

Energoelektronika

Elektrotechnika III rok

Złożone układy przekształtnikowe
Instrukcja do ćwiczenia

1. WSTĘP.

Złożone układy przekształtnikowe znajdują zastosowanie głównie w układach dużych mocy. Dzięki łączeniu dwóch lub więcej układów szeregowo czy równoległe uzyskujemy odpowiednio wzrost napięcia lub prądu przekształtnika co bezpośrednio się przekłada na wzrost jego mocy. Dzięki różnym metodom sterowania uzyskujemy różne własności sterowanych układów.

Wyróżnia się układy nawrotne i nie nawrotne (nawrotne umożliwiają powrót mocy do sieci, nienawrotne umożliwiają przepływ mocy tylko jednym kierunkiem). Każdy układ nawrotny składa się z przekształtnika nie nawrotnego i łączników stykowych lub bezstykowych, lub z kilku przekształtników nie nawrotnych. Zakres pracy przekształtnika nie nawrotnego musi obejmować pracę prostownikową i falownikową.

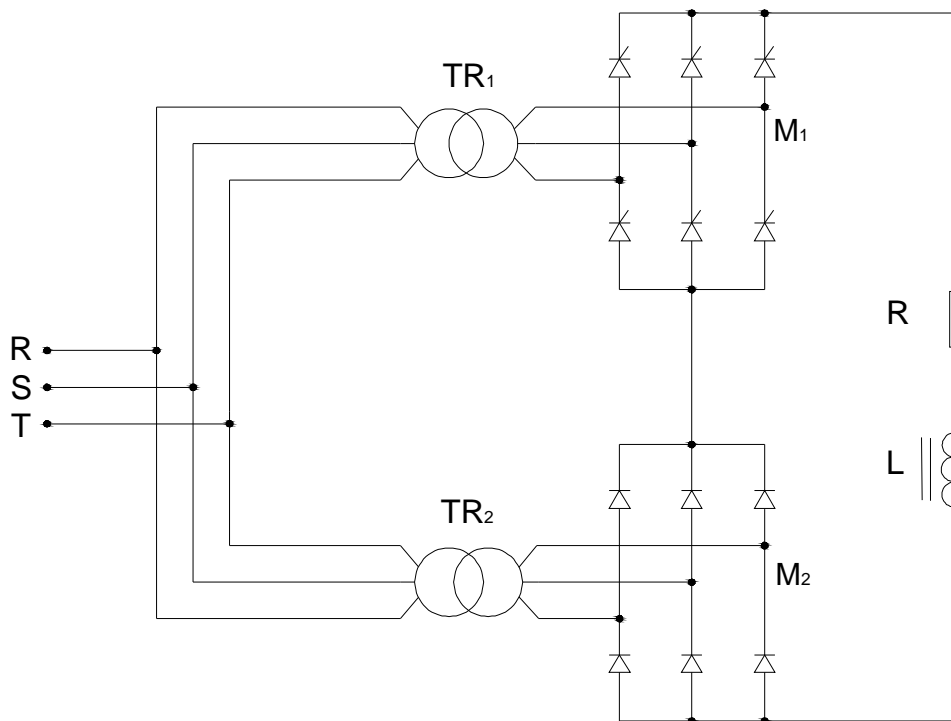
Układy nienawrotne składają się z kilku (zwykle z dwóch) połączonych szeregowo mostków tyrystorowych lub diodowych i tyrystorowych. W porównaniu z prostymi układami przekształtnikowymi układy złożone posiadają szereg zalet, takich jak:

- Zmniejszone oddziaływanie na sieć zasilającą,
- Niższą klasę napięciową zaworów,
- Niższe koszty i większa niezawodność,

Stosuje się układy przekształtnikowe szeregowo lub równoległe. W niniejszym opracowaniu zastaną opisane układy szeregowo. Szeregowo łączenie mostków jest korzystniejsze od szeregowego łączenia zaworów z punktu widzenia rozkładu napięć na poszczególnych zaworach.

2. UKŁAD DWÓCH MOSTKÓW: DIODOWEGO I TYRYSTOROWEGO

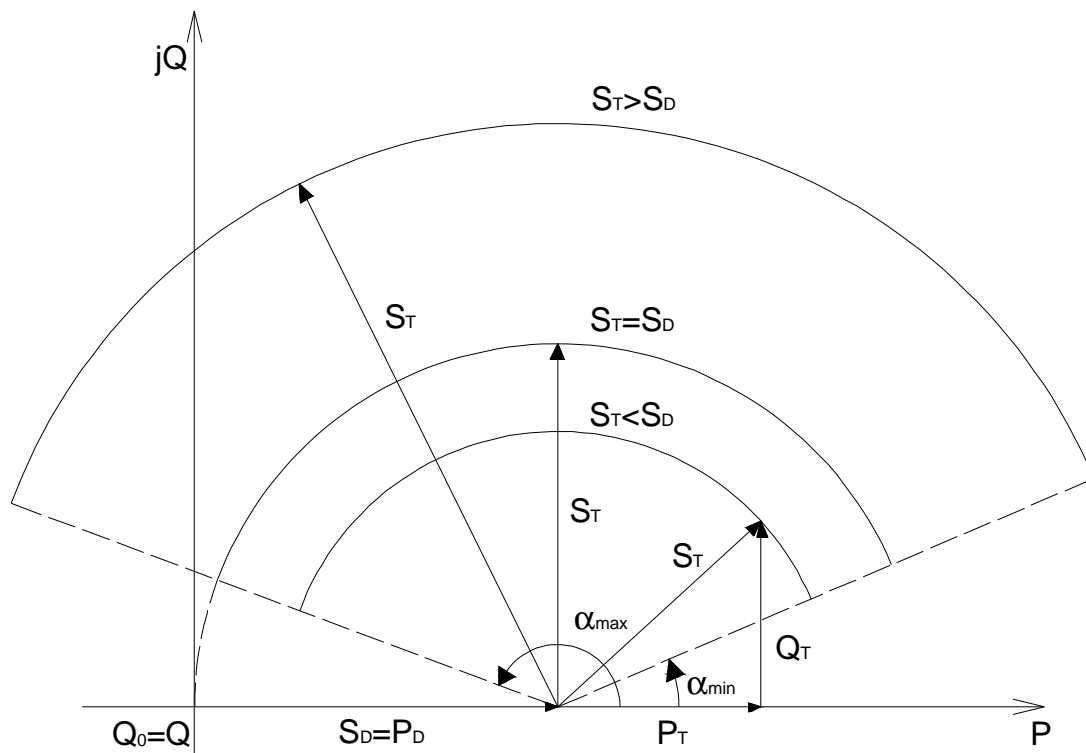
Przekształtnik taki składa się z dwóch szeregowo połączonych mostków: diodowego i tyrystorowego, zasilanych z oddzielnych uzwojeń wtórnych transformatora trójfazowego lub dwóch transformatorów trójfazowych, tak jak przedstawiono to na rysunku 1.



Rys. 1. Przekształtnik złożony diodowo-tyrystorowy

Przy przepływie prądu przez obciążenie napięcie wyjściowe jest algebraiczną sumą napięć mostka diodowego i tyrystorowego. Zmianę napięcia wyjściowego przekształtnika uzyskuje się przez zmianę wartości napięcia wyprostowanego mostka tyrystorowego. Moce czynna, bierna i pozorna przekształtnika są algebraicznymi sumami odpowiednich mocy poszczególnych mostków.

Transformator zasilający mostek diodowy umożliwia zmianę grupy połączeń (trójkąt lub gwiazda).



Rys 2. Wykres kołowy mocy pierwszej harmonicznej dla szeregowego połączenia mostków bez uwzględnienia komutacji.

S_D, S_T, S – odpowiednie moce pozorne mostka diodowego, tyrystorowego i całego przekształtnika,
 P_D, P_T, P – moce czynne mostka diodowego, tyrystorowego i całego przekształtnika,
 Q_D, Q_T, Q – moce bierne mostka diodowego, tyrystorowego i całego przekształtnika.

Przez mostek tyrystorowy i diodowy płynie ten sam prąd, a więc moc czynna pobierana przez poszczególne mostki jest proporcjonalna do ich napięć wyprostowanych.

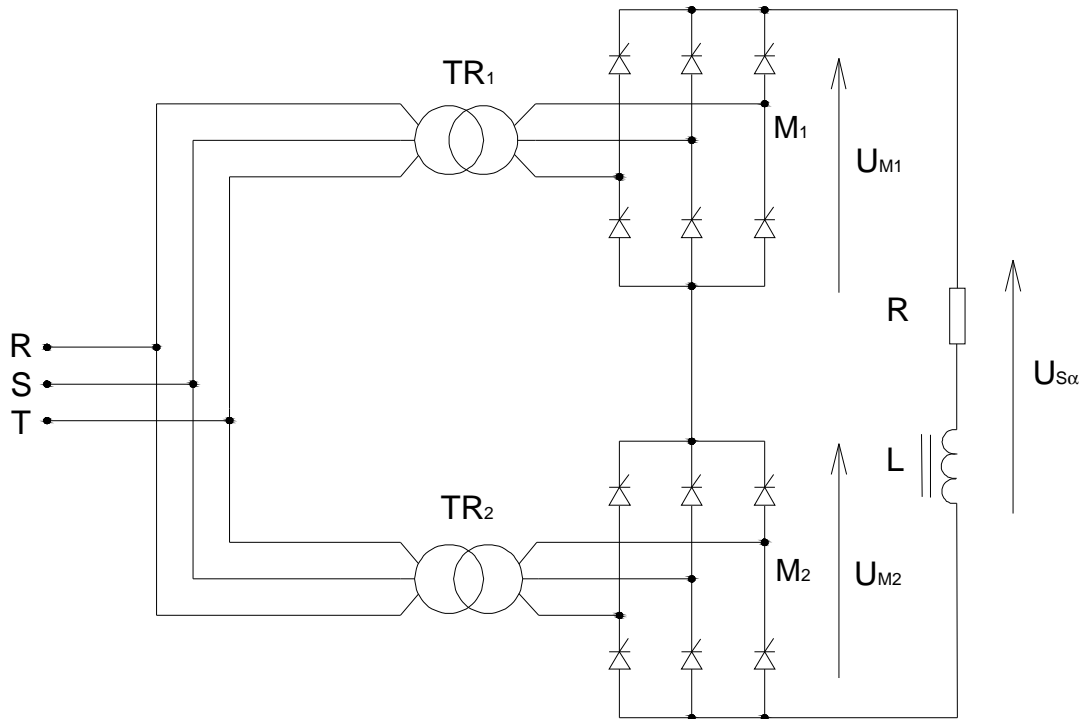
Z reguły wymagana jest możliwość regulacji napięcia, a więc i mocy od zera do maksimum. Aby to uzyskać, przyjmuje się, że stosunek napięcia wyprostowanego mostka diodowego U_{S0D} i tyrystorowego U_{S0T} wynosi:

$$\frac{U_{S0D}}{U_{S0T}} = \frac{0,45}{0,55}$$

Wynika to z faktu, iż nie wykonuje się pełnego teoretycznego zakresu sterowania mostkiem tyrystorowym, ze względów bezpieczeństwa. Układ przewidziany jest do pracy prostowniczej.

3. UKŁAD DWÓCH MOSTKÓW TYRYSTOROWYCH.

Przekształtnik składa się z dwóch mostków tyrystorowych, zasilanych z oddzielnych uzwojeń wtórnych jednego transformatora trójuzwojeniowego lub dwóch transformatorów dwuuzwojeniowych.



Rys 3. Układ szeregowego połączenia dwóch mostków tyrystorowych

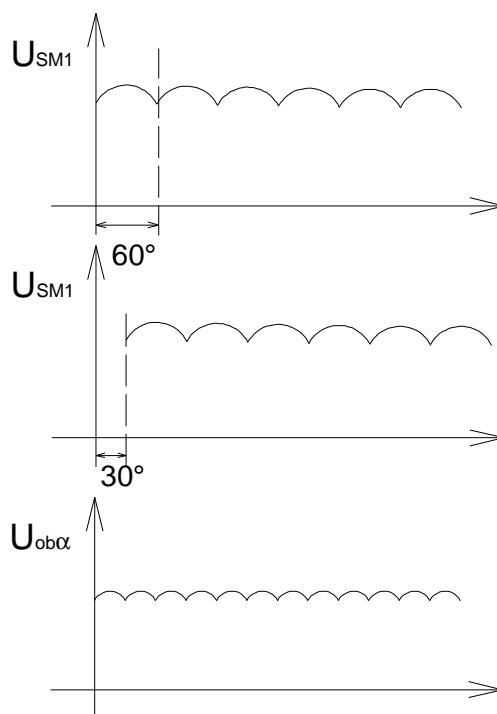
Transformator zasilający mostek tyrystorowy M_1 umożliwia zmianę grupy połączeń (trójkąt lub gwiazda). Napięcie wyprostowane przekształtnika $U_{S\alpha}$ jest algebraiczną sumą napięć wyprostowanych mostków $U_{S\alpha M_1}$, $U_{S\alpha M_2}$.

Układ może pracować w dwóch odmiennych reżimach: jako przekształtnik z jednoczesnym sterowaniem mostków M_1 , M_2 oraz jako przekształtnik z sekwencyjnie (kolejno) sterowanymi mostkami tyrystorowymi.

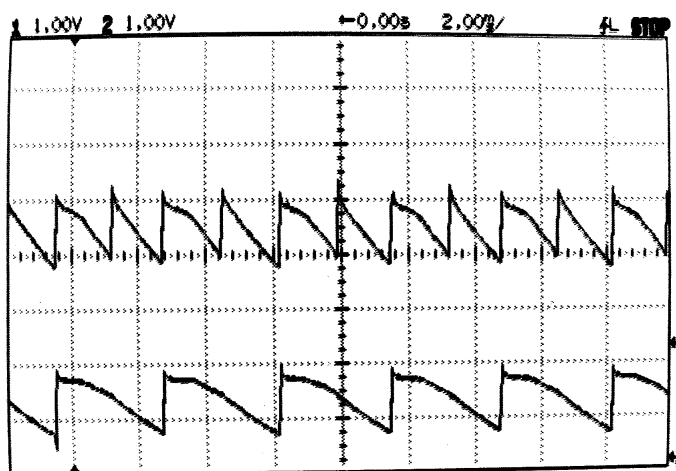
3.1. STEROWANIE JEDNOCZESNE.

Grupy połączeń transformatorów zasilających tworzą pary, które powinny być takie, aby napięcia po stronach wtórnych były przesunięte względem siebie o 30° . Transformatory TR_1 , TR_2 są połączone np jako: Δ/Δ oraz Δ/Y . Wtedy międzyprzewodowe napięcia zasilające mostki są przesunięte o 30° , a zatem o ten kąt przesunięte są napięcia na wyjściu obu mostków. Ponieważ przekształtniki są połączone szeregowo, to napięcie na obciążeniu jest sumą algebraiczną napięć obu mostków.

Napięcia wyjściowe mostków M_1 i M_2 są 6-pulsowe zatem ich dodanie i przesunięcie o 30° da napięcie 12-pulsowe, jak pokazano na rysunku 4.

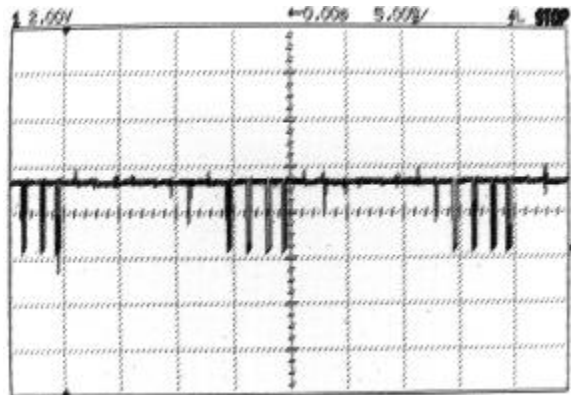
Rys 4. Napięcia mostków i obciążenia. (dla $\alpha=0^\circ$)

W sterowaniu jednoczesnym kąty wysterowania obu mostków są zawsze jednakowe. Skutkiem tego napięcia wyprostowane poszczególnych mostków są zawsze równe (gdy ich napięcia zasilające są równe) lub proporcjonalne (gdy ich napięcia są różne). Najczęściej stosuje się układy o jednakowych napięciach wyprostowanych na poszczególnych mostkach.

Rys. 5. – Oscylogram 12 - pulsowego przebiegu napięcia na obciążeniu (górny) i 6-pulsowego napięcia wyjściowego mostka M_2 (przebieg dolny) w laboratoryjnym układzie ze sterowaniem jednoczesnym. Podstawa czasu – 2ms/działkę.

Jak już wspomniano powyżej, sterowanie jednoczesne mostków umożliwia realizację dwunastotaktowego prostownika napięcia przy przesunięciu napięć zasilających mostki M_1 , M_2 względem siebie o 30° . Wiąże się z tym jednak konieczność zmiany impulsowania tyrystorów w obu mostkach. Należy zauważyć, iż komutacja (przejmowanie przewodzenia przez kolejne zawory mostka) w jednym mostku odbywa się w czasie normalnej pracy drugiego. W czasie komutacji w mostku sześciopulsowym możliwe jest przejście tyrystora w stan blokowania, szczególnie przy pracy z prądami przerywanymi. Aby to uniemożliwić, podawane są na bramkę impulsy podwójne, przesunięte o 60° . Analizowany układ jest połączeniem szeregowym dwóch mostków, zatem przerwa w przewodzeniu jednego powoduje automatycznie przerwę w całym obwodzie. Dlatego też

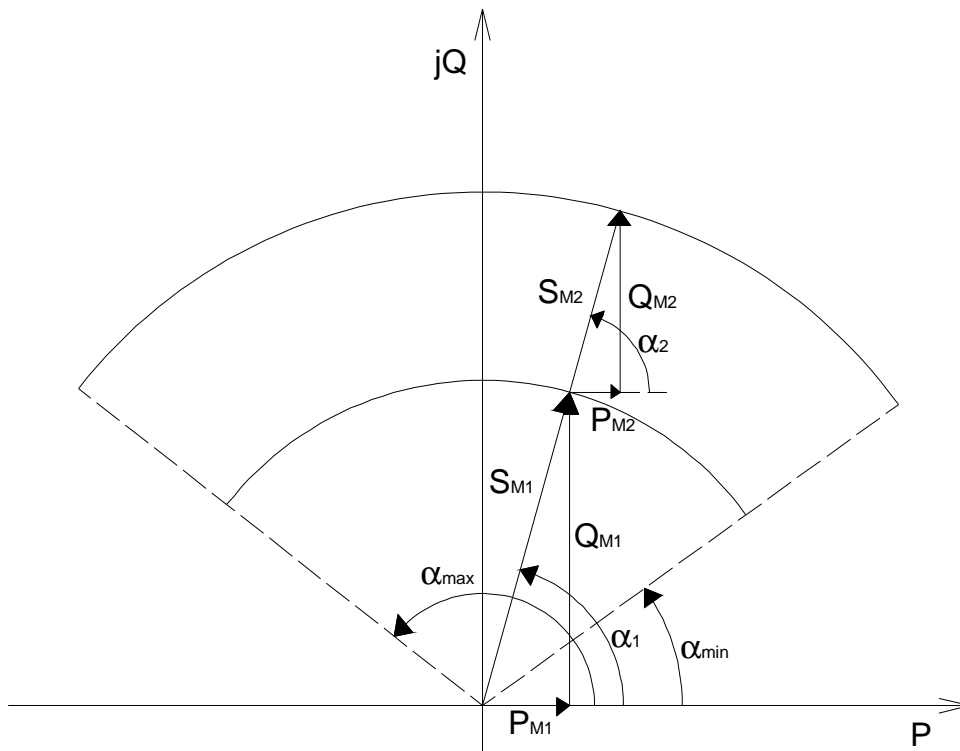
tyrystory jednego mostka muszą mieć informację o momentach przełączeń tyrystorów w drugim mostku, i odwrotnie. Stąd też w układzie ze sterowaniem jednoczesnym stosuje się do sterowania tyrystorów najczęściej ciąg czterech impulsów przesuniętych względem siebie o kąt 30° , tak ajk to przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. – Oscylogram impulsów wyzwalających tyrystory w układzie ze sterowaniem jednoczesnym w układzie laboratoryjnym.

W celu sfazowania układu należy sfazować osobno poszczególne mostki, a następnie sprawdzić sfazowanie całego układu.

Ze względu na jednakowe kąty wysterowania obu mostków, moce czynna, bierna i pozorna całego przekształtnika złożonego są w dowolnej chwili algebraicznymi sumami odpowiednich mocy mostków M_1 i M_2 .



Rys 7. Wykres kołowy mocy pierwszej harmonicznej dla szeregowego połączenia dwóch mostków tyrystorowych bez uwzględnienia komutacji

$P_{T1,2}$, $Q_{T1,2}$, $S_{T1,2}$, - odpowiednio moce czynna, bierna i pozorna mostków M_1 , M_2 ,
 P , S , Q , - moce czynna, bierna i pozorna całego przekształtnika,
 α_1 , α_2 - kąty wysterowania mostków tyrystorowych M_1 , M_2 .

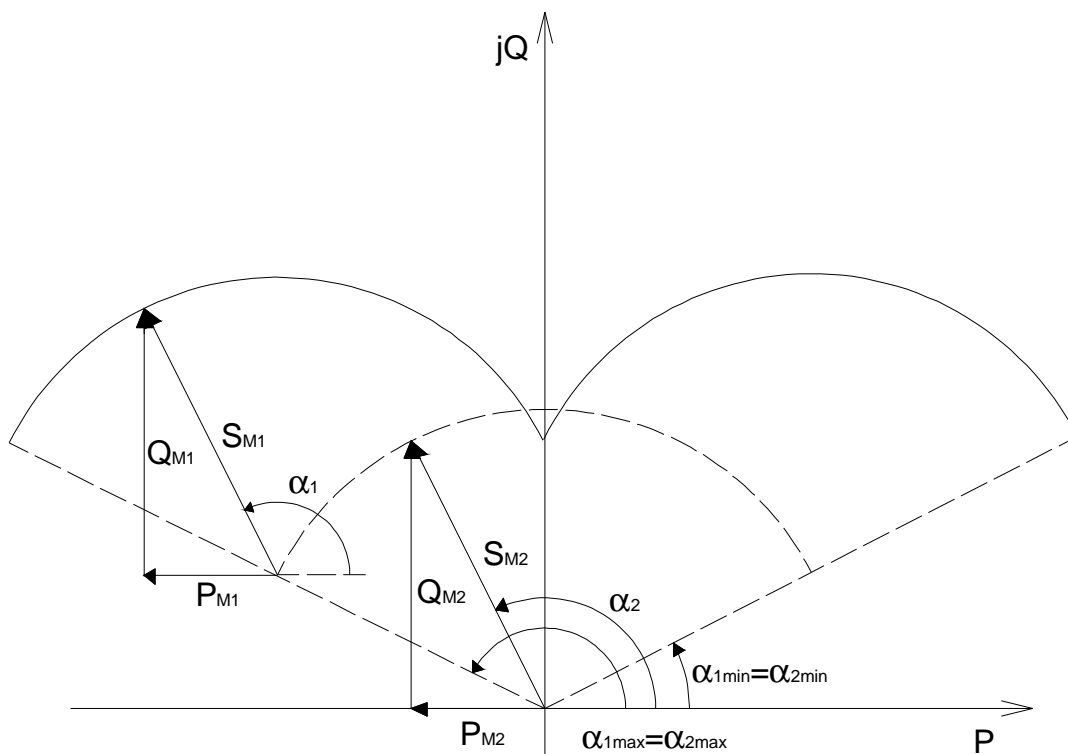
3.2. STEROWANIE SEKWENCYJNE (KOLEJNOŚCIOWE)

Mostki zasilane są napięciami o tej samej fazie (bez przesunięcia), zatem napięcie na obciążeniu jest 6-pulsowe.

Sterowanie sekwencyjne dwóch mostków polega na kolejnym wysterowaniu poszczególnych mostków. Dla ujemnych napięć przekształtnika jeden mostek jest wysterowany do maksymalnego napięcia ujemnego ($\alpha = \alpha_{\max}$), a zmiana napięcia wyjściowego przekształtnika odbywa się poprzez zmiany napięcia drugiego mostka. Gdy napięcie tego mostka osiągnie wartość maksymalną (dla napięcia przekształtnika równego zero), dalsze zwiększanie napięcia wyprostowanego układu uzyskuje się przez zmiany napięcia mostka, który dotychczas był wysterowany do maksymalnego napięcia ujemnego. Napięcie wyjściowe przekształtnika jest sumą napięć wyprostowanych poszczególnych mostków.

Zawartość poszczególnych harmonicznych prądu sieci jest funkcją kątów wysterowania mostków α_1 , α_2 oraz grup połączeń transformatorów.

Przekształtnik z sekwencyjnie sterowanymi mostkami wymaga stosowania ciągów impulsów o czasie trwania $\frac{2p}{3}$, lub impulsów podwójnych przesuniętych o $\frac{p}{3}$.



Rys 6. Wykres kołowy mocy dla pierwszej harmonicznej prądu sieci, bez uwzględnienia komutacji przy sekwencyjnym sterowaniu mostków. (połączenie szeregowe).

W przypadku sterowania sekwencyjnego mostków uzyskuje się ograniczenie maksymalnego poboru mocy biernej przez przekształtnik rzędu 30% w porównaniu do sterownika ze sterowaniem jednoczesnym. Jednak napięcie na obciążeniu jest sześciupulsowe, przez co jego negatywne oddziaływanie na zasilającą jest większe niż w przypadku ze sterowaniem jednoczesnym.