




Zmiany wnoszone do wymagań dotyczących badań i konstrukcji transformatorów suchych przez normę IEC 60076-11:2018


Anna Krajewska – Instytut Energetyki

TRANSFORMATOR'19 Toruń 7-19 maja 2019



W ubiegłym roku wprowadzono nową drugą edycję normy IEC 60076-1 I, która jest bardziej przystosowana do potrzeb producentów i eksploatujących transformatory suche. Wnosi ona kilka istotnych zmian:


- Rozszerza zakres stosowania normy do napięcia 72,5 kV;
- Przedstawia zagadnienia związane z zarządzaniem eksploatacją;
- Precyzuje wymagania dielektryczne i termiczne związane z położeniem nad poziomem morza;
- Wprowadza nowe klasy klimatyczne i środowiskowe dla lepszego dostosowania do potrzeb klienta;
- Ustanawia zależności pomiędzy lokalizacją a klasami środowiskowymi;
- Dla klasy palności, określa graniczną moc badanych transformatorów do 1000 kVA, aby ograniczyć zanieczyszczenie;
- Wprowadza klasy sejsmiczne;
- Wprowadza konieczność sprawdzenia zdolności transformatorów z rdzeniem amorficznym do długiej eksploatacji.




Wprowadzono zmiany w punkcie „Normalne warunki pracy”, określając poszczególne czynniki i wymagania, do nowych należą:

- wodę jako czynnik chłodzący transformator suchy(4.2b);
- zwrócono uwagę na zawartość harmoniczną w prądzie obciążenia (4.2 d);
- klasy środowiskowe, warunki środowiskowe zdefiniowane zgodnie z IEC 60721-3-4 obejmujące warunki biologiczne 4B1, substancje aktywne chemicznie 4C2, substancje aktywne mechanicznie 4S3 oraz warunki mechaniczne 4M4 (4.2 f);
- ograniczniki prądu rozruchu(4.2h);
- częstotliwość załączeń pod napięcie (4.2i)
- ochronę przed kapiącą i płynącą wodą (4.2 j);
- szczególne warunki środowiskowe wokół transformatora (4.2 k);
- poziom drgań (wibracji) (4.2 l);
- ochronę przed korozją (4.2 m);
- właściwe warunki eksploatacji i serwis.(4.2 n);

Norma wymienia te czynniki jako elementy, które powinny być uwzględnione i określone przez zamawiającego i podane producentowi.



Omawiana norma wprowadza pojęcie **mocy znamionowej** z wentylatorami lub wymiennikami ciepła (pkt.5.2.2). Jako moc znamionową, w sytuacji gdy pozorna moc transformatora może mieć różne wartości, w zależności od zastosowanych sposobów chłodzenia, przyjąć należy największą z tych wartości jako moc znamionową. W sytuacji kiedy przewidziane jest dodatkowe chłodzenie, to sposób określenia mocy z i bez dodatkowego chłodzenia powinna być uzgodniona pomiędzy producentem a nabywcą.




Punkt 5.2.4 określa wymagania dla transformatorów w obudowie w dwóch przypadkach kiedy transformator montowany, badany i dostarczany jest w obudowie i w przypadku kiedy część aktywna transformatora i obudowa dostarczane są osobno.

Tutaj sygnalizuję o takiej możliwości, gdyż poprzednia edycja nie przewidywała takiego rozwiązania.

W punkcie 5.4 przedstawione zostały wymagania dotyczące transportu i magazynowania transformatorów suchych, takich jak gabaryty i masa, przyspieszenia jakim może być poddany transformator w czasie transportu, a także temperatury i wilgoci.

Warunki w jakich będzie składowany i transportowany przez nabywcę, powinny być przedstawione wytwórcy.




Poprzednia edycja przewidywała zakres napięć U_m transformatorów suchych do 36 kV, obecna edycja rozszerza ten zakres do **$U_m = 72,5 \text{ kV}$** (pkt.5.7).
Dopuszcza stosowanie wyższych poziomów napięciowych zgodnie z IEC 60076-3.

Probiercze poziomy napięciowe wg IEC 60076-11:2018

Najwyższe napięcie dla wyposażenia U_m (r.m.s.) kV	Napięcie przyłożone AV kV	Udar piorunowy pełny (wartość szczytowa) kV	
		Lista 1	Lista 2
$\leq 1,1$	3	-	-
3,6	10	20	40
7,2	20	40	60
12,0	28	60	75
17,5	38	75	95
24,0	50	95	125
36,0	70	145	170
40,5	80	170	200
52,0	95	200	250
72,5	140	250	325

Norma podaje także sposób uwzględniania poprawek związanych z położeniem stanowiska pracy transformatora i/lub laboratorium badawczego nad poziomem morza dla położzeń pomiędzy 1000 m, a 4500 m n.p.m. (pkt 11.2).



Obecna edycja normy IEC 60076-1 I przewiduje wodę jako czynnik chłodzący i wprowadza nowe oznaczenie symbolem

W - woda,

przy czym zachowuje pozostałe oznaczenia nie zmienione.

Zostały zdefiniowane nowe symbole sposobu chłodzenia


AFWF – chłodzenie wymuszone z zastosowaniem wodnego wymiennika ciepła,

WF – oznacza wymuszone chłodzenie wodne wewnątrz cewki.

Omawiana norma dopuszcza stosowanie przełączników zaczełów typu OLTC.

W pkt. 10.1 podano klasy temperaturowe uzwojeń i odpowiadające im średnie przyrosty temperatury przy prądzie znamionowym. Dołączono klasę temperaturową 250°C.

Klasa temperaturowa układu izolacyjnego °C	Dopuszczalny średni przyrost temperatury uzwojeń przy prądzie znamionowym K
105 (A)	60
120 (E)	75
130 (B)	80
155 (F)	100
180 (H)	125
200 (N)	135
220 (R)	150
250	175



Zdefiniowano nowy sposób obliczania dopuszczalnych przyrostów temperatury dla transformatorów przewidzianych do pracy powyżej 1000 m n.p.m.. Zalecono zmniejszenie dopuszczalnych średnich przyrostów temperatury na każde **100 m** o następujące wartości:

dla transformatorów chłodzonych naturalnym obiegiem powietrza
o **0.5%**,

a dla transformatorów chłodzonych wymuszonym obiegiem powietrza
o **1 %**.



Klasy Klimatyczne – do tej pory definiowane były 2 klasy klimatyczne:

C1 – transformator może pracować w temperaturze nie niższej niż -5°C , ale może być transportowany i składowany w temperaturze nie niższej niż -25°C .

C2 – Transformator może pracować, być transportowany i składowany w temperaturze nie niższej niż -25°C .

Nowa edycja normy przewiduje jeszcze 4 klasy klimatyczne:


C3 - transformator może pracować w temperaturze nie niższej niż -25°C , ale może być transportowany i składowany w temperaturze nie niższej niż -40°C .

C4 - transformator może pracować w temperaturze nie niższej niż -40°C , ale może być transportowany i składowany w temperaturze nie niższej niż -50°C .

C5 - transformator może pracować w temperaturze nie niższej niż -50°C , ale może być transportowany i składowany w temperaturze nie niższej niż -60°C .

C_{xy} - transformator może pracować w temperaturze nie niższej niż $-Y^{\circ}\text{C}$, ale może być transportowany i składowany w temperaturze nie niższej niż $-X^{\circ}\text{C}$.

Ta ostatnia klasa powinna zostać zdefiniowana na drodze porozumienia pomiędzy zamawiającym a dostawcą.



Klasy środowiskowe – dotychczasowe trzy klasy środowiskowe zostały inaczej zdefiniowane w wyniku czego wprowadzone dodatkowe dwie klasy. Nie uległy zmianie definicje klasy E0 i E1.

E0 – Na transformatorze nie pojawia się kondensacja a zanieczyszczenia są pomijalnie małe. To zwykle jest możliwe do osiągnięcia w czystych wewnętrznych instalacjach.

E1 - Na transformatorze może pojawić się sporadycznie kondensacja (na przykład, gdy odłączone jest zasilanie transformatora). Możliwe jest ograniczone zanieczyszczenie.

E2 - Częsta kondensacja lub/i małe zanieczyszczenie.

E3 - Częsta kondensacja lub/i średnie zanieczyszczenie.

E4 - Częsta kondensacja lub/i duże zanieczyszczenie.

Wprowadzone zostały wprowadzone klasy środowiskowe dla transformatorów bez obudowy (IP00) przeznaczonych do pracy na zewnątrz:

E-O-1 - Teren wiejski lub teren o niskim zanieczyszczeniu

E-O-2 - Teren miejski, obszar przemysłowy lub przestrzeń o umiarkowanym zanieczyszczeniu


E-O-3 - Teren nadmorski lub obszar o silnym zanieczyszczeniu

Klasy palności pozostały bez zmian.

TRANSFORMATOR'19 Toruń 7-19 maja 2019

Sekwencja prób (dla klas klimatycznej, środowiskowej i palności)


Klasa		Klimatyczna	Środowiskowa		Palności		
Próba	Podpunkt normy	C1, C2, C3, C4, C5, C _{xy}	E0	E1, E2, E3, E4, E-0-1, E-0-2, E-0-3	F0	F1	
1	Próby klimatyczne	14.4.4	TAK				
2	Próby środowiskowe	14.4.5 Załącznik B		NIE	TAK		
3	Próba palności	14.4.6				NIE	TAK



Podana sekwencja umożliwia przeprowadzenie prób dla klas klimatycznej, środowiskowej i palności na jednym transformatorze.

Największy transformator jaki można poddać próbie palności to 1000 kVA z izolacją na 12 kV lub 24 kV.

Dla transformatorów o mocy większej niż 1000 kVA lub poziomie izolacji wyższym niż 24 kV próbę klimatyczną i środowiskową, można uznać za ważną jedynie gdy wytwórca posiada certyfikat na całą sekwencję prób dla transformatora 1000 kVA o poziomie izolacji 24 kV.



Jeśli poziom wstrząsów ziemi a_g w miejscu zainstalowania transformatora przekracza 2 m/s^2 lub około $0,2 \text{ g}$ konstrukcja transformatora musi być odporna na wstrząsy. **Klasa sejsmiczna** powinna być określona zgodnie z **IEC 60068-3-3** i uzgodniona pomiędzy nabywcą a wytwórcą.

Przedstawiono dwie metody umożliwiające wyznaczenie zastosowanego spektrum wzbudzenia:

- 1) Metodę znormalizowanej amplitudy, gdy niedostępne są dane o lokalizacji transformatora i o strukturze konstrukcji nośnej,
- 2). Metodę obliczenia amplitudy, gdy dostępne są dane o lokalizacji transformatora i o strukturze konstrukcji nośnej,

Podano w jaki sposób, na podstawie dostępnych danych i IEC 60721-2-6 określić przybliżony poziom wstrząsów i klasę sejsmiczną

Podano sposób obliczania amplitudy umożliwiającą zakwalifikowanie transformatora do klasy sejsmicznej w oparciu o IEC 60068-3-3.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

Anna Krajewska - anna.krajewska@ien.com.pl

Mobile phone: +48 797905364 lub +48 607 033 834

INSTYTUT ENERGETYKI

INSTYTUT BADAWCZY

UL. MORY 8

01-330 WARSZAWA

www.ien.com.pl

Zespół ds. Certyfikacji

TRANSFORMATOR'19 Toruń 7-9 maja 2019