

# 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.**

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.



Energia Ciepła S.A.

## SPIS TREŚCI

1.	Cel i zakres.....	2
2.	Definicje .....	2
3.	Cel testu .....	3
4.	Zasady przeprowadzania testów .....	3
5.	Sposób przeprowadzania testu .....	4
5.1.	Wielkości mierzone .....	4
5.2.	Wielkości wejściowe (wymuszające).....	5
5.3.	Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu) .....	6
5.4.	Punkty pracy modułu wytwarzania energii (poziomy mocy bazowej) .....	6
5.5.	Sposób sprawdzenia zdolności .....	6
5.5.1.	Próba 1 - sprawdzenie możliwości zmiany nastawy statyzmu i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej (strefy martwej) .....	6
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 statyzmu.....	7
5.5.4.	Próba 4 - Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej RP = OFF .....	8
5.5.5.	Próba 5 - Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości.....	9
5.5.6.	Próba 6 - sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego.....	10
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 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, w wartości wymaganej przez Właściwego OS

**Moc bazowa** – specyficzna dla danej technologii wytwarzania moc PGM 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  $\Delta f_0$  (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 ( $R_p = ON$ , lub  $R_p = OFF$ )** – praca w trybie FSM ( $R_p = ON$ ) z ustawioną strefą nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej  $\Delta f_0 = \pm 10$  mHz, praca z wyłączonym ( $R_p = OFF$ ) 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 zwiększa się w następstwie spadku częstotliwości systemu poniżej określonej wartości.

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  $P_{\text{MIN}} \div P_{\text{MAX}}$ .

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

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

## 5. Sposób przeprowadzania 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  $\Delta f$ ,
- 2) zadana odpowiedź częstotliwościowa  $\Delta PZ(\Delta f)$ ,
- 3) odpowiedź częstotliwościowa  $\Delta P(\Delta f)$ ,
- 4) strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej  $\Delta f_0$ ,
- 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:

- 1) 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

2) 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

3) 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. Wielości wejściowe (wymuszające)

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

1. Strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej  $\Delta f_0$ ,
2. Statyzm  $s$ ,
3. Odchyłka częstotliwości  $\Delta f$ ,
4. Status regulacji FSM

Wielkości wymienione na poz. 1 i 2 są parametrami mającymi wpływ na zadaną odpowiedź częstotliwościową  $\Delta PZ(\Delta f)$ , niezależnie od wielkości odchyłki częstotliwości  $\Delta f$ , 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  $\Delta f$ , w zależności od realizowanej próby, przedstawiono w dalszej części dokumentu.

### 5.3. Wielkości wyjściowe (odpowieź układu)

Wielkością wyjściową jest odpowiedź 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).

$$PB1 = P_{min\_dysp} + 2,5\% P_{max}$$

$$PB2 = P_{min\_dysp} + 5\% P_{max}$$

$$PB3 = P_{min\_dysp} + 7,5\% P_{max}$$

$$PB4 = P_{min\_dysp} + 10\% P_{max}$$

$$PB5 = P_{min} + (P_{max} - P_{min})/2$$

$$PB6 = P_{max\_dysp} - 7,5\% P_{max}$$

$$PB7 = P_{max\_dysp} - 5\% P_{max}$$

$$PB8 = P_{max\_dysp} - 2,5\% P_{max}$$

### 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  $\Delta f_0$  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 niezczułości 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

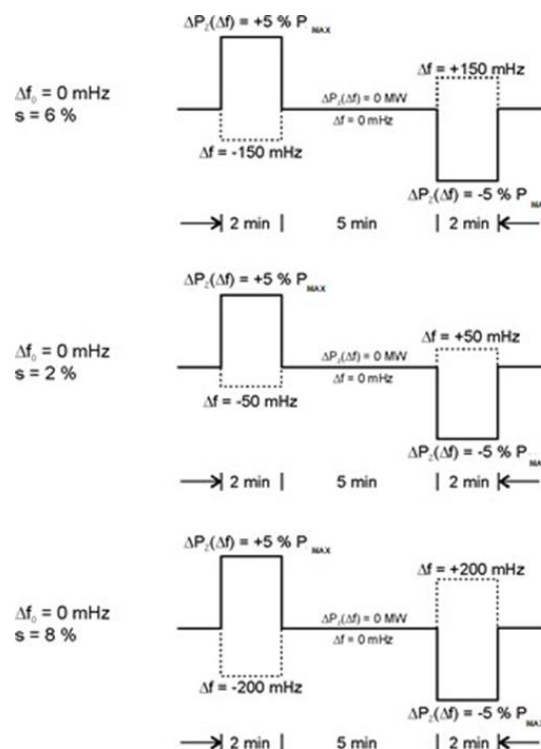
Warunki początkowe:

- a) strefa niezczułości 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  $\Delta f$ , zgodnie z rys. nr 1. Kolejne sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej po zmianie statyzmu rozpocząć po ustabilizowaniu pracy PGM.

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

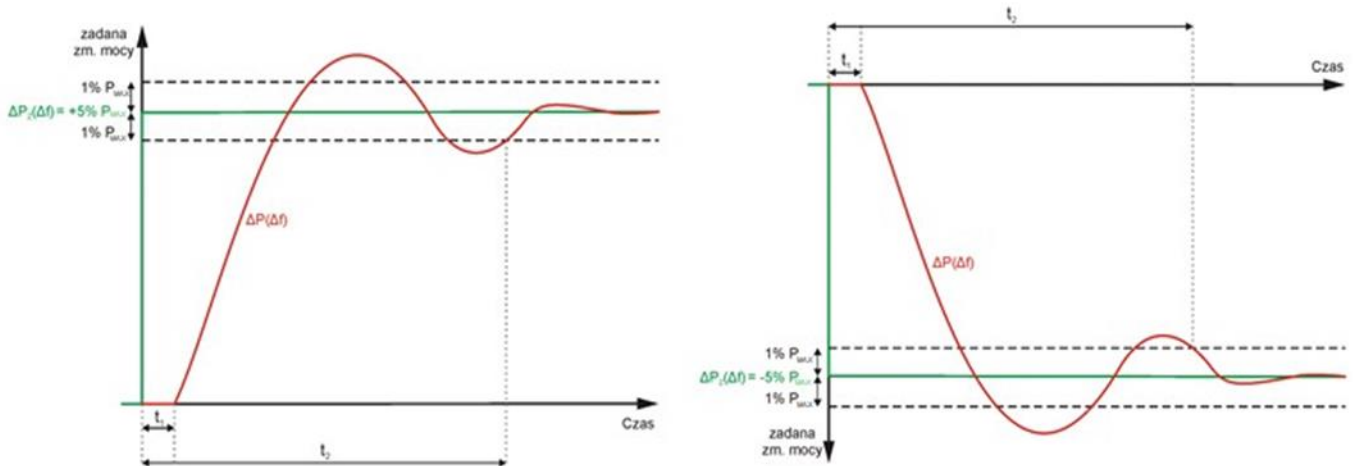


Kryteria oceny próby:

Wynik próby uznany zostanie za pozytywny jeśli (zgodnie z oznaczeniami rys. 2):

- zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej  $t_1$  nie będzie dłuższa od 2 s,
- odpowieź 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  $\delta P$  nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy  $\delta P_M$ , tj.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$ .

Rys. 2. Kryteria czasu oceny odpowiedzi częstotliwościowej



### 5.5.4. Próba 4 - Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej RP = OFF

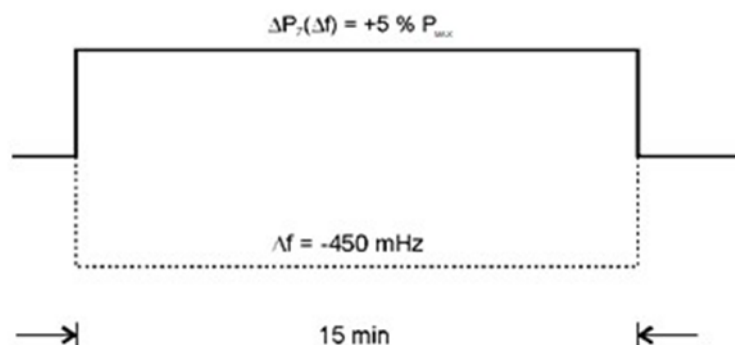
Warunki początkowe:

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

Przebieg próby:

Zasymulować odchyłkę częstotliwości  $\Delta f$ , zgodnie z rys. 3.

Rys. 3. Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej RP = 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,
- 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  $\delta P$  nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy  $\delta P_M$ , 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

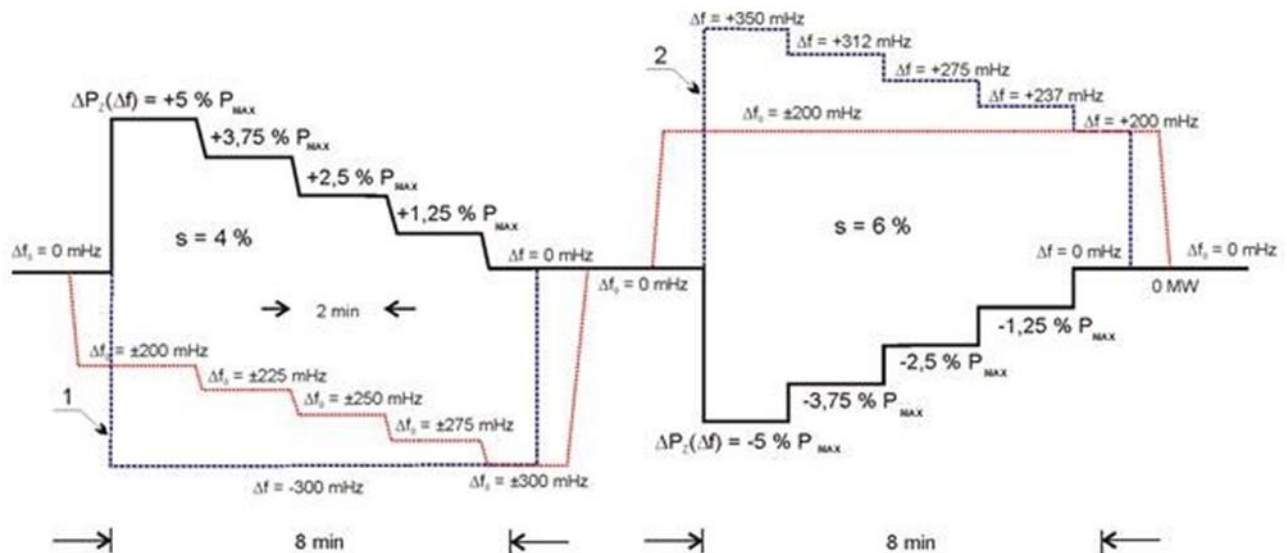
Warunki początkowe:

- poziom mocy bazowej:  $P_B = P_{min\_dysp} + 5\% P_{MAX}$

Przebieg próby:

Zmieniać/symulować: strefę nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej  $\Delta f_0$ , statyzm  $s$  oraz odchyłkę częstotliwości  $\Delta f$  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):

- po skokowej zmianie odchyłki częstotliwości  $\Delta f$  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  $\delta P$  nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy  $\delta P_M$ , 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 zadana odpowiedź częstotliwościowa  $\Delta P_z(\Delta f)$ ,
- c) w stanach ustalonych względna odchyłka regulacji mocy  $\delta P$  nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy  $\delta P_M$ , tj.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$ .

### 5.5.6. Próba 6 - sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

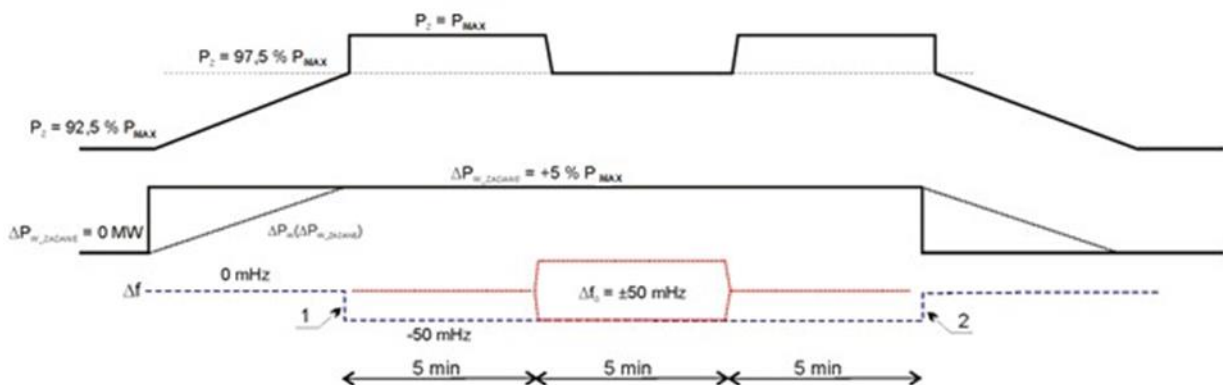
Warunki początkowe:

poziom mocy bazowej:  $P_B = 92,5\% P_{max\_dysp}$

Przebieg próby:

Symulować zadaną odpowiedź regulacji wtórnej  $\Delta P_W\_ZADANE$  oraz zadaną odpowiedź częstotliwościową  $\Delta P_Z(\Delta f)$  (w funkcji odchyłki częstotliwości  $\Delta f$  i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej  $\Delta f_0$ ), 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):

po skokowej zmianie odchyłki częstotliwości  $\Delta f$  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  $\delta P$  nie będzie większa od dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy  $\delta P_M$ , 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):

Test uznaje się za zaliczony, jeżeli spełnione są następujące warunki określone w NC RfG:

a) 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);

b) po skokowej zmianie częstotliwości nie występują niewytłumione wahania;

c) czas zwłoki początkowej jest zgodny z art. 15 ust. 2 lit. d);

d) 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;

e) 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.

4. Wszystkie próby realizowane zgodnie z programem szczegółowym, bez powtórzeń.