



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

## 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).....	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 .....	6
5.5.3	Próba 3 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej $\Delta P(\Delta f)$ PPM DC w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu .....	6
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.....	8
5.5.6	Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego	9
6	Kryteria oceny testu zgodności .....	10

# 1 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.

# 2 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 ( $P_{MIN}$ )** – 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  $\Delta P_2(\Delta f)$**  – 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
- **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”

### 3 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.

### 4 Zasady przeprowadzania testów

#### 4.1 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.

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

##### 4.2.1 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

##### 4.2.2 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

## 5 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.

### 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  $\Delta P_z(\Delta f)$ ,*
3. *odpowiedź częstotliwościowa  $\Delta P(\Delta f)$ ,*
4. *strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej  $\Delta f_0$ ,*
5. *stacyzm  $s$ ,*
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

Sygnaly 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  $\Delta f_0$ ,*
2. *Stacyzm  $s$ ,*
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.

### 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  $\Delta f_0$  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.

#### 5.5.2 Próba 2 – niewrażliwości odpowiedzi częstotliwościowej

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

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

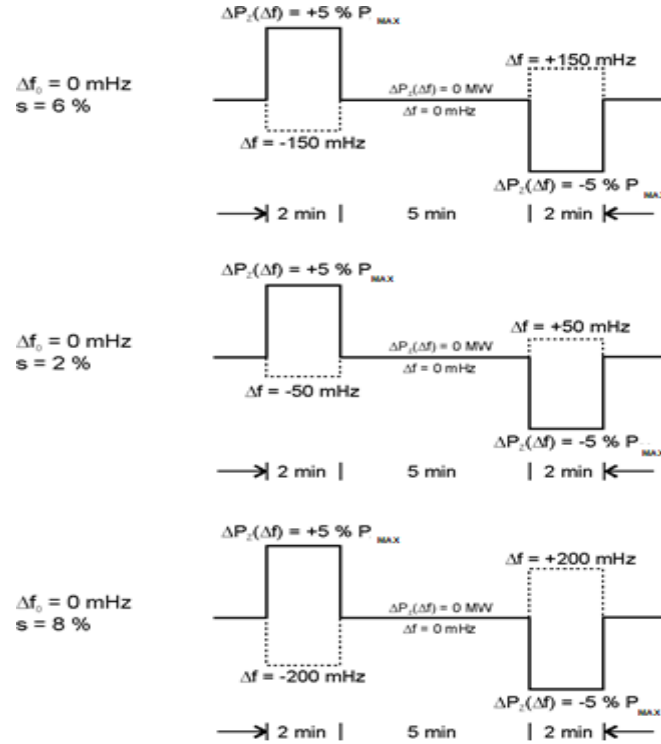
Warunki początkowe:

- 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  $\Delta f$ , zgodnie z rys. nr 1. Kolejne sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej po zmianie statyzmu rozpocząć po ustabilizowaniu pracy PPM DC.

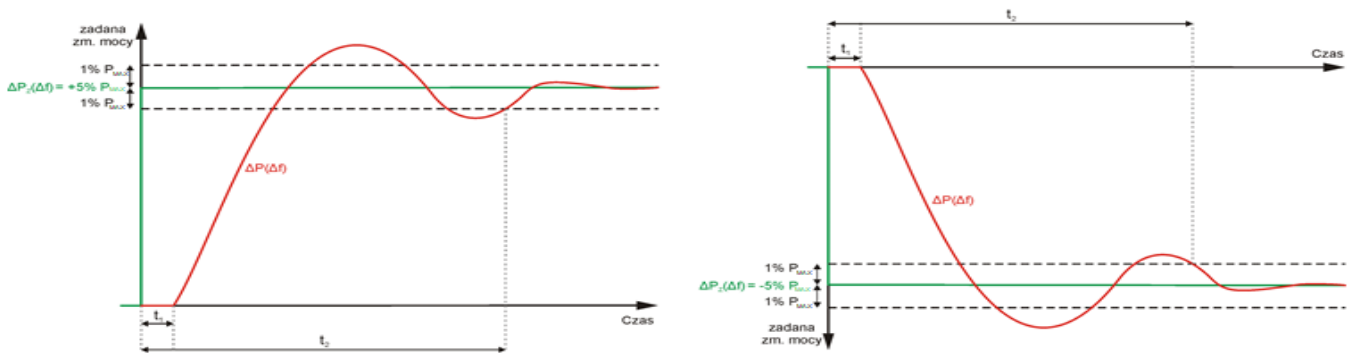


Rys. 2 Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej PGM w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu

Kryteria oceny próby:

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

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



Rys. 2 Kryterialne czasy oceny odpowiedzi częstotliwościowej.

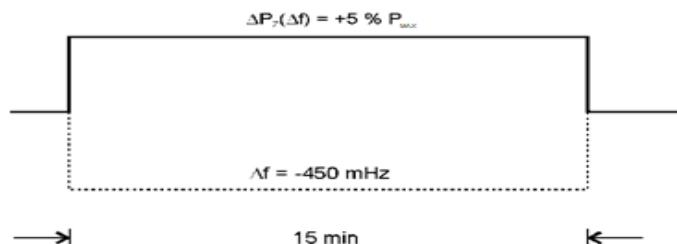
#### 5.5.4 Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej $R_P = \text{OFF}$

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

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

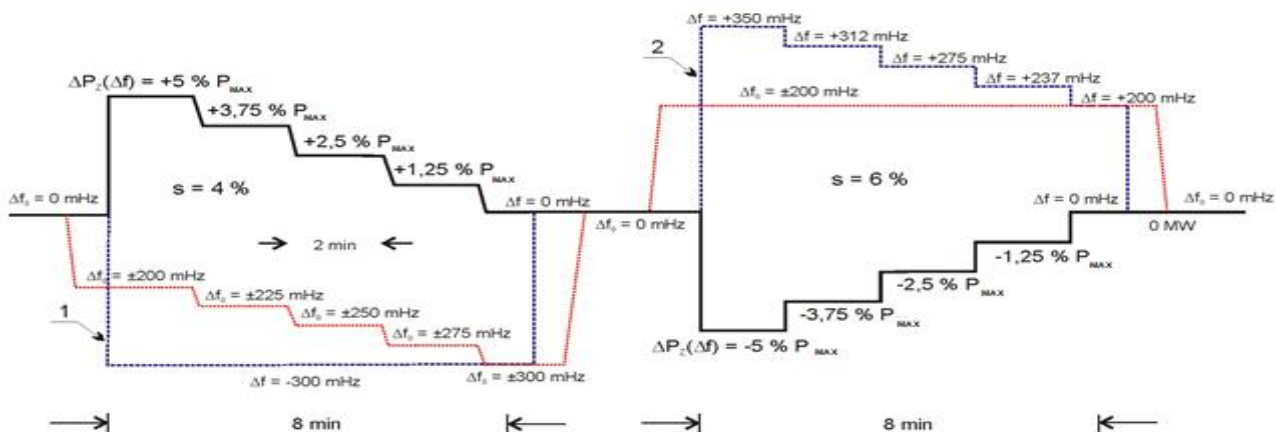
##### Warunki początkowe:

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

##### 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 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 *styzmu*, *strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* oraz symulowanej *odchyłki częstotliwości* będzie poprawnie wyznaczana *zadana odpowiedź częstotliwościowa*  $\Delta P_z(\Delta f)$ ,
- w stanach ustalonych *względna odchyłka regulacji mocy*  $\delta P$  nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy*  $\delta P_M$ , tj.  $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$ .

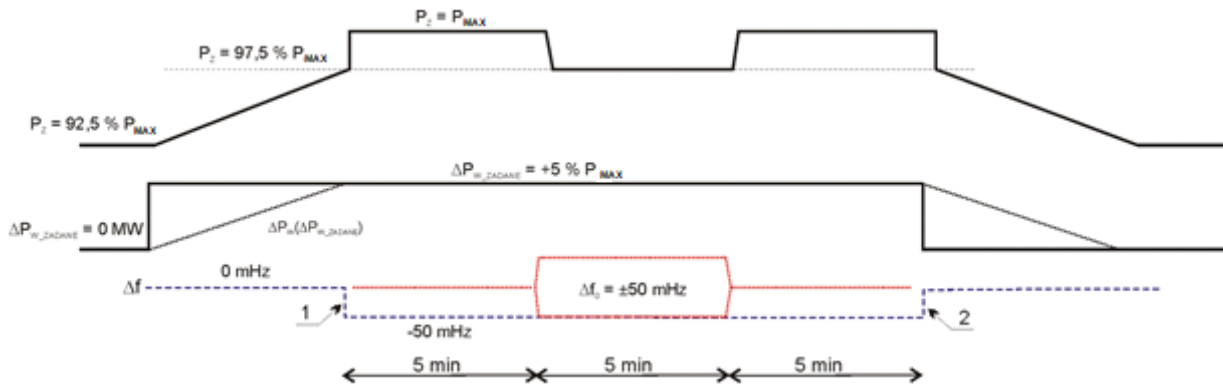
### 5.5.6 Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

#### 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):

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

## 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 ust. 3. lit. c):
  - a. Test uznaje się za zaliczony, jeżeli spełnione są następujące warunki określone w art. 48 ust. 4 lit. c) 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) NC RfG;
    - ii. po skokowej zmianie częstotliwości nie występują niewytlumione 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.