



**Polska Grupa
Energetyczna**

Wytyczne do budowy systemów elektroenergetycznych rekomendowanych w GK PGE

TOM 5

STACJE TRANSFORMATOROWE SN/nN

Wersja	02	2009
---------------	-----------	-------------

Zatwierdzone Uchwałą Nr 46/2009 Zarządu PGE Dystrybucja Łódź – Teren S.A.
z dnia 27.02.2009 roku

PGE Dystrybucja Łódź – Teren S.A.
nr rejestru 40/III/0

p.o. DYREKTOR,
ds. Dystrybucji

Jan Sosiński

Styczeń 2009 r.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	4
2. ZAKRES OPRACOWANIA.....	4
3. NORMY I PRZEPISY	4
4. STACJE TRANSFORMATOROWE SN/NN- NAPOWIETRZNE	5
4.1. Rodzaje stacji napowietrznych	5
4.2. Podstawowe wymagania techniczne	6
4.3. Wymagania podstawowe dla izolacji 15 i 20 kV	6
4.4. Ograniczniki przepięć	7
4.5. Połączenia po stronie niskiego napięcia	7
4.6. Szafka rozdzielcza nN	8
4.7. Konstrukcje wsporcze i ustoje stacji	8
4.8. Uziemienia stacji	8
5. STACJE TRANSFORMATOROWE SN/NN - WNĘTRZOWE	8
5.1. Rodzaje stacji wewnętrznych	8
5.2. Podstawowe wymagania techniczne budynków stacji	9
5.3. Układ funkcjonalny stacji	9
5.4. Podstawowe wyposażenie rozdzielni SN	10
5.4.1 Rodzaje wykonanń rozdzielni SN.....	10
5.4.2. Wyposażenie rozdzielni SN w łączniki.....	10
5.4.3. Podstawowe dane techniczne rozłączników wewnętrznych	10
5.4.4. Podstawowe dane techniczne rozdzielnic SN	11
5.5. Połączenia rozdzielnic SN z transformatorem.....	11
5.6. Połączenia transformatora z rozdzielnią nN	11
5.7. Podstawowe wyposażenie i dane techniczne rozdzielni nN.....	11
5.7.1 Wyposażenie	11
5.7.2. Dane techniczne.....	12
5.8. Opisy stacji	12
5.9. Uziemienie stacji	12

6. KRYTERIA DLA TRANSFORMATORÓW INSTALOWANYCH NA STACJACH SN/NN	12
6.1. Przekładnia napięciowa	12
6.2. Grupy połączeń.....	13
6.3. Regulacja napięcia.....	13
6.4. Uzwojenia.....	13
6.5. Straty.....	13
6.6. Budowa i wyposażenie	13
6.7. Chłodzenie	15
6.8. Klasa izolacji	15
7. KOMPENSACJA INDYWIDUALNA MOCY BIERNEJ TRANSFORMATORÓW SN/NN.....	15

wszelkie prawa do powielania, rozpowszechniania całości lub jakiegokolwiek części niniejszego opracowania przysługują spółkom będącym operatorem systemów dystrybucyjnych wchodzącym w skład grupy kapitałowej pge i podlegają pełnej ochronie prawnej przewidzianej stosownymi przepisami prawa polskiego, w szczególności ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 2001 r. oraz ustawy o zwalczaniu nieuczciwej konkurencji z dnia 16 kwietnia 1993 r. każdy z użytkowników zobowiązany jest do poszanowania praw autorskich pod rygorem odpowiedzialności cywilnoprawnej oraz karnej wynikającej z przepisów prawa.

1. Wstęp

Celem opracowania „Wytyczne do budowy systemów elektroenergetycznych rekomendowanych w GK PGE” (zwane dalej Wytyczne), jest ujednoczenie rozwiązań technicznych stosowanych w Grupie Kapitałowej PGE przy budowie nowych oraz remoncie istniejących sieci elektroenergetycznych.

Parametry techniczne urządzeń określone w Wytycznych są wymaganiami minimalnymi.

Decyzje w sprawie szczegółowych rozwiązań technicznych, w tym odstępstwa od Wytycznych, podejmowane są przez kompetentne służby poszczególnych spółek dystrybucyjnych.

Należy stosować urządzenia elektroenergetyczne:

- spełniające wymagania norm i obowiązujących przepisów,
- posiadające niezbędne dokumenty (np. certyfikaty, atesty, oceny techniczne, poświadczenia certyfikatu wydanego za granicą), potwierdzające podane przez producenta właściwości techniczne, uwzględniające badania typu wydane przez jednostkę certyfikującą posiadającą akredytację Polskiego Centrum Akredytacji.

2. Zakres opracowania

Niniejsze opracowanie określa podstawowe wymagania i rozwiązania techniczne stawiane nowobudowanym i remontowanym stacjom transformatorowym SN/nN napowietrznym i wewnętrznym.

3. Normy i przepisy

W odniesieniu do stacji transformatorowych SN/nN mają zastosowanie następujące normy:

1. PN-E-05115: 2002 Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV.
2. PN-EN 62271-202:2007 – Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza – Część 202: Stacje transformatorowe prefabrykowane wysokiego napięcia na niskie napięcie
3. PN-EN 62271-200:2007 – Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza – Część 200: Rozdzielnice prądu przemiennego w osłonach metalowych na napięcie znamionowe powyżej 1 kV do 52 kV włącznie.
4. PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnionej przez obudowy (kod IP).
5. PN-EN 60265-1:2001 – Rozłączniki wysokonapięciowe. Część 1: Rozłączniki na napięcie znamionowe wyższe niż 1 kV i niższe niż 52 kV.
6. PN-EN 62271-102:2005 – Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza. Część 102: Odłączniki i uziemniki wysokiego napięcia prądu przemiennego.

7. PN-EN 62271-105:2005 – Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza. Część 105: Zestawy rozłączników z bezpiecznikami prądu przemiennego.
8. PN-EN 62271-100:2006 - Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza. Część 100: Wyłączniki wysokonapięciowe prądu przemiennego.
9. PN-EN 60439-1:2003 – Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu.
10. PN-98/E-05100-1 1998, Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi
11. N-SEP-E-003 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz przewodami niepełnoizolowanymi.
12. PN-E-05125:1976 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe – Projektowanie i budowa.
13. N SEP-E-004 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.
14. PN-E-04700: 1998 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych.
15. Ochrona sieci elektroenergetycznych od przepięć” – opracowanie pod patronatem PTPIREE Poznań 2005 rok.

W odniesieniu do transformatorów:

16. PN – EN 60076 – 1 : 2001. Transformatory. Wymagania ogólne.
17. PN–86/E-06041. Transformatory olejowe o mocy znamionowej 25 kVA i większej. Wyposażenie podstawowe.
18. PN – ICE 60354:1999. Przewodnik obciążenia transformatorów olejowych.
19. PN – EN 60296:2005 (U). Płyny do zastosowań elektrotechnicznych – świeże mineralne oleje izolacyjne do transformatorów i aparatury łączeniowej.
20. PN – EN 60076-10:2003. Transformatory - Część 10: Wyznaczanie poziomów dźwięku.

4. Stacje transformatorowe SN/nN- napowietrzne

Sieci elektroenergetyczne nN pracują w układach TN-C lub TT.

Zalecanym układem jest układ TN-C.

Napowietrzne stacje transformatorowe należy wykonywać na pojedynczych lub podwójnych żerdziach wirowanych w zależności od warunków pracy stacji, wg typowych rozwiązań.

4.1. Rodzaje stacji napowietrznych

- 1) stacje z pełnym wyposażeniem,

- 2) stacje uproszczone dla obiektów z transformatorami o mocy do 250 kVA włącznie.

Rodzaje uproszczeń:

- 1) bez bezpieczników SN i ze słupowymi rozłącznikami bezpiecznikowymi nN,
- 2) bez podestu obsługi,
- 3) ze słupowymi rozłącznikami bezpiecznikowymi zamiast szafki nN.

4.2. Podstawowe wymagania techniczne

- 1) Całość połączeń SN wykonać przewodami niepełnoizolowanymi.
- 2) Zaciski SN i nN transformatorów należy zabezpieczyć poprzez zainstalowanie osłon izolacyjnych odpornych na promieniowanie UV.
- 3) Ograniczniki przepięć SN i nN montowane wg opracowań typowych, jak najbliższej transformatora. Zaleca się stosowanie ograniczników przepięć z odłącznikami sygnalizującymi uszkodzenie ogranicznika.
- 4) Przy stosowaniu osłon izolacyjnych na izolatorach przepustowych SN przyjmuje się stosowanie transformatorów bez iskierników po stronie SN.
- 5) Wszystkie elementy stalowe należy zabezpieczyć przed korozją poprzez cynkowanie metodą ogniową.
- 6) przewidzieć możliwość zainstalowania pomiaru energii.

4.3. Wymagania podstawowe dla izolacji 15 i 20 kV

Jako izolację SN stosować izolatory:

- 1) izolacja wsporcza - izolatory stojące:
 - a) kompozytowe,
 - b) porcelanowe,
- 2) Izolacja odciągowa – izolatory wiszące:
 - a) kompozytowe,
 - b) porcelanowe,
- 3) Izolacja porcelanowa:
 - a) wytrzymałość na rozciąganie dla izolatorów wiszących - 45 kN ,
 - b) wytrzymałość na zginanie dla izolatorów wsporczych - 8 kN,
 - c) masa porcelanowa - C 130,
 - d) kolor wg indywidualnych wymagań,
 - e) okucia cynkowane ogniowo - min. grubość powłoki 85 µm,
 - f) spoiwo metaliczne ołowiowo-antymonowe,

4) Izolacja kompozytowa:

- a) wytrzymałość na rozciąganie dla izolatorów wiszących - 70 kN,
- b) wytrzymałość na zginanie dla izolatorów wsporczych - 8 kN,
- c) materiał rdzenia - typu ECR,
- d) materiał osłony i kloszy - guma silikonowa typu LSR
wyłaczana jednorazowo lub HTV,
- e) wytrzymałość na rozciąganie osłony i kloszy silikonowych - 6 MPa,
- f) okucia stalowe cynkowane ogniowo-min. grubość powłoki- 85 μm .

Zabrania się stosować izolatory wsporcze jako odciągowe.

4.4. Ograniczniki przepięć

- 1) Należy stosować beziskiernikowe warystorowe ograniczniki przepięć w osłonie silikonowej typu LSR lub HTV.
- 2) Dobór ograniczników przepięć dokonywać zgodnie z wytycznymi pt. „Ochrona sieci elektroenergetycznych od przepięć” – opracowanie pod patronatem PTPIREE Poznań 2005 rok.

Podstawowe parametry ograniczników przepięć:

- 1) Znamionowy prąd wyładowczy (8/20 μs) - 10 kA.
- 2) Wytrzymałość na udar prądowy długotrwały (2000 μs) - min 250 A.
- 3) Zdolność pochłaniania energii - min. 3,3 kJ/1 kV U_c.
- 4) Klasa rozładowania linii wg PN/IEC 99-4 - min. 1.
- 5) Wytrzymałość zwarciova - min 20 kA/0,2s.
- 6) Napięcie obniżone (udar 8/20 μs ;10kA) - max 63 kV.
- 7) Materiał osłony i kloszy - guma silikonowa typu LSR
wyłaczana jednorazowo lub HTV.
- 8) Wytrzymałość na rozciąganie osłony i kloszy silikonowych - 6 MPa.
- 9) Akcesoria dodatkowe opcjonalnie: - odłącznik, podstawa izolacyjna, kompletne zaciski od strony przewodu fazowego i uziemiającego.

4.5. Połączenia po stronie niskiego napięcia

- 1) Połączenia od transformatora do szafki rozdzielczej realizować kablami miedzianymi (jednożyłowymi), o przekroju żyły roboczej dobranym do docelowej mocy transformatora.
- 2) Połączenia od transformatora do rozłączników bezpiecznikowych realizować:
 - a) przewodem AsXS_n – dla napowietrznych wyprowadzeń linii nN ze stacji,
 - b) kablami aluminiowymi (wielożyłowymi) o izolacji polwinitowej lub polietylowej – dla wyprowadzeń kablami ziemnymi.

4.6. Szafka rozdzielcza nN

Należy stosować szafki rozdzielcze z tworzywa termoutwardzalnego lakierowane lub aluminiowe malowane proszkowo.

Podstawowe wyposażenie szafek:

- 1) oszynowanie miedziane,
- 2) w polach odejściowych preferowane są rozłączniki bezpiecznikowe rozłączane trójbiegunowo z zaciskami V,
- 3) jako zasadę przyjmuje się stosowanie rozłącznika głównego,
- 4) szafka powinna być przystosowana do zainstalowania przekładników prądowych i układu pomiarowego,
- 5) wyjścia kablowe – od dołu szafki,
- 6) wyjścia napowietrzne – poprzez kominki, uszczelnione za pomocą palczatki termokurczliwej.

4.7. Konstrukcje wsporcze i ustoje stacji

- 1) Stacje montować na żerdziach strunobetonowych wirowanych.
- 2) Należy stosować ustoje z betonowych elementów prefabrykowanych.

4.8. Uziemienia stacji

- 1) Uziemienia stacji przewidzieć jako otokowe, taśmowo – prętowe, których podstawowymi elementami są pręty o średnicy min. 16 mm, stalowe miedziane lub ocynkowane ogniowo, oraz taśma stalowa ocynkowana o wymiarach min. 25 x 4 mm.
- 2) Poszczególne elementy instalacji należy łączyć przy użyciu osprzętu przeznaczonego dla danego systemu uziemiającego.
- 3) Pręty zbrojeniowe konstrukcji stacji nie mogą pełnić funkcji elementów systemu uziomowego.
- 4) Przy konstrukcji uziomów należy wykorzystywać dostępne uziomy naturalne.

5. Stacje transformatorowe SN/nN - wewnętrzne

- 1) Sieci elektroenergetyczne nN pracują w układach TN-C lub TT.
- 2) Zalecanym układem jest układ TN-C.
- 3) Należy stosować wewnętrzne wolnostojące stacje transformatorowe o modułowej, prefabrykowanej konstrukcji betonowej.

5.1. Rodzaje stacji wewnętrznych

- 1) podstawowym rozwiązaniem jest stacja z obsługą od wewnątrz z transformatorem o mocy do 630 kVA,
- 2) w uzasadnionych przypadkach dopuszcza się stacje:

- a) z obsługą z zewnątrz,
- b) indywidualnie zaprojektowane w tym wbudowane,
- c) z transformatorami o mocy powyżej 630 kVA.

5.2. Podstawowe wymagania techniczne budynków stacji

- 1) obudowa modułowa prefabrykowana, konstrukcja żelbetowa składająca się z bryły głównej, fundamentu oraz dachu,
- 2) fundament obudowy powinien być wyposażony w miejsca na przepusty kablowe,
- 3) wentylację budynku stacji przewiduje się systemem grawitacyjnym,
- 4) fundament przystosowany do pomieszczenia 100% oleju,
- 5) wykonania dachów stacji o zróżnicowanym kształcie i pokryciu, w zależności od wymagań architektonicznych,
- 6) w uzasadnionych przypadkach elewacja powinna być pokryta preparatem zabezpieczającym od graffiti,
- 7) drzwi wykonane z blachy stalowej ocynkowanej lub aluminiowe pokryte farbą, otwierane na zewnątrz wraz z blokadą ustalającą położenie w stanie otwarcia. Przewidzieć na drzwiach uchwyty umożliwiające dodatkowe zamknięcie stacji na kłódkę,
- 8) w podłodze korytarza obsługi przewidzieć wjazd do przedziału kablowego fundamentu stacji,

Stacje muszą posiadać niezbędne dokumenty (atesty, certyfikaty, oceny ...) potwierdzające podane przez producenta własności techniczne, uwzględniające badania typu w szczególności w zakresie sprawdzenia:

- 9) spełnienia wymagań ogólnokonstrukcyjnych,
- 10) wytrzymałości izolacji,
- 11) nagrzewania – klasa obudowy nie większa niż 20,
- 12) obciążalności zwarciowej obwodów głównych i uziemiających,
- 13) stopnia ochrony IP 43,
- 14) odporności obudowy stacji na narażenia mechaniczne,
- 15) odporności obudowy na działanie łuku powstałego w wyniku zwarcia wewnętrznego po stronie SN,
- 16) odporności ogniowej.

5.3. Układ funkcjonalny stacji

5.3.1. Rozdzielnica SN,

5.3.2. rozdzielnica nN,

5.3.3. komora transformatorowa oddzielona od rozdzielni (np. przegrodą siatkową).

5.4. Podstawowe wyposażenie rozdzielni SN

5.4.1 Rodzaje wykonania rozdzielni SN

- 1) Przewiduje się wykonanie rozdzielni jako 3 lub 4 połowych z szynami miedzianymi:
 - a) wersja 1 – z izolacją powietrzną lub stałopowietrzną (szyny izolowane), z obudową wykonaną z elementów giętych z blachy, łączonych przez skręcanie,
 - b) wersja 2 – w izolacji SF₆,
 - c) wersja 3 – z izolacją stałą.
- 2) Wymagany jest wskaźnik obecności napięcia w polach liniowych.
- 3) Nie przewiduje się osobnego pola dla zainstalowania ograniczników przepięć.
- 4) Rozdzielnia musi posiadać pełny system blokad lub konstrukcję wykluczającą dostęp do części pod napięciem i system blokad wykluczających możliwość błędnych czynności łączeniowych, przystosowane do podłączenia aparatury pomiarowej do badania kabli elektroenergetycznych.
- 5) Konstrukcja rozdzielni powinna umożliwiać wykonanie badania kabli bez ich odpinania.

5.4.2. Wyposażenie rozdzielni SN w łączniki

- 1) W polach liniowych – stosować rozłączniki z uziemnikiem,
- 2) w polu transformatora – stosować rozłącznik z bezpiecznikami, opcjonalnie wyłącznik z zabezpieczeniem nadprądowym i ziemnozwarciowym.

5.4.3. Podstawowe dane techniczne rozłączników wewnętrznych

Lp.	Oznaczenie	ROZŁĄCZNIK		
		dla sieci 15 kV	dla sieci 20 kV	dla sieci 30 kV
1.	Napięcie znamionowe	17,5 kV	24 kV	36 kV
2.	Prąd znamionowy ciągły	400 A	400 A	630 A
3.	Prąd znamionowy załączalny zwarciov	40 kA	40 kA	40 kA
4.	Prąd znamionowy wytrzymywany szczytowy	40 kA	40 kA	66 kA
5.	Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany 1-sek.	16 kA	16 kA	20 kA
6.	Napięcie probiercze wytrzymywane 1 min, 50 Hz izolacji doziemnej i międzybiegunowej / przerwy biegunowej bezpiecznej	38/45 kV	50/60 kV	70/80 kV
7.	Napięcie probiercze wytrzymywane udarowe-piorunowe izolacji doziemnej i międzybiegunowej / przerwy biegunowej bezpiecznej	95/110 kV	125/145 kV	170/195 kV
8.	Klasa temperatury otoczenia	-25		

5.4.4. Podstawowe dane techniczne rozdzielnic SN

Lp.	Oznaczenie	Rozdzielnica wewnętrzna	
1.	Napięcie znamionowe	17,5 kV	24 kV
2.	Prąd znamionowy ciągły pól liniowych	400 A	400 A
3.	Prąd znamionowy ciągły pola transformatorowego	63 A	63 A
4.	Prąd znamionowy załączalny zwarciov	40 kA	40 kA
5.	Prąd zwarciov szczytowy wytrzymaowany	40 kA	40 kA
6.	Prąd zwarciov krótkotrwały wytrzymaowany 1-sek.	16 kA	16 kA
7.	Znamionowe wytrzymaowane napięcie krótkotrwałe o częstotliwości 50 Hz	38/45 kV	50/60 kV
8.	Znamionowe wytrzymaowane napięcie udarowe piorunowe	95/110 kV	125/145 kV

5.5. Połączenia rozdzielnic SN z transformatorem

- 1) Połączenie transformatora z rozdzielnicą SN zrealizować trzema kablami jednożyłowymi w izolacji z polietylenu usieciowanego o przekroju żyły Al - 70 mm² lub z Cu - 50 mm² i napięciu 12/20 kV (dla napięcia sieci 15 kV).
- 2) Do przyłączenia kabli w polu transformatorowym rozdzielnicy w izolacji SF₆ stosować głowice konektorowe wg typu zalecanego dla danej rozdzielnicy.

5.6. Połączenia transformatora z rozdzielnią nN

- 1) Z rozdzielnicą nN transformator połączyć za pomocą kabli jednożyłowych typu LgY lub YKXs na napięciu 0,6/1 kV, lub szyn Cu o przekroju dostosowanym do mocy znamionowej stacji.
- 2) Transformator należy wyposażyć w odpowiednie zaciski transformatorowe umożliwiające bezkońcówkowe podłączenie kabli lub szyn.

5.7. Podstawowe wyposażenie i dane techniczne rozdzielni nN

Zalecana jest rozdzielnica w wykonaniu modułowym, przystosowana do rozbudowy w technologii prac pod napięciem, przystosowana do podłączania analizatorów parametrów energii elektrycznej.

5.7.1 Wyposażenie

- 1) rozłącznik główny izolacyjny,
- 2) szyny miedziane,
- 3) polach odpływowych należy instalować rozłączniki bezpiecznikowe,
- 4) przekładniki prądowe dostosowane do maksymalnej mocy transformatora dla danego typu stacji – jeśli będzie instalowany pomiar energii elektrycznej.

5.7.2. Dane techniczne

- 1) napięcie znamionowe 230/400 V,
- 2) napięcie znamionowe izolacji 660 V,
- 3) prąd znamionowy ciągły szyn głównych - 1250 A,
- 4) prąd znamionowy ciągły szyn odpływowych - 400 A,
- 5) odporność na działanie łuku wewnętrznego - 16 kA.

5.8. Opisy stacji

Opisy powinny zawierać następujące informacje:

- 1) nazwa, numer stacji,
- 2) napięcia znamionowe stacji,
- 3) nazwę określającą funkcję pomieszczenia,
- 4) dodatkowe informacje np.: o urządzeniach zawierających gaz SF₆, system pracy sieci nN.

Opisy muszą być umieszczone na drzwiach stacji.

5.9. Uziemienie stacji

- 1) Uziemienia stacji przewidzieć jako otokowe, taśmowo – prętowe, których podstawowymi elementami są pręty o średnicy min. 16 mm, stalowe miedziane lub ocynkowane ogniowo oraz taśma stalowa ocynkowana o wymiarach min. 25 x 4 mm.
- 2) Poszczególne elementy instalacji należy łączyć przy użyciu osprzętu przeznaczonych dla danego systemu uziemiającego.
- 3) Przy konstrukcji uziomów wykorzystywać przede wszystkim dostępne uziomy naturalne
- 4) Zaciski kontrolne powinny umożliwiać łatwe rozłączanie w celu wykonania pomiarów.

6. Kryteria dla transformatorów instalowanych na stacjach SN/nN

Należy stosować transformatory trójfazowe hermetyzowane o mocy od 40 do 630 kVA bez iskierników, wypełnione olejem mineralnym nieinhibitowanym (dopuszcza się stosowanie płynu elektroizolacyjnego ulegającego biodegradacji).

6.1. Przekładnia napięciowa

- 1) 31,50/0,42 kV/kV dla sieci o napięciu znamionowym 30 kV,
- 2) 21/0,42 kV/kV dla sieci o napięciu znamionowym 20 kV,
- 3) 15,75/0,42 kV/kV dla sieci o napięciu znamionowym 15 kV,
- 4) 10,00/0,42 kV/kV dla sieci o napięciu znamionowym 10 kV,
- 5) 6,3/0,42 kV/kV dla sieci o napięciu znamionowym 6 kV.

6.2. Grupy połączeń

- 1) Yzn 5 – dla transformatorów o mocach od 40 do 160 kVA,
- 2) Dyn 5 – dla transformatorów o mocach powyżej 160 kVA.

6.3. Regulacja napięcia

- 1) powinna się odbywać po stronie średniego napięcia,
- 2) zakres regulacji $\pm 3 \times 2,5 \%$ (przełącznik zaczełów siedmiostopniowy o konstrukcji mechanicznej).

6.4. Uzwojenia

- 1) uzwojenia GN i DN wykonanie z miedzi elektrolitycznej,
- 2) podwyższona wytrzymałość elektryczna strony:
 - a) GN - 38 kV (LI 95 AC) (dla napięcia znamionowego 15 kV) ,
 - b) DN - 8 kV (AC 8) potwierdzona badaniami zgodnie z normą PN-EN-60076,
 - c) znamionowe napięcia probiercze uzwojeń transformatorów wg PN-EN 60076-3:2002/Ap1:2004:

Najwyższe napięcie uzwojenia (kV)	Znamionowe napięcie probiercze piorunowe (LI AC) [kV]	Znamionowe krótkotrwałe napięcie probiercze przemienne (AC) [kV]
1,1	-	8
7,2	60	20
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70

6.5. Straty

Należy stosować transformatory rozdzielcze o poziomie strat nie wyższym niż $C_K C_O$ (wg normy EN 50464 – 1:2007).

6.6. Budowa i wyposażenie

- 1) wykonanie hermetyczne,
- 2) kompensacja różnicy objętości oleju z powodu zmian temperatury winna odbywać się poprzez elastyczne odkształcenia uszczelnionej kadzi,
- 3) kadzie powinny być ocynkowane ogniowo lub malowane,
- 4) powinny spełniać wymóg, aby szerokość wszystkich transformatorów nie była większa niż 980mm (wymiar ten określa maksymalną szerokość transformatora wraz z kołami podwozia, jeżeli wystają poza obręb boków kadzi),

- 5) izolatory przepustowe porcelanowe lub kompozytowe, bez iskierników po stronie GN,
- 6) zacisk uziemiający,
- 7) zaciski transformatorowe DN – kute, mosiężne, umożliwiające bezkońcówkowe przyłączenie kabli / szyn,
- 8) zawór przeciążeniowy, który otwiera się przy pojawieniu zbyt wysokiego ciśnienia wewnątrz kadzi,
- 9) wskaźnik zapewniający czytelny odczyt poziomu oleju, umieszczony na pokrywie kadzi,
- 10) zawór spustowy oleju,
- 11) powinny posiadać podwozie, uchwyty zamocowane na stałe do podnoszenia transformatora, zaczepty transformatorowe,
- 12) numer fabryczny transformatora czytelnie wybity na pokrywie kadzi,
- 13) tabliczki znamionowe mosiężne lub aluminiowe z drukiem wypukłym lub wklęsłym trwale zamocowane na kadzi,
- 14) połączenie kadzi z pokrywą powinno być uszczelnione i skręcone za pomocą śrub. Cztery z nich, w pobliżu narożników, należy wykonać z utwardzonych nakrętek z łbem zrywalnym oraz utwardzonej szpilki stanowiących zabezpieczenie antykradzieżowe,
- 15) konstrukcje wsporcze dla montażu ograniczników przepięć – wg potrzeb,
- 16) konstrukcje umożliwiające montaż kondensatora – wg potrzeb.

Tabliczka znamionowa transformatora powinna zawierać następujące informacje:

- 1) Producent
- 2) Nazwa: Transformator olejowy
- 3) Typ
- 4) Numer fabryczny
- 5) Rok budowy
- 6) Moc [kVA]
- 7) Grupa połączeń
- 8) Liczba faz
- 9) Chłodzenie
- 10) U_{GN} [V], $\pm \dots$ [%], prąd znamionowy GN [A]
- 11) U_{DN} [V], prąd znamionowy DN [A]
- 12) Napięcie zwarcia [%]
- 13) Straty jałowe [W]
- 14) Straty obciążeniowe [W]
- 15) Prąd biegu jałowego dla zaczepty środkowej [A]
- 16) Poziom izolacji GN [kV]

- 17) Poziom izolacji DN [kV]
- 18) Masa:
 - a) Całkowita [kg]
 - b) Oleju [kg]
- 19) Rodzaj oleju
- 20) Rodzaj pracy
- 21) Klasa izolacji
- 22) Nr normy, wg której został wykonany
- 23) Wartość mocy kondensatora dla napięcia 440 V, do kompensacji prądu stanu jałowego

6.7. Chłodzenie

Transformatory powinny posiadać chłodzenie: ON - AN.

6.8. Klasa izolacji

Transformatory powinny posiadać klasę izolacji „A”.

7. Kompensacja indywidualna mocy biernej transformatorów SN/nN

- 1) Kompensację indywidualną mocy biernej biegu jałowego transformatorów SN/nN należy zrealizować za pomocą kondensatorów.
- 2) Kondensator powinien być dobrany indywidualnie do mocy i typu transformatora.

Podstawowe dane techniczne kondensatorów:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 3) napięcie znamionowe | - 440 V, |
| 4) częstotliwość | - 50 Hz, |
| 5) wykonanie konstrukcyjne | - 3 fazowe, napowietrzne, |
| 6) stopień ochrony obudowy | - IP 44, |
| 7) wykonanie zwijek kondens. | - samoregenerujące, |
| 8) zabezpieczenie od zwarć | - ciśnieniowe, wewnętrzne, |
| 9) izolacja wewnętrzna | - gazowa (azotowa - N2), |
| 10) tolerancja pojemności | -5+15%, |
| 11) straty mocy czynnej | - poniżej 0,2 W/kVA, |
| 12) napięcie probiercze | - zacisk - zacisk 2 x Un / 50 Hz /2 s,
- zacisk - obudowa 3 kV /50 Hz /10 s, |
| 13) Dopuszczalne napięcie robocze | - 1,1 x Un - 8 h / dobę, |

14) Wymagania środowiskowe:

- a) klasa temperaturowa D,
- b) min. temperatura otocz. - 40 °C,
- c) max. temperatura otocz. + 50 °C,
- d) max. temperatura obudowy + 70 °C.