

WPROWADZENIE

1.1 Definicje (wyciąg z normy PN-EN 61558-1)

Transformator (mocy): Rodzaj aparatu statycznego o dwóch lub większej liczbie uzwojeń, który na zasadzie indukcji elektromagnetycznej transformuje napięcie i prąd przemienny na inne napięcie i prąd o tej samej częstotliwości lecz o innych wartościach, w celu przesyłu energii elektrycznej.

Transformator separacyjny: Transformator o ochronnym oddzieleniu uzwojenia pierwotnego od wtórnego.

Transformator bezpieczeństwa: Transformator separacyjny przeznaczony do zasilania obwodów napięciem SELV (safety extra-low voltage) lub PELV (protective extra-low voltage).

Transformator oddzielający: Transformator o jednym lub kilku uzwojeniach pierwotnych oddzielonych od uzwojenia (uzwojeń) wtórnego co najmniej izolacją podstawową.

Transformator stacjonarny: Transformator umocowany lub transformator mający masę większą od 18kg i nie wyposażony w jeden lub więcej uchwytów do przenoszenia.

Transformator przenośny: Transformator przemieszczany podczas pracy albo taki, który może być łatwo przemieszczany z jednego miejsca w drugie, w czasie gdy jest przyłączony do źródła zasilania
Uwaga! Transformator montowany bezpośrednio w gnieździe wtyczkowym jest uznawany za transformator przenośny nawet jeśli nie może być przemieszczany podczas przyłączenia do źródła zasilania.

Transformator ręczny: Transformator przenośny dostosowany do trzymania w ręce podczas normalnego użytkowania.

Transformator suchy: Transformator, którego rdzeń i uzwojenia nie są zanurzone w ciekłym materiale izolacyjnym.

Transformator odporny na zwarcie: Transformator, w którym temperatura nie przekracza określonej wartości, gdy transformator jest przeciążony lub zwarty i który nadal spełnia wymagania tej normy po usunięciu przeciążenia lub zwarcia.

Transformator warunkowo odporny na zwarcie: Transformator odporny na zwarcie wyposażony w urządzenie ochronne otwierające obwód pierwotny lub obwód wtórny albo zmniejszające wartość prądu w obwodzie pierwotnym lub w obwodzie wtórnym, gdy transformator jest przeciążony lub zwarty i który nadal spełnia wszystkie wymagania tej normy po usunięciu przeciążenia lub zwarcia i przestawieniu do położenia początkowego lub wymianie urządzenia ochronnego.

UWAGI

1. Przykładami urządzeń ochronnych mogą być bezpieczniki topikowe, wyzwalacze przeciążeniowe, bezpieczniki termiczne, wyłączniki termiczne i rezystory PTC oraz automatyczne odłączniki mechaniczne.
2. W przypadku ochrony za pomocą urządzenia, które nie może być wymienione lub przestawione do położenia początkowego określenie „nadal spełnia wszystkie wymagania tej normy po usunięciu przeciążenia lub zwarcia” nie oznacza, że transformator kontynuuje swoją pracę.

Transformator bezwarunkowo odporny na zwarcie: Transformator odporny na zwarcie, który nie jest wyposażony w urządzenie chroniące transformator i którego budowa w przypadku przeciążenia lub zwarcia powoduje, że temperatura nie przekracza dopuszczalnych wartości i który nadal spełnia wszystkie wymagania tej normy po usunięciu przeciążenia lub zwarcia.

Transformator nieodporny na zwarcia: Transformator, który powinien być chroniony przed nadmierną temperaturą za pomocą urządzenia ochronnego niewbudowanego w transformator i który nadal spełnia wszystkie wymagania tej normy po usunięciu przeciążenia lub zwarcia i przestawieniu urządzenia ochronnego do położenia początkowego.

Transformator bezpieczny w przypadku uszkodzenia: Transformator, który po nieprawidłowym użytkowaniu nie działa w wyniku powstania przerwy w obwodzie pierwotnym, lecz nie stanowi zagrożenia dla użytkownika lub otoczenia.

Obudowa: Część zapewniająca ochronę transformatora przed wpływem czynników zewnętrznych oraz zapewniająca ochronę przed bezpośrednim dotknięciem w każdym kierunku

Wyłącznik termiczny: Urządzenie czułe na temperaturę, które powoduje ograniczenie temperatury transformatora lub jego części podczas nieprawidłowej pracy przez automatyczne otwarcie obwodu lub przez zmniejszenie prądu i tak skonstruowane, aby jego nastawienie nie mogło być zmienione przez użytkownika.

Wyłącznik termiczny samoczynny: Wyłącznik termiczny, który automatycznie zamyka obwód prądu, gdy odpowiednia część transformatora ochłodzi się dostatecznie, lub gdy obciążenie zostanie usunięte.

Wyłącznik termiczny niesamoczynny: Wyłącznik termiczny, który wymaga ponownego ręcznego włączenia lub przemieszczenia części w celu spowodowania przepływu prądu.

Wyłącznik termiczny jednokrotnego użytku: Wyłącznik termiczny, który działa tylko jeden raz, a następnie konieczna jest jego wymiana częściowa lub pełna tego elementu.

Wyzwalacz przeciążeniowy: Łącznik działający wskutek przepływu prądu, który chroni obwód przed przeciążeniem przez jego otwarcie, gdy prąd w tym obwodzie osiąga ustaloną z góry wartość i który pozostaje w położeniu otwartym.

Napięcie zwarcia: Napięcie, które należy przyłożyć do uzwojenia pierwotnego, gdy uzwojenia są w temperaturze otoczenia, aby wywołać w zwartym uzwojeniu wtórnym prąd równy znamionowemu prądowi wtórnemu.

UWAGA: Napięcie zwarcia wyrażone jest zwykle w procentach znamionowego napięcia zasilania.

Praca ciągła: Praca w nieograniczonym okresie.

Praca krótkotrwała: Praca w określonym czasie, rozpoczynana od stanu zimnego transformatora, przy czym przerwy między okresami pracy są wystarczająco długie do ochłodzenia transformatora do temperatury bliskiej temperaturze otoczenia.

Praca przerywana: Praca wykonywana kolejno w określonych, jednakowych cyklach

Obwód pierwotny: Obwód przeznaczony do połączenia ze źródłem zasilania

Obwód wtórny: Obwód do którego przyłącza się obwód rozdzielczy, przyrząd lub urządzenie zasilane przez transformator.

Uzwojenie pierwotne: Uzwojenie obwodu pierwotnego

Uzwojenie wtórne: Uzwojenie obwodu wtórnego.

Znamionowe napięcie zasilania:

Napięcie zasilania (dla zasilania wielofazowego – napięcie międzyfazowe) przypisane transformatorowi przez wytwórcę dla określonych warunków pracy transformatora.

Znamionowa częstotliwość: Częstotliwość przypisana transformatorowi przez wytwórcę dla określonych warunków pracy transformatora.

Znamionowy prąd wtórny: Prąd wtórny przy znamionowym napięciu zasilania i znamionowej częstotliwości przypisany transformatorowi przez wytwórcę dla wymaganych warunków pracy transformatora.

Znamionowe napięcie wtórne: Napięcie wtórne (dla zasilania wielofazowego napięcie międzyfazowe) przy znamionowym napięciu zasilania, znamionowej częstotliwości i znamionowym prądzie wtórnym, przy znamionowym współczynniku mocy, przypisana transformatorowi przez wytwórcę dla wymaganych warunków pracy transformatora.

Znamionowa moc wtórna: Iloczyn znamionowego napięcia wtórnego i znamionowego prądu wtórnego lub dla transformatorów wielofazowych \sqrt{n} – krotny iloczyn znamionowego napięcia wtórnego i znamionowego prądu wtórnego, przy czym n jest liczbą faz. Jeżeli transformator ma więcej niż jedno uzwojenie wtórne, lub ma zaczepowe uzwojenie wtórne to znamionowa moc wtórna oznacza maksymalną wartość sumy iloczynów znamionowego napięcia wtórnego i znamionowego prądu wtórnego tych obwodów, które mogą być obciążane jednocześnie.

Znamionowa temperatura otoczenia t_a : Najwyższa temperatura, w której transformator może trwale pracować w normalnych warunkach użytkowania.

Uwaga – Wartość znamionowej temperatury otoczenia (t_a) nie wyklucza okresowej pracy transformatora w temperaturze nie przekraczającej ($t_a + 10$)° C.

Stan jałowy obwodu pierwotnego: Stan transformatora dołączonego do znamionowego napięcia zasilania o znamionowej częstotliwości z nieobciążonym obwodem wtórnym.

Napięcie wtórne w stanie jałowym: Napięcie wtórne, gdy do transformatora jest doprowadzone znamionowe napięcie zasilania o znamionowej częstotliwości z nieobciążonym obwodem wtórnym.

Izolacja podstawowa: Izolacja części będących pod napięciem niebezpiecznym, stosowana w celu zapewnienia ochrony przed porażeniem elektrycznym.

Izolacja dodatkowa: Niezależna izolacja zastosowana dodatkowo do izolacji podstawowej w celu zapewnienia ochrony przed porażeniem elektrycznym w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej.

Izolacja podwójna: Izolacja składająca się z obydwu izolacji - podstawowej i dodatkowej

Izolacja wzmocniona: Pojedynczy układ izolacyjny części czynnych o niebezpiecznym napięciu, który zapewnia stopień ochrony przed porażeniem elektrycznym równoważny izolacji podwójnej

Transformator klasy I: Transformator, w którym ochrona przed porażeniem elektrycznym nie polega tylko na izolacji podstawowej, lecz taki w którym zastosowano dodatkowy środek bezpieczeństwa, np. zacisk uziomowy, umożliwiający połączenie dostępnych części przewodzących z żyłą ochronną przewodów ułożonych na stałe w taki sposób, że te dostępne części przewodzące nie mogą stać się częściami pod napięciem nawet w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej.

Transformator klasy II: Transformator, w którym ochrona przed porażeniem elektrycznym nie polega na zastosowaniu tylko izolacji podstawowej, lecz w którym zastosowano dodatkowy środek bezpieczeństwa taki jak izolacja podwójna lub wzmocniona, przy czym nie ma możliwości wykonania uziemienia ochronnego lub innych środków bezpieczeństwa w warunkach instalowania.

Transformator klasy III: Transformator, w którym ochrona przed porażeniem elektrycznym polega na zasilaniu bardzo niskim napięciem bezpiecznym (SELV), w którym napięcia wyższe od SELV nie są wytwarzane.

Rozdzielenie ochronne: Rozdzielenie obwodów za pomocą ochrony podstawowej i dodatkowej (izolacja podstawowa oraz izolacja dodatkowa lub ekranowanie ochronne) lub równoważnym środkiem ochronnym (np. izolacją wzmocnioną).

Ekranowanie ochronne: Rozdzielenie od części czynnych o napięciu niebezpiecznym przez umieszczenie między nimi przewodzącego ekranu, połączonego za pomocą elementów łączących z zewnętrznym przewodem ochronnym.

ELV (extra low voltage) (bardzo niskie napięcie) Napięcie nie przekraczające górnej wartości granicznej zakresu napięciowego 1 (IEC449)

SELV: (safety extra low voltage) (bardzo niskie bezpieczne napięcie) Napięcie nie przekraczające 50V prądu przemiennego lub 120V wygładzonego prądu stałego między przewodami lub pomiędzy dowolnym przewodem a ziemią, w obwodzie oddzielnym od źródeł zasilania za pomocą takich środków jak transformator bezpieczeństwa.

UWAGI

1. W szczególnych przypadkach może być wymagane napięcie niższe niż 50V prądu przemiennego lub 120V wygładzonego prądu stałego, szczególnie w przypadkach, gdy dopuszczalny jest bezpośredni kontakt z częściami czynnymi.
2. Graniczna wartość napięcia nie powinna być przekraczana w każdych warunkach obciążenia w zakresie od obciążenia pełnego do stanu jałowego, jeżeli źródłem jest transformator bezpieczeństwa.
3. Zwyczajowo „wygładzoną” określa się wartość skuteczną napięcia tętnień stanowiącą nie więcej niż 10% składowej stałej, napięcia, gdy największa wartość szczytowa nie przekracza 140V w przypadku znamionowego napięcia układu wygładzonego prądu stałego równego 120V i 70V w przypadku znamionowego napięcia układu wygładzonego prądu stałego równego 60V.

Obwód SELV. Obwód ELV z rozdzieleniem ochronnym od innych obwodów i nie mający części do uziemienia obwodu ani odkrytych elementów przewodzących.

Obwód PELV: Obwód ELV z rozdzieleniem ochronnym od innych obwodów, który z powodów funkcjonalnych może być uziemiony i/lub odkryte części przewodzące tego obwodu mogą być uziemione.

UWAGA: Obwody PELV są stosowane gdy obwody są uziemione i nie jest wymagane SELV.

Obwód FELV: Obwód ELV o napięciu ELV z powodów funkcjonalnych, ale nie spełniających w pełni wymagań dla SELV lub PELV.

Autorem opracowania i tłumaczenia normy PN-EN 61558-1 jest :

Polski Komitet Normalizacyjny
00-139 Warszawa
ul. Elektoralna 2
tel. (0-22) 620-02-41
fax. (0-22) 624-71-22

Pełne brzmienie wyżej wymienionej normy można zamówić w:

Centralna Księgarnia Norm
00-820 Warszawa
ul. Sienna 63
tel./fax (0-22) 620-71-31

Oryginały norm dostępne są w wydziale Marketingu i Sprzedaży PKN oraz w autoryzowanych przez PKN punktach dystrybucji.

PKN oferuje:

Sprzedaż Polskich Norm pojedynczo i w prenumeracie. Pomoc przy wyborze i w poszukiwaniu Polskich Norm można uzyskać korzystając z wyszukiwarki Katalogu PN na stronie internetowej PKN. Sprzedaż norm międzynarodowych, europejskich i poszczególnych krajów oraz informacji o nich. Szczegóły na stronie www.pkn.pl

Przedruk za zgodą Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego – zezwolenie nr 9/P/2004

2 Oznaczenia i symbole

Tabela 2.1








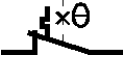
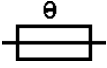










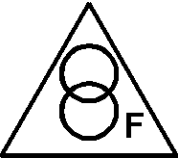









Symbol	Wyjaśnienie
~	Jednofazowy prąd przemienny AC
3~	Trójfazowy prąd przemienny AC
3/N~	Trójfazowy prąd przemienny z przewodem zerowym AC
	Prąd stały DC
V	Jednostka napięcia - Volt
A	Jednostka prądu - Amper
VA	Jednostka mocy pozornej - Voltoampery
Hz	Jednostka częstotliwości - Hertz
W	Jednostka mocy czynnej – Watt
PRI	Pierwotny
SEC	Wtórny
cosφ	Współczynnik mocy
t _a	Znamionowa maksymalna temperatura otoczenia
IP XX	Liczba IP w miejscu XX
	Konstrukcja klasy III
	Konstrukcja klasy II
	Możliwość mocowania na meblach
	Wkładka topikowa (dodać symbol charakterystyki czsowo-prądowej)
	Wyłącznik termiczny samoczynny
	Wyłącznik termiczny, przywrócenie poprzedniego stanu przez działanie ręczne
	Wyłącznik termiczny, przywrócenie przez odłączenie zasilania
	Wyłącznik termiczny jednokrotnego użytku
	Zacisk podstawy lub rdzenia
	Zacisk ochronny (ziemia)

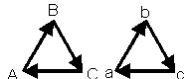
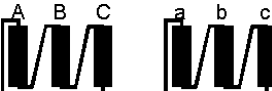
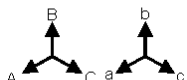

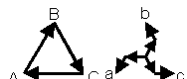

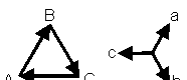





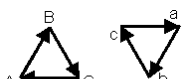



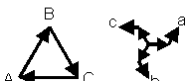







Tabela 2.2

Odporny na zwarcia	Nieodporny na zwarcia	Bezpieczny w stanie uszkodzenia	Klasyfikacja transformatora
			Transformator bezpieczeństwa
			Transformator separacyjny
			Transformator sterowniczy
			Autotransformator
			Transformator oddzielający

3. INFORMACJE PRAKTYCZNE

3.1 Układy połączeń transformatorów trójfazowych

Schemat połączeń	Nazwa	Symbol Literowy PRI/SEC	uwagi
	gwiazda	Y/y	Możliwość wyprowadzenia punktu zerowego. Stosowane zwykle do sieci czteroprzewodowej.
	trójkąt	D/d	Niedostępny punkt zerowy. Stosowane zwykle do sieci trójprzewodowej
	zygzak	Z/z	Możliwość wyprowadzenia punktu zerowego. Stosowane zwykle dla dużych niesymetrii obciążenia.

Grupa połączeń	Wykresy wskazowe	Diagramy połączeń	Punkt zerowy
Dd0			Niedostępny
Yy0			Obciążenie do ok. 10%
Dz0			Obciążenie w 100%
Dy5			Obciążenie w 100%
Yd5			Niedostępny
Yz5			Obciążenie w 100%
Dd6			Nie dostępny
Yy6			Obciążenie do ok. 10%
Dz6			Obciążenie w 100%
Dy11			Obciążenie w 100%
Yd11			Niedostępny
Yz11			Obciążenie w 100%

3.2 Stopień ochrony obudowy określony w systemie IPXX

- XX – dwie charakterystyczne cyfry
- pierwsza: określa stopień ochrony osób przed dotknięciem lub zbliżeniem do części czynnych i przed zetknięciem z częściami wewnątrz obudowy oraz ochronę urządzenia wewnątrz obudowy przed szkodliwym wnikaniem szkodliwych ciał stałych.
- druga: określa stopień ochrony urządzenia wewnątrz obudowy przed szkodliwym wnikaniem wody.
- nie podawanie xx oznacza IP00

Stopnie ochrony oznaczone pierwszą cyfrą:

Cyfra	Opis
0	Nie chronione
1	Chronione przed obcymi ciałami stałymi większymi niż 50mm
2	Chronione przed obcymi ciałami stałymi większymi niż 12,5mm
3	Chronione przed obcymi ciałami stałymi większymi niż 2,5mm
4	Chronione przed obcymi ciałami stałymi większymi niż 1mm
5	Chronione przed pyłem
6	Pyłoszczelne

Stopnie ochrony oznaczone drugą cyfrą:

Cyfra	Opis
0	Nie chronione
1	Chronione przed pionowo padającymi kroplami wody
2	Chronione przed pionowo padającymi kroplami wody przy wychyleniu obudowy o kąt do 15°
3	Chronione przed natryskiwaniami wodą
4	Chronione przed bryzgami wody
5	Chronione przed strugą wody
6	Chronione przed silną strugą wody
7	Chronione przed skutkiem krótkotrwałego zanurzenia w wodzie
8	Chronione przed skutkami ciągłego zanurzenia w wodzie

3.3 Nagrzewanie

Straty mocy występujące w transformatorach są odpowiedzialne za wytwarzanie ciepła. Źródłem ciepła są głównie uzwojenia i rdzeń. Wydzielane ciepło jest zjawiskiem niekorzystnym i powoduje szereg ograniczeń konstrukcyjnych i zjawisk elektrycznych. Wzrost temperatury uzwojeń wpływa bezpośrednio na ich rezystancję. Za pomocą zmian rezystancji uzwojeń wyznacza się średnie przyrosty temperatur w celu określenia zgodności z temperaturami dopuszczalnymi dla zastosowanych izolacji. Zalecenia IEC85 określają klasy cieplne izolacji:

Klasa cieplna	Średnia dopuszczalna temp. Izolacji w °C	Maksymalna dopuszczalna temp. Izolacji w °C
A	100	105
E	115	120
B	120	130
F	140	150

Zazwyczaj dla transformatorów firmy Breve-Tufvassons przyjmuje się klasę cieplną izolacji „B”. Jest ona wymieniona na tabliczce znamionowej przy „ta” np. ta40B co oznacza: znamionowa maksymalna temperatura otoczenia 40°C, klasa cieplna B (max 130°C, śr. 120°C)

Wartość średniego przyrostu temperatury uzwojeń wyznacza się ze wzoru:

$$\Delta t = (R_2 - R_1)(x+t_1)/R_1 - (t_2 - t_1) \quad , \text{ gdzie:}$$

$x = 234,5$ dla miedzi

Δt średni przyrost temperatury ponad t_2

R_1 rezystancja na początku próby przy temperaturze otoczenia t_1

R_2 rezystancja na końcu próby po osiągnięciu warunków ustalonych

t_1 temperatura otoczenia transformatora na początku próby

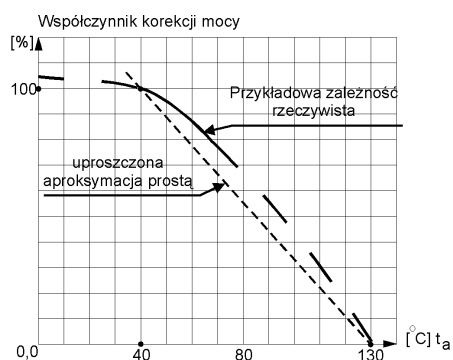
t_2 temperatura otoczenia transformatora na końcu próby

Przyjmuje się, że: $t_{sr} = \Delta t + t_a$, gdzie

t_{sr} – średnia temperatura uzwojenia

t_a – temperatura otoczenia

Moc znamionowa transformatorów jest określana laboratoryjnie przy obciążeniu rezystancyjnym, dla pracy ciągłej (o ile nie podano inaczej) w otoczeniu powietrznym o temperaturze znamionowej t_a (podanej na tabliczce znamionowej). W przypadku rzeczywistego występowania temperatur różniących się od temperatury „ t_a ” znamionowej, dopuszcza się odpowiednie korekty mocy obciążającej. Przykładową rzeczywistą zależność dla jednego z transformatorów o ta40B w zakresie temperatur 40°C-80°C oraz jej uproszczoną aproksymację pokazuje rysunek poniżej. Obok podano orientacyjne współczynniki mocy dla różnych wykonień.



T_a	50°C	60°C	70°C	80°C
25B	76%	66%	57%	47%
40B	88%	77%	66%	55%
60B	X	X	85%	71%
70B	X	X	X	83%

Uwaga! Przy pracy transformatora w wyższej temperaturze otoczenia mogą pojawić się znaczące spadki napięć wskutek wzrostu temperatur uzwojeń.

Dla małych urządzeń, w których zastosowano transformator jest trudno określić rzeczywistą temperaturę otoczenia. Zaleca się wtedy przeprowadzenie oceny urządzenia oraz doboru transformatora przez nagrzewanie uzwojeń podczas pracy transformatora w urządzeniu przy t_a określonym dla urządzenia.

3.4 Praca przerywana transformatora

Niezbędną moc transformatora pracującego w sposób „przerywany” w jednakowych określonych cyklach wyznacza się ze wzoru:

$$S = \sqrt{\frac{t_p}{t_c}} \times S_{odb} \quad , \text{gdzie}$$

S – moc transformatora

t_p – czas pracy

t_c – czas cyklu

S_{odb} – moc przyłączonego odbiornika

Dla przykładu: Jeśli wyjście transformatora jest obciążone mocą 1000VA przez czas 2s w ciągu 6s, wówczas moc potrzebnego transformatora wynosi:

$$S = \sqrt{\frac{2}{6}} \times 1000VA = 577VA$$

Najbliższa wartość mocy typowego gabarytu to 630VA

3.5 Autotransformator

W transformatorach uzwojenia pierwotne i wtórne są odseparowane galwanicznie. Powoduje to konieczność umieszczania obu uzwojeń w odrębnych komorach karkasu w objętości pełnej mocy dla każdego z nich. W autotransformatorach nie ma separacji galwanicznej, występuje jedno uzwojenie z odczepem. Uzwojenie zajmuje pojedynczą komorę. W części wspólnej następuje kompensacja. Dzięki temu, w pewnych okolicznościach powstają oszczędności związane z rozmiarami transformatora.

Dla przykładu moc gabarytu transformatora dla warunków:

Moc odbiornika 9kVA

Przekładnia transformatora 230V/110V

Moc gabarytu transformatora:

$$X = (230V-110V)/230V \times 9kVA = 4,69kVA$$

Najbliższa wartość mocy typowego gabarytu to 5kVA

3.6 Wpływ zmian parametrów na rozmiary transformatora

Wymagana zmiana parametrów	Zwiększenie rozmiarów transformatora	Pomniejszenie rozmiarów transformatora
Zwiększenie mocy	tak	nie
Zwiększenie znamionowej temperatury otoczenia	tak	nie
Zmniejszenie częstotliwości zasilania transformatora	tak	nie
Zwiększenie częstotliwości zasilania transformatora	nie	tak
Zmniejszenie prądu jałowego transformatora	tak	nie
Zmniejszenie zawartości harmonicznego prądu	tak	nie
Zmniejszenie strumienia rozproszenia	tak	nie
Więcej niż jedno napięcie PRI	tak	nie