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 ΔP(Δf) 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_{MIN})** – zgodnie z def. NC RfG
- **Moc maksymalna (P_{MAX})** – zgodnie z def. NC RfG
- **Czas t1** – maksymalna dopuszczalna zwłoka początkowa odpowiedzi, w wartości wymaganej przez Właściwego OS
- **Czas t2** – 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 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 = 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 (P_R = 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*"

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* 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 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* 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.

6.3 Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu)

Wielkością wyjściową jest *odpowiedź częstotliwościowa* ΔP(Δf) modułu wytwarzania energii.

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

Zbadanie wybranej *odpowiedzi częstotliwościowej* ΔP(Δf) 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 Δf_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

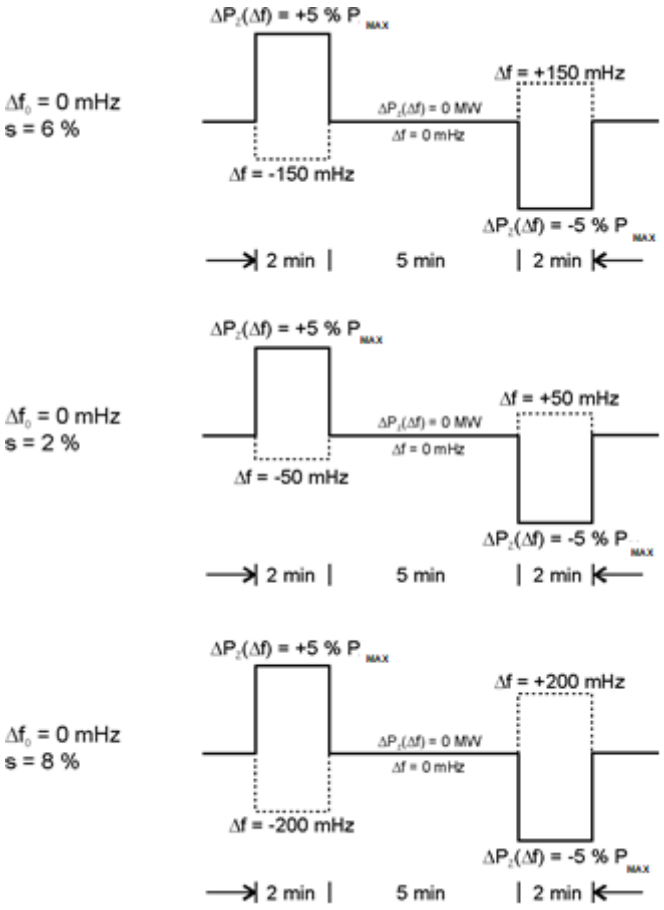
6.5.3 Próba 3 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej ΔP(Δf) PPM DC w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu

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* Δf, zgodnie z rys. nr 1. Kolejne sprawdzenie *odpowiedzi częstotliwościowej* po zmianie *statyzmu* rozpocząć po ustabilizowaniu pracy PPM DC.

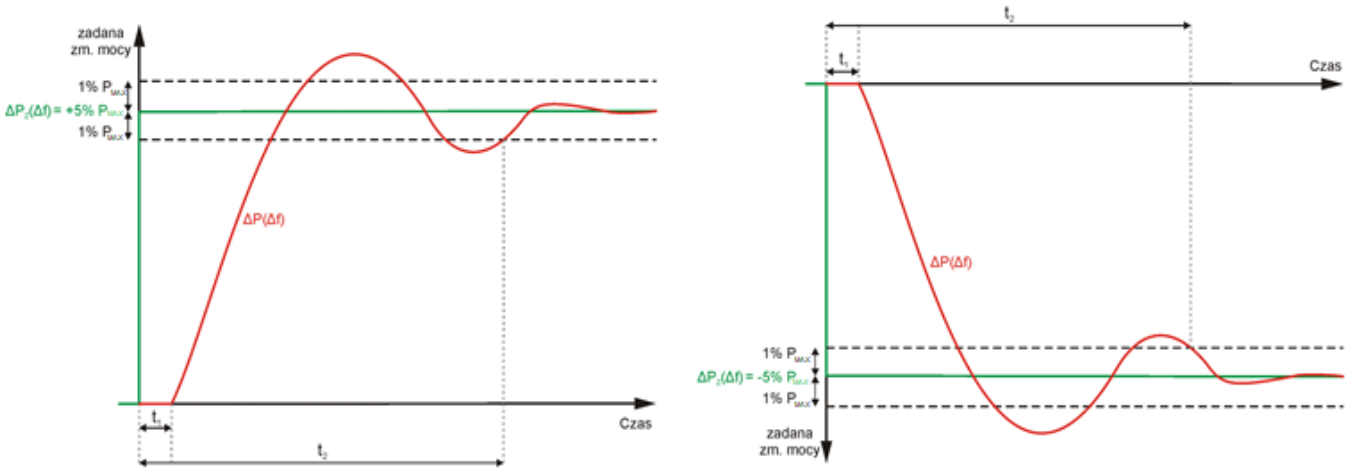


Rys. 2 Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej PGM w reakcji na symulowaną pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową przy różnych ustawieniach statyzmu

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* ΔP(Δf) w reakcji na symulowaną *pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową* $|\Delta Pz_1(\Delta f)|/ P_{MAX} = 5\ \% P_{MAX}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30$ s,
c) w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) *względna odchyłka regulacji mocy* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δP_M, tj. $\delta P \leq \delta P_M = 1\% P_{MAX}$.



Rys. 2 Kryterialne czasy oceny odpowiedzi częstotliwościowej.

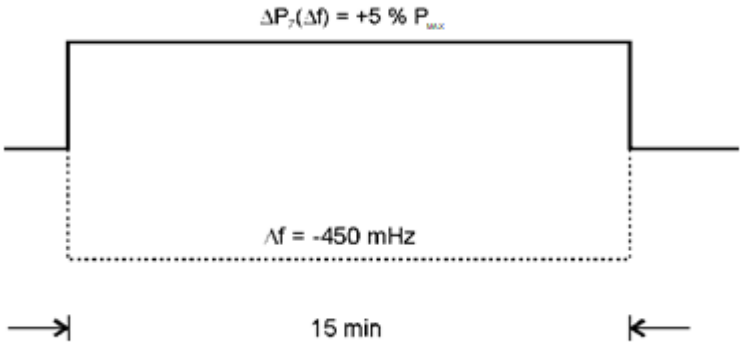
6.5.4 Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej R_P = OFF

Warunki początkowe:

a) ustawiony w systemie sterowania PGM *status regulacji pierwotnej* R_P = OFF,
b) *statyzm* s = 6 %,
c) poziom mocy bazowej: P_B = 95 % P_{max_dysp}

Przebieg próby:

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



Rys. 3 Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej R_P = OFF

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* $|\Delta Pz_1(\Delta f)|/P_{MAX} = 5\ \%\ P_{MAX}$ zrealizowana zostanie w czasie $t_2 \leq 30$ s,
c) w stanie ustalonym (po upływie czasu t_2) *względna odchyłka regulacji mocy* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δP_M, tj. $\delta P \leq \delta P_M = 1\%\ P_{MAX}$.

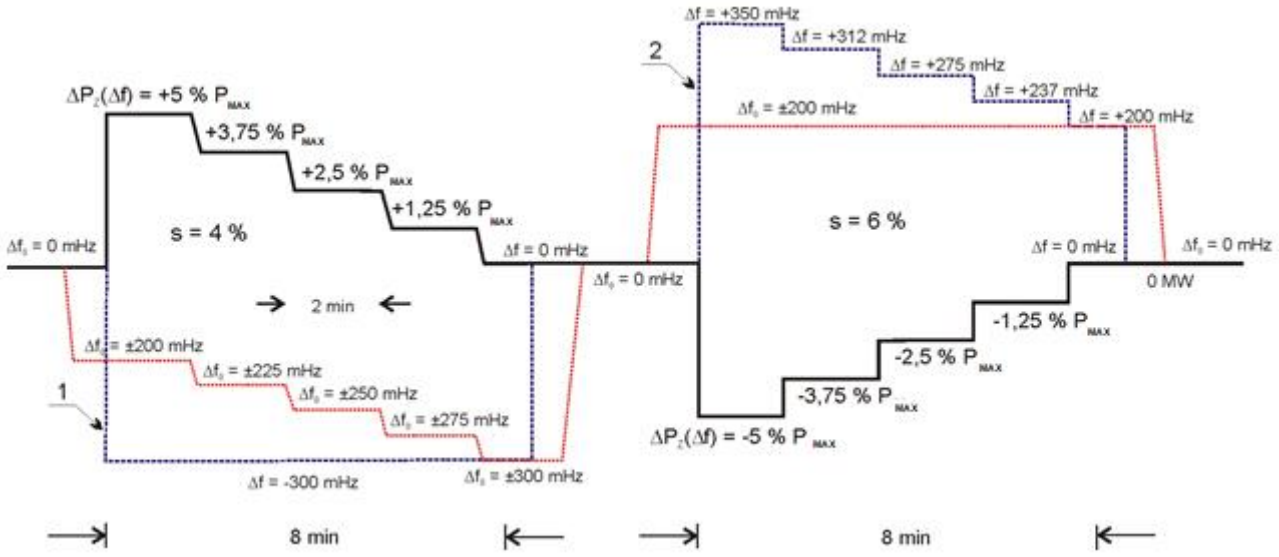
6.5.5 Próba 5 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości

Warunki początkowe:

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* Δf 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 na symulowaną *pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową* $|\Delta Pz_1(\Delta f)|/ P_{MAX} = 5\ \%\ P_{MAX}$ 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 *zadana odpowiedź częstotliwościowa* $\Delta Pz(\Delta f)$,

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

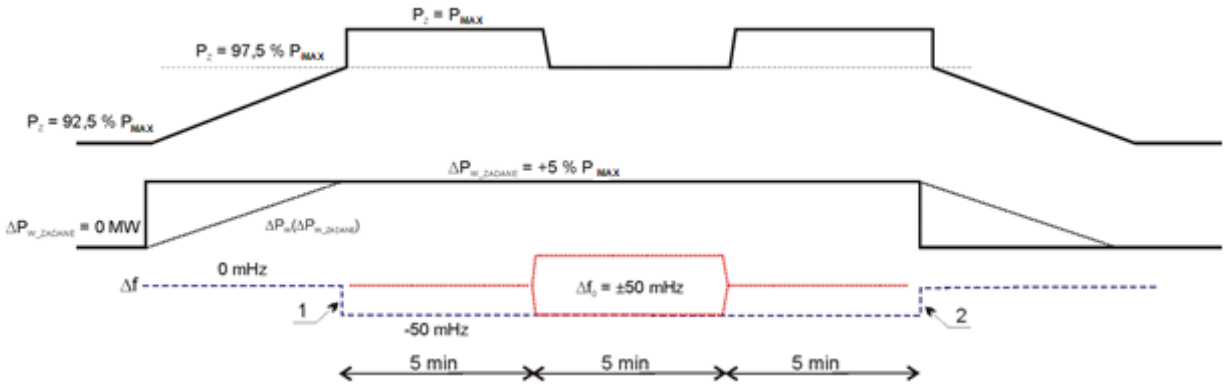
6.5.6 Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego

Warunki początkowe:

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

Przebieg próby:

Symulować *zadaną odpowiedź regulacji wtórnej* 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 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 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* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δP_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

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 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.