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 Spis treści 2](#_Toc12472238)

[2 Cel i zakres 3](#_Toc12472239)

[3 Definicje 3](#_Toc12472240)

[4 Cel testu 4](#_Toc12472241)

[5 Zasady przeprowadzania testów 4](#_Toc12472242)

[5.1 Podstawowe informacje w zakresie ramowego programu przeprowadzania testów zgodności 4](#_Toc12472243)

[5.2 Ramowy program przeprowadzania testów w zakresie zdolności FSM 4](#_Toc12472244)

[5.2.1 Parametry techniczne 4](#_Toc12472245)

[5.2.2 Ogólne warunki przeprowadzenia testu 4](#_Toc12472246)

[6 Sposób przeprowadzenia testu 5](#_Toc12472247)

[6.1 Wielkości mierzone 5](#_Toc12472248)

[6.2 Wielkości wejściowe (wymuszające) 5](#_Toc12472249)

[6.3 Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu) 6](#_Toc12472250)

[6.4 Punkty pracy modułu wytwarzania energii (poziomy mocy bazowej). 6](#_Toc12472251)

[6.5 Sposób sprawdzenia zdolności. 6](#_Toc12472252)

[6.5.1 Próba 1 – sprawdzenie możliwości zmiany nastawy statyzmu i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej (strefy martwej) 6](#_Toc12472253)

[6.5.2 Próba 2 – niewrażliwości odpowiedzi częstotliwościowej 7](#_Toc12472254)

[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](#_Toc12472255)

[6.5.4 Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej RP = OFF 8](#_Toc12472256)

[6.5.5 Próba 5 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy zmianach: strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej, statyzmu oraz odchyłki częstotliwości 9](#_Toc12472257)

[6.5.6 Próba 6 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy górnym brzegu pasma regulacyjnego 10](#_Toc12472258)

[7 Kryteria oceny testu zgodności 10](#_Toc12472259)

# 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.

# 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 (PMIN)** – zgodnie z def. NC RfG
* **Moc maksymalna (PMAX)** – 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 ΔPZ(Δf)** – Zmiana zadanej mocy czynnej brutto modułu wytwarzania energii wywołana odchyłką częstotliwości
* **odpowiedź częstotliwościowa ΔP(Δf)** – Zmiana mocy czynnej brutto modułu wytwarzania energii wywołana odchyłką częstotliwości
* **strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej Δf0 (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 (RP = ON, lub RP = OFF) –** praca w trybie FSM (RP = ON) z ustawioną *strefą nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* Δf0 = ±10 mHz,praca z wyłączonym (PR = OFF) trybem FSM z ustawioną *strefą nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* Δf0 = ±300 mHz
* **Pmax\_dysp**– PMAX skorygowana o wpływ warunków zewnętrznych
* **Pmin\_dysp**– PMIN 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*”

# 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.

# Zasady przeprowadzania testów

# 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.

# Ramowy program przeprowadzania testów w zakresie zdolności FSM

# Parametry techniczne

Określenie i poprawne zdefiniowanie niżej wymienionych parametrów PPM DC musi się odbyć co najmniej na etapie określania programu szczegółowego:

* Moc maksymalna PMAX,
* Moc minimalna PMIN
* Zakres regulacji FSM (dawniej regulacja pierwotna),
* Zakres regulacji odbudowy częstotliwości (dawniej regulacja wtórna),
* Maksymalny gradient zmiany mocy czynnej w zakresie od PMIN ÷ PMAX.
* 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

# 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**

# 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.

# 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* ΔPZ(Δf),
3. *odpowiedź częstotliwościowa* ΔP(Δf),
4. *strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* Δf0,
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:
1. liczba pracujących jednostek wytwarzających energię elektryczną,
2. wartości zadanej mocy czynnej dla trybu FSM dla całego PPM DC
3. 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.

# Wielkości wejściowe (wymuszające)

Dla zbadania *odpowiedzi częstotliwościowej* ΔP(Δf) wymagane jest korzystanie z poniższych wielkości:

1. *Strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* Δf0,
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* ΔPZ(Δf), 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.

# Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu)

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

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

Zbadanie wybranej *odpowiedzi częstotliwościowej* ΔP(Δf)zostanie przeprowadzone w poniższych punktach pracy (poziomach mocy bazowej).

1. PB1 = Pmin\_dysp + 2,5 % PMAX
2. PB2 = Pmin\_dysp + 5 % PMAX
3. PB3 = Pmin\_dysp + 7,5 % PMAX
4. PB4 = Pmin\_dysp +10 % PMAX
5. PB5 = PMIN + (PMAX – PMIN)/2
6. PB6 = Pmax\_dysp - 7,5 % PMAX
7. PB7 = Pmax\_dysp - 5 % PMAX
8. PB8 = Pmax\_dysp-2,5 % PMAX

# Sposób sprawdzenia zdolności.

# Próba 1 – sprawdzenie możliwości zmiany nastawy statyzmu i strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej (strefy martwej)

Sprawdzić możliwość zmiany ustawień:

1. strefy martwej Δf0 w zakresie: 0 … 500 mHz,
2. *statyzmu* s w zakresie: 2 … 12%.

Kryteria oceny próby:

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

# Próba 2 – niewrażliwości odpowiedzi częstotliwościowej

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

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

Warunki początkowe:

1. *strefa nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* Δf0 = 0 mHz,
2. poziom mocy bazowej: PB = PMIN + (PMAX – PMIN)/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):

1. *zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej* t1 nie będzie dłuższa od 2 s,
2. *odpowiedź częstotliwościowa* ΔP(Δf) w reakcji na symulowaną *pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową* |ΔPz1(Δf)|/ PMAX = 5 % PMAX zrealizowana zostanie w czasie t2 ≤ 30 s,
3. w stanie ustalonym (po upływie czasu t2) *względna odchyłka regulacji mocy* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δPM, tj. δP ≤ δPM = 1% PMAX.



Rys. 2 Kryterialne czasy oceny odpowiedzi częstotliwościowej.

# Próba 4 – Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej przy statusie regulacji pierwotnej RP = OFF

Warunki początkowe:

1. ustawiony w systemie sterowania PGM *status regulacji pierwotnej* RP = OFF,
2. *statyzm* s = 6 %,
3. poziom mocy bazowej: PB = 95 % Pmax\_dysp

Przebieg próby:

Zasymulować *odchyłkę częstotliwości* Δf, 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):

1. *zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej* t1 nie będzie dłuższa od 2 s,
2. *odpowiedź częstotliwościowa* ΔP(Δf) w reakcji na symulowaną *pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową* |ΔPz1(Δf)|/PMAX = 5 % PMAX zrealizowana zostanie w czasie t2 ≤ 30 s,
3. w stanie ustalonym (po upływie czasu t2) *względna odchyłka regulacji mocy* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δPM, tj. δP ≤ δPM = 1% PMAX.

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

Warunki początkowe:

1. poziom mocy bazowej: PB = Pmin\_dysp + 5 % PMAX

Przebieg próby:

Zmieniać/symulować: *strefę nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* Δf0, *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):

1. po skokowej zmianie *odchyłki częstotliwości* Δf w chwili 1 i 2 (rys. 4)
* *zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej* t1 nie będzie dłuższa od 2 s,
* *odpowiedź częstotliwościowa* ΔP(Δf) w reakcji na na symulowaną *pełną zadaną odpowiedź częstotliwościową* |ΔPz1(Δf)|/ PMAX = 5 % PMAX zrealizowana zostanie w czasie t2 ≤ 30 s,
* w stanie ustalonym (po upływie czasu t2) *względna odchyłka regulacji mocy* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δPM, tj. δP ≤ δPM = 1% PMAX.
1. w zależności od ustawionego *statyzmu*, *strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* oraz symulowanej *odchyłki częstotliwości* będzie poprawnie wyznaczana *zadana odpowiedź częstotliwościowa* ΔPz(Δf),
2. w stanach ustalonych *względna odchyłka regulacji mocy* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δPM, tj. δP ≤ δPM = 1% PMAX.

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

Warunki początkowe:

1. poziom mocy bazowej: PB = 92,5 % Pmax\_dysp

Przebieg próby:

Symulować *zadaną odpowiedź regulacji wtórnej* ΔPW\_ZADANE oraz *zadaną odpowiedź częstotliwościową* ΔPZ(Δf) (w funkcji *odchyłki częstotliwości* Δf i *strefy nieczułości odpowiedzi częstotliwościowej* Δf0), 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):

1. po skokowej zmianie *odchyłki częstotliwości* Δf w chwili 1 i 2 (rys. 5)
* *zwłoka czasowa odpowiedzi częstotliwościowej* t1 nie będzie dłuższa od 2 s,
* *odpowiedź częstotliwościowa* ΔP(Δf) w reakcji na na symulowaną *zadaną odpowiedź częstotliwościową* |ΔPz(Δf)| = 2,5 % PMAX zrealizowana zostanie w czasie t2 ≤ 30 s,
* w stanie ustalonym (po upływie czasu t2) *względna odchyłka regulacji mocy* δP nie będzie większa od *dopuszczalnej względnej odchyłki regulacji mocy* δPM, tj. δP ≤ δPM = 1% PMAX.

# 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):
	1. Test uznaje się za zaliczony, jeżeli spełnione są następujące warunki określone w art. 48 ust. 4 lit. c) NC RfG:
		1. 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;
		2. po skokowej zmianie częstotliwości nie występują niewytłumione wahania;
		3. czas zwłoki początkowej jest zgodny z art. 15 ust. 2 lit. d) NC RfG;
		4. 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;
		5. 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.