

Załącznik do Zarządzenia nr 39/2023

Standard techniczny nr 44/2023 dla transformatorów WN/SN
do zabudowy w sieci dystrybucyjnej TAURON Dystrybucja S.A.
(wersja pierwsza)

Kraków, maj 2023 r.

Opracowali:	1 Jan Olszewski	Centrala	Podpis przedstawiciela Zespołu: X  Jan Olszewski Podpisany przez: Olszewski Jan
	2 Jerzy Frymus	Centrala	
	3 Artur Górzyński	Oddział w Wałbrzychu	
	4 Marcin Szymczyk	Oddział w Tarnowie	
	5 Mirosław Kosecki	Oddział w Opolu	
	6 Adam Rzeczkowski	Oddział w Gliwicach	
	7 Marek Sagan	Oddział w Będzinie	
	8 Krzysztof Stopczak	Oddział w Bielsku Białej	
Sprawdził:	Zdzisław Koszkuł	Kierownik Biura Standaryzacji	X  Zdzisław Koszkuł Podpisany przez: Koszkuł Zdzisław

Sprawdził pod względem formalno-prawnym:	Małgorzata Lisiak-Wańczyk	Radca Prawny	X  Małgorzata Lisiak-Wańczyk Podpisany przez: Lisiak-Wańczyk Małgorzata
--	---------------------------	--------------	--

Sprawdziła:	Izabela Gajeczka	Dyrektor Departamentu Inwestycji i Rozwoju Sieci	X  Izabela Gajeczka
-------------	------------------	--	---

Zaakceptował:	Waldemar Skomudek	Wiceprezes Zarządu ds. Operatora	X  Waldemar Skomudek Podpisany przez: Skomudek Waldemar
---------------	-------------------	----------------------------------	--

Odpowiedzialny za aktualizację:	Biuro Standaryzacji		
---------------------------------	---------------------	--	--

Spis treści:

1.	Podstawa opracowania	5
2.	Cel opracowania	5
3.	Zakres stosowania	5
4.	Opis zmian	6
5.	Definicje	6
6.	Wymagania ogólne dla transformatorów WN/SN.	7
6.1	Sposób projektowania.	7
6.2	Warunki pracy transformatorów.	8
6.3	Warunki klimatyczne.....	8
7	Parametry techniczne.....	8
7.1	Napięcia znamionowe i najwyższe napięcia uzwojeń.....	8
7.2	Moc znamionowa.....	8
7.3	Częstotliwość znamionowa.....	8
7.4	Grupa połączeń.	8
7.5	Straty biegu jałowego i obciążeniowe.	9
7.7	Prąd biegu jałowego.	10
7.8	Napięcie zwarcia.	10
7.9	Minimalny poziom izolacji uzwojeń:	11
7.10	Poziom ciśnienia akustycznego.	11
7.11	Poziom wyładowań niezupełnych.	11
7.12	Przyrost temperatury uzwojeń przy obciążeniu prądem znamionowym.....	11
8	Budowa i wyposażenie.....	12
8.1	Chłodzenie.	12
8.2	Tabliczki znamionowe.....	12
8.3	Obwody aparatury zabezpieczającej i pomiarowej.....	12
8.4	Kadzie transformatorów.....	13
8.5	System asekuracji przed upadkiem z wysokości.....	13
8.6	Uchwyty transportowe.	14
8.7	Rdzeń transformatora.....	14
8.8	Uzwojenia transformatorów.	14
8.9	System pomiaru temperatury punktu gorącego uzwojeń i rdzenia.	14
8.10	Rozmieszczenie sond światłowodowych.....	15
8.11	Olej transformatorowy.....	16

8.12	Przełącznik zaczepów po stronie górnego napięcia	16
8.13	Przełącznik zaczepów po stronie DN transformatora trójzwojeniowego.	18
8.14	Konserwator oleju.....	18
8.15	Radiatory chłodzące.....	18
8.16	Zabezpieczenie dwustopniowe gazowo-przepływowe kadzi.	18
8.17	Zabezpieczenie jednostopniowe przepływowe przełącznika zaczepów.	19
8.18	Zabezpieczenie temperaturowe.....	19
8.19	Termometr do zdalnego pomiaru temperatury oleju.....	20
8.20	Układ wymuszonego przewietrzania (ON-AF).....	20
8.21	Dodatkowe wyposażenie transformatora.	21
9	Wymagane próby i pomiary transformatora.....	25
10	Badania transformatora na stanowisku zainstalowania.	27
11	Dopuszczalne tolerancje.....	27
12	Dokumenty dostarczane łącznie z transformatorem.....	28
13	Postanowienia końcowe.	28
14	Załączniki	28
15.1	Załącznik nr 1. Dokumenty i normy związane oraz wymagania jakościowe.	28
15.2	Załącznik nr 2. Wzory protokołów i kart sprawdzeń.	28

1. Podstawa opracowania.

Podstawą opracowania Standardu są: dokumenty i normy związane oraz wymagania jakościowe zawarte w Załączniku nr 1 do Standardu, a także powszechnie uznane zasady wiedzy technicznej.

2. Cel opracowania.

Celem opracowania jest wprowadzenie zunifikowanych rozwiązań technicznych oraz stosowanie jednolitych zasad budowy sieci dystrybucyjnej TAURON Dystrybucja S.A.

3. Zakres stosowania.

- 3.1. „Standard techniczny nr 44/2023 dla transformatorów WN/SN do zabudowy w sieci dystrybucyjnej TAURON Dystrybucja S.A.” (dalej: Standard) zawiera podstawowe wymagania techniczne, które powinny spełniać te transformatory przeznaczone do zabudowy w sieci elektroenergetycznej TAURON Dystrybucja S.A. (dalej: TD S.A.)
- 3.2. Standard obowiązuje od dnia jego wprowadzenia stosownym Zarządzeniem Prezesa Zarządu TD S.A. i należy stosować go w przypadku zakupu nowych transformatorów WN/SN do zabudowy w sieci rozdzielczej TD S.A.
- 3.3. W przypadkach modernizacji lub naprawy eksploatowanych transformatorów WN/SN, dopuszcza się stosowanie zasad, które zostały zastosowane przy budowie tych transformatorów.
- 3.4. Rozwiązania odbiegające od wymagań zawartych w Standardzie powinny uzyskać akceptację komórki merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji w TD S.A., zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie procedurami.
- 3.5. Do zmiany Załączników do Standardu upoważniony jest Dyrektor Departamentu Inwestycji i Rozwoju Sieci, o ile zmiany te nie stoją w sprzeczności z przepisami prawa oraz obowiązującymi regulacjami wewnętrznymi i wewnątrzkorporacyjnymi.
Wskazane wyżej zmiany Załączników nie stanowią zmiany Standardu. Projekty zmian Załączników opracowuje i przedstawia wyżej przywołanemu Dyrektorowi Departamentu, Kierownik lub upoważniony przez niego pracownik komórki merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji. Osoby te są zobowiązane przekazać zmienione i zaakceptowane Załączniki do Biura Zarządu celem ich opublikowania w TAURONECIE.
- 3.6. W sprawach, w których przed dniem wejścia w życie Standardu zawarto umowę lub wydano warunki przyłączenia - albo w inny sposób powołano się na dotychczas obowiązujące zasady, stosuje się te dotychczasowe zasady, chyba że strony umówią się na zastosowanie zasad Standardu.
- 3.7. W przypadkach, w których Standard odwołuje się do treści innych Standardów technicznych, a Standardy te uległy zmianie (zmiana numeru, tytułu, układu jednostek redakcyjnych, treści), należy stosować odpowiednie wymagania określone w aktualnych i obowiązujących Standardach technicznych.

- 3.8. Jeżeli wymagania Standardu są bardziej rygorystyczne aniżeli wymagania wynikające z przepisów powszechnie obowiązujących i norm, to należy stosować się do wymagań Standardu.
- 3.9. Ilekroć w dokumencie użyto słowa „należy”, „powinien” lub ich odmian, oznacza to, że opisana czynność, warunek są konieczne lub wymagane do spełnienia.

4. Opis zmian.

Wersja pierwsza.

Wszelkie kolejne zmiany treści Standardu oraz jego Załączników rejestrowane będą w Karcie aktualizacji dla Standardu stanowiącej odrębny dokument i przechowywanej w komórce merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji.

5. Definicje.

- **Wysokie napięcie (WN)** – napięcie znamionowe sieci 110 kV.
- **Średnie napięcie (SN)** – napięcie znamionowe sieci wyższe od 1 kV i niższe od 110 kV.
- **Transformator olejowy** – urządzenie (maszyna) statyczne, transformujące na drodze elektromagnetycznej napięcie i prąd przemienny z jednej sieci do drugiej, zazwyczaj o innej wartości napięcia i prądu, przy tej samej częstotliwości, w celu przesyłania energii elektrycznej. Obwód magnetyczny i uzwojenia tego transformatora są zanurzone w oleju.
- **Napięcie zwarcia transformatora (wyrażone w jednostkach względnych)** – jest to napięcie, które należy przyłożyć do uzwojenia pierwotnego, aby w zwartym uzwojeniu wtórnym wywołać prąd równy znamionowemu prądowi wtórnemu. Napięcie zwarcia wyraża się w procentach znamionowego napięcia zasilania.
- **Uzwojenie górnego napięcia (GN)** – uzwojenie wyższego napięcia znamionowego.
- **Uzwojenie(a) niższego napięcia (DN1, DN2)** – uzwojenia niższego napięcia znamionowego.
- **Znamionowy poziom izolacji** – wartości napięć, które charakteryzują izolację urządzenia pod względem jego wytrzymałości dielektrycznej.
- **Izolator przepustowy** – konstrukcja wiodąca jeden lub więcej przewodów przez osłonę i izolująca je od niej, zawierająca także środki do mocowania.
- **Stopień ochrony IP** – stopień ochrony zapewniany przez obudowę, przed dostępem do niebezpiecznych części poprzez przedostaniem się do wnętrza ciał stałych i wody. Potwierdzany jest według znormalizowanych metod probierczych.
- **Wyładowania niezupełne (WNZ)** – jest to lokalne przebicie elektryczne małej części izolacji, stałej bądź ciekłej, pod wpływem stresu wywołanego wysokim napięciem, które nie powoduje zwarcia elementów przewodzących.

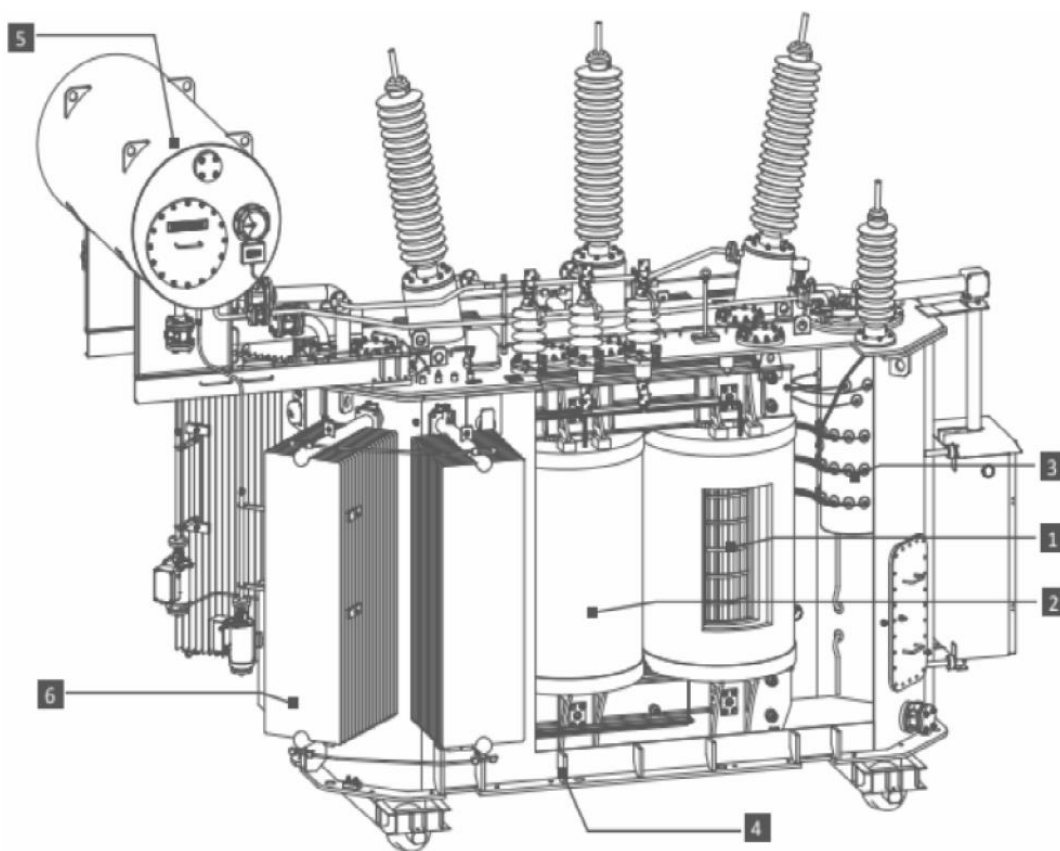
6. Wymagania ogólne dla transformatorów WN/SN.

6.1 Sposób projektowania.

Transformatory WN/SN należy projektować i budować zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie aktami prawnymi łącznie z wymaganiami ustawy Prawo ochrony środowiska [U6]¹ i przepisami wykonawczymi do tej ustawy, a także normami oraz uznanymi zasadami wiedzy technicznej podanymi w Załączniku nr 1 do Standardu.

Producent lub dystrybutor tych transformatorów powinien mieć również dokumenty potwierdzające jakość ich wykonania, które zostały określone w Załączniku nr 1.

W przypadku, gdy wymagania Standardu wykraczają ponad wymagania wymienionych norm, należy stosować wymagania Standardu.



Rysunek nr 1. Przykładowy transformator WN/SN.

Podstawowe elementy transformatora:

1. Rdzeń.
2. Uzwojenie.
3. Regulator napięcia.
4. Zbiornik.
5. Konserwator oleju.
6. Układ Chłodzenia.

¹ Oznaczenie odwołania do dokumentów wyspecyfikowanych w Załączniku nr 1: litera oznacza rodzaj dokumentu, numer oznacza kolejną pozycję w spisie dla danego rodzaju dokumentu

6.2 Warunki pracy transformatorów.

- a. Transformatory mają umożliwiać trwałą pracę, bez szkodliwego wpływu na ich stan techniczny i przyspieszone starzenie izolacji:
 - z trwale odziemionym punktem neutralnym GN. Uzwojenia GN i DN oraz punkt neutralny GN będą chronione ogranicznikami przepięć. Sieć 110 kV pracuje z uziemionym punktem neutralnym, sieć 30 i 15kV w Oddziale w Krakowie pracuje z izolowanym punktem neutralnym,
 - przy napięciu wyższym o 5% z obciążeniem znamionowym.
- b. Transformatory powinny wytrzymywać 2-sekundowe zwarcie na sieci w ich bezpośredniej bliskości oraz być odporne na załączenie na zwarcie w wyniku działania sieciowych automatów restytucyjnych np.: SPZ i SZR, a także załączeń operacyjnych w celu lokalizacji uszkodzeń.

6.3 Warunki klimatyczne.

- a. Maksymalna temperatura otoczenia: 40 °C.
- b. Minimalna temperatura otoczenia: -30 °C.
- c. Minimalna temperatura oleju umożliwiaiąca załączenie i pracę transformatora: - 25 °C.
- d. Wysokość nad poziomem morza: ≤1000 m.
- e. Poziom zabrudzenia dla III strefy zabrudzeniowej według normy [N10].

7 Parametry techniczne.

7.1 Napięcia znamionowe i najwyższe napięcia uzwojeń.

Uzwojenie	Napięcie znamionowe (U _n) [kV]	Najwyższe napięcie (U _m) [kV]
GN	115	123
	121	145
DN1 i DN2	6,6	7,2
	16,5	17,5
	22	24
	33	36

Zakres regulacji napięcia **GN**: ±15% w ±12 st. lub ±10% w ±8 st.

Zakres regulacji napięcia **DN1** w transformatorach 3-uzwojeniowych: ±2x2,5%.

7.2 Moc znamionowa.

Uzwojenie GN: 16 MVA, 25 MVA, 31,5 MVA, 40 MVA, 63 MVA.

Uzwojenie DN1: 16 MVA, 20 MVA 25 MVA, 31,5 MVA, 40 MVA i 63 MVA.

Uzwojenie DN2: 10 MVA, 13 MVA, 16 MVA, 20 MVA i 31,5 MVA,

7.3 Częstotliwość znamionowa.

Częstotliwość znamionowa – 50 Hz.

7.4 Grupa połączeń.

Dla transformatorów dwuuzwojeniowych: YNd11,

Dla transformatorów trójuzwojeniowych: YNd11d11, YNyn0d11.

7.5 Straty biegu jałowego i obciążeniowe.

a. Maksymalne straty biegu jałowego przy wzbudzeniu znamionowym.

Lp.	Moc uzwojenia GN transformatora [MVA]	Straty biegu jałowego [kW]	
		Transformator 2-uzw.	Transformator 3-uzw.
1	16	≤ 8,5	–
2	25	≤ 11,0	≤ 11,0
3	31,5	≤ 13,0	≤ 13,0
4	40	≤ 13,0	≤ 14,0
5	63	≤ 22,0	≤ 22,0

b. Maksymalne straty obciążeniowe transformatora przy temperaturze odniesienia 75°C i częstotliwości znamionowej:

Lp.	Moc u zwojenia GN transformatora [MVA]	Straty obciążeniowe [kW]	
		Transformator 2-uzw.	Transformator 3-uzw.
1	16	75	(P _k – liczone wg poniższego wzoru)
2	25	112	
3	31,5	150	
4	40	182	
5	63	230	

Dla transformatorów trójuzwojeniowych w obliczeniach PEI należy przyjąć:

$$P_k = P_{kGN} + \left(\frac{S'_{DN1}}{S_{GN}} \right)^2 * P_{kDN1} + \left(\frac{S'_{DN2}}{S_{GN}} \right)^2 * P_{kDN2}$$

W przypadku gdy S_{GN} i S_{DN1} są jednakowe, a $S_{DN2} \leq$ jednej trzeciej S_{GN} lub S_{DN1} PEI odpowiada mocy S_{GN} lub S_{DN1} , a straty uzwojenia S_{DN2} nie są uwzględniane przy obliczeniu PEI, tzn. PEI należy obliczyć jak dla transformatorów dwuuzwojeniowych.

Zastosowane oznaczenia:

S_{GN} – moc znamionowa uzwojenia GN,

S_{DN1}' – moc umowna uzwojenia DN1 równa.

$$S'_{DN1} = S_{DN1} * \frac{S_{GN}}{S_{DN1} + S_{DN2}}$$

$SDN2'$ – moc umowna uzwojenia DN2 równa:

$$S'_{DN2} = S_{DN2} * \frac{S_{GN}}{S_{DN1} + S_{DN2}}$$

$SDN1$ – moc znamionowa uzwojenia DN1,

$SDN2$ – moc znamionowa uzwojenia DN2,

P_{kGN} – straty w uzwojeniu GN równe:

$$P_{kGN} = \frac{P'_{k(GN-DN1)} + P'_{k(GN-DN2)} - P'_{k(DN1-DN2)}}{2}$$

P_{kDN1} – straty w uzwojeniu DN1 równe:

$$P_{kDN1} = \frac{P'_{k(GN-DN1)} + P'_{k(DN1-DN2)} - P'_{k(GN-DN2)}}{2}$$

P_{kDN2} – straty w uzwojeniu DN2 równe:

$$P_{kDN2} = \frac{P'_{k(GN-DN2)} + P'_{k(DN1-DN2)} - P'_{k(GN-DN1)}}{2}$$

$P_{k(GN-DN1)'} -$ straty obciążeniowe w układzie GN – DN1 **odniesione do mocy GN**,

$P_{k(GN-DN2)'} -$ straty obciążeniowe w układzie GN – DN2 **odniesione do mocy GN**,

$P_{k(DN1-DN2)'} -$ straty obciążeniowe w układzie DN1 – DN2 **odniesione do mocy GN**.

7.6 Wartość wskaźnika maksymalnej sprawności PEI.

Minimalna wartość wskaźnika maksymalnej sprawności PEI zgodna z wymaganiami Rozporządzenia Komisji UE [U3] oraz normy [N13].

Lp.	Moc uzwojenia GN transformatora	Minimalna wartość wskaźnika maksymalnej sprawności PEI (%)	
		Transformator 2-uzw (wymagania Etapu 2)	Transformator 3-uzw. (wymagania Etapu 2)
1	16 MVA	99,663%	-
2	25 MVA	99,700%	99,700%
3	31,5 MVA	99,712%	99,712%
4	40 MVA	99,724%	99,724%
5	63 MVA	99,745%	99,745%

7.7 Prąd biegu jałowego.

Maksymalny prąd biegu jałowego przy wzbudzaniu znamionowym odniesiony do prądu znamionowego I_n : $\leq 0,2\%$.

7.8 Napięcie zwarcia.

Napięcie zwarcia dla zaczeu znamionowego, przy temperaturze odniesienia uzwojeń 75 °C i częstotliwości znamionowej, w odniesieniu do mocy znamionowej GN:

a. Napięcia zwarcia uzwojeń **GN – DN1**: 11%, 12%, 18%.

b. Napięcia zwarcia uzwojeń **GN – DN2**: 11%, 18%, 22%.

- c. Napięcia zwarcia uzwojeń **DN1 – DN2**: 6,5%, 22%.

W uzasadnionych przypadkach wynikających z analizy mocy zwarciowej stacji dopuszcza się inne wartości. Przy doborze napięcia zwarcia chwilowa praca równoległa podczas przełączania transformatorów nie powinna być traktowana jako ich ciągła praca równoległa.

7.9 Minimalny poziom izolacji uzwojeń:

- a. Uzwojenie **GN**:

Napięcie [kV]	LI [kV]	AC [kV]
115, 121 kV	550 kV	230kV
52 kV (punkt zerowy)	250 kV	95 kV

- b. Uzwojenia **DN1 i DN2**:

Napięcie [kV]	LI [kV]	AC [kV]
6,6 kV	60 kV	20 kV
16,5 kV	95 kV	38 kV
22 kV	125 kV	50 kV
33 kV	170	70

7.10 Poziom ciśnienia akustycznego.

Poziom ciśnienia akustycznego wg normy [N8] nie większy niż 55 dB dla transformatorów z układem chłodzenia ON-AN oraz nie większy niż 58 dB dla transformatorów z układem chłodzenia ON-AF.

7.11 Poziom wyładowań niezupełnych.

Poziom wyładowań niezupełnych mierzony metodą elektryczną:

- mierzony w układzie z odziemionym i uziemionym punktem neutralnym nie większy niż 100 pC. Wzrost poziomu wyładowań niezupełnych nie może przekroczyć 50 pC w czasie, w którym wykonuje się pomiar WNZ. Powyższy wymóg nie obejmuje zakresu, gdy na zaciskach transformatora podawane jest pełne napięcie probiercze gdyż w tym czasie poziom WNZ nie jest mierzony,
- dla izolatorów przepustowych strony GN nie większy niż 10 pC.

7.12 Przyrost temperatury uzwojeń przy obciążeniu prądem znamionowym.

Dla temperatury otoczenie do +40°C dopuszczalne przyrosty temperatur:

- Maksymalny dopuszczalny przyrost temperatury oleju – ≤60°C,
- Maksymalna dopuszczalna wartość średniego przyrostu temperatury uzwojeń – ≤ 65°C,
- Maksymalny dopuszczalny przyrost temperatury najgorętszego punktu w uzwojeniach – ≤78°C.

8 Budowa i wyposażenie.

8.1 Chłodzenie.

- a. W przypadku transformatorów o mocy $\leq 25\text{MVA}$ – chłodzenie ON-AN.
- b. W przypadku transformatorów o mocy $> 25\text{MVA}$ – chłodzenie ON-AN lub z układem wymuszonego chłodzenia powietrza ON-AF (radiatory z wentylatorami).

Należy przedstawić koncepcję rozwiązania układu chłodzenia oraz podać spodziewane przyrosty temperatur dla projektowanych transformatorów.

W dokumentacji techniczno-ruchowej DTR transformatorów należy podać charakterystykę przeciążalności poszczególnych jednostek. W celu weryfikacji deklarowanej wytrzymałości zwarciowej transformatora należy przedstawić wyniki obliczeń zwarciowych oraz projekt techniczny i sposób wykonania transformatora zgodnie z normą [N6]. Do wyników obliczeń zwarciowych należy udostępnić rysunki i założenia pozwalające na ich zweryfikowanie w zakresie określonym przez producenta. Powyższe dokumenty należy dostarczyć razem z projektem wykonawczym transformatora.

8.2 Tabliczki znamionowe.

Tabliczki znamionowe, pozostałe tabliczki oraz inne opisy umieszczone na transformatorze i jego wyposażeniu należy wykonać z metalu nierdzewnego z opisami wykonanymi w języku polskim poprzez wytłaczanie lub grawerowanie, w technologii metal-foto lub w innej równoważnej, odpornej na UV i czynniki środowiskowe, zawierające dane techniczne wymagane normą. Tabliczka powinna zawierać dodatkowo dane określające poziom ciśnienia akustycznego i mocy akustycznej oraz informacje wymagane Rozporządzeniem Komisji UE [U3]. Każdy z aparatów, urządzeń, zaworów ma być opisany nazwą, funkcją i symbolem. Tabliczki muszą być przymocowane w sposób trwały (nie dopuszcza się mocowania tabliczek za pomocą klejenia).

8.3 Obwody aparatury zabezpieczającej i pomiarowej.

Obwody aparatury zabezpieczającej i pomiarowej należy doprowadzić do skrzynki przyłączeniowej umieszczonej na transformatorze (ON-AN), a w przypadku transformatora z przewietrznikami (ON-AF) – do szafki sterowniczej przewietrzników. Należy stosować kable sterownicze z żyłami miedzianymi o przekroju co najmniej $1,5\text{ mm}^2$, w izolacji odpornej na działanie czynników środowiskowych. Konstrukcja, sposób prowadzenia i mocowanie kabli musi zapewniać ich wytrzymałość mechaniczną uwzględniającą narażenia podczas wykonywania czynności eksploatacyjnych na transformatorze. W listwach przyłączeniowych należy stosować zaciski bezśrubowe, 3-przewodowe o wymiarach dostosowanych do przekroju przewodów. Skrzynki przyłączeniowe i szafki sterownicze przewietrzników należy wyposażić w zaślepienie metalowe dławice kablowe umieszczone w dnie, niezbędne dla wprowadzenia kabli stacyjnych (minimum: 2 szt. dla kabli o średnicy do 25 mm i 2 szt. dla kabli o średnicy do 32 mm).

Szafki przyłączeniowe na transformatorach z chłodzeniem ON-AN analogicznie jak na transformatorach z ON-AF, należy wyposażać w:

- a. ogrzewanie sterowane termostatem i wymuszone przewietrzanie mini wentylatorem. W dokumentacji należy podać wymaganą nastawę termostatu. Dopuszcza się rezygnację z wymuszonego przewietrzania w skrzynce przyłączeniowej na transformatorach z chłodzeniem ON-AN,
- b. oświetlenie i dwa jednofazowe gniazda wtykowe 230 V.
- c. zabezpieczenie obwodów ogrzewania, oświetlenia i gniazd wtykowych należy zrealizować niezależnymi wyłącznikami samoczynnymi 16 A,
- d. W skrzynce przyłączeniowej lub szafie chłodzenia na wewnętrznej stronie drzwiczek należy trwale umieścić zaalaminowane:
 - schemat elektryczny skrzynki zaciskowej i zabezpieczeń formowych z wykazem nastaw wartości temperatur zadziałania, sygnalizacji i wyłączeń,
 - wykaz sond światłowodowego pomiaru temperatur uzwojeń.

8.4 Kadzie transformatorów.

Kadzie transformatorów bez dodatkowego wyposażenia powinny wytrzymywać różnicę ciśnień między ciśnieniem wewnętrznym, a ciśnieniem zewnętrznym nie mniejszą niż +500 hPa i –900 hPa.

Konstrukcja kadzi powinny umożliwić podnoszenie transformatora za pomocą podnośników hydraulicznych oraz suwnic lub dźwigów oraz zaczepienie lin pociągowych do przetaczania. Wyposażona w dwa zaciski uziemiające umieszczone po przeciwnych stronach transformatora przystosowane do podłączenia bednarki lub linki miedzianej o przekroju 100 mm².

Pokrywa kadzi powinna być montowana poprzez przykręcanie śrubami lub spawanie. Spawanie powinno być możliwe do usunięcia bez istotnego naruszenia pokrywy jak i kołnierzy kadzi w przypadku rewizji wewnętrznej. Wszystkie połączenia spawane powinny być wykonane spawem ciągłym. Dotyczy to również elementów wyposażenia transformatora takich jak pomost, drabina, poręcz i radiatory.

Powierzchnie zewnętrzne kadzi, pokrywy, konserwatora i połączeń rurowych należy zabezpieczyć antykorozyjnie odpowiednio do klasy korozyjności C3 zgodnie z normą [N28]. Przed malowaniem wszystkie powierzchnie powinny być oczyszczone, a ostre krawędzie zaokrąglone. Następnie należy pokryć je farbą odporną na olej transformatorowy i wpływy atmosferyczne, kolor farby „jasno siwy” (zaleca się np. RAL 7035 lub RAL 7033). Pokrywa kadzi dodatkowo powinna być pokryta farbą o właściwościach antypoślizgowych.

8.5 System asekuracji przed upadkiem z wysokości.

Transformatory należy wyposażać w system asekuracji przed upadkiem z wysokości, w oparciu o drabinę z mechanizmem samozaciskowym oraz szynę lub słupek/słupki asekuracyjne, których wysokość i umiejscowienie powinny umożliwiać pracę transformatora bez ich demontażu. Ilość punktów na pokrywie należy dopasować do powierzchni transformatora, pierwszy z nich należy umieścić przy drabinie tak aby użytkownik miał możliwość wpięcia podczas przechodzenia na pokrywę. Drabina powinna być zamontowana w sposób trwały do kadzi, a jej wysokość umożliwiać bezpieczne wejście na

pokrywę. Dolna część drabiny powinna zostać zabezpieczona płytą przykrywającą uniemożliwiającą dostęp osobom nieupoważnionym. Długość płyty powinna wynosić minimalnie 2 metry. Drabina powinna zostać wyposażona w punkt kotwiczący umożliwiające bezpieczne przejście do poziomego urządzenia kotwiczącego. System ma zabezpieczać pracowników podczas wejścia na transformator, oraz wykonywania prac eksploatacyjnych. Elementy składowe systemu powinny spełniać wymagania normy [N24]. Szyba oraz mechanizmy samozaciskowe służące do poruszania się powinny spełniać wymagania normy [N25]. Drabina, pokrywa i pozostałe elementy systemu mają być zabezpieczone antykorozyjnie. Drabina i pokrywa muszą być uziemione. Długość linki uziemiającej pokrywę powinna umożliwiać jej otwarcie bez konieczności odłączania uziemienia. Jeżeli zastosowany system asekuracji wymaga dokonywania okresowych czynności eksploatacyjnych (np. przeglądów) to ich zakres musi być możliwy do realizacji przez pracowników TD S.A.

8.6 Uchwyty transportowe.

Transformatory należy wyposażyć w uchwyty umożliwiające wyciągnięcie części aktywnej na stanowisku pracy wraz z pokrywą oraz bez konieczności wcześniejszego demontażu przepustów i przełącznika zaczepów po stronie GN oraz przełącznika po stronie DN w przypadku transformatorów 3-uzwojeniowych. Powyższy wymóg nie dotyczy transformatorów z pokrywą spawaną z kadzią.

8.7 Rdzeń transformatora.

Rdzeń transformatora powinien być wykonany z blachy transformatorowej.

W celu zapewnienia niezmienności właściwości mechanicznych w trakcie transportu i w czasie eksploatacji, powinien być zablokowany.

8.8 Uzwojenia transformatorów.

Transformatory powinny mieć uzwojenia wykonane z miedzi elektrolitycznej, w sposób zapewniający niewrażliwość na drgania i siły zwarciowe jedno i wielofazowe oraz skutki termiczne tych zwarć. Uzwojenia powinny wytrzymać przeciążenia powyżej warunków znamionowych.

W transformatorach 3-uzwojeniowych uzwojenia należy wykonać jako cylindryczne, nałożone na siebie, nie mogą być wykonane z uzwojeniami dzielonymi.

8.9 System pomiaru temperatury punktu gorącego uzwojeń i rdzenia.

Transformatory powinny być wyposażone w światłowodowy system pomiaru temperatury punktu gorącego uzwojeń i rdzenia. System pomiaru temperatury punktu gorącego uzwojeń i rdzenia powinien składać się z następujących elementów:

- a. Sond światłowodowych posiadających nacięcie pozwalające na odprowadzenie powietrza podczas próżni. Należy zabudować 6 sond temperatury uzwojeń (9 sond w przypadku transformatorów 3-uzwojeniowych), 1 sondę temperatury oleju i 1 sondę temperatury rdzenia. Sondy powinny mierzyć temperaturę z dokładnością ± 1 °C, powinny mieć odporność na rozpuszczalniki, środki chemiczne oraz posiadać jednolitą osłonę umożliwiającą równomierne nasycenie olejem.

- b. Światłowodowego, zewnętrznego czujnika temperatury otoczenia.
- c. Przepustów optycznych sond światłowodowych, zapewniających ich łączenie i uszczelnienie bez uszczeltek i elementów epoksydowych. Ilość przepustów optycznych sond światłowodowych musi odpowiadać ilości zainstalowanych sond.
- d. Szczelnej skrzynki przyłączeniowej światłowodów, kształtem dopasowanej do kadzi transformatora, posiadającej połączenie ze światłowodem ST (do połączenia z przepustem i urządzeniami odczytującymi lub rejestrującymi. Zarówno przepusty jak i zaciski w skrzynce przyłączeniowej powinny być trwale oznaczone w sposób umożliwiający jednoznaczną identyfikację sond światłowodowych.
- e. Urządzenia do monitorowania transformatora umożliwiającego lokalny odczyt temperatur na transformatorze oraz zapewniającego zachowanie danych historycznych (rejestracja min. 9 (12) parametrów co 15 min przez okres 20 lat) i oprogramowanie zapewniające możliwość ich zebrania (np. podłączając komputer przenośny). Urządzenie powinno posiadać zdolność do przesyłania mierzonych wartości poprzez łącze Ethernet (protokół IEC 61850) i port szeregowy RS-485 (protokół MODBUS). Powinno być zabezpieczone przed dostępem osób postronnych przez umieszczenie w skrzynce przyłączeniowej (ON-AN) lub szafce sterowniczej przewietrzników (ON-AF). Szafka nie powinna być wyposażona w drzwi z przezroczystym wziernikiem.

8.10 Rozmieszczenie sond światłowodowych.

Sondy powinny być rozmieszczone w następujący sposób:

- a. po jednej sondzie na każdej fazie uzwojenia, umieszczonej w górnej części uzwojenia GN (w najcieplejszym miejscu uzwojenia),
- b. po jednej sondzie na każdej fazie uzwojenia, umieszczonej w górnej części uzwojenia DN1 i DN2 (w najcieplejszym miejscu uzwojenia),
- c. jedna sonda umieszczona w rdzeniu transformatora w górnej części środkowego jarzma. Aby nie dopuścić do uszkodzenia sondy, w zależności od konstrukcji rdzenia, sondę należy umieścić w zablokowanym kanale chłodzącym lub jeśli taki nie występuje, sondę umieszczoną w przekładce należy przykleić do rdzenia w środkowej górnej części;
- d. jedna sonda do pomiaru temperatury oleju w transformatorze;
- e. światłowodowy, zewnętrzny czujnik temperatury otoczenia umieszczony w sposób chroniący go od nagrzewania promieniami słonecznymi i nagrzaną kadzią.
- f. numeracja poszczególnych sond powinna być zgodna z poniższym wykazem.

Numeracja sond	Transformator 2-uzw.	Transformator 3-uzw.
1	Uzwojenie GN - L1	
2	Uzwojenie GN - L2	
3	Uzwojenie GN - L3	
4	Uzwojenie DN - L1	Uzwojenie DN1 - L1
5	Uzwojenie DN - L2	Uzwojenie DN1 - L2

6	Uzwojenie DN- L3	Uzwojenie DN1- L3
7	Rdzeń	
8	Temperatura górnej warstwy oleju	
9	Temperatura otoczenia	
10		Uzwojenie DN2 - L1
11		Uzwojenie DN2 - L2
12		Uzwojenie DN2 - L3

8.11 Olej transformatorowy.

Transformator powinien być napełniony olejem mineralnym, nie zawierającym siarki korozyjnej, spełniającym wymagania normy [N12].

Rodzaj i typ zastosowanego oleju transformatorowego w kadzi transformatora i układzie podobciążeniowego przełącznika zaczepów, powinien być podany na tabliczce znamionowej transformatora.

8.12 Przełącznik zaczepów po stronie górnego napięcia.

Po stronie górnego napięcia (GN) transformator należy wyposażyć w próżniowy podobciążeniowy przełącznik zaczepów wraz z napędem elektrycznym. Liczba zadziałań przełącznika zaczepów pomiędzy przeglądami to minimum 300 000 cykli łączeniowych, bez określenia czasookresu przeglądów.

Podobciążeniowy przełącznik zaczepów powinien mieć wydzielony układ olejowy, zalany tym samym olejem transformatorowym, którym zalano kadź transformatora.

Napęd przełącznika zaczepów, powinien być wbudowany w zamkniętą szafę zabezpieczoną od wpływów atmosferycznych i wyposażony w silnik trójfazowy 3x400/230 V, 50 Hz, napięcie sterowania 230 V, 50 Hz.

Szafę napędu należy wyposażyć w zaślepienie metalowe dławice kablowe umieszczone w dnie, niezbędne dla wprowadzenia kabli stacyjnych (minimum: 3 szt. dla kabli o średnicy do 25 mm i 3 szt. dla kabli o średnicy do 32 mm). W listwach przyłączeniowych należy stosować zaciski bezśrubowe, 3-przewodowe o wymiarach dostosowanych do przekroju przewodów. W szafie napędu PPZ należy zrównoleglic zaciski przyłączeniowe sterowania zewnętrznego: „zasilanie”, „góra”, „dół” i wyróżnić je np. innym kolorem z wyłączeniem koloru niebieskiego i żółto-zielonego. Zaciski te wykorzystywane będą do podłączania sterowania z miernika transformatorów podczas badań diagnostycznych.

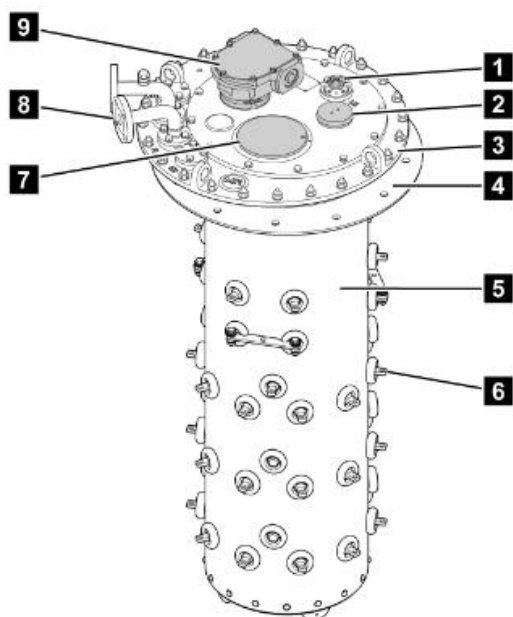
Napęd powinien umożliwiać dokonywanie przełączeń: elektrycznie z możliwością sterowania miejscowego (przy napędzie) lub zdalnego (z nastawni), napędem ręcznym (korbą), po unieczynnieniu napędu elektrycznego.

Napęd powinien być wyposażony w:

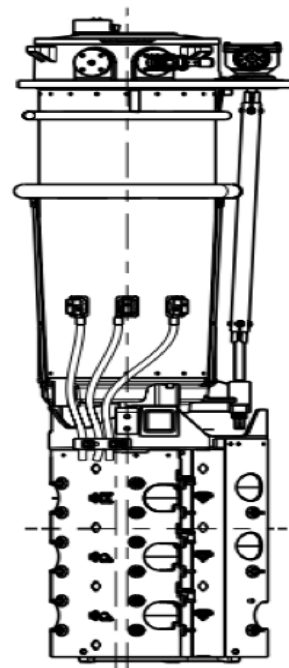
- licznik ilości przełączeń,
- miejscowy optyczny wskaźnik położenia zaczepów,
- zdalny wskaźnik położenia zaczepów z odczytem w nastawni oraz z możliwością przesyłania informacji do punktu dyspozytorskiego za pomocą telemechaniki,

- d. styki elektryczne do sygnalizacji pracy napędu, położenia skrajnych zaczepów oraz braku zasilania napędu elektrycznego,
- e. zabezpieczenie obwodu zasilania silnika wyłącznikiem samoczynnym,
- f. ogrzewanie sterowane termostatem i wymuszane przewietrzanie mini wentylatorem. Dopuszcza się rezygnację z wymuszonego przewietrzania, ze sterowania ogrzewania termostatem oraz zastosowanie innych systemów antykondensacyjnych pod warunkiem, że są to rozwiązania firmowe producenta szafy napędu przełącznika zaczepów,
- g. oświetlenie i jednofazowe gniazdo wtykowe zabezpieczone wyłącznikiem samoczynnym 16 A,
- h. ogrzewanie wnętrza napędu, oświetlenie i gniazdo wtykowe należy zasilić z innego obwodu niż silnik i zabezpieczyć każdy z tych obwodów niezależnymi wyłącznikami samoczynnymi,

Z przełącznika zaczepów należy wyprowadzić rurkę do pobierania próbek oleju z króćcem wylotowym z gwintem zewnętrznym 5/16 cala, 32 zwoje na cal z metalową osłoną, sprowadzoną do poziomu obsługi.



1. Zawór odpowietrzający.
2. Wziernik.
3. Głównia.
4. Kołnierz wsporczy.
5. Komora olejowa.
6. Zaciski.
7. Membrana bezpieczeństwa.
8. Zawór odpowietrzający.
9. Wziernik.



Przełącznik z opornikami przejściowymi

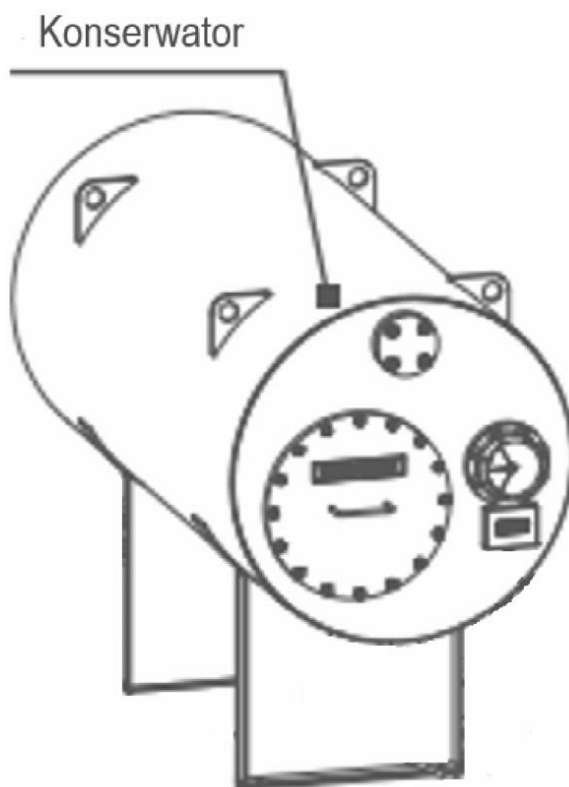
Rysunek nr 2. Rysunki przykładowych podobciążeniowych przełączników zaczepów.

8.13 Przełącznik zaczepów po stronie DN transformatora trójzwojeniowego.

Transformatory trójzwojeniowe należy wyposażać również w klatkowy przełącznik zaczepów po stronie dolnego napięcia (DN1) z napędem ręcznym do regulacji napięcia w stanie bezobciążeniowym i beznapięciowym. Napęd przełącznika należy wyprowadzić przez pokrywę transformatora i sprowadzić do poziomu obsługi, wyposażać w blokadę mechaniczną i przystosować do zabezpieczenia (np. kłódką) przed przypadkowym uruchomieniem oraz wyposażać w tabliczki opisowe i ostrzegawcze.

8.14 Konserwator oleju.

Konserwator powinien być dwukomorowy, z osobnymi komorami przeznaczonymi dla podobciążeniowego przełącznika zaczepów oraz dla kadzi transformatora.



Rysunek nr 3. Przykładowy konserwator oleju.

8.15 Radiatory chłodzące.

Radiatory chłodzące ocynkowane (cynkowane ogniowo o grubości powłoki nie mniejszej niż 75 μm) powinny być nabudowane na transformatorze w sposób umożliwiający ich demontaż poprzez zastawki pozwalające na odcięcie oleju w kadzi od radiatorów.

Radiatory należy wyposażać w korki do odpowietrzania i spustu oleju.

8.16 Zabezpieczenie dwustopniowe gazowo-przepływowe kadzi.

W przewodzie olejowym łączącym konserwator z kadzią, należy zamontować zabezpieczenie dwustopniowe gazowo-przepływowe kadzi. Pierwszy stopień zabezpieczenia powinien reagować na drobne uszkodzenia wewnątrz transformatora objawiające się powstawaniem małych ilości gazu. Drugi stopień powinien reagować w przypadku poważnych uszkodzeń charakteryzujących się wydzielaniem dużych ilości

gazu i szybkim przepływem oleju w rurze prowadzącej do konserwatora. Każdy ze stopni powinien być wyposażony w niezależny łącznik elektryczny, uruchamiany magnetycznie, służący do sterowania zewnętrzną aparaturą sygnalizacyjną. Łączniki powinny mieć następujące parametry:

- a. napięcie znamionowe 250 V AC i DC,
- b. prąd znamionowy minimum 0,5 A przy 10000 łącheń,
- c. zdolność łączeniowa minimum 0,25 A AC i DC,
- d. wytrzymałość na wibracje w kierunku poziomym i pionowym minimum 75 Hz bez skłonności do zamknięcia styków.

Zabezpieczenie powinno być wyposażone w zawór odpowietrzający, zawór do pobierania próbek gazu, przycisk do mechanicznego sprawdzenia działania łączników sygnalizacyjnych, wziernik ze skalą w cm³. Obudowa zabezpieczenia powinna być odporna na wszelkie warunki atmosferyczne, stopień ochrony minimum IP54. Zakres temperatury oleju: -25 ÷ + 100°C.

8.17 Zabezpieczenie jednostopniowe przepływowe przełącznika zaczepów.

W przewodzie olejowym łączącym konserwator z kadzią przełącznika zaczepów, należy zabudować zabezpieczenie jednostopniowe przepływowe z zaworem kulowym od strony konserwatora. Zabezpieczenie powinno reagować w przypadku uszkodzeń w trakcie których występuje szybki przepływ oleju w rurze prowadzącej do konserwatora. Powinno być wyposażone w łącznik elektryczny, uruchamiany magnetycznie, służący do sterowania zewnętrzną aparaturą sygnalizacyjną. Łącznik powinien mieć następujące parametry:

- a. napięcie znamionowe 250 V AC i DC,
- b. prąd znamionowy minimum 0,5 A przy 10 000 łącheń,
- c. zdolność łączeniowa minimum 0,25 A AC i DC,
- d. wytrzymałość na wibracje w kierunku poziomym i pionowym minimum 75 Hz bez skłonności do zamknięcia styków.

Zabezpieczenie powinno być wyposażone w zawór odpowietrzający, przycisk do mechanicznego sprawdzenia działania łączników sygnalizacyjnych, wziernik ze skalą w cm³. Obudowa zabezpieczenia powinna być odporna na wszelkie warunki atmosferyczne, stopień ochrony minimum IP54. Zakres temperatury oleju: -25 ÷ +100°C.

Dopuszcza się zastosowanie zabezpieczenia przepływowego innej konstrukcji lub zastosowanie przekaźnika ciśnieniowego, jeżeli rozwiązanie takie proponuje producent podobciążeniowego przełącznika zaczepów jako rozwiązanie fabryczne.

8.18 Zabezpieczenie temperaturowe.

Zabezpieczenie temperaturowe zbudowane w oparciu o manometryczny termometr kontaktowy z kapilarą, do pomiaru temperatury oleju, z możliwością nastawienia przynajmniej dwóch zakresów temperatury. Termometr kontaktowy powinien posiadać nastawniki temperatury osobne na „załącz” i „wyłącz”, z przełączalnymi łącznikami elektrycznymi służącymi do sterowania zewnętrzną aparaturą sygnalizacyjną. Konstrukcja

termometrów powinna umożliwiać nastawienie jednakowych temperatur granicznych dla wszystkich zakresów.

Termometr powinien być wyposażony w optyczny wskaźnik mierzonej temperatury oraz wskaźnik maksymalny.

Łączniki elektryczne powinny mieć następujące parametry:

- a. napięcie znamionowe 250 V AC i DC,
- b. prąd znamionowy minimum 0,5 A przy 10000 łącheń,
- c. zdolność łączeniowa minimum 5,0 A AC i 0,25 A DC,
- d. wytrzymałość na wibracje w kierunku poziomym i pionowym minimum 75 Hz bez skłonności do zamknięcia styków.

Czujnik tego termometru należy umieścić na pokrywie transformatora w kieszeni termometrowej, a nastawnik temperatury wraz ze wskaźnikiem temperatury należy umocować na kadzi transformatora w miejscu i na wysokości umożliwiającej łatwą obsługę. Sposób prowadzenia, zabezpieczenie i mocowanie kapilary powinno zapewniać wytrzymałość mechaniczną uwzględniającą narażenia podczas wykonywania czynności eksploatacyjnych na transformatorze. Obudowa termometru powinna być odporna na wszelkie warunki atmosferyczne i drgania, stopień ochrony minimum IP54, a jego zakres pomiarowy: $-20 \div +100^{\circ}\text{C}$.

Manometryczny termometr kontaktowy zabezpieczenia temperaturowego powinien mieć tabliczkę opisową z opisem jego funkcji z nastawami temperatur.

8.19 Termometr do zdalnego pomiaru temperatury oleju.

Czujnik termometru do zdalnego pomiaru temperatury oleju powinien być umieszczony w kieszeni termometrowej, a wskaźnik temperatury w pomieszczeniu nastawni. Zakres pomiarowy $0 - 150^{\circ}\text{C}$. Wskaźnik ma być wyposażony w interfejs komunikacyjny RS-485.

8.20 Układ wymuszonego przewietrzania (ON-AF).

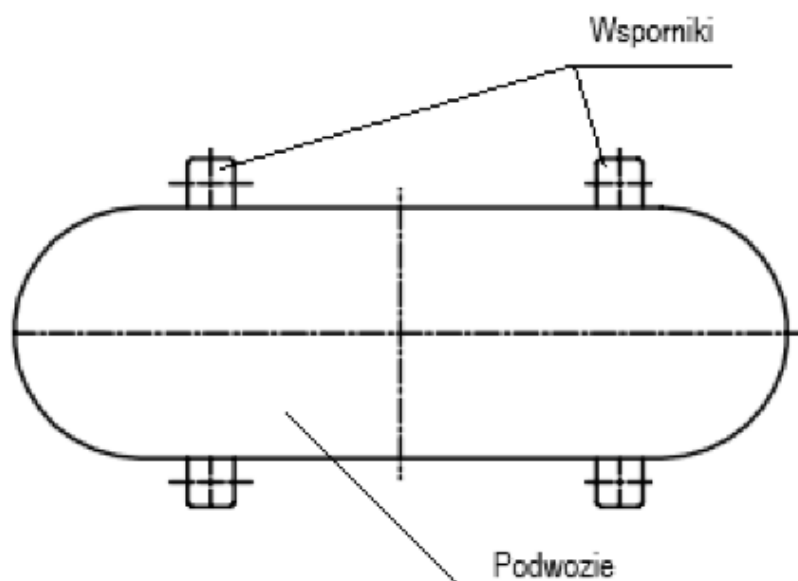
Układ wymuszonego przewietrzania (ON-AF) powinien być wyposażony następująco:

- a. przewietrzniki podzielone na dwie niezależne grupy, przy czym uszkodzenie jednej z grup powinno ograniczać obciążenie transformatora do max. 60% mocy znamionowej,
- b. sterowanie każdej grupy powinno być możliwe ręcznie – z szafki sterowniczej zainstalowanej na transformatorze i zdalnie z nastawni oraz samoczynnie – za pomocą przeznaczonego do tego celu drugiego manometrycznego termometru kontaktowego o parametrach jak wymienione w pkt 8.18. Progi załączania i wyłączania poszczególnych grup wentylatorów powinny być podane w dokumentacji techniczno-ruchowej przekazanej TD S.A. Wybór sposobu sterowania („ręcznie – samoczynnie”) odbywać się będzie przełącznikiem w nastawni. Napięcie sterownicze 230 V, 50 Hz.
- c. układ sterowania powinien umożliwiać zdalną sygnalizację załączenia poszczególnych grup przewietrzników,
- d. przewietrzniki należy zasilić z dwóch różnych źródeł wybieranych przełącznikiem w szafce,

- e. zabezpieczenie główne i każdej z grup powinno być wykonane odpowiednio stopniowanymi bezpiecznikami topikowymi lub wyłącznikami samoczynnymi,
- f. zabezpieczenie każdego przewietrznika należy wykonać wyłącznikami samoczynnymi,
- g. szafkę sterowniczą należy wyposażać w ogrzewanie sterowane termostatem i wymuszone przewietrzanie mini wentylatorem. W dokumentacji należy podać wymaganą nastawę termostatu,
- h. szafa sterownicza powinna być zamykana klamką umożliwiającą zablokowanie jej kłódką.
- i. szafkę należy wyposażać w oświetlenie i dwa jednofazowe gniazda wtykowe 230 V.
- j. zabezpieczenie każdego z obwodów: ogrzewania, oświetlenia i gniazd wtykowych należy zrealizować niezależnymi czterema wyłącznikami samoczynnymi typu B 16 A.
- k. schemat elektryczny układu chłodzenia należy umieścić w szafie sterowniczej,
- l. manometryczny termometr kontaktowy sterujący wymuszonym układem chłodzenia powinien mieć tabliczkę opisową z opisem jego funkcji.

8.21 Dodatkowe wyposażenie transformatora.

- a. Zawory do spustu, napełniania i filtrowania oleju. Sposób montażu zaworu spustowego powinien zapewniać opróżnieniu kadzi w taki sposób, aby wysokość poziomu pozostałego w niej oleju nie była większa niż 20 mm.
- b. Zawory probiercze przeznaczone do pobierania próbek oleju z górnej i dolnej części kadzi oraz z przełącznika zaczepów. Króćce wylotowe z gwintem zewnętrznym 5/16 cala, 32 zwoje na cal z metalową osłoną. Ich umiejscowienie powinno być dostępne dla obsługi i umożliwiać pobranie próbek oleju bez konieczności wyłączania transformatora.
- c. Włazy zamontowane na konserwatorze wykorzystywane przy jego czyszczeniu.
- d. Zaciski uziemiające na kadzi przystosowane do podłączenia bednarki lub linki miedzianej o przekroju co najmniej 95 mm², oraz połączenia wyrównawcze pomiędzy szafami napędu przełącznika zaczepów, sterowania a kadzią.
- e. Wsporniki i ucha do podnoszenia i przeciągania transformatora.
- f. Podwozie z kołami z obrzeżem, przestawialne o 90°, oraz blokadą kół. Podwozie powinno umożliwiać przetaczanie transformatora w dwóch kierunkach przy rozstawie kół:
 - w kierunku podłużnym – 1505 mm
 - w kierunku poprzecznym – 1505/3010 mm dla transformatorów o mocy 16 i 25 MVA i 3010 mm dla transformatorów o mocy większej od 25 MVA.



Rysunek nr 5. Podwozie wraz z romieszczonymi wspornikami.

g. Izolatory przepustowe.

- Izolatory przepustowe GN.

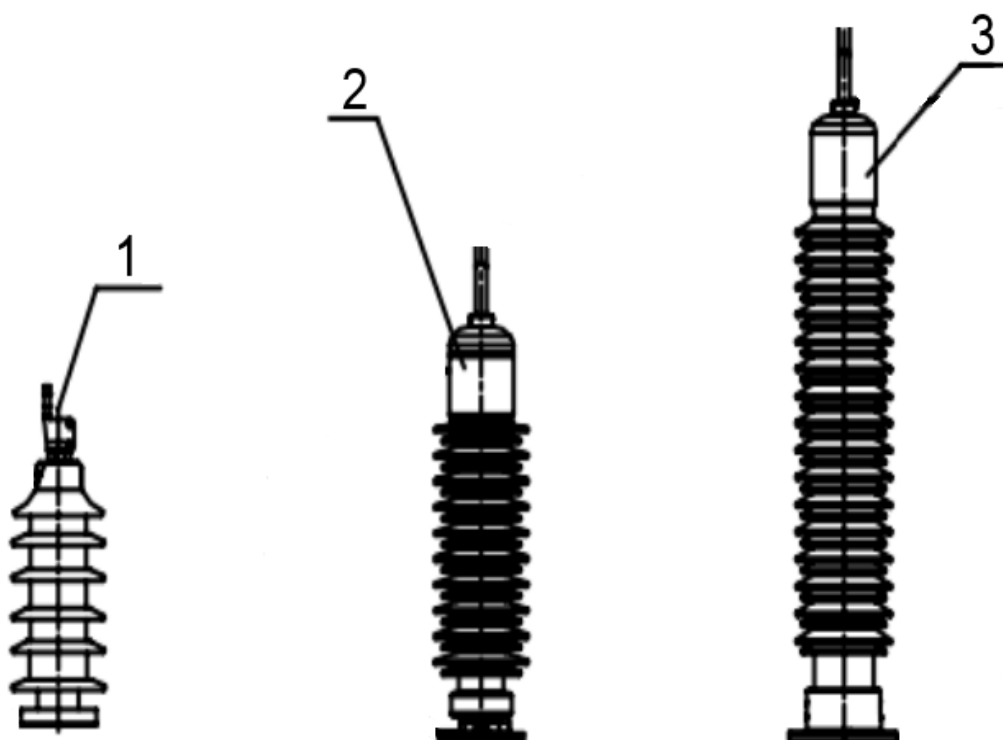
Dla wyprowadzenia przewodów roboczych GN należy stosować izolatory przepustowe wykonane na napięcie znamionowe 123 kV, a dla punktu neutralnego GN izolator przepustowy na napięcie znamionowe 72,5 kV. Izolatory te powinny być wykonane jako kondensatorowe z izolacją wykonaną papierem impregnowanym olejem typu OIP lub z izolacją wykonaną papierem impregnowanym żywicą typu RIP, w osłonie ceramicznej lub silikonowej. Należy wyposażyć je również w zacisk pomiarowy oraz końcówkę w postaci sworznia do podłączenia przewodów liniowych.

- Izolatory przepustowe DN.

Dla wyprowadzenia przewodów roboczych DN należy stosować napowietrzne izolatory przepustowe wykonane jako ceramiczne lub kompozytowe.

Konstrukcja transformatora powinna umożliwiać w przyszłości zmianę rodzaju przepustów DN na zintegrowane, konektorowe, wielogniazdowe, umożliwiające bezpośrednie podłączenie kabli i ograniczników przepięć. Wymiana przepustów musi być możliwa do przeprowadzenia na stanowisku pracy, bez przewożenia transformatora do producenta lub zakładu remontowego i bez konieczności wyjmowania części transformatora z kadzi. Przepusty konektorowe powinny być zamontowane w otworach po demontażu dotychczasowych izolatorów przepustowych. Śruby mocujące sworzeń izolatora przepustowego i dolną część konektora, muszą umożliwiać takie zamontowanie, aby nie istniała możliwość ich wysunięcia podczas montażu (tzw. „śruby niegubiące”). Sposób wymiany musi być opisany w szczegółowej instrukcji będącej częścią dokumentacji technicznej transformatora. Przepusty GN należy wyposażyć w zaciski pomiarowe.

izolatory przepustowe GN o napięciu znamionowym 123 kV, przepusty izolowane papierem impregnowanym żywicą typu RIP (Resin Impregnated Paper) lub typu RIS (Resin Impregnated Synthetic), w osłonie silikonowej, suche, wyposażone w zaciski pomiarowe oraz końcówkę w postaci sworznia gładkiego o średnicy 30 mm i długości minimum 120 mm do pionowego podłączania przewodów liniowych, d) izolator przepustowy GN punktu neutralnego o napięciu znamionowym 72,5 kV, przepust izolowany papierem impregnowanym żywicą typu RIP (Resin Impregnated Paper) lub typu RIS (Resin Impregnated Synthetic), w osłonie silikonowej, suchy, wyposażony w zacisk pomiarowy oraz końcówkę w postaci sworznia gładkiego o średnicy 30 mm i długości minimum 120 mm do pionowego podłączania przewodów liniowych,



Rysunek nr 5. Przykładowe izolatory przepustowe.

1. Izolator przepustowy DN.
2. Izolator przepustowy GN „N”.
3. Izolator przepustowy GN.

- h. Zawór szybko odcinający wypływ oleju przeznaczony do odcięcia wypływu oleju z konserwatora w przypadku rozszczelnienia kadzi transformatora wskutek uszkodzenia (wymaganie to nie dotyczy transformatorów o mocy 16 MVA). Minimalny przepływ powodujący zamknięcie zaworu odcinającego nie większy niż 90 dcm³/min. Zawór powinien być wyposażony również w optyczny wskaźnik zadziałania, urządzenie do zewnętrznego mechanicznego sterowania i w łącznik elektryczny służący do sterowania zewnętrzną aparaturą sygnalizacyjną. Łącznik powinien mieć następujące parametry:

- napięcie znamionowe 250 V AC i DC,

- prąd znamionowy minimum 0,5 A przy 10 000 łączy,
- zdolność łączeniowa minimum 0,25 A AC i DC,
- wytrzymałość na wibracje w kierunku poziomym i pionowym minimum 75 Hz bez skłonności do zamknięcia styków.

Obudowa zaworu odcinającego powinna być odporna na wszelkie warunki atmosferyczne, stopień ochrony minimum IP54. Zakres temperatury pracy: od – 25 do +100°C.

W przewodzie olejowym łączącym konserwator z kadzią, w kolejności od konserwatora należy zamontować: zawór kulowy, zawór szybko odcinający wypływ oleju, zabezpieczenie gazowo-przepływowe kadzi i zawór kulowy.

- i. Dwa wskaźniki poziomu oleju w konserwatorze: jeden w części konserwatora połączonej z kadzią główną, drugi w części konserwatora połączonej z przełącznikiem zaczepów. Każdy wskaźnik powinien być wyposażony w łącznik elektryczny, uruchamiany magnetycznie, służący do sterowania zewnętrzną aparaturą sygnalizacyjną przy minimalnym poziomie oleju w konserwatorze. Łącznik powinien mieć następujące parametry:

- napięcie znamionowe 250 V AC i DC,
- prąd znamionowy minimum 0,5 A przy 10 000 łączy,
- zdolność łączeniowa minimum 0,25 A AC i DC,
- wytrzymałość na wibracje w kierunku poziomym i pionowym minimum 75 Hz bez skłonności do zamknięcia styków.

Obudowa wskaźnika powinna być odporna na wszelkie warunki atmosferyczne, stopień ochrony minimum IP54. Zakres temperatury pracy: -25 ÷ + 100°C. Wskaźniki poziomu oleju mają być umieszczone w sposób zapewniający ich widoczność dla personelu obsługi.

- j. Zawór bezpieczeństwa działający w przypadku przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia wewnątrz kadzi transformatora spełniający poniższe wymagania. Zawór powinien być wyposażony w osłonę przeciwrozpryskową, odprowadzenie oleju do dolnego poziomu kadzi, oraz w podwójny łącznik elektryczny służący do sterowania zewnętrzną aparaturą sygnalizacyjną. Łącznik powinien mieć następujące parametry:

- napięcie znamionowe 250 V AC i DC,
- prąd znamionowy minimum 0,5 A przy 10 000 łączy,
- zdolność łączeniowa minimum 0,25 A AC i DC,
- wytrzymałość na wibracje w kierunku poziomym i pionowym minimum 75 Hz bez skłonności do zamknięcia styków.

Obudowa zaworu bezpieczeństwa powinna być odporna na wszelkie warunki atmosferyczne, stopień ochrony minimum IP54. Zakres temperatury pracy: od - 25 do + 100°C. Odprowadzenie oleju do dolnego poziomu kadzi nie powinno wprowadzać dławienia w przepływie oleju.

- k. Dwa bezobsługowe odwilżacze powietrza z automatyczną regeneracją silikażelu systemem grzewczym kontrolowanym przez czujnik, zamontowane na poziomie obsługi. Para wodna wydzielona podczas osuszania ma podlegać kondensacji i być odprowadzona na zewnątrz. Para wodna nie może być zasysana do transformatora. Odwilżacze mają być wyposażone w styki pomocnicze do zdalnej sygnalizacji uszkodzenia (funkcja samokontroli). Styki te należy wyprowadzić na listwę w skrzynce przyłączeniowej (ON-AN) lub w szafce sterowniczej przewietrzników (ON-AF).

Przy każdym urządzeniu wchodzącym w skład wyposażenia transformatora WN/SN powinna być zamontowana tabliczkę z opisem oraz oznaczeniem jego stanu pracy.

9 Wymagane próby i pomiary transformatora.

Wymagany zakres prób i pomiarów odbiorczych.

9.1 Oględziny.

- 9.2 Badanie oleju, w tym m.in. w zakresie: wskaźników dielektrycznych i fizykochemicznych, napięcia przebicia, określenie zawartości wody metodą K. Fischera, analizy chromatograficznej składu i koncentracji gazów rozpuszczonych w oleju (DGA), pomiar zawartości związków furanu. W przypadku wykrycia w badanym oleju związków furanu, wynik próby uznaje się za negatywny.

Badanie oleju powinno być wykonane co najmniej przed próbami fabrycznymi (po zalaniu transformatora) oraz po próbach i badaniach fabrycznych. W protokole należy podać temperaturę pobieranej próbki oleju oraz temperatury, dla których określony jest wynik każdego rodzaju badania.

Badanie DGA należy przeprowadzić co najmniej w zakresie gazów: wodór, metan, etan, etylen, acetylen, propan, propylen, tlenek węgla, dwutlenek węgla, powietrze (tlen, azot).

- 9.3 Badanie termowizyjne rdzenia przed montażem uzwojeń. Badanie powinno być przeprowadzone przy nagrzewaniu rdzenia napięciem 1,1 Un przez okres 2h.

- 9.4 Pomiary systemu monitorowania temperatury w zakresie wymienionym w Karcie kontroli światłowodów (wzór tej karty zawarty jest w Załączniku nr 2 do Standardu), każdorazowo przy następujących etapach produkcji:

- a. po instalacji światłowodów w uzwojeniach,
- b. po ściskaniu uzwojeń,
- c. po wygrzewaniu transformatora,
- d. po montażu światłowodu na rdzeniu,
- e. przed połączeniem światłowodów z przepustami,
- f. po połączeniu z przepustami,
- g. przed próbami cieplnymi,
- h. przy odbiorze końcowym (pomiar powinien być wykonany u producenta po badaniach odbiorczych).

Po zakończeniu procesu produkcji transformatora, przed próbami i pomiarami fabrycznymi należy wykonać kalibrację wszystkich światłowodowych czujników temperatury.

- 9.5 Sprawdzenie działania przełącznika zaczepów w całym zakresie pracy, w dwóch kierunkach, z pomiarem czasów własnych przełącznika, styków przełącznika mocy i współpracy ze stykami wybieraka.
- 9.6 Pomiar mocy pobieranej przez napęd przełącznika podczas cyklu przełączania.
- 9.7 Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń: R15, R60, R300 oraz współczynnika stratności dielektrycznej tg delta i pojemności uzwojeń.
- 9.8 Próba szczelności kadzi na kompletnym transformatorze.
- 9.9 Pomiar rezystancji uzwojeń.
- 9.10 Pomiar przekładni.
- 9.11 Sprawdzenie grupy połączeń.
- 9.12 Próba stanu jałowego, pomiar strat i prądu biegu jałowego.
- 9.13 Jednofazowy pomiar strat stanu jałowego przy zasilaniu napięciem 0,4 kV i 1 kV od strony DN.
- 9.14 Próba zwarcia pomiarowego, pomiar strat i napięcia zwarcia.
- 9.15 Pomiar impedancji dla składowej zerowej z wyznaczeniem składowych Z0, R0 i X0.
- 9.16 Pomiar reaktancji rozproszenia.
- 9.17 Próba wytrzymałości elektrycznej napięciem doprowadzonym.
- 9.18 Pomiar prądów magnesujących w układzie jednofazowym napięciem 230 V AC.
- 9.19 Wyznaczenie poziomu ciśnienia akustycznego, a następnie na jego podstawie wyliczenie mocy akustycznej.
- 9.20 Pomiar poziomu wyładowań niepełnych metodą elektryczną w układzie z odziemionym i uziemionym punktem neutralnym.
- a. Próbę należy wykonać napięciem indukowanym z pomiarem wyładowań niepełnych IVPD - wykonane zgodnie z normą [N3].
 - b. Pomiar wyładowań niepełnych w układzie z odziemionym punktem neutralnym należy wykonać wg następujących wymagań:
 - schemat połączeń do wykonania próby taki sam jak do wykonania próby LTAC,
 - poziom napięć probierczych i czas ich trwania zgodne z wymaganiami dla próby IVPD z normy [N3]. Próbę należy wykonać przy napięciu potęgującym (doziemnym) równym $(1,8 \times U_r)/\sqrt{3}$ i napięciu (doziemnym) pomiaru wyładowań niepełnych równym $(1,58 \times U_r)/\sqrt{3}$. Pomiaru należy wykonać po kolei dla każdej fazy badanego uzwojenia, przez min. 15 minutowy okres pomiarowy.
 - c. Ocena wyników próby zgodnie z kryteriami opisanymi w normie [N3] przy czym maksymalny poziom WNZ mierzonych podczas 15 minutowego okresu pomiarowego nie może być większy niż 100 pC.
 - d. U_r – napięcie probiercze zgodne z definicją z normy [N3].
- 9.21 Pomiar stanu mechanicznego uzwojeń metodą SFRA. Do protokołu należy dołączyć pełną dokumentację w wersji elektronicznej umożliwiającą w przyszłości interpretację stanu technicznego transformatora metodą porównawczą (w tym pliki w formacie sfra).

- 9.22 Pomiar stanu zawilgocenia izolacji transformatora metodą polaryzacji FDS w układach pomiędzy wszystkimi uzwojeniami i rdzeniem. W protokole należy podać wprowadzoną procentową wartość współczynników: barier i przestrzeni olejowych, przyjętą temperaturę transformatora podczas badań FDS oraz zastosowane układy pomiarowe.
- 9.23 Badanie napięciem udarowym transformatora powinno być wykonane zgodnie z aktualnymi normami: [N1], [N3] i [N5] jako próba Wyrobu. W Protokole z próby należy podać numery fabryczne zamontowanych przepustów GN.
- 9.24 Próba nagrzewania transformatora. W protokole z przeprowadzonych badań należy przedstawić przyrosty temperatury oleju, uzwojeń oraz punktu gorącego (hot-spot) – wyliczony na podstawie pomiaru przyrostów temperatury uzwojeń oraz faktycznie zmierzony przez światłowodowe czujniki temperatury. W trakcie próby nagrzewania, temperatury powinny być mierzone i rejestrowane przez system światłowodowego pomiaru.
- 9.25 Jeśli po rozpoczęciu prób fabrycznych, transformator musi zostać otwarty (jest jakkolwiek dostęp do części aktywnej), wszystkie dotychczas wykonane próby zostają powtórzone. Żadna z poprzednich prób nie może zostać uznana za pozytywną.
- 9.26 W przypadku negatywnego wyniku próby Wykonawca udostępni dokumentację zdjęciową miejsca uszkodzenia oraz wykona analizę przyczyn uszkodzenia i podjętych działań naprawczych.

10 Badania transformatora na stanowisku zainstalowania.

Po zainstalowaniu transformatora należy wykonać następujące badania:

- a. Oględziny zewnętrzne, kontrola poprawności montażu.
- b. Pomiar rezystancji uzwojeń.
- c. Pomiar przekładni, sprawdzenie układu i grupy połączeń.
- d. Pomiar współczynnika stratności dielektrycznej tg delta i pojemności uzwojeń.
- e. Pomiar pojemności i stratności dielektrycznej tg delta izolatorów przepustowych GN.
- f. Pomiar rezystancji izolacji.
- g. Kontrola podobciążeniowego przełącznika zaczepów.
- h. Badanie własności dielektrycznych i fizykochemicznych oleju. W protokole należy podać temperaturę pobieranej próbki oleju oraz temperatury, dla których określony jest wynik każdego rodzaju badania.
- i. Badanie stanu mechanicznego uzwojeń po transporcie metodą SFRA z analizą porównawczą względem wyniku badań otrzymanych na stacji prób. Do protokołu należy dołączyć pełną dokumentację w wersji elektronicznej, pliki w formacie sfra.

11 Dopuszczalne tolerancje.

Dopuszczalne tolerancje wielkości parametrów zmierzonych w trakcie badań odbiorczych w stosunku do wielkości deklarowanych w złożonej ofercie:

- | | | |
|---------------------------|---|----------|
| a. przekładnia napięciowa | – | ± 0,5 %, |
| b. straty stanu jałowego | – | + 0 %, |
| c. straty obciążeniowe | – | + 0 %, |
| d. napięcie zwarcia | – | ± 10 %, |

- e. prąd stanu jałowego – + 30 %,
- f. poziom ciśnienia akustycznego – + 0 dB.

12 Dokumenty dostarczane łącznie z transformatorem.

Dla każdego transformatora należy przygotować odrębną dokumentację techniczno-ruchową zawierającą: zbiorcze zestawienie jego parametrów znamionowych i zestawienie wyposażenia (wg uzgodnionego wzoru), a także instrukcje: montażu, obsługi i konserwacji transformatora wraz z jego wyposażeniem. Dokumentacja powinna zawierać również protokoły pomiarów i prób fabrycznych. Dokumenty te powinny być opracowane w języku polskim, w dwóch egzemplarzach, w trwale oprawionej formie papierowej, a także w dwóch egzemplarzach wersji elektronicznej na płycie CD lub DVD albo pamięci masowej USB (pendrive).

13 Postanowienia końcowe.

Za aktualizację Standardu odpowiedzialne jest Biuro Standaryzacji. Nadzór nad realizacją postanowień Standardu sprawuje Wiceprezes Zarządu ds. Operatora.

14 Załączniki.

15.1 Załącznik nr 1. Dokumenty i normy związane oraz wymagania jakościowe.

15.2 Załącznik nr 2. Wzory protokołu i karty kontroli.

W Standardzie wykorzystano przykładowe rysunki transformatora i urządzeń jego wyposażenia, z dostępnych dokumentów ich producentów:

- transformatora WN/SN, na umieszczenie którego uzyskano zgodę firmy ZREW Transformatory S.A.,
- elementów transformatora WN/SN, na umieszczenie których uzyskano zgodę firmy Fabryka Transformatorów w Żychlinie Sp. z o.o.,
- podobciążeniowego przełącznika zaczepów, na umieszczenie którego uzyskano zgodę firmy Maschinenfabrik Reinhausen GmbH,
- podobciążeniowego przełącznika zaczepów, na umieszczenie którego uzyskano zgodę firmy Hitachi Energy Poland Sp. z o.o.