

Wdrożenie wymogów wynikających z zapisów 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

1	Cel i zakres	3
2	Definicje	3
3	Cel testu	3
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).	6
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 $P(f)$ modułu wytwarzania energii w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu	7
5.5.4	Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_P = OFF$	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	11

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 pojęć występujących w przedmiotowym dokumencie:

Definicje występujące w niniejszym dokumencie są zgodnie z definicjami określonymi w Kodeksie Sieci nr 631/2016 (zwany dalej NC RfG) oraz w dokumencie związanym 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, w wartości wymaganej przez Właściwego OS

Moc bazowa – specyficzna dla danej technologii wytwarzania moc PGM będąca mocą wokół 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 ($R_P = \text{ON}$, lub $R_P = \text{OFF}$) – praca w trybie FSM ($R_P = \text{ON}$) z ustawioną *strefą nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* $\Delta f_0 = \pm 10 \text{ mHz}$, praca z wyłączonym ($R_P = \text{OFF}$) trybem FSM z ustawioną *strefą nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* $\Delta f_0 = \pm 300 \text{ mHz}$

$P_{\text{max_dysp}}$ – P_{MAX} skorygowana o wpływ warunków zewnętrznych

$P_{\text{min_dysp}}$ – 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 PGM 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:
 - regulacja FSM i odbudowy częstotliwości wyłączona
 - regulacja FSM załączona, regulacja odbudowy częstotliwości wyłączona
 - regulacja FSM wyłączona, regulacja odbudowy częstotliwości załączona
 - 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. Czasy stabilizacji pomiędzy poszczególnymi próbami w ramach przedmiotowego testu są uzależnione od technologii wytwarzania, przy czym zaleca się stosowanie następujących czasów:

2.1 Synchroniczne PGM:

2.1.1 Węglowe 15 min,

2.1.2 Gazowo-parowe 5 min,

2.1.3 Wodne 2 min

2.2 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 wielkości:

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 opalаны 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 FSM 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* $P_z(f)$, 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. $P_{B6} = P_{\max_dysp} - 7,5 \% P_{MAX}$
7. $P_{B7} = P_{\max_dysp} - 5 \% P_{MAX}$
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

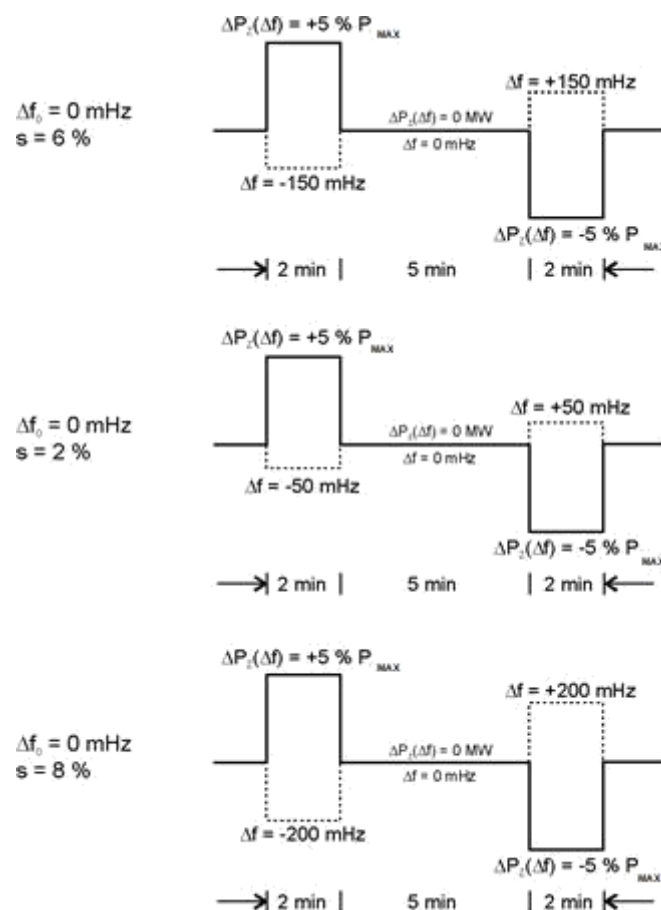
5.5.3 Próba 3 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej $\Delta P(\Delta f)$ modułu wytwarzania energii w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu

Warunki początkowe:

- a) *strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* $\Delta f_0 = 0$ mHz,
- b) poziom mocy bazowej: $P_B = P_{MIN} + (P_{MAX} - P_{MIN})/2$

Przebieg próby:

Dla trzech ustawień *statyzmu* s , symulować *odchyłki częstotliwości* f , zgodnie z rys. nr 1. Kolejne sprawdzenie *odpowiedzi częstotliwościowej* po zmianie *statyzmu* rozpocząć po ustabilizowaniu pracy PGM.

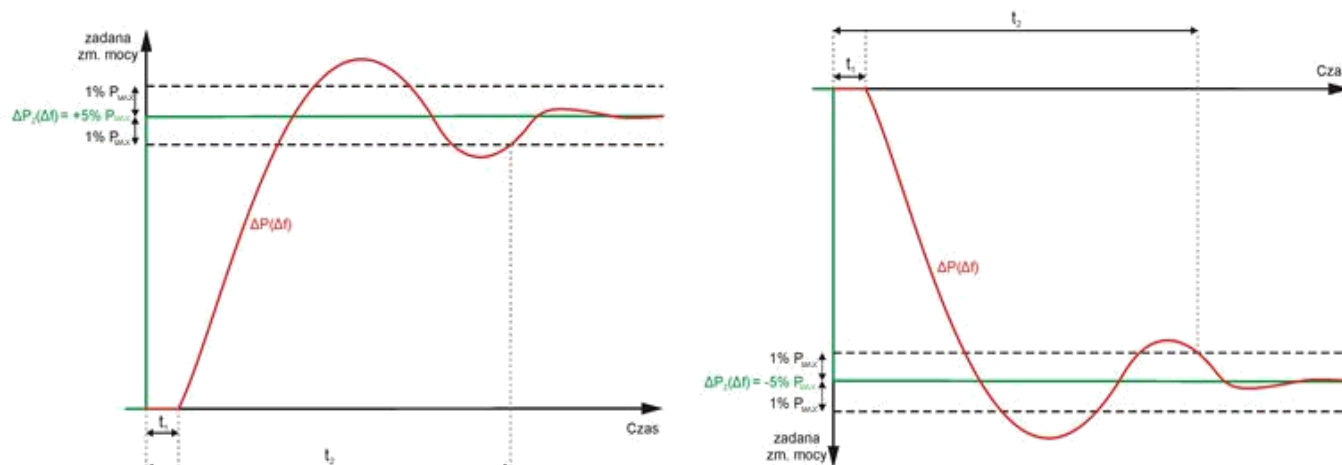


Rys. 2 Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej PGM w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu

Kryteria oceny próby:

Wynik próby uznany zostanie za pozytywny jeśli (zgodnie z oznaczeniami rys. 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 $|\Delta P_z(\Delta f)| / P_{MAX} = 5\% P_{MAX}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30 \text{ s}$,
- w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) względna odchyłka regulacji mocy P nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy P_M , tj. $P \leq P_M = 1\% P_{MAX}$.



Rys. 2 Kryterialne czasy oceny odpowiedzi częstotliwościowej.

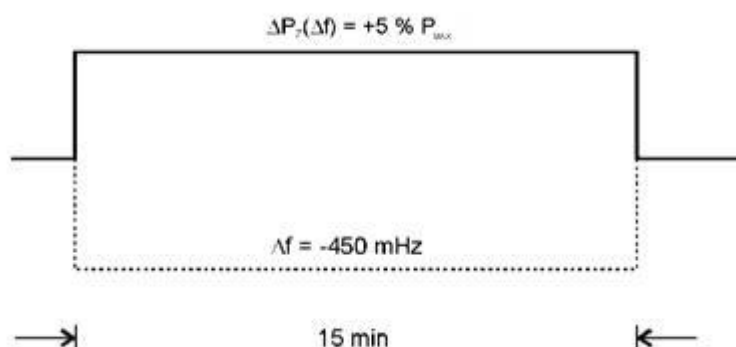
5.5.4 Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_P = \text{OFF}$

Warunki początkowe:

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

Przebieg próby:

Zasymulować *odchylkę częstotliwości* Δf , zgodnie z rys. 3.



Rys. 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 rys. 2):

- zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej* t_1 nie będzie dłuższa od 2 s,

- b) 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 $t_2 \leq 30$ s,
- c) w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) względna odchyłka regulacji mocy P nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy P_M , tj. $P \leq P_M = 1\% P_{MAX}$.

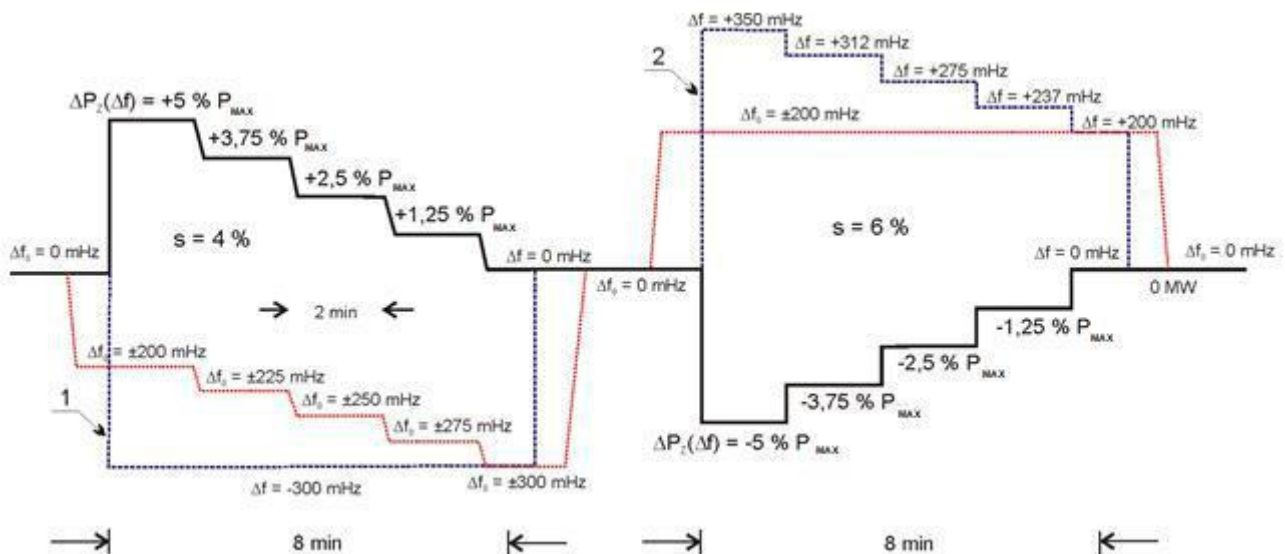
5.5.5 Próba 5 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości

Warunki początkowe:

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

Przebieg próby:

Zmieniać/symulować: strefę nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej Δf_0 , statyzm s oraz odchyłkę częstotliwości f zgodnie z rys. 4.



Rys. 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 rys. 2 i 4):

- a) po skokowej zmianie odchyłki częstotliwości Δf w chwili 1 i 2 (rys. 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 $|\Delta P_{z1}(\Delta f)|/P_{MAX} = 5\% P_{MAX}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30$ s, w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) względna odchyłka regulacji mocy P nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy P_M , tj. $P \leq P_M = 1\% P_{MAX}$.
- b) w zależności od ustawionego statyzmu, strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej oraz symulowanej odchyłki częstotliwości będzie poprawnie wyznaczana zadaną odpowiedź częstotliwościowa $\Delta P_z(\Delta f)$,

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

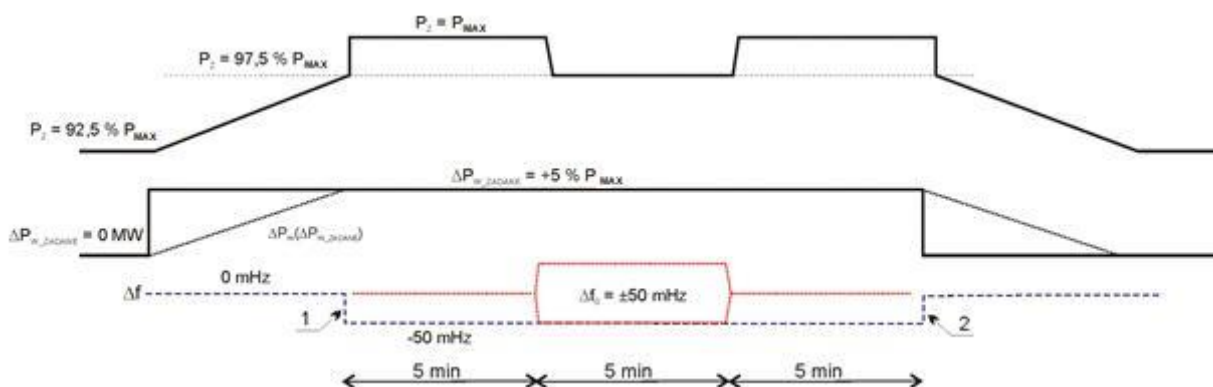
5.5.6 Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

Warunki początkowe:

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

Przebieg próby:

Symulować *zadaną odpowiedź regulacji wtórnej* P_{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 rys. nr. 5



Rys. 5 Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

Kryteria oceny próby:

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

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

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 określone w NC RfG:
 - 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.