można było korzystać z napięć fazowych. Rozwiązanie takie stosowane jest rzadko, głównie ze względów ekonomicznych. Porównując np. gwiazdę z zygzakiem, przy tych samych prądach znamionowych oraz takich samych przekrojach przewodów, dochodzimy do wniosku, że liczba zwojów zygzaka przy tym samym napięciu międzyprzewodowym jest  $2/\sqrt{3}$  razy większa od liczby zwojów gwiazdy, a zatem koszt miedzi w zygzaku jest o ponad 15% większy niż przy gwiazdzie. Dlatego zastosowanie tych układów połączeń ogranicza się przede wszystkim do zasilania odbiorów niesymetrycznych (np. przy znaczącym udziale odbiorów jednofazowych), a zależy nam na symetrycznym rozkładzie napięć fazowych po stronie wtórnej transformatora.

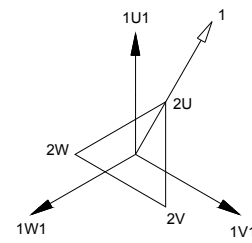
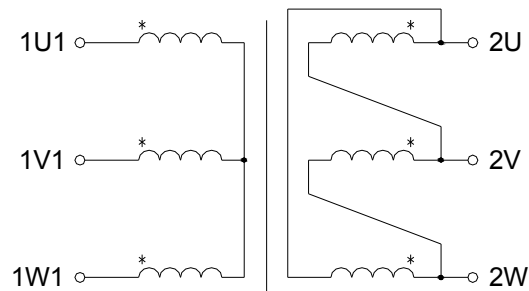
Prawidłowy wybór grupy połączeń ma bardzo duży wpływ na prawidłową pracę transformatora. Powyżej przedstawiono tylko podstawowe właściwości i cechy poszczególnych układów połączeń. Często zachodzi potrzeba głębszej analizy całego układu pod względem współpracy transformatora z układami przekształtnikowymi, niesymetrycznym obciążeniem lub zasilaniem.

# Najczęściej stosowane układy połączeń transformatorów 3-fazowych, dwuuzwojeniowych

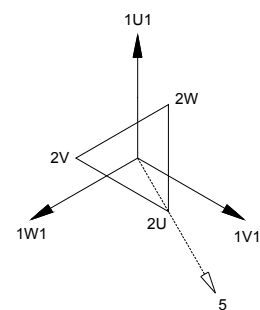
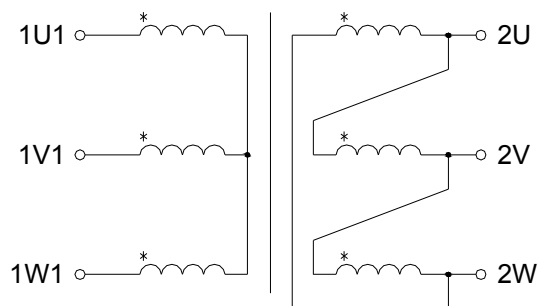
## Yyn0



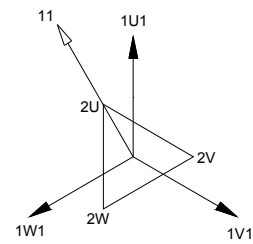
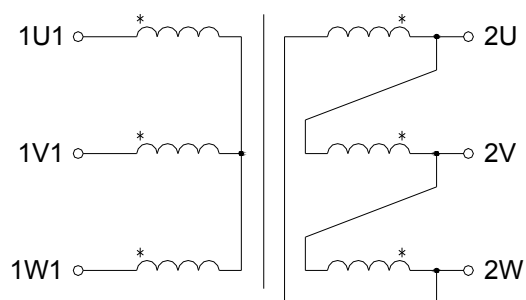
## Yd1



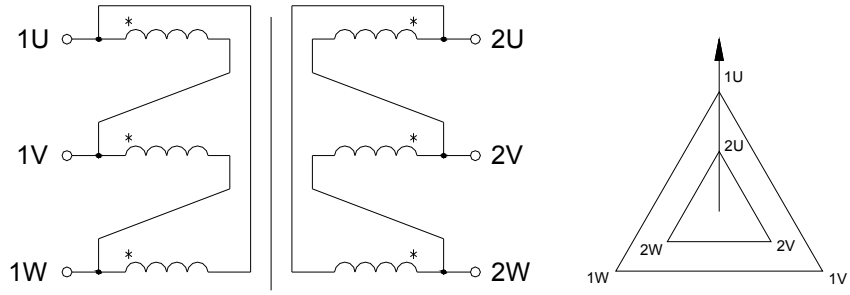
## Yd5



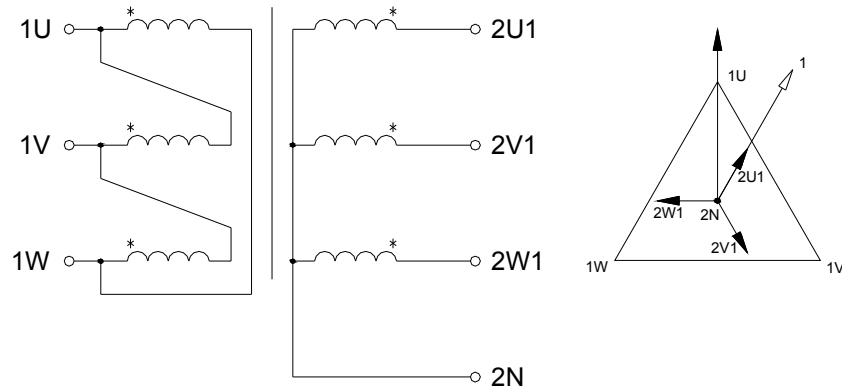
## Yd11



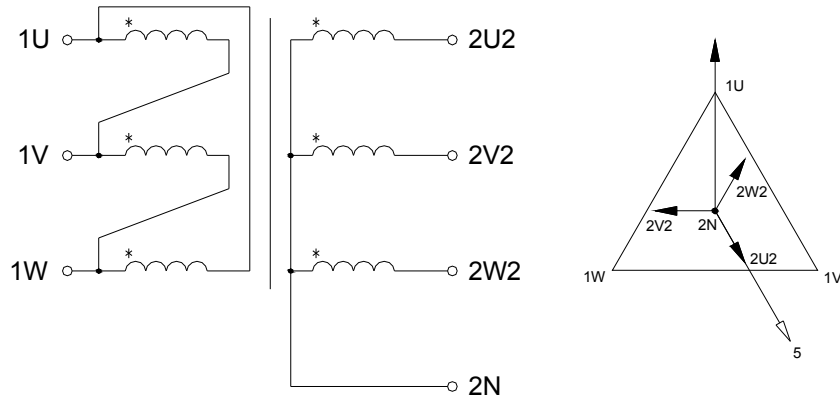
### Dd0



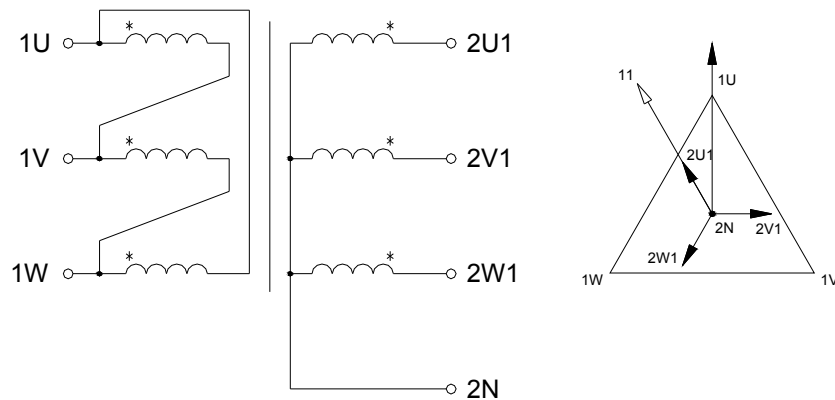
### Dyn1



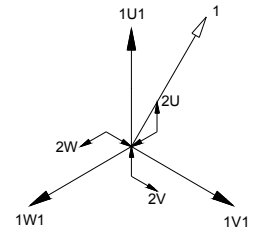
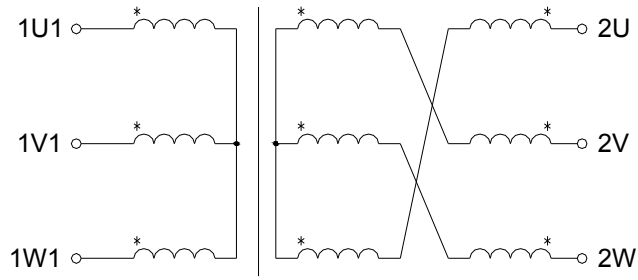
### Dyn5



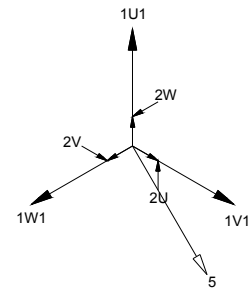
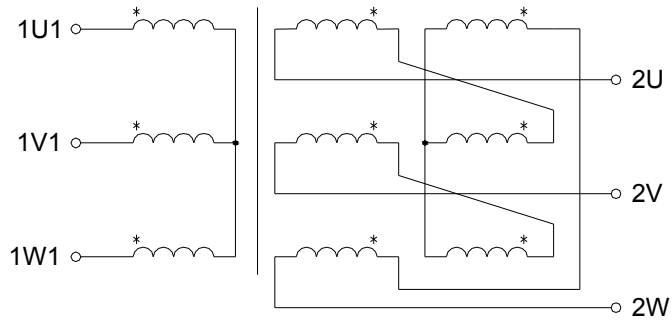
### Dyn11



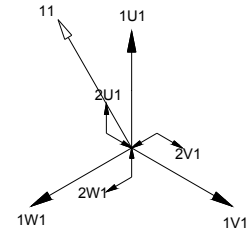
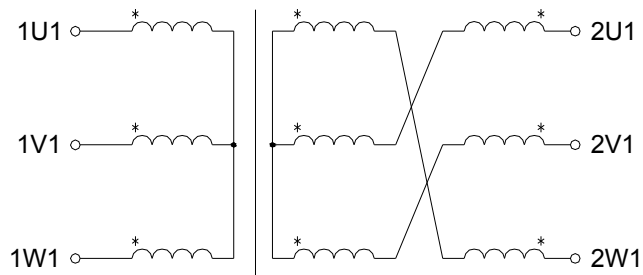
### Yz1



### Yz5



### Yz11



### Dz0

