

TRANSFORMATOR'24
17-18 kwietnia 2024 r., Wisła,

RAMOWA INSTRUKCJA EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

dr inż. Zbigniew Szymański



**Zakład Pomiarowo-Badawczy Energetyki
„ENERGOPOMIAR – ELEKTRYKA” Sp. z o. o.
www.elektryka.com.pl**

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- W artykule przedstawiono najważniejsze zmiany wprowadzone w treści Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów Wyd. 2022r.
- Omówiono także przyczyny konieczności nowelizacji spowodowane zmianami w aktach normatywnych, przepisach, a także w stosowanych materiałach konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, wprowadzaniem nowych metod pomiarowych, a także potrzebą dopasowania wymagań do zmieniającej się populacji transformatorów.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- Geneza powstania Instrukcji Eksploatacji Transformatorów sięga lat 60. XX wieku, gdy w roku 1964 oraz 1968 firma ZPBE Energopomiar opracowała dwie pierwsze edycje dokumentu;
- Kolejna, poszerzona wersja instrukcji, zawierająca nowe informacje i kryteria oceny stanu technicznego transformatorów powstała w roku 1975;
- Na podstawie tych opracowań ówczesne Ministerstwo Górnictwa i Energetyki opublikowało w Monitorze Polskim Nr 25 z 1986 roku obowiązujące w krajowej energetyce zarządzenia dotyczące ogólnych zasad eksploatacji urządzeń i instalacji elektrycznych;
- Ostatnia wersja Instrukcji Eksploatacji Transformatorów zawierająca zbiór objaśnień, wskazówek praktycznych i przepisów została wydana przez Instytut Energetyki w 1991r.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- W 2001 roku pojawiła się Ramowa Instrukcja Eksploatacji Transformatorów (RIET) wydana przez ZPBE Energopomiar-Elektryka, stworzona przez grono specjalistów wywodzących się z tej firmy oraz Instytutu Energetyki, jak również elektrowni, zakładów produkujących transformatory oraz przedsiębiorstw dystrybucyjnych i przemysłu.
- Autorami pierwszego wydania Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów byli: Andrzej Bagiński, Tadeusz Domżański, Marcei Kaźmierski, Jerzy Łukaszewski, Waldemar Olech, Halina Olejniczak, Józef Owczarek, Stefan Sieradzki i Zbigniew Szymański.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- Kolejne wersje znowelizowanych Ramowych Instrukcji Eksploatacji Transformatorów zostały wydane w latach 2006 i 2012.
- Nowe wersje tworzone we współpracy z przedstawicielami użytkowników i producentów transformatorów.
- Miejscem dyskusji oraz akceptacji i przyjęcia nowych wersji RIET stały się, organizowane przez ZPBE Energopomiar-Elektryka w cyklu dwuletnim konferencje „Zarządzanie Eksploatacją Transformatorów” oraz dodatkowe spotkania współautorów w Gliwicach.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- Konieczność dalszej nowelizacji Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów wiązała się z podobnymi jak poprzednio potrzebami, do których należą:
 - uwagi i postulaty zgłaszane przez użytkowników,
 - nowe wymagania prawne,
 - zmiany standardów i norm,
 - postęp techniczny,
 - tendencja wydłużania czasu eksploatacji transformatora znacznie ponad projektowany okres wynoszący 30 lat.

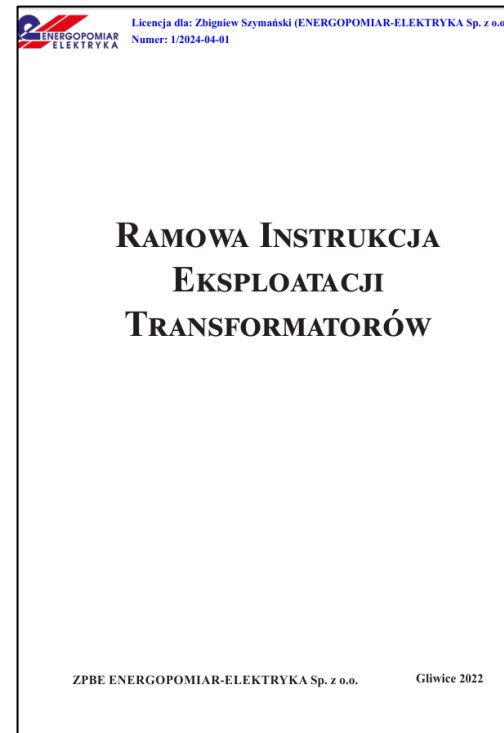
NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- Energopomiar-Elektryka jako firma zajmująca się od wielu lat diagnostyką techniczną transformatorów, przyjęła na siebie również obecnie obowiązek wypracowania nowych zasad wykonywania badań i pomiarów oraz określenia kryteriów akceptacji uzyskanych wyników.
- Dla tych celów szczególnie istotne i cenne jest doświadczenie laboratorium materiałów izolacyjnych, działającego nieprzerwanie od lat 50. XX wieku, jak również personelu gwarantującego rzetelne wyniki badań. Utworzona baza danych jaką dysponuje nasz ośrodek, pozwala na statystyczne określenie kryteriów diagnostycznych, odzwierciedlających zmiany w populacji transformatorów eksploatowanych w Polsce.
- Prezentując zapisy najnowszej edycji Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów z 2022 roku mamy nadzieję, że zachowała ona wszystkie walory poprzednich wydań, a jednocześnie sprostała nowym wyzwaniom jakimi są wprowadzone zmiany odpowiadające aktualnym potrzebom technicznym, ekonomicznym i środowiskowym.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- Konieczność nowelizacji Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów wiąże się z podobnymi jak poprzednio potrzebami, do których należą:
 - uwagi i postulaty zgłaszane przez użytkowników,
 - nowe wymagania prawne,
 - zmiany standardów i norm,
 - postęp techniczny,
 - tendencja wydłużania czasu eksploatacji transformatora znacznie ponad projektowany okres wynoszący 30 lat.
- Biorąc pod uwagę dłuższy niż zazwyczaj, bo 10. letni okres czasu, jaki upłynął od ostatniego wydania instrukcji, liczba czynników mających wpływ na zmiany była wyjątkowo duża.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW



NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW - WERSJA ELEKTRONICZNA



Licencja dla: Zbigniew Szymański (ENERGOPOMIAR-ELEKTRYKA Sp. z o.o.)
Numer: 1/2024-04-01

4.4. Korzystanie z norm	44
4.5. Wykorzystanie systemów monitoringu	48
4.6. Wytyczne dla prób nagrzewania w warunkach przeciążeń	49
4.6.1. Przebieg próby	49
4.6.2. Ocena wyników próby	50
5. GOSPODARKA I EKSPLOATACJA OLEJU TRANSFORMATOROWEGO	51
5.1. Podstawowe informacje dotyczące oleju elektroizolacyjnego	51
5.2. Magazynowanie oleju transformatorowego	53
5.3. Pobieranie próbek oleju	53
5.4. Uzdatnianie oleju nowego i eksploatowanego przeznaczonego do napełnienia, wymiany oraz uzupełnienia poziomu w transformatorze	54
5.5. Postępowanie z olejami korozyjnymi	56
5.6. Badania oleju w transformatorze nowym oddawanym do eksploatacji (po montażu) oraz w transformatorze eksploatowanym	57
5.7. Wymagania dotyczące bezpieczeństwa ekologicznego	58
5.8. Alternatywne ciecze dielektryczne do napełniania transformatorów	59
6. BADANIA TECHNICZNE TRANSFORMATORÓW	67
6.1. Rodzaje badań technicznych	67
6.1.1. Badania odbiorcze nowych transformatorów w zakładach wytwórczych	67
6.1.2. Badania pomontażowe transformatorów	68
6.1.3. Badania techniczne transformatorów w eksploatacji	70
6.1.4. Badania poawaryjne transformatorów	82
6.1.5. Badania odbiorcze transformatorów po remoncie lub naprawie	83
6.2. Metody badań technicznych transformatorów i kryteria oceny	84
6.2.1. Ogłędziny zewnętrzne	84
6.2.2. Sprawdzenie zabezpieczeń Buchholza gazowo-przepływowych i przepływowych	84
6.2.3. Sprawdzenie braku przerw między uzwojeniami	84
6.2.4. Sprawdzenie przekładni i grupy połączeń	84
6.2.5. Pomiar rezystancji uzwojeń	85
6.2.6. Badanie wskaźników izolacji (rezystancji i współczynnika strat dielektrycznych tgδ)	85
6.2.6.1. Informacje ogólne	85
6.2.6.2. Pomiar rezystancji izolacji	87



Licencja dla: Zbigniew Szymański (ENERGOPOMIAR-ELEKTRYKA Sp. z o.o.)
Numer: 1/2024-04-01

Szczególnie ważne jest, żeby kryteria oceny zostały jednoznacznie określone przed badaniami, przy czym można wymagać, aby były one ostrzejsze niż zawarte w normach.

Do zakresu badań odbiorczych należą:

- próby i badania sprawdzające technologię produkcji,
- specjalistyczne badania oleju i materiałów konstrukcyjnych (weryfikacja wybranych badań atestacyjnych, próby kompatybilności oleju i materiałów),
- badania parametrów oleju (rozdział 5, tabela 5.4),
- analiza chromatograficzna gazów rozpuszczonych w oleju (DGA) po każdym etapie prób wyrobu i typu,
- badania sprawdzające stopień wysuszenia izolacji papierowej.

6.1.2 Badania pomontażowe transformatorów

Wszystkie transformatory, niezależnie od mocy – nowe, naprawiane, przestawiane z innej stacji lub instalowane z rezerwy magazynowej – powinny być (przed ich pierwszym załączeniem do pracy) poddane badaniami pomontażowym. Celem tych badań jest stwierdzenie przydatności transformatora do eksploatacji i upewnienie się, że podczas transportu, magazynowania i montażu na stanowisku nie wystąpiły w nim zmiany lub usterki mogące wyrzucić wpływ na jego niezawodność w eksploatacji. Wskazane jest, aby pomiary były wykonane przez niezależną firmę.

Zakres badań pomontażowych i kryteria oceny zawarte są w tabeli 6.1, a także w fabrycznych DTR.

Wyniki pomiarów pomontażowych należy porównać z fabrycznym protokołem prób, a w przypadku rozbieżności zaleca się skonsultować je z producentem transformatora.

Ważność badań pomontażowych wynosi 6 tygodni. Przed uruchomieniem transformatora należy jednak wykonać prace w zakresie uzależnionym od czasu, jaki upłynął od wykonania pomiarów:

- < 1 tydzień – nie wymaga się wykonania żadnych czynności;
- między 1÷6 tygodni – przeprowadzić ogłędziny i badania funkcjonalne układu chłodzenia;
- między 6 tygodni a 3 miesiące – dokonać ogłędzin, badań funkcjonalnych układu chłodzenia oraz wykonać pomiary rezystancji izolacji i współczynnika strat dielektrycznych tgδ izolacji uzwojeń, a także sprawdzić parametry oleju elektroizolacyjnego (co najmniej w zakresie napięcia przebicia i zawartości wody);
- > 3 miesięcy – przeprowadzić powtórne badania kontrolne w zakresie opisanym w tabeli 6.1.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

Największe zmiany wprowadzono w następujących rozdziałach:

- EKSPLOATACJA TRANSFORMATORÓW
- OBCIĄŻANIE TRANSFORMATORÓW
- GOSPODARKA I EKSPLOATACJA OLEJU TRANSFORMATOROWEGO
- BADANIA TECHNICZNE TRANSFORMATORÓW
- POSTĘPOWANIE W CZASIE ZAKŁÓCEŃ W PRACY, USZKODZEŃ I POŻARU
- KIEROWANIE TRANSFORMATORÓW DO REWIZJI, REMONTU, MODERNIZACJI ORAZ WYMIANY NA NOWĄ JEDNOSTKĘ

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

Wprowadzono również zmiany w załącznikach szczegółowych:

- Badania i pomiary transformatorowych izolatorów przepustowych
- Pomiary i przeglądy podobciążeniowych przełączników zaczepów
- Badania specjalne oleju oraz izolacji papierowej
- Wybrane układy pomiarowe transformatorów
- Monitoring i diagnostyka transformatorów w układzie on-line
- Ocena stanu technicznego transformatorów metodą analizy gazów rozpuszczonych w oleju
- Uzdatnianie izolacji transformatorów i rewizje wewnętrzne w miejscu zainstalowania
- Wymagania eksploatacyjne dotyczące przełączników Buchholza gazowo-przepływowych i przepływowych
- Pobieranie gazów z przełącznika Buchholza gazowo – przepływowego
- Transformatory suche.

Ponadto zostały dodane dwa nowe załączniki:

- Wytyczne zamawiania transformatorów
- Transformatory przekształtnikowe

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PROGRAM BADAŃ TECHNICZNYCH)

Zalecany przez instrukcję program badań technicznych transformatorów ma na celu uzyskiwanie większości strategicznych informacji dotyczących stanu technicznego tych urządzeń, przy możliwie niskich kosztach jego realizacji. Dla transformatorów grupy I i II jest on realizowany za pomocą tzw. diagnostyki trójstopniowej:

- **Stopień pierwszy:** *badania podstawowe* wykonywane na pracującym transformatorze obejmujące oględziny zewnętrzne, analizę DGA oraz badania właściwości oleju i jest realizowany corocznie dla jednostek grupy I oraz co 2 lata dla jednostek grupy II.

W przypadku stwierdzenia zagrożenia transformatora lub wystąpienia anomalii okres ten powinien być krótszy, zgodnie z potrzebami.

- **Stopień drugi:** *badania specjalistyczne* obejmujące szeroki zakres badań i pomiarów wykonywanych zarówno na pracującym, jak i wyłączonym transformatorze. Mają one na celu wykrycie przyczyn usterek stwierdzonych podczas badań stopnia I.
- **Stopień trzeci:** pomiary podstawowych wielkości wykonywane co 5 lat.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Obciążanie transformatorów (rozdział 4)**

Alternatywne ciecze izolacyjne i nowe materiały izolacyjne zastosowane do produkcji transformatorów spowodowały zmianę dopuszczalnych temperatur i ich przyrostów. Informacje te, zaktualizowane wg normy PN-EN 60076-7, PN-IEC 60354 oraz PN-EN 60076-14, wprowadzono w rozdziale 4 RIET w formie tabel.

Tabela 4.1. Zestawienie maksymalnych dopuszczalnych przyrostów temperatury przy obciążeniu znamionowym wg PN-IEC 60076-7 i PN-IEC 60354

	Rodzaj izolacji			
	Tradycyjna	Hybrydowa mieszana	Półhybrydowa	Pełnohybrydowa
Klasa izolacji [°C]	105	130	120	155
Przyrost temperatury oleju w górnej warstwie [K]	60	60	60	60
Przyrost średniej temperatury uzwojeń [K]	65	65	75	95
Przyrost temperatury hot spot dla izolacji stałej [K]	78	110	90	130

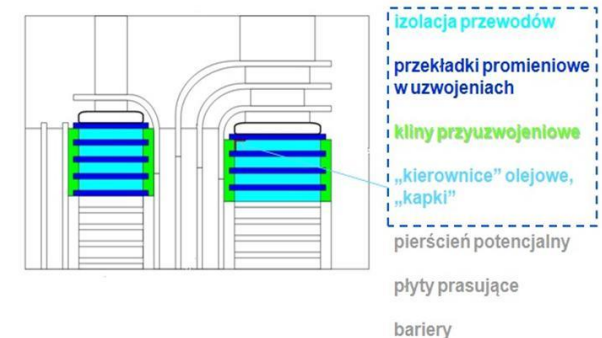
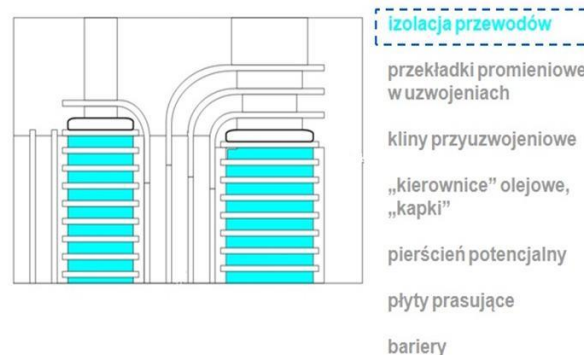
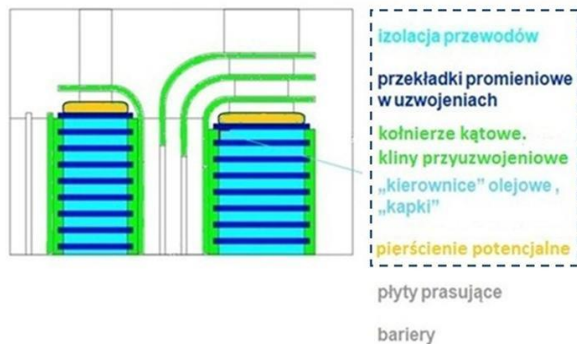
NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

• Obciążanie transformatorów (rozdział 4)

Wysokotemperaturowe układy izolacyjne

Pracę transformatorach w podwyższonych temperaturach jest możliwa w układach izolacyjnych:

- hybrydowych
- pół-hybrydowych
- mieszanych
- wysokotemperaturowych



Uproszczony rysunek izolacji hybrydowej (elementy z Nomexu umieszczono w ramce)

Uproszczony rysunek izolacji pół-hybrydowej (elementy z Nomexu umieszczono w ramce)

Uproszczony rysunek izolacji mieszanej (elementy z Nomexu umieszczono w ramce)

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- Obciążanie transformatorów (rozdział 4)**

Tabela 4.2.b. Graniczne wartości temperatur w transformatorach z izolacją hybrydową oraz napełnionych olejem lub niekonwencjonalnymi cieczami izolacyjnymi wg PN-EN 60076-14

Klasa izolacji [°C]		Rodzaj oleju									
		Oleje mineralne			Estry organiczne lub równoważne			Oleje silikonowe lub równoważne			
		I	II	III	równoważne			równoważne			
Normalne obciążenie cykliczne		θ_h [°C]	140	130	165	140	165	190	140	165	190
Długotrwałe obciążenie awaryjne		θ_h [°C]	150	140	175	150	175	200	150	175	200
Krótkotrwałe obciążenie awaryjne		θ_h [°C]	170	160	195	170	195	220	170	195	220
Normalne obciążenie cykliczne		θ_o [°C]	105	105	105	130	130	130	155	155	155
Długotrwałe obciążenie awaryjne		θ_o [°C]	115	115	115	140	140	140	165	165	165
Krótkotrwałe obciążenie awaryjne		θ_o [°C]	115	115	115	140	140	140	165	165	165

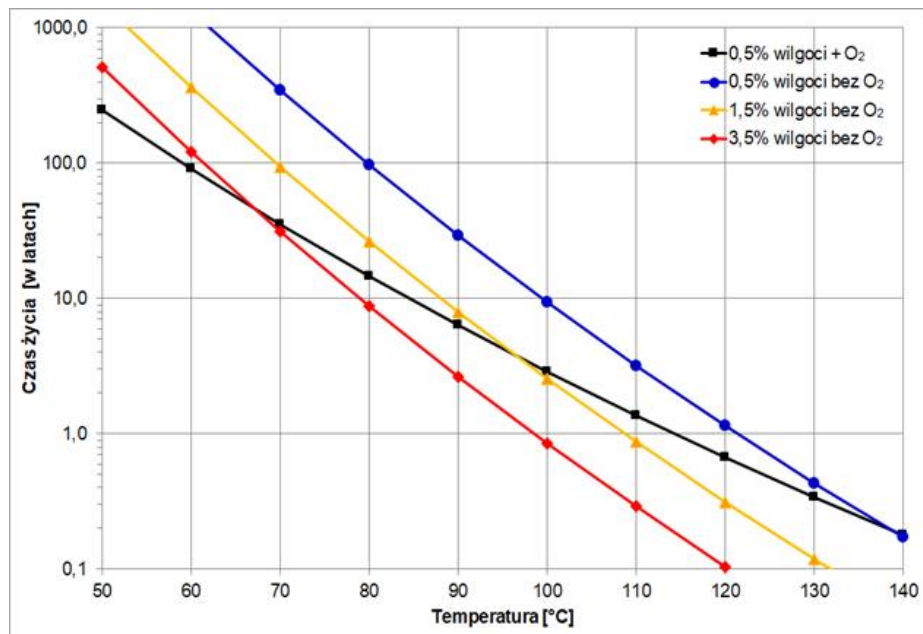
θ_h – temperatura najgorętszego miejsca w uzwojeniach i częściach metalowych stykających się z materiałami izolacyjnymi

θ_o – temperatura oleju w kadzi w górnej warstwie

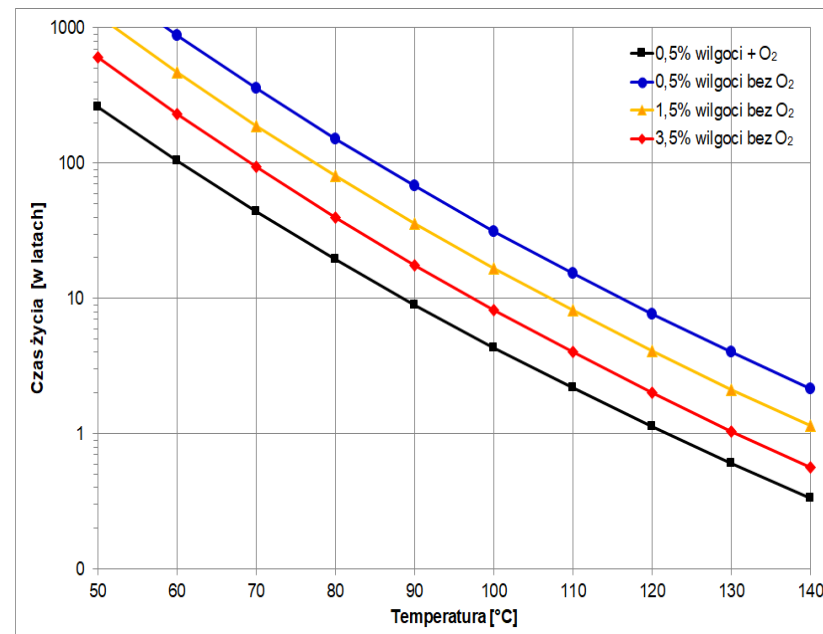
NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Obciążanie transformatorów (rozdział 4)**

Uzupełniono rozdział o wykresy trwałości termicznej papieru typu Kraft oraz papieru o zwiększonej wytrzymałości termicznej (TUP):



Czas życia papieru nieuszlachetnianego termicznie w zależności od zawilgocenia, zawartości tlenu i temperatury [wg IEC 60076-7]



Czas życia papieru uszlachetnianego termicznie w zależności od zawilgocenia, zawartości tlenu i temperatury]

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Program i zakres badań (rozdział 6)**

Zmiany i uzupełnienia, wprowadzone w rozdziale 6 RIET obejmują badania:

- odbiorcze nowych transformatorów,
- pomontażowe wykonywane w miejscu zainstalowania,
- w okresie gwarancyjnym oraz przed jego zakończeniem,
- w eksploatacji,
- poawaryjne,
- odbiorcze remontowanych transformatorów.

Zmieniono też zakres badań odbiorczych nowych jednostek w zakładach wytwórczych (p. 6.1.1), do których aktualnie należą:

- próby i badania sprawdzające technologię produkcji,
- specjalistyczne badania oleju i materiałów konstrukcyjnych,
- badania parametrów oleju,
- analiza chromatograficzna gazów rozpuszczonych w oleju na każdym etapie prób wyrobu i typu,
- badania sprawdzające stopień wysuszenia izolacji papierowej.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

• Program i zakres badań (rozdział 6)

W punkcie dotyczącym badań pomontażowych wprowadzono dodatkowy zapis dotyczący postępowania z transformatorem po upływie 6 tygodniowego terminu ważności pomiarów:

- po przekroczeniu tego okresu o nie więcej niż 1 tydzień nie wymaga się wykonania żadnych czynności,
- między 1 a 6 tygodni – należy dokonać oględzin i przeprowadzić badania funkcjonalne układu chłodzenia,
- między 6 tygodni a 3 miesiące – należy dokonać oględzin, sprawdzenia funkcjonalnego układu chłodzenia oraz wykonać badania rezystancji izolacji i współczynnika strat dielektrycznych $\text{tg}\delta$ izolacji uzwojeń, sprawdzić parametry oleju elektroizolacyjnego co najmniej w zakresie napięcia przebicia i zawartości wody,
- przy postoju powyżej 3 miesięcy – należy przeprowadzić powtórne badania kontrolne w zakresie opisanym w tabeli 6.1 RIET.

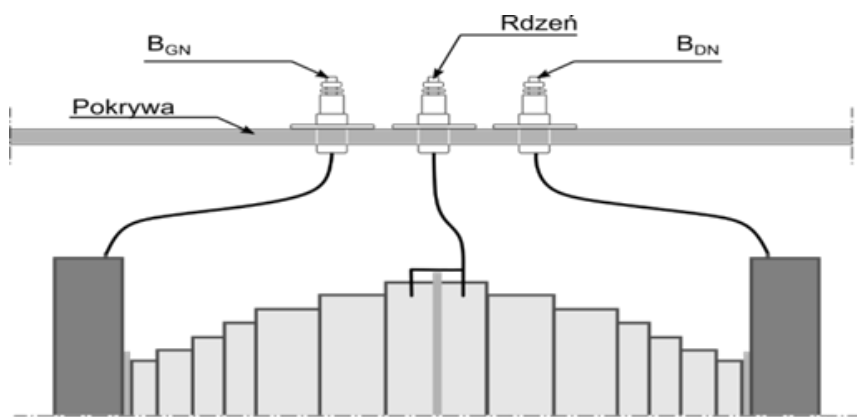
Ponadto rozszerzono zakres pomiarów i badań w eksploatacji:

- podstawowych (wykonywanych bez wyłączenia transformatora z sieci),
- specjalistycznych,
- okresowych.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- Program i zakres badań (rozdział 6)**

W celu uzyskania dodatkowych informacji o stanie części aktywnej wprowadzono do programu badań pomiary rezystancji izolacji rdzenia, ze szczegółowym opisem układów połączeń, zamieszczonym w załączniku 8 RIET: W tabeli Z8.3 przedstawiono wymagane układy pomiarowe dla rezystancji izolacji rdzenia.



Rys. Z8.1. Widok przykładowego rozmieszczenia izolacji głównej rdzenia.

(BGN-belka od strony wyprowadzeń GN transformatora;
BDN-belka od strony wyprowadzeń DN transformatora)

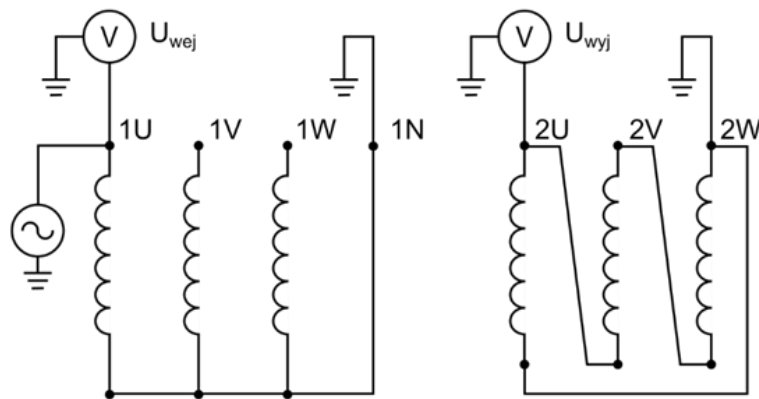
Układ pomiarowy	Napięcie próby [kV]
belka B_{GN} - kadź	2,5
belka B_{DN} - kadź	2,5
belka B_{GN} - belka B_{DN}	2,5
belka B_{GN} - rdzeń	2,5
belka B_{DN} - rdzeń	2,5
rdzeń - kadź	2,5

Tabela Z8.3. Układy pomiarowe dla rezystancji izolacji rdzenia zgodnie z rys. Z8.1

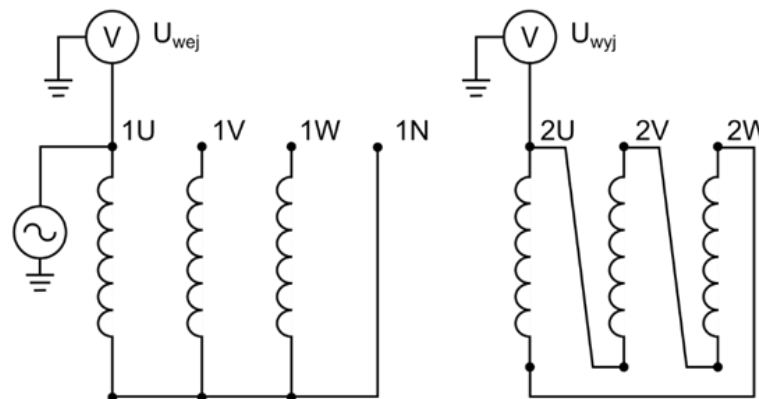
NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Program i zakres badań (rozdział 6)**

W 2013 roku została opublikowana norma PN-EN 60076-18 „Transformatory - Część 18: Pomiar odpowiedzi częstotliwościowej” dotycząca badań transformatorów metodą SFRA, która nie była uwzględniona w instrukcji z 2012 roku, w RIET 2022 wprowadzono szczegółowe wskazówki dotyczące wykonywania tych pomiarów, łącznie z opisem schematów połączeń, w układach standardowych oraz dodatkowych: indukcyjnych i pojemnościowych (rys. Z8.5 i Z8.6).



Rys. Z8.5. Schemat pomiarowy w konfiguracji 1U–2U w układzie indukcyjnym dla transformatorów z grupą połączeń YNd11



Rys. Z8.6. Schemat pomiarowy w konfiguracji 1U–2U w układzie pojemnościowym dla transformatorów z grupą połączeń YNd11

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

Diagnostyka izolatorów przepustowych (załącznik 1)

Podano wytyczne analizy porównawczej rozkładu temperatury na powierzchni izolatorów otrzymanego za pomocą kamery termowizyjnej.

Pomiary temperatury należy wykonać w tych samych miejscach izolatorów sąsiednich faz i obliczyć różnicę temperatur po przeliczeniu na warunki znamionowe (znamionowy prąd izolatora) według wzoru:

$$\Delta T_n = \Delta T / k^2 \quad \text{gdzie:}$$

$\Delta T = |T_1 - T_2|$ – różnica temperatur w tych samych miejscach dwóch izolatorów

$k = S/S_n$ – stosunek obciążenia w chwili pomiaru do obciążenia znamionowego

Kryteria:

$\Delta T_n < 5^\circ\text{C}$ – stan normalny

$5^\circ\text{C} \leq \Delta T_n < 10^\circ\text{C}$ – stan ostrzegawczy: sprawdzić izolatory przy okazji najbliższego planowego wyłączenia

$10^\circ\text{C} \leq \Delta T_n < 35^\circ\text{C}$ – stan ostrzegawczy: zaplanować wyłączenie w celu naprawy

$\Delta T_n > 35^\circ\text{C}$ – stan alarmowy: wyłączyć transformator w celu wymiany izolatora

Wprowadzono badanie zależności $\text{tg}\delta$ i C_x od częstotliwości (metodą spektroskopii dielektrycznej FDS), w zakresie 0,1÷1000 Hz, dla izolatorów z izolacją papierowo-olejową OIP - dla określenia zawartości wilgoci oraz dla wszystkich typów izolatorów (OIP, RIP, RBP, RIS) w celu obserwacji zmian wywołanych starzeniem lub defektami wewnętrznymi.

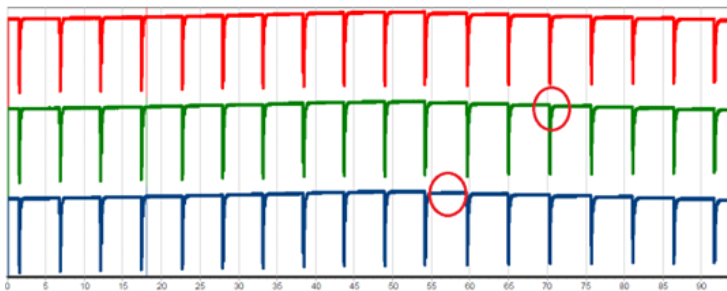
NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Eksploatacja PPZ (załącznik 6)**
 - Załącznik poświęcony podobciążeniowym przełącznikom zaczepów uzupełniono o nowe typy PPZ firm Hyundai i Huaming, podając zasady ich eksploatacji (okresy przeglądów w zależności od liczby przełączeń oraz liczby przełączeń do wymiany styków), zarówno dla przełączników konwencjonalnych, jak i próżniowych.
 - Uaktualniono kryteria oceny badań oleju pobieranego z głowicy PPZ i rozszerzono ich zakres, zalecając oprócz pomiarów napięcia przebicia i zawartości wody, prowadzenie analiz chromatograficznych gazów rozpuszczonych w oleju w celu:
 - wykrycia i identyfikacji uszkodzeń przełącznika,
 - rozpoznania, czy w jednostkach wyposażonych w PPZ występują nieszczelności powodujące przecieki oleju do kadzi głównej lub następuje dyfuzja gazów poprzez wspólny konserwator, co utrudnia interpretację wyników badań chromatograficznych transformatora i właściwą ocenę jego stanu technicznego.

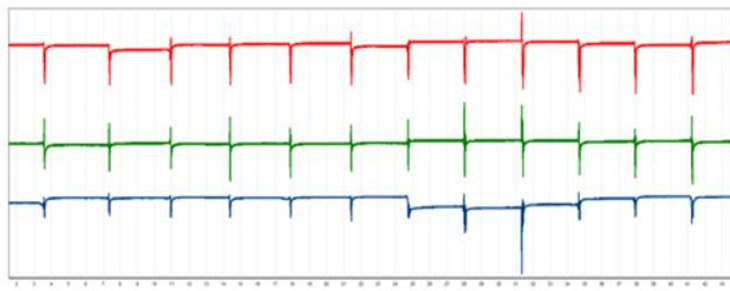
NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Eksploatacja PPZ (załącznik 6)**

Instrukcję rozbudowano i uzupełniono również o informacje dotyczące analizy dynamicznego procesu przełączania. Jest to nowa metoda służąca do rozszerzonej oceny stanu PPZ i uzyskania informacji o prawidłowości działania styków zarówno przełącznika mocy, jak i klatki wybierakowej. W trakcie badania procesu przełączania rejestruje się przebiegi zmian prądu w poszczególnych etapach ruchu przełącznika w całym zakresie regulacji w obydwu kierunkach dla wszystkich faz. Przykładowe wykresy cyklu pracy prawidłowo działającego PPZ oraz uszkodzonego przy przełączaniu w pełnym zakresie regulacji przedstawiono na rys. Z6.4 i Z6.5.



Rys. Z6.4. Przebieg zmian prądu w czasie cyklu przełączania prawidłowo działającego PPZ



Rys. Z6.5. Przebieg zmian prądu w czasie cyklu przełączania uszkodzonego PPZ

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Nowe informacje w Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów**

Wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniom zgłaszanym przez użytkowników transformatorów wprowadzono do instrukcji dwa nowe załączniki poświęcone:

- zamawianiu nowych jednostek,
- transformatorom przekształtnikowym.

Pierwszy z nich zawiera informacje, które służą zapewnieniu wysokiej jakości transformatora, poprzez:

- właściwe określenie wymagań, jakie ma spełniać jednostka,
- wykonanie odpowiednich badań kontrolnych na każdym etapie budowy transformatora,
- nadzór procesu od projektu, przez produkcję, transport, aż do kontroli pracy jednostki w okresie gwarancji, przez niezależną od producenta firmę zewnętrzną,
- prowadzenie dokumentacji procesu produkcji.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW (PRZYKŁADY ZMIAN)

- **Nowe informacje w Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów**
 - W załączniku 18 ujęto wymagania dotyczące sprawności transformatora, wprowadzone przez rozporządzenie Komisji Unii Europejskiej, podając metodykę obliczania wskaźnika maksymalnej sprawności PEI;
 - Wprowadzony do RIET nowy załącznik 19 „Transformatory przekształtnikowe” uwzględnia specyfikę pracy transformatorów, które współpracują z układami prostownikowymi i falownikami, w instalacjach Odnawialnych Źródeł Energii: farmach wiatrowych i fotowoltaicznych. Transformatory te są narażone na zakłócenia spowodowane wyższymi harmonicznymi napięć i prądów, co wymaga innego podejścia na etapie ich projektowania. Zastosowanie „zwykłego” transformatora w instalacjach OZE będzie skutkować pojawianiem się defektów (np. przegrzań) i krótszym czasem jego eksploatacji, dlatego też w załączniku 19 podano warunki, na jakie trzeba zwrócić uwagę zamawiając transformator przekształtnikowy.

NOWELIZACJA RAMOWEJ INSTRUKCJI EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW

- **Podsumowanie**

- ✓ Długi, dziesięcioletni okres czasu, jaki upłynął od ostatniego wydania Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów w 2012 roku spowodował, że zakres zmian i aktualizacji wprowadzonych w nowym wydaniu, był bardzo duży.
- ✓ Autorzy starali się uwzględnić zarówno potrzeby użytkowników, zmiany norm i przepisów, postęp techniczny oraz doświadczenia własne, wprowadzając m.in. nowe wymagania, badania i kryteria oceny wyników, a także wskazówki eksploatacyjne, dbając jednocześnie o zachowanie ramowego charakteru instrukcji.
- ✓ Zespół autorski ma nadzieję, że nowa wersja RIET 2022, podobnie jak poprzednie wydania, będzie szeroko stosowana w energetyce i przemyśle, przyczyniając się do bezawaryjnej eksploatacji transformatorów.
- ✓ Wprowadzone ciągłe zmiany normalizacyjne i nowe metody pomiarowe oraz kryteria wymagają skrócenia okresu czasu pomiędzy kolejnymi nowelizacjami. Jest to możliwe we wprowadzonej wersji cyfrowej Instrukcji w której kolejne edycje uwzględniające aktualne potrzeby będą wprowadzane na bieżąco