

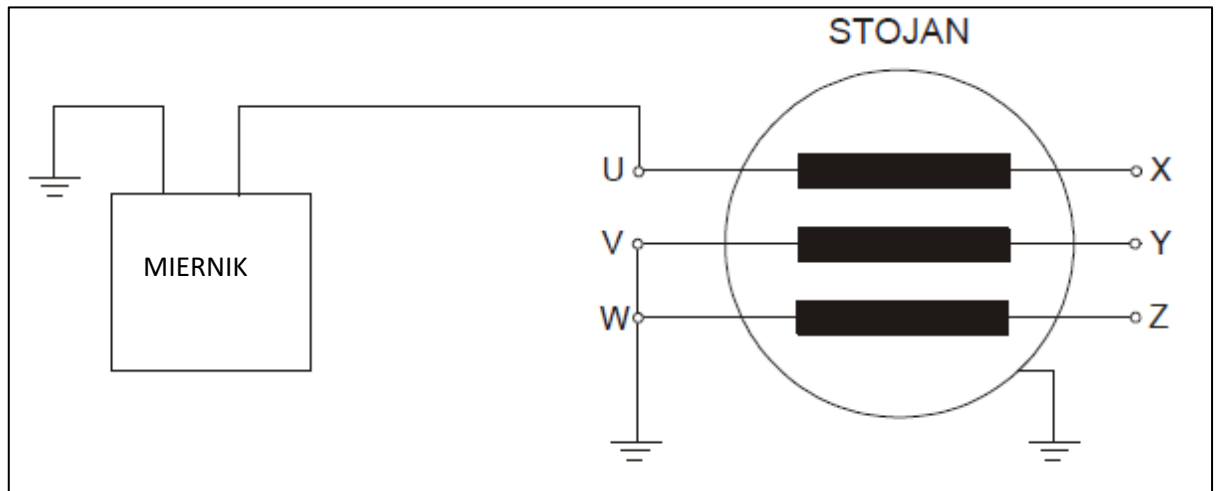
Załącznik nr 4c do OPZ

Wymagania dotyczące pomiarów, badań i prób wirnika generatora

1 Pomiar rezystancji izolacji stojana generatora

1.1 Opis

Rezystancję izolacji uzwojenia stojana należy mierzyć miernikiem 5000 V DC. Pomiar wykonuje się przy postoju maszyny, po odłączeniu zacisków od szyn lub kabli i po rozpięciu uzwojeń, dla każdej fazy uzwojenia oddzielnie, przy pozostałych połączonych z korpusem i uziemionych. Przed przystąpieniem do pomiaru badane uzwojenie należy uziemić na czas około 5 minut. Po wykonaniu pomiaru należy rozładować mierzone uzwojenie. Przykładowy schemat poglądowy układu do pomiaru rezystancji izolacji stojana generatora przedstawiono na rysunku poniżej



Wraz z wynikiem pomiaru należy zanotować temperaturę w jakiej pomiar wykonano, zmierzoną np. kontrolnymi czujnikami oporowymi zabudowanymi w uzwojeniu, którą należy wykorzystać do przeliczenia zmierzonej rezystancji izolacji do warunków temperaturowych 40°C.

W celu wyznaczenia stopnia zawilgocenia stojana, należy zmierzyć rezystancję izolacji po upływie 15 i 60 sekund od chwili przyłożenia napięcia, a następnie określić wynik pomiaru po 60 sekundach (R_{60}) do wyniku pomiaru po 15 sekundach (R_{15}).

1.2 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wynik pomiaru rezystancji izolacji stojana należy uznać za pozytywny, jeżeli dla każdej fazy są spełnione jednocześnie warunki:

$$R_{60} \text{ w temp. } 40^{\circ}\text{C} > 100 \text{ M}\Omega$$

$$R_{60} \geq (k_{75} \cdot U) / (1000 + 10 \cdot S) - \text{warunek szczegółowy, gdzie:}$$

U – napięcie znamionowe generatora w voltach,

S – moc znamionowa generatora w MVA,

k_{75} – współczynnik zależny od temperatury, w jakiej wykonano pomiar, którego wartość odczytujemy z wykresu (np. zamieszczonego w RIEG),

$$R_{60}/R_{15} \geq 1,4 \text{ w temp. } 40^{\circ}\text{C}.$$

Dodatkowo, ze względu na fakt, że po 15 sekundach pomiaru rezystancji izolacji generatora nie zanikają prądy polaryzacji i absorpcji, należy wyznaczyć współczynnik absorpcji R_{600}/R_{60} (wynik pomiaru po 600 sekundach (R_{600}) do wyniku pomiaru po 60 sekundach (R_{60})). Pomiar wskaźnika polaryzacji R_{600}/R_{60} można uznać za poprawny, jeśli uzyskane wartości wynoszą minimum 2,0 dla izolacji klasy F.

2 Pomiar rezystancji izolacji wirnika generatora

2.1 Opis

Pomiar ten ma na celu określić stan izolacji głównej wirnika. Przed przystąpieniem do pomiaru badane uzwojenie należy uziemić na czas 1 minuty.

Rezystancję izolacji uzwojenia wirnika należy mierzyć miernikiem 1000 V DC (dla uzwojeń o napięciu znamionowym 0,5 kV i wyższym) lub 500 V DC (dla uzwojeń o napięciu znamionowym poniżej 0,5 kV). Odczyt wartości rezystancji izolacji zaleca się wykonać po czasie 1 minuty.

2.2 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wynik pomiaru należy uznać za pozytywny, jeżeli:

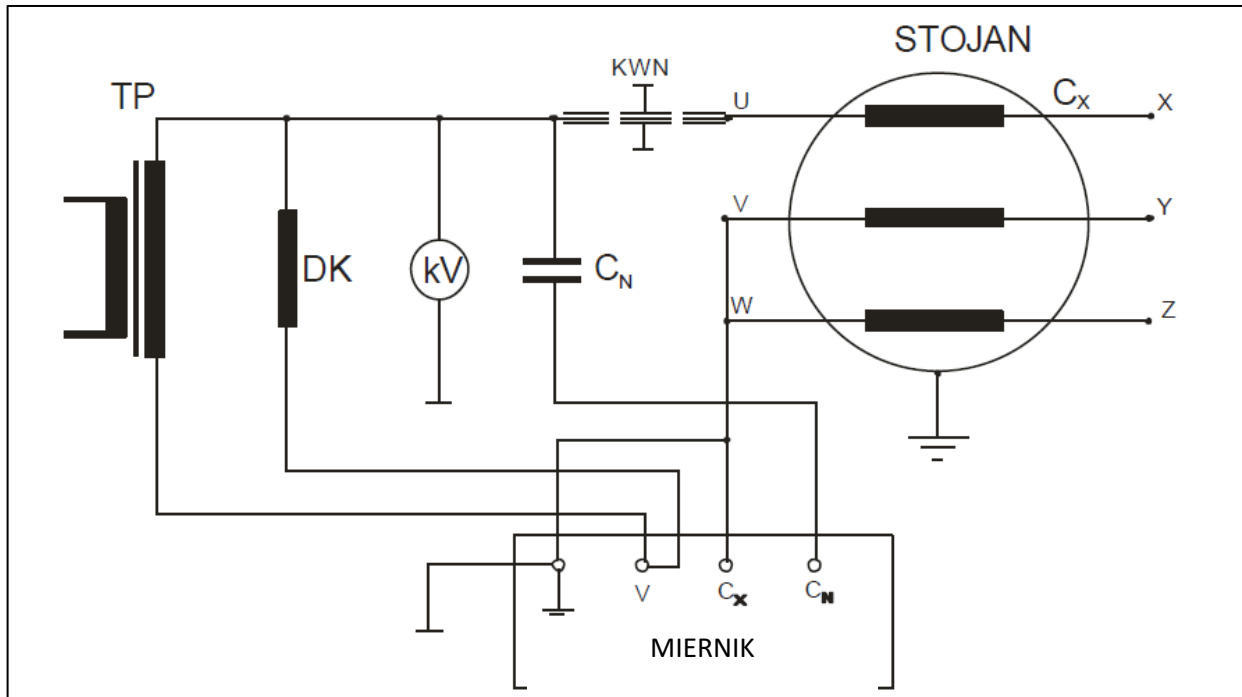
$$R_{\text{izol}} \geq k_{20} \cdot 0,5 \text{ M}\Omega, \text{ gdzie:}$$

k_{20} – współczynnik zależny od temperatury, w jakiej wykonano pomiar, którego wartość odczytujemy z wykresu (np. zamieszczonego w RIEG).

3 Pomiar pojemności i współczynnika strat dielektrycznych $\tan\delta$ izolacji stojana generatora

3.1 Opis

Pomiar wykonuje się na generatorze wyłączonym z ruchu, z rozłączonymi uzwojeniami fazowymi, w atmosferze powietrza przy temperaturze otoczenia. Przykładowy schemat pomiaru ilustruje schemat poniżej:



W wyniku pomiaru określa procentową wartość współczynnika strat dielektrycznych $\tan\delta$:

dla każdego z uzwojeń fazowych względem rdzenia przy uziemionych pozostałych uzwojeniach fazowych, w zakresie od $0,2U_N$ do $1,2U_N$, w odstępach napięcia probierczego co $0,2U_N$,

dla wszystkich uzwojeń fazowych zwartych ze sobą względem rdzenia stojana.

Należy wykreślić charakterystykę współczynnika strat dielektrycznych $\tan\delta$ układu izolacyjnego w funkcji napięcia oraz maksymalny przyrost współczynnika strat dielektrycznych $\Delta\tan\delta$ przy wzroście napięcia probierczego od $0,2U_N$ w całym zakresie do $1,2U_N$ i ocenić wartość współczynnika strat przy napięciu $0,2U_N$, wyznaczając wskaźnik przyrostu jak niżej:

$$\Delta\tan\delta_{0,6-0,2} = (\tan\delta_{\text{przy napięciu } 0,6 U_N} - \tan\delta_{\text{przy napięciu } 0,2 U_N}) / 2.$$

Wartości pojemności, współczynnika strat dielektrycznych i przyrostu $\Delta \text{tg} \delta$ dla poszczególnych uzwojeń fazowych otrzymane podczas pomiaru w poszczególnych latach (remontach) należy porównać między sobą i odnieść do fabrycznych pomiarów referencyjnych

3.2 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wymagane wartości $\text{tg} \delta$ dla zastosowanej technologii izolacji typu Resin Rich oraz VPI klasy F:

$\text{tg} \delta$ przy napięciu $0,2U_N \leq 2,5 \%$,

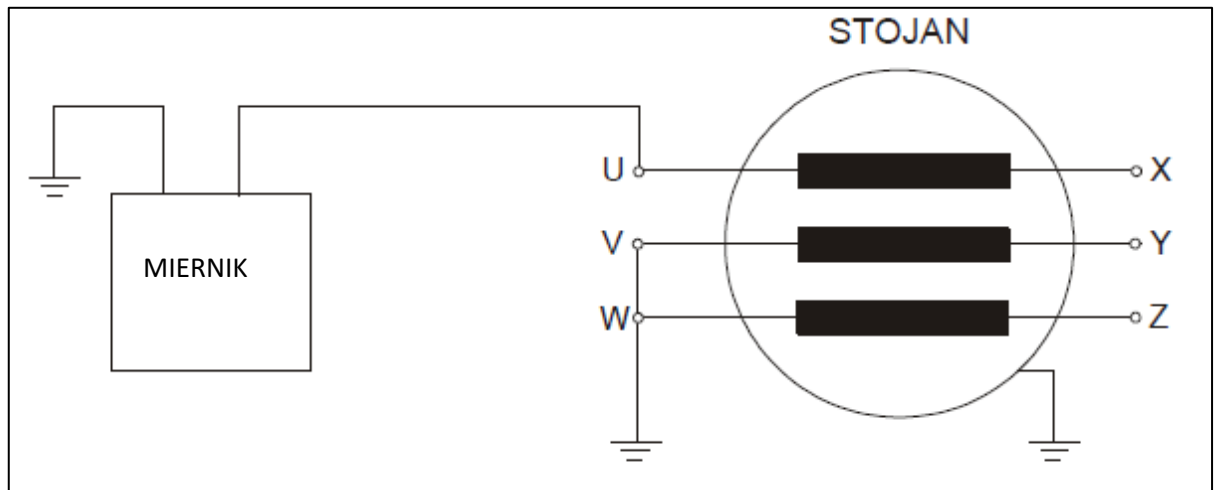
wartość maksymalna przyrostu $\Delta \text{tg} \delta / \Delta U_N \leq 3\text{‰} / \text{kV}$,

wartość wskaźnika przyrostu $\Delta \text{tg} \delta_{0,6 - 0,2} \leq 5\text{‰}$.

4 Pomiar rezystancji uzwojeń stojana generatora

4.1 Opis

Rezystancję izolacji uzwojenia stojana należy mierzyć miernikiem 5000 V DC. Pomiar wykonuje się przy postoju maszyny, po odłączeniu zacisków od szyn lub kabli i po rozpięciu uzwojeń, dla każdej fazy uzwojenia oddzielnie, przy pozostałych połączonych z korpusem i uziemionych. Przed przystąpieniem do pomiaru badane uzwojenie należy uziemić na czas około 5 minut. Po wykonaniu pomiaru należy rozładować mierzone uzwojenie. Przykładowy schemat poglądowy układu do pomiaru rezystancji izolacji stojana generatora przedstawiono na rysunku poniżej



Wraz z wynikiem pomiaru należy zanotować temperaturę w jakiej pomiar wykonano, zmierzoną np. kontrolnymi czujnikami oporowymi zabudowanymi w uzwojeniu, którą należy wykorzystać do przeliczenia zmierzonej rezystancji izolacji do warunków temperaturowych 40°C.

W celu wyznaczenia stopnia zawilgocenia stojana, należy zmierzyć rezystancję izolacji po upływie 15 i 60 sekund od chwili przyłożenia napięcia, a następnie określić wynik pomiaru po 60 sekundach (R_{60}) do wyniku pomiaru po 15 sekundach (R_{15}).

4.2 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wynik pomiaru rezystancji izolacji stojana należy uznać za pozytywny, jeżeli dla każdej fazy są spełnione jednocześnie warunki:

$$R_{60} \text{ w temp. } 40^{\circ}\text{C} > 100 \text{ M}\Omega$$

$$R_{60} \geq (k_{75} \cdot U) / (1000 + 10 \cdot S) - \text{warunek szczegółowy, gdzie:}$$

U – napięcie znamionowe generatora w voltach,

S – moc znamionowa generatora w MVA,

k_{75} – współczynnik zależny od temperatury, w jakiej wykonano pomiar, którego wartość odczytujemy z wykresu (np. zamieszczonego w RIEG),

$$R_{60}/R_{15} \geq 1,4 \text{ w temp. } 40^{\circ}\text{C}.$$

Dodatkowo, ze względu na fakt, że po 15 sekundach pomiaru rezystancji izolacji generatora nie zanikają prądy polaryzacji i absorpcji, należy wyznaczyć współczynnik absorpcji R_{600}/R_{60} (wynik pomiaru po 600 sekundach (R_{600}) do wyniku pomiaru po 60 sekundach (R_{60})). Pomiar wskaźnika polaryzacji R_{600}/R_{60} można uznać za poprawny, jeśli uzyskane wartości wynoszą minimum 2,0 dla izolacji klasy F.

5 Pomiar rezystancji i impedancji uzwojenia wirnika generatora

5.1 Opis

Pomiar rezystancji uzwojenia wirnika należy wykonać cyfrowym miernikiem małych rezystancji, w ustalonym stanie termicznym i odnieść do temperatury 20°C.

Pomiar impedancji wirnika wykonuje się zasilając uzwojenie wirnika z regulowanego źródła napięcia przemiennego 50 Hz, przy wykorzystaniu woltomierza, amperomierza i watomierza. Napięcie zwiększa się stopniowo od zera do wartości równej znamionowemu napięciu wzbudzenia generatora.

5.2 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wynik pomiaru rezystancji uzwojenia wirnika należy uznać za pozytywny, jeżeli:

zmierzona wartość rezystancji uzwojenia w temperaturze 20°C nie różni się od wartości referencyjnej (np. wartości z danych fabrycznych lub wartości dla nowego uzwojenia po przezwojeniu lub wartości z ostatnio wykonywanego pomiaru) o więcej niż 3%.

Z otrzymanych wyników pomiarów podczas pomiaru impedancji wirnika:

wykreśla się charakterystykę impedancji wirnika w funkcji napięcia. Zwarcie międzyzwojowe na wirniku objawia się nagłym skokiem wartości impedancji podczas podnoszenia napięcia, co jest widoczne na wykreślonej charakterystyce impedancji wirnika w funkcji napięcia,

wykreśla się charakterystyki $I = f(U)$ oraz $P = f(U^2)$. Charakterystyki te porównuje się z charakterystykami wzorcowymi, uzyskanymi podczas ostatnich badań odbiorczych. W przypadku zwarc międzyzwojowych na wirniku, obie wykreślone charakterystyki $I = f(U)$ oraz $P = f(U^2)$ przebiegają wyżej niż odpowiadające im charakterystyki wzorcowe

6 Pomiar strumienia rozproszenia wirnika generatora

6.1 Opis

Pomiar wykonuje się podczas przeglądów pełnych generatorów, po wyciągnięciu wirnika poza beczkę stojana, w celu sprawdzenia występowania zwarcień międzyzwojowych.

Pomiar strumienia rozproszenia wykonuje się za pomocą miernika rozkładu strumienia rozproszenia, zasilając uzwojenie wirnika napięciem przemiennym 50 Hz o wartości równej znamionowemu napięciu wzbudzenia generatora. Wykorzystywane jest jarzmo probiercze, ustawiane kolejno nad każdym badanym żłobkiem wirnika. Badaniem obejmuje się żłobki wirnika w taki sposób, aby zbadane zostały wszystkie cewki wirnika. Przy każdym położeniu jarzma probierczego rejestruje się napięcie U indukowane w jarzmie oraz kąt przesunięcia fazowego ψ tego napięcia względem prądu w uzwojeniu wirnika. Zmierzone wartości U oraz ψ porównuje się z wartościami zmierzonymi podczas ostatniego badania odbiorczego, obliczając jednocześnie rozbieżności ΔU oraz $\Delta \psi$ pomiędzy wartościami zmierzonymi, a wartościami z ostatniego badania odbiorczego.

6.2 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wynik pomiaru strumienia rozproszenia wirnika można uznać za pozytywny, jeśli dla każdego badanego żłobka wirnika spełnione są jednocześnie następujące warunki:

$$|\Delta U| \leq 10\%,$$

$$|\Delta \psi| \leq 10\%.$$

Negatywny wynik pomiaru strumienia rozproszenia wirnika generatora wymaga dodatkowych badań, które określa wyspecjalizowana firma wykonująca remonty i / lub badania oraz pomiary generatorów w Oddziałach i Spółkach Grupy PGE EC w konsultacji ze Specjalistami branżowymi z Oddziałów i Spółek Grupy PGE EC.

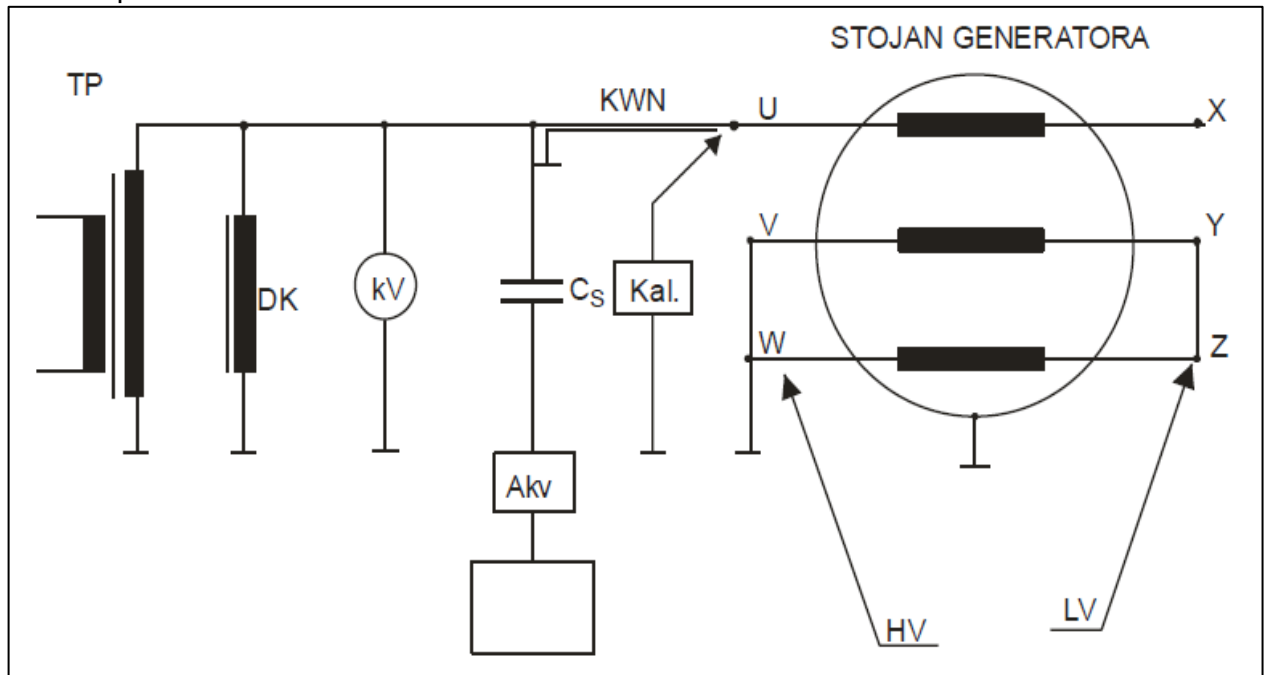
UWAGA:

Nie należy mylić pomiaru strumienia rozproszenia opisywanego w niniejszym punkcie z pomiarem strumienia upływu metodą Flux Probe, wykonywanym na obrotach wirnika.

W przypadku wątpliwości co do stanu izolacji międzyzwojowej wirnika, zaleca się wykonać dodatkowe pomiary na odwirowni u Wykonawcy przeglądu wirnika, obejmujące swym zakresem pomiar strumienia upływu metodą Flux Probe oraz kontrolę izolacji międzyzwojowej poprzez test RSO (ang. Recurrent Surge Oscillography). Jest to szczególnie istotne ze względu na fakt, że niektóre zwarcia międzyzwojowe wirnika mogą być niewidoczne w wynikach pomiarów wykonywanych w stanie statycznym wirnika (zatrzymanym), a ujawniają się dopiero przy pomiarach wirnika na obrotach. Dzięki wykonaniu pomiaru metodą Flux Probe oraz testu RSO na obrotach wirnika, można otrzymać informację o stanie izolacji międzyzwojowej wirnika w sposób graficzny, na wykresie / obrazie wynikającym z zastosowanej metody, z informacją o numerze cewki, na której występuje zwarcie międzyzwojowe.

7 Pomiar wyładowań niezupełnych (WNZ) generatora

7.1 Opis



Badania WNZ należy wykonywać od strony niskiego napięcia (LV na Rysunku 4) oraz wysokiego napięcia (HV na Rysunku 4) komputerowym urządzeniem metodą bezpośrednią, z kalibracją ładunku w układzie off line, w dwóch systemach pomiarów:

- pomiar standardowy – przy prędkości podnoszenia napięcia probierczego 1 kV/s (kontrolowana próba napięciowa), podczas którego rejestrowane będą wszystkie impulsy WNZ oraz wpływ napięcia na wartość bezwzględną wyładowań. Wyznaczone zostaje również napięcie inicjacji WNZ,
- pomiar analityczny – przy rejestracji impulsów WNZ na przyjętych progach napięcia probierczego w określonym, przyjętym czasie. Wyznaczona wówczas zostaje charakterystyka badanego obiektu, sklasyfikowane zostają defekty i określa się energię WNZ. Parametrami charakteryzującymi intensywność WNZ w badanym układzie izolacyjnym są:

q – pozorny ładunek WNZ,

Q_{max} – maksymalny pozorny ładunek WNZ,

U_i – napięcie inicjacji WNZ,

D – parametr świadczący o energii WNZ.

7.2 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wynik pomiaru wyładowań niezpełnych można uznać za pozytywny, jeśli są spełnione następujące warunki:

napięcie początkowe wyładowań niezpełnych $U_i \geq U_f$, gdzie U_f to napięcie fazowe, równe U_N podzielone przez pierwiastek z 3,

maksymalny ładunek pozorny $Q_{\max} \leq 50 \text{ nC}$, mierzony w trybie standardowym do napięcia $1,0U_N$,

maksymalny ładunek pozorny powtarzalny $Q_{\max} \leq 30 \text{ nC}$, mierzony w trybie analitycznym dla napięcia U_f .

8 Badania wibroakustyczne generatora

8.1 Opis

8.1.1 Badania akustyczne generatora obejmują:

pomiary nad korpusem generatora w różnych punktach pomiarowych, w dwóch stanach obciążenia: przy mocy czynnej i biernej bliskiej znamionowej oraz przy mocy czynnej bliskiej znamionowej i mocy biernej zerowej,

wykonanie analiz częstotliwościowych ciśnienia akustycznego i poziomu dźwięku (szerokopasmowego ciśnienia akustycznego) dla każdego punktu pomiarowego, dla pasm tercjowych dostosowanych dla remontowanego generatora

obliczenie wartości średnich ciśnienia akustycznego w poszczególnych punktach pomiarowych,

opracowanie wyników pomiarów, w tym wykonanie mapy rozkładów ciśnienia akustycznego i poziomu dźwięku nad badaną powierzchnią korpusu generatora,

interpretację uzyskanych wyników pomiarów, wraz z analizą uzyskanych wyników badań

ocenę stanu akustycznego generatora na podstawie wyników pomiarów.

8.1.2 Badania wibracyjne korpusu i łożysk generatora obejmują:

pomiar drgań korpusu generatora w dwóch stanach obciążenia: przy mocy czynnej i biernej bliskiej znamionowej oraz przy mocy czynnej bliskiej znamionowej i mocy biernej zerowej,

pomiar drgań obudów łożysk generatora w trzech kierunkach, w dwóch stanach obciążenia jak powyżej,

wykonanie analiz częstotliwościowych drgań (drgania sumaryczne i składowe),

opracowanie wyników pomiarów, wraz z wykonaniem widm częstotliwościowych drgań dla wybranych punktów pomiarowych korpusu generatora,

interpretację uzyskanych wyników pomiarów, wraz z analizą aktualnych wyników badań wibracyjnych

ocenę stanu wibracyjnego generatora na podstawie wyników pomiarów

9 Badanie rdzenia stojana generatora metodą niskiej indukcji EL-CID (Electromagnetic Core Imperfection Detection)

9.1 Kryterium oceny wyników pomiaru

Wynik badania rdzenia stojana metodą niskiej indukcji można uznać za pozytywny, a rdzeń stojana za sprawny, jeśli zmierzone amplitudy prądów wirowych mają wartości < 100 mA.

10 Pomiar napięć wałowych

10.1 Kryterium oceny wyników pomiaru

10.1.1 Podczas normalnej pracy generatora, napięcie wałowe zmierzone pomiędzy dwoma końcami wału wirnika generatora powinno wynosić co najwyżej kilka woltów. Spodziewany poziom normalny napięcia wałowego wynosi zwykle do około 5 V. W przypadku, gdy wartości napięć wałowych przewyższają 20 V, przepływ prądów wałowych przez łożyska i uszczelnienia generatora powoduje przebicie izolacji i uszkodzenia powierzchni roboczych łożysk oraz uszczelnień, a w konsekwencji powolną elektroerozję na powierzchni łożysk i uszczelnień.

Sprawdzeniem uzupełniającym w stosunku do wyżej opisanego pomiaru napięć wałowych jest kontrola stanu izolacji łożysk oraz uszczelnień wodorowych. Kontrola ta wykonywana jest podczas pracy generatora, zwykle przez służby eksploatacyjne / ruchowe z Oddziałów i Spółek Grupy PGE EC. Polega ona na pomiarze napięć:

U1, zmierzonego pomiędzy dwoma końcami wału wirnika generatora,

U2, zmierzonego pomiędzy izolowaną obudową łożyska, a płytą fundamentową generatora.

10.2 Po wyznaczeniu napięć U1 i U2, od napięcia U1 odejmowane jest napięcie U2, a wynik tego działania dzielony jest przez wartość napięcia U1 i mnożony przez 100%. Tak wyznaczona rozbieżność procentowa napięć ΔU służy jako kryterium oceny stanu izolacji łożysk i uszczelnień wodorowych. Stan izolacji łożysk i uszczelnień uznaje się za pozytywny, jeśli rozbieżność procentowa napięć ΔU jest $\leq 10\%$.