

Wdrożenie wymogów wynikających z zapisów Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/1447 z dnia 26 sierpnia 2016 r. ustanawiającego kodeks sieci określający wymogi dotyczące przyłączenia do sieci systemów wysokiego napięcia prądu stałego oraz modułów parku energii z podłączeniem prądu stałego

**Program ramowy testu zgodności modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego w zakresie zdolności**

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

# 1 Spis treści

1	Spis treści.....	2
2	Cel i zakres .....	3
3	Definicje.....	3
4	Cel testu.....	4
5	Zasady przeprowadzania testów.....	4
5.1	Podstawowe informacje w zakresie ramowego programu przeprowadzania testów zgodności	4
5.2	Ramowy program przeprowadzania testów w zakresie zdolności FSM.....	4
5.2.1	Parametry techniczne.....	4
5.2.2	Ogólne warunki przeprowadzenia testu.....	4
6	Sposób przeprowadzenia testu.....	5
6.1	Wielkości mierzone.....	5
6.2	Wielkości wejściowe (wymuszające) .....	5
6.3	Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu) .....	6
6.4	Punkty pracy modułu wytwarzania energii (poziomy mocy bazowej).....	6
6.5	Sposób sprawdzenia zdolności. ....	6
6.5.1	Próba 1 – sprawdzenie możliwości zmiany nastawy statyzmu i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej (strefy martwej) .....	6
6.5.2	Próba 2 – niewrażliwości odpowiedzi częstotliwościowej.....	6
6.5.3	Próba 3 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej $\Delta P(\Delta f)$ PPM DC w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu	7
6.5.4	Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_p = OFF$ .....	8
6.5.5	Próba 5 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości.....	9
6.5.6	Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego.....	10
7	Kryteria oceny testu zgodności .....	10

## 2 Cel i zakres

Celem niniejszego dokumentu jest uszczegółowienie wymagań dotyczących testowania zgodności oraz sposobu ich przeprowadzania, na podstawie zapisów Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/1447 z dnia 26 sierpnia 2016 r. (dalej: **NC HVDC**) oraz dokumentów związanych wynikających z zapisów NC HVDC.

## 3 Definicje

### Definicje pojęć występujących w przedmiotowym dokumencie:

Definicje występujące w niniejszym dokumencie są zgodnie z definicjami określonymi w Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/631/ (dalej: **NC RfG**), NC HVDC oraz w dokumentach związanym z NC HVDC:

- **Minimalny poziom generacji ( $P_{\text{MIN}}$ )** – zgodnie z def. NC RfG
- **Moc maksymalna ( $P_{\text{MAX}}$ )** – 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  $\Delta f_0$  (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 ( $R_P = \text{ON}$ , 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*  $\Delta f_0 = \pm 300 \text{ mHz}$
- **$P_{\text{max\_dysp}}$**  –  $P_{\text{MAX}}$  skorygowana o wpływ warunków zewnętrznych
- **$P_{\text{min\_dysp}}$**  –  $P_{\text{MIN}}$  skorygowana o wpływ warunków zewnętrznych
- **Procedura testowania, symulacji i certyfikacji PPM DC** – dokument pt: „Procedura testowania modułów parku energii z podłączeniem prądu stałego wraz z podziałem obowiązków między właścicielem modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego a właściwym operatorem systemu na potrzeby testów oraz warunki i procedura dotyczące wykorzystania odpowiednich certyfikatów sprzętu”

## 4 Cel testu

Celem testu jest potwierdzenie zdolności do trybu pracy PPM DC, 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. 72 ust. 11 NC HVDC, w związku z art. 48 ust. 4 NC RfG, przy czym zgodnie z zasadami określonymi *Procedurze testowania, symulacji i certyfikacji PPM DC*, w przypadku zdolności, dla których weryfikacji jest wymagane przeprowadzenie testów zgodności, nie dopuszcza się wykorzystania certyfikatów, jako potwierdzenia danej zdolności.

## 5 Zasady przeprowadzania testów

### 5.1 Podstawowe informacje w zakresie ramowego programu przeprowadzania testów zgodności

Ogólne zasady przeprowadzania testów określono w *Procedurze testowania, symulacji i certyfikacji PPM DC*, a niniejszy program ramowy jest ściśle z nim powiązany.

### 5.2 Ramowy program przeprowadzania testów w zakresie zdolności FSM

#### 5.2.1 Parametry techniczne

Określenie i poprawne zdefiniowanie niżej wymienionych parametrów PPM DC 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  $P_{MIN} \div P_{MAX}$ .
- 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

#### 5.2.2 Ogólne warunki przeprowadzenia testu

1. Warunki przeprowadzania testu powinny być zgodne z ogólnymi wymaganiami określonymi w *Procedurze testowania, symulacji i certyfikacji PPM DC* oraz uwzględniać technologię wytwarzania energii PPM DC. 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:

- PPM - 2 min

## 6 Sposób przeprowadzenia testu

Wymaga się przeprowadzenia testu obiektowego całego PPM DC.

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 PPM DC na skokową zmianę częstotliwości.

### 6.1 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  $\Delta P_z(\Delta f)$ ,*
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 energii PPM DC. Przykładowo:

- PPM:
  - a) liczba pracujących jednostek wytwarzających energię elektryczną,
  - b) wartości zadanej mocy czynnej dla trybu FSM dla całego PPM DC
  - c) aktywny tryb regulacji mocy czynnej PPM DC

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

### 6.2 Wielkości 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  $\Delta P_z(\Delta f)$* , 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.

### 6.3 Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu)

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

### 6.4 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.  $P_{B8} = P_{\max\_dysp} - 2,5 \% P_{MAX}$

### 6.5 Sposób sprawdzenia zdolności.

#### 6.5.1 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%.

#### Kryteria oceny próby:

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

#### 6.5.2 Próba 2 – niewrażliwości odpowiedzi częstotliwościowej

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

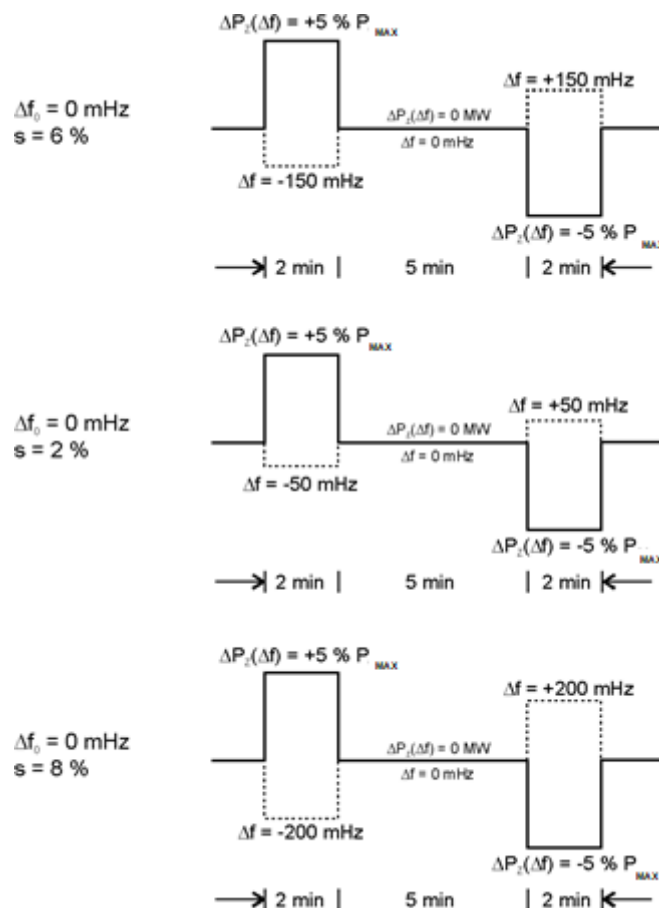
### 6.5.3 Próba 3 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej $\Delta P(\Delta f)$ PPM DC w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu

#### Warunki początkowe:

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

#### 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 PPM DC.

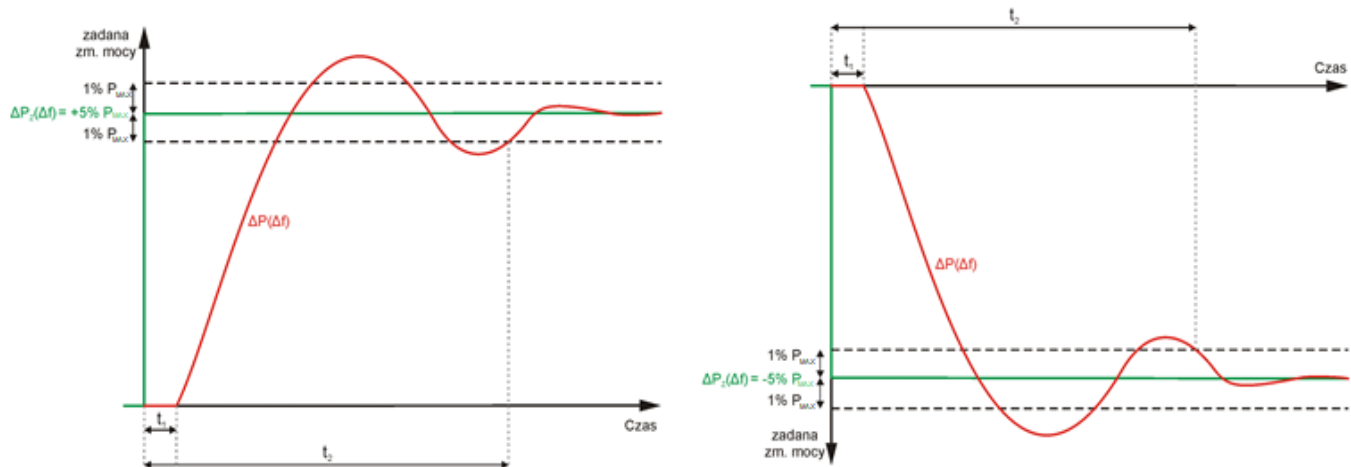


Rys. 2 Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej PGM w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu

#### 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  $|\Delta P_{z1}(\Delta f)| / P_{\text{MAX}} = 5\% P_{\text{MAX}}$  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.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{\text{MAX}}$ .



Rys. 2 Kryterialne czasy oceny odpowiedzi częstotliwościowej.

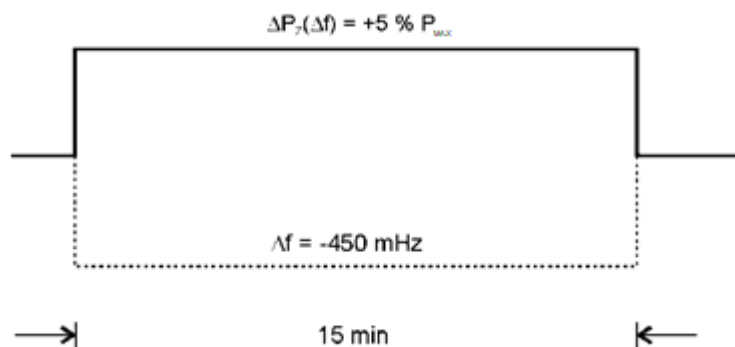
#### 6.5.4 Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_P = \text{OFF}$

##### 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*  $\Delta f$ , 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,
- 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.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$ .

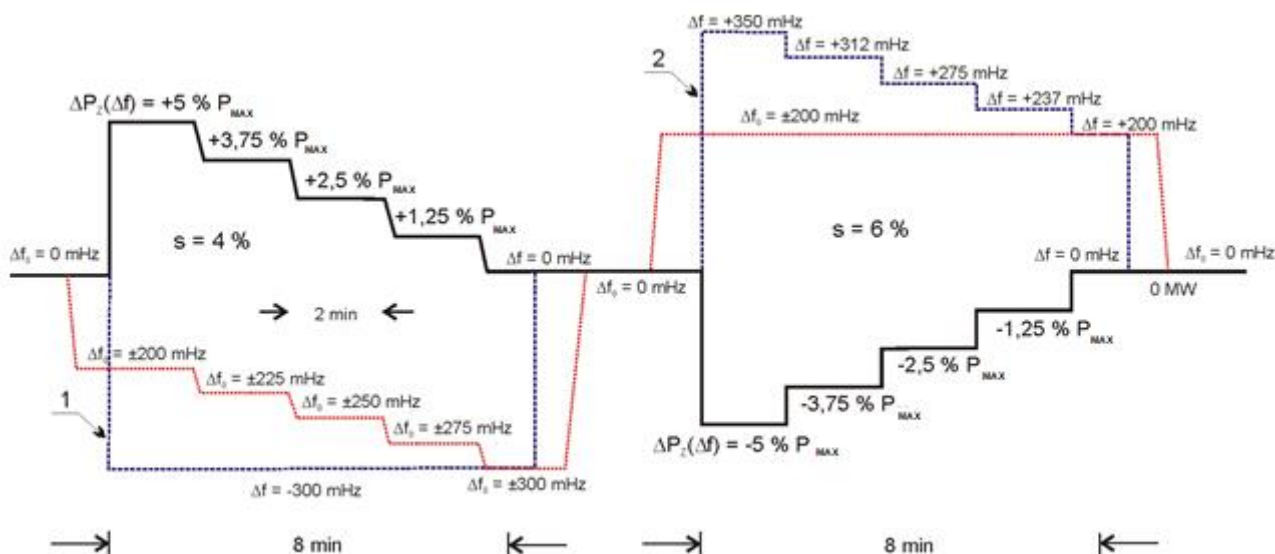
### 6.5.5 Próba 5 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości

#### 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.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$ .
- 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*  $\delta P$  nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy*  $\delta P_M$ , tj.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$ .

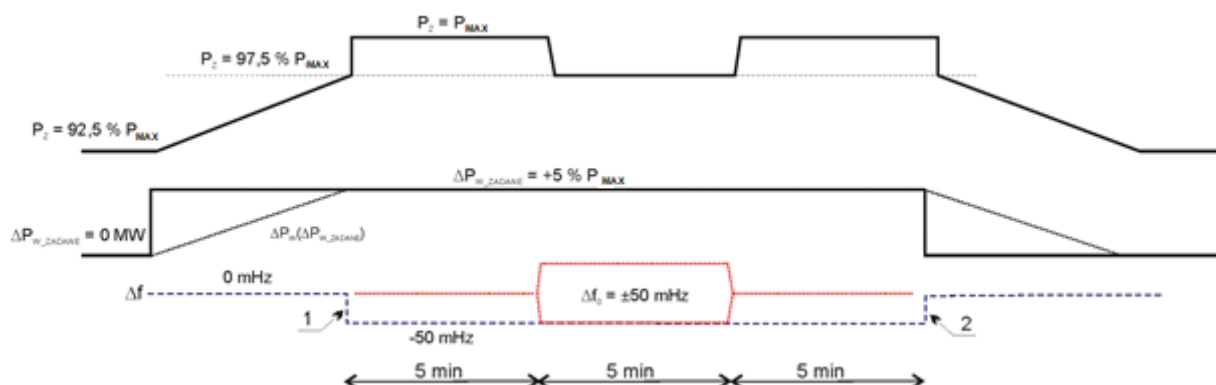
## 6.5.6 Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

### Warunki początkowe:

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

### Przebieg próby:

Symulować *zadaną odpowiedź regulacji wtórnej*  $\Delta P_{W\_ZADANE}$  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):

- a) 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.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$ .

## 7 Kryteria oceny testu zgodności

Przedmiotowy test zgodności uznaje się za pozytywny, zgodnie z

- Kryteriami określonymi w ramach zapisów NC RfG w art. 45 ust. 3. lit. c):
  - Test uznaje się za zaliczony, jeżeli spełnione są następujące warunki określone w art. 48 ust. 4 lit. c) NC RfG:
    - 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) NC RfG;

- ii. po skokowej zmianie częstotliwości nie występują niewytłumione wahania;
- iii. czas zwłoki początkowej jest zgodny z art. 15 ust. 2 lit. d) NC RfG;
- iv. ustawienia statyzmu są dostępne w zakresie określonym w art. 15 ust. 2 lit. d) NC RfG, 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) NC RfG.

- 2. Szczegółowymi kryteriami określonymi przez Właściwego OS w ramach programu szczegółowego
- 3. PPM DC pozytywnie przejdzie wszystkie próby realizowane zgodnie z programem szczegółowym, bez powtórzeń.