



**Wdrożenie wymogów wynikających
z Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/631
z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiającego
kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie
przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci**

Program ramowy testu zgodności w zakresie zdolności:

tryb FSM - tryb pracy modułu wytwarzania energii lub systemu HVDC, w którym generowana moc czynna zmienia się w zależności od zmian częstotliwości systemu w sposób wspomagający przywrócenie częstotliwości docelowe



Spis treści

1. Cel i zakres	3
2. Definicje.....	3
3. Cel testu.....	4
4. Zasady przeprowadzania testów	4
4.1. Podstawowe informacje w zakresie ramowego programu przeprowadzania testów zgodności	4
4.2. Ramowy program przeprowadzania testów w zakresie zdolności FSM.....	4
4.2.1. Parametry techniczne	4
4.2.2. Ogólne warunki przeprowadzenia testu	4
5. Sposób przeprowadzenia testu	5
5.1. Wielkości mierzone.....	5
5.2. Wielkości wejściowe (wymuszające)	6
5.3. Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu)	6
5.4. Punkty pracy modułu wytwarzania energii (poziomy mocy bazowej)	7
5.5. Sposób sprawdzenia zdolności	7
5.5.1. Próba 1 – sprawdzenie możliwości zmiany nastawy statyzmu i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej (strefy martwej).....	7
5.5.2. Próba 2 – niewrażliwości odpowiedzi częstotliwościowej	7
5.5.3. Próba 3 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej $\Delta P(\Delta f)$ modułu wytwarzania energii w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach.....	7
5.5.4. Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_p = \text{OFF}$	9
5.5.5. Próba 5 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości	10
5.5.6. Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego	11
6. Kryteria oceny testu zgodności	12



1. Cel i zakres

Celem niniejszego dokumentu jest uszczegółowienie wymagań dotyczących testowania zgodności oraz sposobu ich przeprowadzania, na podstawie zapisów Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. (zwany dalej NC RfG) oraz dokumentów związanych wynikających z zapisów NC RfG.

2. Definicje

Definicje występujące w niniejszym dokumencie są zgodnie z definicjami określonymi w Kodeksie Sieci nr 631/2016 (zwany dalej NC RfG) oraz w dokumencie związanych z NC RfG określającym procedurę w przedmiotowym zakresie (zwany dalej „Procedura testowania”):

- **Minimalny poziom generacji (P_{MIN})** – zgodnie z def. NC RfG
- **Moc maksymalna (P_{MAX})** – zgodnie z def. NC RfG
- **Czas t_1** – maksymalna dopuszczalna zwłoka początkowa odpowiedzi, w wartości wymaganej przez Właściwego OS
- **Czas t_2** – maksymalny dopuszczalny wybór czasu pełnego uruchomienia pełnej odpowiedzi przy wymuszeniu odpowiadającym 5% P_{MAX} , w wartości wymaganej przez Właściwego OS
- **Czas t_3** – maksymalny dopuszczalny wybór czasu pełnego uruchomienia pełnej odpowiedzi przy wymuszeniu odpowiadającym 10% P_{MAX} , w wartości wymaganej przez Właściwego OS
- **Moc bazowa** – specyficzna dla danej technologii wytwarzania moc modułu wytwarzania energii będąca mocą, wokoło której działają regulacje LFSM, FSM i Odbudowy częstotliwości.
- **odchyłka częstotliwości** – Różnica pomiędzy mierzoną lub symulowaną wartością częstotliwości, a jej wartością zadaną.
- **zadana odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P_z(\Delta f)$** – Zmiana zadanej mocy czynnej brutto modułu wytwarzania energii wywołana odchyłką częstotliwości
- **odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P(\Delta f)$** – Zmiana mocy czynnej brutto modułu wytwarzania energii wywołana odchyłką częstotliwości
- **strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej Δf_0 (strefa martwa)** – Celowo stosowany przedział częstotliwości, w którym działanie regulacji częstotliwości jest dezaktywowane,
- **statyzm s** – Współczynnik quasi-stacjonarnego odchylenia częstotliwości do wynikającej z tego odchylenia zmiany generowanej mocy czynnej w stanie ustalonym. Zmianę częstotliwości wyraża się jako stosunek do częstotliwości znamionowej, a zmianę mocy czynnej jako stosunek do mocy osiągalnej
- **status regulacji FSM (RP = ON, lub RP = OFF)** – praca w trybie FSM (RP = ON) z ustawioną *strefą nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* $\Delta f_0 = \pm 10$ mHz, praca z wyłączonym (PR = OFF) trybem FSM z ustawioną *strefą nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* $\Delta f_0 = \pm 300$ mHz
- **P_{max_dysp}** – P_{MAX} skorygowana o wpływ warunków zewnętrznych
- **P_{min_dysp}** – P_{MIN} skorygowana o wpływ warunków zewnętrznych



3. Cel testu

Celem testu jest potwierdzenie zdolności do trybu pracy modułu wytwarzania energii lub systemu HVDC, w którym generowana moc czynna zmienia się w zależności od zmian częstotliwości systemu w sposób wspomagający przywrócenie częstotliwości docelowe.

Program ramowy został opracowany zgodnie z zapisami Art. 45 NC RfG, przy czym zgodnie z zasadami określonymi w „Procedurze testowania”, w przypadku zdolności, dla których weryfikacji jest wymagane przeprowadzenie testów zgodności, nie dopuszcza się wykorzystania certyfikatów, jako potwierdzenia danej zdolności.

4. Zasady przeprowadzania testów

4.1. Podstawowe informacje w zakresie ramowego programu przeprowadzania testów zgodności

Ogólne zasady przeprowadzania testów określono w dokumencie „Procedura testowania”, a niniejszy program ramowy jest ściśle z nim powiązany.

4.2. Ramowy program przeprowadzania testów w zakresie zdolności FSM

4.2.1. Parametry techniczne

Określenie i poprawne zdefiniowanie niżej wymienionych parametrów musi się odbyć co najmniej na etapie określania programu szczegółowego:

- Moc maksymalna – P_{MAX} ,
- Moc minimalna – P_{MIN} ,
- Zakres regulacji FSM (dawniej regulacja pierwotna)
- Zakres regulacji odbudowy częstotliwości (dawniej regulacja wtórna),
- Maksymalny gradient zmiany mocy czynnej w zakresie od P_{MIN} ÷ P_{MAX}
- Zakresy mocy wynikające z trybów pracy:
 - i. regulacja FSM i odbudowy częstotliwości wyłączona
 - ii. regulacja FSM załączona, regulacja odbudowy częstotliwości wyłączona
 - iii. regulacja FSM wyłączona, regulacja odbudowy częstotliwości załączona
 - iv. regulacja FSM i regulacja odbudowy częstotliwości załączone

4.2.2. Ogólne warunki przeprowadzenia testu

1. Warunki przeprowadzania testu powinny być zgodne z ogólnymi wymaganiami określonymi w ramach „Procedury testowania” oraz uwzględniać technologię wytwarzania PGM. Docelowe rozstrzygnięcia w tym zakresie powinny być zawarte w programie szczegółowym.
2. Casy stabilizacji pomiędzy poszczególnymi próbami w ramach przedmiotowego testu są uzależnione od technologii wytwarzania, przy czym zaleca się stosowanie następujących czasów:
 - a. Synchroniczne PGM:
 - i. Węglowe 15 min,



- ii. Gazowo-parowe 5 min,
- iii. Wodne 2 min
- b. PPM - 2 min

5. Sposób przeprowadzenia testu

Wymaga się przeprowadzenia testu obiektowego całego modułu PGM. Podczas testu należy zweryfikować parametry regulacji w stanie ustalonym, takie jak statyzm, strefa nieczułości i parametry dynamiczne zgodnie z odpowiednimi wymaganiami NC RfG, w tym odpowiedź PGM na skokową zmianę częstotliwości.

5.1. Wielkości mierzone

Szczegółowy zakres podstawowych wielkości mierzonych powinien zostać określony na poziomie programu szczegółowego I obejmować co najmniej:

1. odchyłka częstotliwości Δf ,
2. zadana odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P_z(\Delta f)$,
3. odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P(\Delta f)$,
4. strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej Δf_0 ,
5. statyzm s ,
6. status regulacji FSM,
7. parametry określające warunki zewnętrzne (środowiskowe) mające wpływ na zdolność do generacji mocy czynnej dla określonej technologii wytwarzania.

Dodatkowo powinien zostać określony szczegółowy zakres dodatkowych wielkości mierzonych, uwzględniający technologię wytwarzania modułu wytwarzania. Przykładowo:

• na blokach z kotłami parowymi opalanymi węglem:

- a. wartość zadana paliwa (zapotrzebowanie na paliwo do spalania),
- b. całkowity strumień paliwa,
- c. obciążenie kotła (jeżeli dostępne),
- d. całkowity strumień pary świeżej z kotła,
- e. temperatura pary świeżej na wylocie z kotła (wybrana nitka),
- f. temperatura pary wtórnej na wylocie z kotła (wybrana nitka),
- g. zadane ciśnienie pary świeżej przed turbiną,
- h. zadane skorygowane (po modelu) ciśnienie pary świeżej przed turbiną (jeżeli dostępne),
- i. ciśnienie pary świeżej przed turbiną (przed zaworami regulacyjnymi WP turbiny),
- j. ciśnienie pary za zaworami regulacyjnymi WP turbiny (w komorze wlotowej turbiny)
- k. sygnał sterujący zaworami regulacyjnymi WP i SP turbiny,
- l. położenia zaworów regulacyjnych WP i SP turbiny,
- m. poziom wody w zbiorniku wody zasilającej*,
- n. ciśnienie wody w zbiorniku wody zasilającej*,
- o. temperatura wody w zbiorniku wody zasilającej*,
- p. położenie głównego zaworu regulacyjnego kondensatu*,
- q. położenie zaworów upustowych pary turbiny*
- r. poziom skroplin w skraplaczu*,



- s. poziom wody w zbiorniku zimnego kondensatu*.
- t. ciśnienie w skraplaczu (próżnia)*,
- u. sygnały logiczne: aktywacja / dezaktywacja trybu forsowania mocy*,
- v. zadany udział mocy uzyskany w wyniku dławienia kondensatu*,

*tylko dla turbin parowych z trybem forsowania mocy przepływem kondensatu i pary upustowej

• na blokach gazowo parowych:

- a. przepływ gazu do turbiny gazowej GT,
- b. położenie zaworu/zaworów regulacyjnych paliwa gazowego GT,
- c. położenie kierownicy wlotowej sprężarki GT,
- d. temperatura spalin na wylocie GT,
- e. status działania ogranicznika temperatur spalin wylotowych GT

• PPM:

- a. liczba pracujących jednostek wytwarzających energię elektryczną,
- b. wartości zadanej mocy czynnej dla trybu LFSM dla całego PPM
- c. aktywny tryb regulacji mocy czynnej PPM.

Sygnały powinny być archiwizowane z rozdzielczością czasową co najmniej 1s. Nie przewiduje się zabudowy dodatkowego zewnętrznego urządzenia rejestrującego dane.

5.2. Wielkości wejściowe (wymuszające)

Dla zbadania odpowiedzi częstotliwościowej $\Delta P(\Delta f)$ wymagane jest korzystanie z poniższych wielkości:

1. Strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej Δf_0 ,
2. Statyzm s ,
3. Odchyłka częstotliwości Δf ,
4. Status regulacji FSM.

Wielkości wymienione na poz. 1 i 2 są parametrami mającymi wpływ na zadaną odpowiedź częstotliwościową $\Delta P_z(\Delta f)$, niezależnie od wielkości odchyłki częstotliwości Δf , którą należy traktować jako główną wielkość wejściową. Zadawanie odchyłki częstotliwości powinno być realizowane przez specjalistę we właściwym miejscu struktury układu regulacji PGM (np. w regulatorze turbiny). Odchyłka częstotliwości może być uzyskiwana poprzez symulowanie zmian częstotliwości lub też symulowanie samej odchyłki częstotliwości. Kształt zadawanej odchyłki częstotliwości Δf , w zależności od realizowanej próby, przedstawiono w dalszej części dokumentu.

5.3. Wielkości wyjściowe (odpowieź układu)

Wielkością wyjściową jest *odpowieź częstotliwościowa* $\Delta P(\Delta f)$ modułu wytwarzania energii.



5.4. Punkty pracy modułu wytwarzania energii (poziomy mocy bazowej)

Zbadanie wybranej *odpowiedzi częstotliwościowej* $\Delta P(\Delta f)$ zostanie przeprowadzone w poniższych punktach pracy (poziomach mocy bazowej):

1. $P_{B1} = P_{\min_dysp} + 2,5 \% P_{MAX}$
2. $P_{B2} = P_{\min_dysp} + 5 \% P_{MAX}$
3. $P_{B3} = P_{\min_dysp} + 7,5 \% P_{MAX}$
4. $P_{B4} = P_{\min_dysp} + 10 \% P_{MAX}$
5. $P_{B5} = P_{MIN} + (P_{MAX} - P_{MIN})/2$
6. $P_{B6} = P_{\min_dysp} - 7,5 \% P_{MAX}$
7. $P_{B7} = P_{\min_dysp} - 5 \% P_{MAX}$
8. $P_{B8} = P_{\max_dysp} - 2,5 \% P_{MAX}$

5.5. Sposób sprawdzenia zdolności

5.5.1. Próba 1 – sprawdzenie możliwości zmiany nastawy statyzmu i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej (strefy martwej)

Sprawdzić możliwość zmiany ustawień:

- a. strefy martwej Δf_0 w zakresie: 0 ... 500 mHz
- b. statyzmu s w zakresie: 2 ... 12%*,

*dolna granica zakresu nastawialnego statyzmu dla PGM w technologii gazowo-parowej wynika z ograniczeń pracy w trybie skojarzonym turbiny gazowej i parowej i może być ograniczona do wartości 3%.

Kryteria oceny próby:

Wynik próby uznany zostanie za pozytywny, jeśli możliwa będzie zmiana ww. parametrów w podanych zakresach.

5.5.2. Próba 2 – niewrażliwości odpowiedzi częstotliwościowej

Sprawdzenie nieczułości jest realizowane podczas testowania zdolności PGM do pracy w trybach LFSM-O i LFSM-U.

5.5.3. Próba 3 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej $\Delta P(\Delta f)$ modułu wytwarzania energii w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach

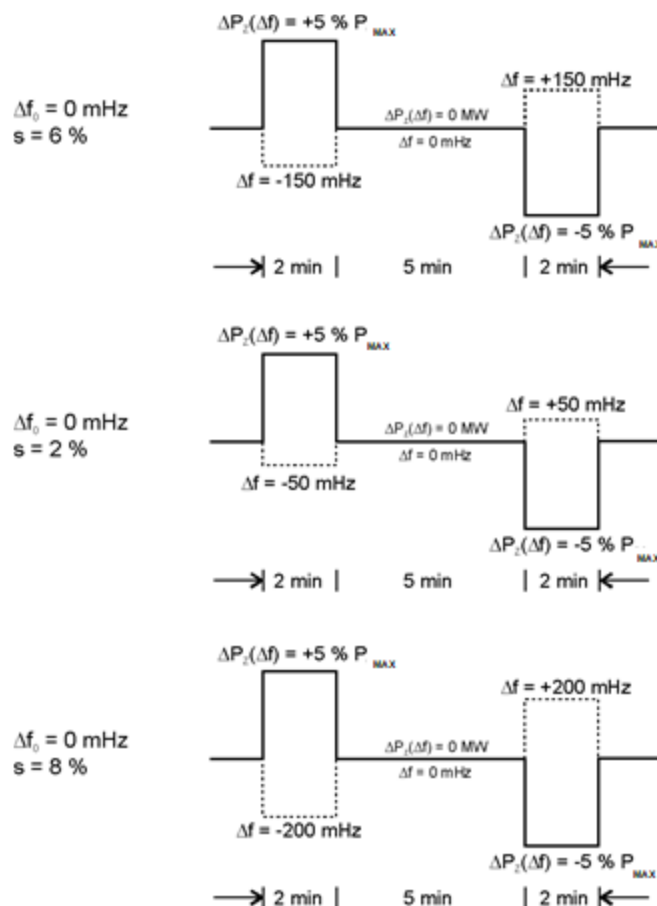
Warunki początkowe:

- a. próg częstotliwości aktywacji trybu FSM $\Delta f_0 = 0$ mHz,
- b. poziom mocy bazowej $P_B = P_{MIN} + (P_{MAX} - P_{MIN})/2$



Przebieg próby:

Dla trzech ustawień statyzmu s , symulować odchyłki częstotliwości Δf , zgodnie z Rysunek 1. Kolejne sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej po zmianie statyzmu rozpocząć po ustabilizowaniu pracy PGM.

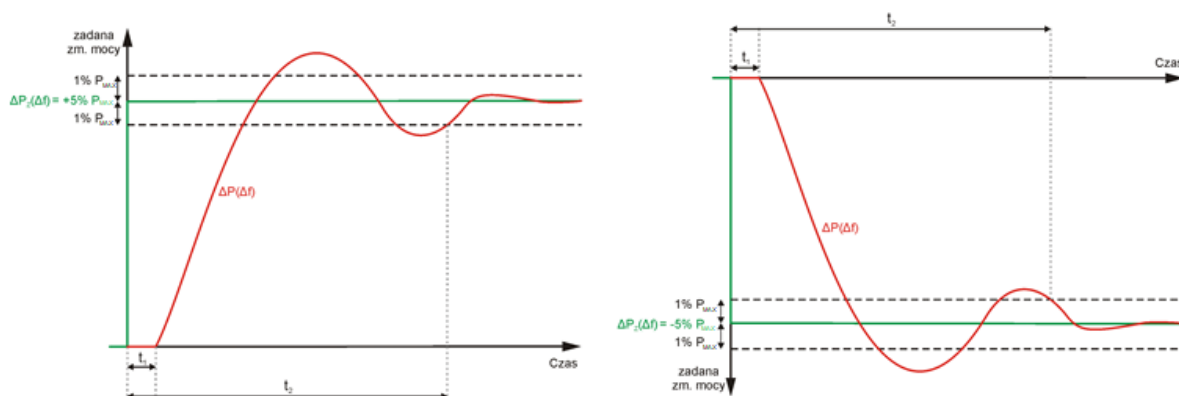


Rysunek 1. Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej PGM w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu.

Kryteria oceny próby:

Wynik próby uznany zostanie za pozytywny, jeśli (zgodnie z oznaczeniami – Rysunek 2):

- zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej t_1 nie będzie dłuższa od 2 s,
- odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P(\Delta f)$ w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową $|\Delta P_{z1}(\Delta f)| / P_{MAX} = 5 \% P_{MAX}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30 \text{ s}$,
- w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) względna odchyłka regulacji mocy δP nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy δP_M , tj. $\delta P \leq \delta P_M = 1 \% P_{MAX}$.



Rysunek 2. Kryterialne czasy oceny odpowiedzi częstotliwościowej

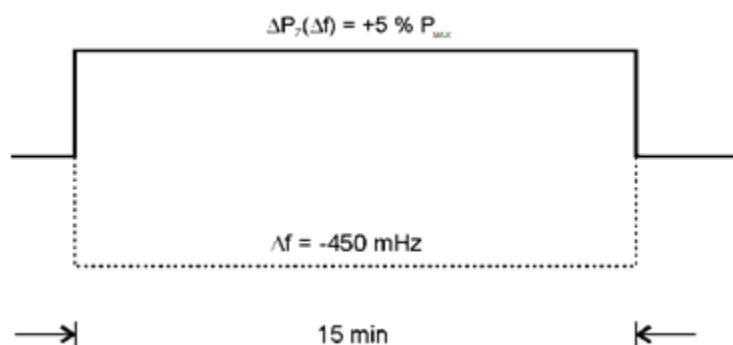
5.5.4. Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_P = \text{OFF}$

Warunki początkowe:

- ustawiony w systemie sterowania PGM status regulacji pierwotnej $R_P = \text{OFF}$,
- statyzm $s = 6 \%$,
- poziom mocy bazowej: $P_B = 95 \% P_{\text{max_dysp}}$

Przebieg próby:

Zasymulować odchyłkę częstotliwości Δf , zgodnie z Rysunkiem 3.



Rysunek 3. Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_P = \text{OFF}$

Kryteria oceny próby:

Wynik próby uznany zostanie za pozytywny, jeśli (zgodnie z oznaczeniami – Rysunek 2):

- zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej t_1 nie będzie dłuższa od 2 s,
- odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P(\Delta f)$ w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową $|\Delta P_{z1}(\Delta f)|/P_{\text{MAX}} = 5 \% P_{\text{MAX}}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30 \text{ s}$,



- c. w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) względna odchyłka regulacji mocy δP nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy δP_M , tj. $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$.

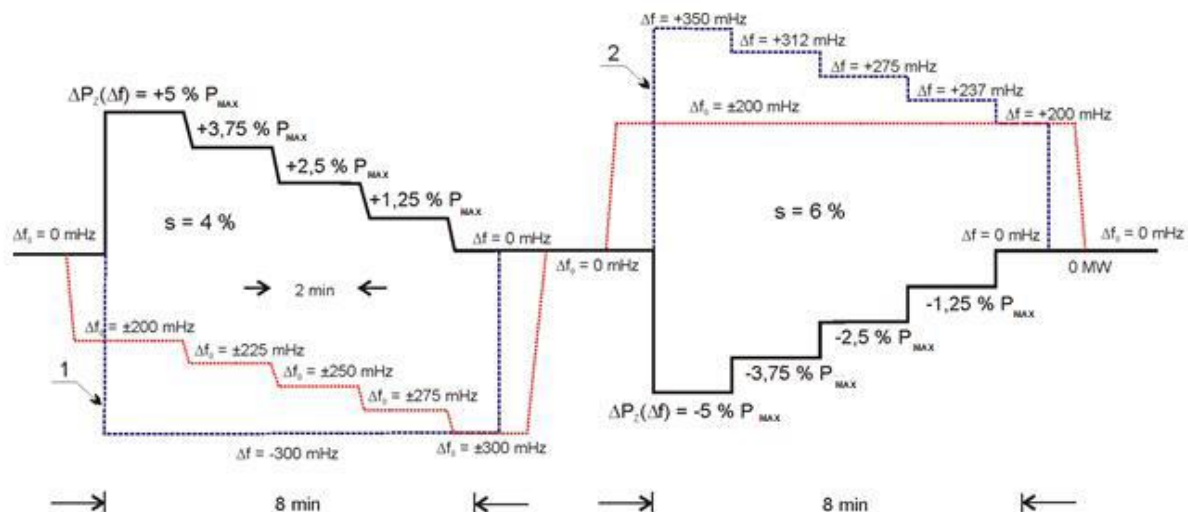
5.5.5. Próba 5 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości

Warunki początkowe:

- a. poziom mocy bazowej: $P_B = P_{min_dysp} + 5\% P_{MAX}$

Przebieg próby:

Zmieniać/symulować: strefę nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej Δf_0 , dla statyzmu s oraz odchyłkę częstotliwości Δf zgodnie z Rysunkiem 4.



Rysunek 4. Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości

Kryteria oceny próby:

Wynik próby uznany zostanie za pozytywny, jeśli (zgodnie z oznaczeniami – Rysunek 2 i 4):

- a. po skokowej zmianie odchyłki częstotliwości Δf w chwili 1 i 2 (Rysunek 4)
- zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej t_1 nie będzie dłuższa od 2 s,
 - odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P(\Delta f)$ w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową $|\Delta P_1(\Delta f)|/P_{MAX} = 5\% P_{MAX}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30$ s
 - w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) względna odchyłka regulacji mocy δP nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy δP_M , tj. $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$.
- b. w zależności od ustawionego statyzmu, strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej oraz symulowanej odchyłki częstotliwości będzie poprawnie wyznaczana zadaną odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P_2(\Delta f)$,



- c. w stanach ustalonych względna odchyłka regulacji mocy δP nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy δP_M , tj. $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$.

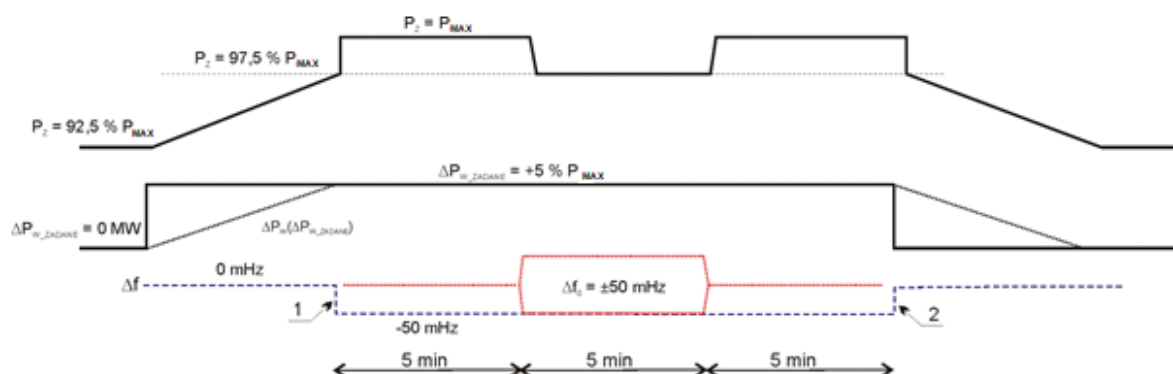
5.5.6. Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

Warunki początkowe:

- a. poziom mocy bazowej: $P_B = 92,5\% P_{max_dysp}$

Przebieg próby:

Symulować zadaną odpowiedź regulacji wtórnej ΔP_{W_ZADANE} oraz zadaną odpowiedź częstotliwościową $\Delta P_z(\Delta f)$ (w funkcji odchyłki częstotliwości Δf i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej Δf_0), zgodnie z Rysunkiem 5.



Rysunek 5. Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

Kryteria oceny próby:

Wynik próby uznany zostanie za pozytywny, jeśli (zgodnie z oznaczeniami - Rysunek 5 i w analogi do oznaczeń Rysunek 2):

- a) po skokowej zmianie odchyłki częstotliwości Δf w chwili 1 i 2 (Rysunek 5):
- zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej t_1 nie będzie dłuższa od 2 s,
 - odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P(\Delta f)$ w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową $|\Delta P_{z1}(\Delta f)|/P_{MAX} = 2,5\% P_{MAX}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30$ s
 - w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) względna odchyłka regulacji mocy δP nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy δP_M , tj. $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$.



6. Kryteria oceny testu zgodności

Przedmiotowy test zgodności uznaje się za pozytywny, zgodnie z

- 1 Kryteriami określonymi w ramach zapisów NC RfG w Art. 45.3. c):
 - a. Test uznaje się za zaliczony, jeżeli spełnione są następujące warunki:
 - i. czas uruchomienia pełnego zakresu odpowiedzi częstotliwościowej mocy czynnej w wyniku skokowej zmiany częstotliwości nie jest dłuższy niż czas wymagany na mocy art. 15 ust. 2 lit. d);
 - ii. po skokowej zmianie częstotliwości nie występują niewytłumione wahania;
 - iii. czas zwłoki początkowej jest zgodny z art. 15 ust. 2 lit. d);
 - iv. ustawienia statyzmu są dostępne w zakresie określonym w art. 15 ust. 2 lit. d), a strefa nieczułości (próg) nie jest wyższa niż wartość określona we wspomnianym artykule;
 - v. niewrażliwość odpowiedzi częstotliwościowej mocy czynnej w dowolnym punkcie pracy nie przekracza wymogów określonych w art. 15 ust. 2 lit. d).
- 2 Szczegółowymi kryteriami określonymi przez Właściwego OS w ramach programu szczegółowego
- 3 PGM pozytywnie przejdzie wszystkie próby realizowane zgodnie z programem szczegółowym, bez powtórzeń.