Wdrożenie wymogów wynikających z zapisów Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/1447 z dnia 26 sierpnia 2016 r. ustanawiające 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**

* **Pracy w trybie regulacji napięcia**

# Spis treści

[Spis treści 2](#_Toc12472889)

[1. Cel i zakres opracowania 3](#_Toc12472890)

[2. Definicje i skróty stosowane w dokumencie 3](#_Toc12472891)

[3. Parametry techniczne testowanego modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego 4](#_Toc12472892)

[4. Ogólne zasady przeprowadzenia testu 4](#_Toc12472893)

[5. Wymagane warunki w czasie realizacji testu 4](#_Toc12472894)

[6. Wielkości mierzone w czasie realizacji testu 5](#_Toc12472895)

[7. Wielkości wejściowe (wymuszające) 5](#_Toc12472896)

[8. Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu) 5](#_Toc12472897)

[9. Sposób i zakres przeprowadzenia testu 5](#_Toc12472898)

[9.1. Określenie dokładności układu regulacji 6](#_Toc12472899)

[9.2. Określenie niewrażliwości układu regulacji 6](#_Toc12472900)

[9.3. Sprawdzenia możliwości wprowadzania zmian stosowanego zbocza i czasu uruchomienia mocy biernej 6](#_Toc12472901)

[9.4. Sprawdzenie możliwości wprowadzania zmian strefy nieczułości i czasu uruchomienia mocy biernej 8](#_Toc12472902)

[10. Kryteria oceny testu zgodności 8](#_Toc12472903)

# Cel i zakres opracowania

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. ustanawiającego kodeks sieci określający wymogi dotyczące przyłączenia do sieci systemów wysokiego napięcia prądu stałego oraz modułów parku energii z podłączeniem prądu stałego (dalej: **NC HVDC**) oraz dokumentów związanych wynikających z zapisów rozporządzenia.

Ogólne zasady przeprowadzania testów określono w Procedurze testowania, symulacji i certyfikacji PPM DC, a niniejszy dokument jest ściśle z nim powiązany i stanowi jego uszczegółowienie w zakresie przeprowadzenia testów potwierdzających zdolność modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego
do zapewnienia regulacji napięcia zgodnie z art. 72 ust. 4 w zw. z art. 21 NC HVDC

# Definicje i skróty stosowane w dokumencie

Sformułowania występujące w niniejszym dokumencie są zgodnie z definicjami określonymi w NC HVDC oraz w dokumentach związanym z NC HVDC:

Wykaz stosowanych skrótów:

* **NC HVDC** – Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/1447 z dnia 26 sierpnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci określający wymogi dotyczące przyłączenia do sieci systemów wysokiego napięcia prądu stałego oraz modułów parku energii
z podłączeniem prądu stałego;
* **Pmin** – minimalna zdolność generacji mocy czynnej modułu parku energii
z podłączeniem prądu stałego zgodna z definicją w NC HVDC;
* **Pmax** – maksymalna zdolność generacji mocy czynnej modułu parku energii
z podłączeniem prądu stałego zgodna z definicją w NC HVDC;
* **Qmaxg** – moc maksymalna bierna generowana modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego zgodna z profilami P-Q/Pmax z art. 40 NC HVDC;
* **Qmaxp** – moc maksymalna bierna pobierana modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego zgodnie profilem P-Q/Pmax z art. 40 NC HVDC;
* **QSP** – wartość zadana mocy biernej w układach regulacji modułu parku energii
z podłączeniem prądu stałego;
* **PSP** – wartość zadana mocy czynnej w układach regulacji modułu parku energii
z podłączeniem prądu stałego;
* **moduł parku energii z podłączeniem prądu stałego** – moduł parku energii przyłączony za pomocą jednego lub więcej przyłączy HVDC do jednego lub więcej systemów HVDC;
* **maksymalny prąd systemu HVDC** – największy prąd fazowy skojarzony z punktem pracy wewnątrz profilu U-Q/Pmax stacji przekształtnikowej HVDC przy maksymalnej zdolności przesyłowej mocy czynnej HVDC zgodnie z definicją z NC HVDC;
* **EAZ** – elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa;
* **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*”

# Parametry techniczne testowanego modułu parku energiiz podłączeniem prądu stałego

Minimalne wymagania co do zakresu informacji technicznych o testowanym module parku energii z podłączeniem prądu stałego, które należy przedstawić w szczegółowym programie testu zdolności do pracy w trybie regulacji napięcia powinny obejmować ogólny opis techniczny obiektu zawierający m. in.:

1. informacje na temat zastosowanej technologii wytwarzania modułu parku energii
z podłączeniem prądu stałego;
2. lokalizację modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego;
3. podstawowy opis układu elektroenergetycznego modułu parku energii
4. z podłączeniem prądu stałego, układów sterowania i regulacji mocy biernej i napięcia, w tym schemat układu wraz z wyprowadzeniem mocy oraz nastaw zabezpieczeń;
5. moc maksymalną – Pmax;
6. moc minimalną – Pmin;
7. moc maksymalna bierna w kierunku generacji – Qmaxp;
8. moc maksymalna bierna w kierunku poboru – Qmaxz;
9. informacje na temat punktu/punktów przyłączenia modułu parku energii
z podłączeniem prądu stałego do sieci.

# Ogólne zasady przeprowadzenia testu

Podstawowym sposobem weryfikacji spełnienia wymagań w zakresie regulacji napięcia jest przeprowadzenie testu obiektowego modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego.

Warunki przeprowadzania testu powinny być zgodne z ogólnymi wymaganiami określonymi
w ramach Procedury testowania, symulacji i certyfikacji PPM DC oraz uwzględniać technologię wytwarzania modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego. Docelowe rozstrzygnięcia w tym zakresie powinny być zawarte w Programie Szczegółowym.

# Wymagane warunki w czasie realizacji testu

Dla przeprowadzenia testu niezbędne jest:

1. zapewnienie udziału wszystkich jednostek wytwórczych wchodzących w skład badanego modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego,
2. utrzymanie w punkcie przyłączenia do sieci poziomu napięcia w dopuszczalnych granicach
3. praca modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego z obciążeniem mocą czynną na poziomie co najmniej P > 40% Pmax > Pmin.

# Wielkości mierzone w czasie realizacji testu

Szczegółowy zakres podstawowych wielkości mierzonych powinien zostać określony na poziomie programu szczegółowego. Minimalny zakres pomiarów powinien obejmować w punkcie przyłączenia do sieci co najmniej pomiary wartości skutecznych następujących wielkości:

1. mocy biernej netto w układzie 3-fazowym po stronie AC;
2. mocy czynnej netto w układzie 3-fazowym po stronie AC;
3. napięć fazowych i/lub międzyfazowych po stronie AC;
4. prądów fazowych po stronie AC;
5. prądu/prądów po stronie DC
6. napięć po stronie DC.

W przypadku, gdy rejestracja w punkcie przyłączenia jest technicznie niemożliwa, Właściwy OS decyduje na poziomie programu szczegółowego o innym rozwiązaniu w tym zakresie. Dodatkowo powinien zostać określony szczegółowy zakres dodatkowych wielkości mierzonych, uwzględniający technologię wytwarzania modułu wytwarzania.

Układy pomiarowe powinny zapewniać rejestrację mierzonych wielkości z możliwie największą dokładnością, tzn.:

1. przyrządy pomiarowe powinny rejestrować prąd i napięcie z rdzeni i uzwojeń pomiarowych przekładników o klasie 0,5 lub wyższej,
2. przyrządy pomiarowe powinny posiadać klasę wymaganą dla aparatury klasy A
w rozumieniu normy PN-EN 61000-4-30,
3. wielkości mierzone powinny być archiwizowane z rozdzielczością czasową co
najmniej 1 s.

# Wielkości wejściowe (wymuszające)

Podczas realizacji testu zdolności do pracy trybu regulacji napięcia, punkty pracy modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego określane będą przez:

1. USP – wartość zadana napięcia,

# Wielkości wyjściowe (odpowiedź układu)

Wynikiem testu są wartości zmierzone:

1. mocy biernej netto Q (w kVAr lub MVAr),
2. mocy czynnej netto P (w kW lub MW),
3. napięcia w punkcie przyłączenia U (w kV).

# Sposób i zakres przeprowadzenia testu

Szczegółowy sposób sprawdzenia w zakresie trybu regulacji napięcia powinien zostać określony na poziomie programu szczegółowego i obejmować sprawdzenie:

1. dokładności układu regulacji;
2. niewrażliwość układu regulacji;
3. stosowane zboczę i strefę nieczułości; oraz
4. czas uruchomienia mocy biernej.

Przebieg testu należy udokumentować i przedstawić w sprawozdaniu w postaci wykresów poszczególnych zmierzonych wielkości w czasie, a także na podstawie zarejestrowanych wartości netto współczynnika mocy i mocy biernej wyznaczyć dokładność ich utrzymywania a wyniki przedstawić w postaci tabelarycznej.

## Określenie dokładności układu regulacji

Próbę należy przeprowadzić dwukrotnie podczas pracy modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego z załączonym trybem regulacji napięcia z wyjściowymi wartościami zadanymi:

1. USP = 0,99 pu; oraz
2. USP = 1,01 pu.

Należy wprowadzić najmniejszą możliwą zmianę wartości zadanej USP przy której zostanie wykonana zauważalna zmiana wartości napięcia, tj. przy której zmiana napięcia będzie większa od wymaganej minimalnej dokładności.

**Uwaga:** kolejne zmiany wartości zadanej USP wprowadzać po ustabilizowaniu się wartości napięcia i wykonaniu pomiaru dokładności jego utrzymywania w zadanym punkcie pracy.

## Określenie niewrażliwości układu regulacji

Próbę należy przeprowadzić dwukrotnie przy pracy modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego z załączonym trybem regulacji napięcia z wyjściowymi wartościami zadanymi:

Strefa martwa (nieczułości) = ±5% USP

1. USP = 1 pu

wprowadzić najmniejszą możliwą zmianę wartości zadanej USP przy której zostanie wykonana zauważalna zmiana wartości mocy biernej, w celu określenia niewrażliwości układu regulacji.

**Uwaga:** kolejne zmiany wartości zadanej USP wprowadzać po ustabilizowaniu się wartości napięcia i wykonaniu pomiaru dokładności jego utrzymywania w zadanym punkcie pracy.

## Sprawdzenia możliwości wprowadzania zmian stosowanego zbocza i czasu uruchomienia mocy biernej

Szczegółowy sposób sprawdzenia w zakresie trybu regulacji napięcia powinien zostać określony na poziomie programu szczegółowego i obejmować co najmniej, przy załączonym trybie regulacji napięcia, pracę modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego z kolejno zmienianą wartością zadaną stosowanego zbocza.

Warunki początkowe:

Strefa martwa (nieczułości) = 0

U = odpowiadający **Qmaxp**,

Trzy próby dla trzech wartości stosowanego zbocza (statyzmu):

1. 2%,
2. 2,5%,
3. 7%,



Rysunek 1 - Poglądowa charakterystyka statycznej regulacji

Przebieg próby:

Należy zmieniać wartość zadaną napięcia od odpowiadającego **Qmaxg** do odpowiadającego **Qmaxp**.

**Uwaga 1:** Moduł parku energii z podłączeniem prądu stałego pracuje stabilnie podczas całej próby, moc czynna mieści się dla danej wartości mocy bazowej, dla zadanej wartości napięcia U generacja mocy biernej jest zgodna z oczekiwaną charakterystyką statyczną. W czasie t1 <= 5s osiąga 90% zmiany generowanej mocy biernej, w czasie t2 <= 6 s osiąga wartość docelową, przy tolerancji stanu ustalonego mocy biernej nie większej niż 5 MVAr lub 5% maksymalnej mocy biernej w zależności, która z tych wielkości jest mniejsza..

**Uwaga 2:** W przypadku zastosowania statycznych środków do regulacji mocy biernej dopuszcza się dłuższy czas regulacji przejściu między skrajnymi wartościami mocy biernej (ale nie dłuższy niż 15 min).

**Uwaga 3:** Jeżeli przejście pomiędzy dwoma punktami pracy modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego wymaga zmiany położenia przekładni podobciążeniowego przełącznika zaczepów transformatora modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego to wskazany czas należy wydłużyć o czas regulacji położenia przełącznika zaczepów.

**Uwaga 4:** Na potrzeby trybu regulacji napięcia modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego musi mieć zdolność do wspierania regulacji napięcia w punkcie przyłączenia poprzez zapewnienie wymiany mocy biernej z siecią przy nastawie napięcia obejmującej 0,95–1,05 pu.

Przebieg testu należy udokumentować i przedstawić w sprawozdaniu w postaci wykresów poszczególnych zmierzonych wielkości w czasie, a także na podstawie zarejestrowanych wartości netto mocy biernej wyznaczyć dokładność jej utrzymywania a wyniki przedstawić w postaci tabelarycznej.

## Sprawdzenie możliwości wprowadzania zmian strefy nieczułości i czasu uruchomienia mocy biernej

Szczegółowy sposób sprawdzenia w zakresie trybu regulacji napięcia powinien zostać określony na poziomie programu szczegółowego i obejmować co najmniej, przy załączonym trybie regulacji napięcia, pracę modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego z kolejno zmienianą wartością zadaną strefę nieczułości.:

Warunki początkowe:

Stosowane zbocze równe 7%,

U = odpowiadający **Qmaxp**,

Trzy próby dla trzech stref martwych:

1) -2,5%,

2) +0,5%,

3) -5% +5%,

Przebieg próby:

Należy zmieniać wartość zadaną napięcia od odpowiadającego **Qmaxp** do odpowiadającego **Qmaxg**.

**Uwaga 1:** Moduł pracuje stabilnie podczas całej próby, moc czynna mieści się dla danej wartości mocy bazowej, dla zadanej wartości napięcia U generacja mocy biernej jest zgodna z oczekiwaną charakterystyką statyczną. W czasie t1 <= 5s osiąga 90% zmiany generowanej mocy biernej, w czasie t2 <= 6s osiąga wartość docelową, przy tolerancji stanu ustalonego mocy biernej nie większej niż 5 MVAr lub 5% maksymalnej mocy biernej w zależności, która z tych wielkości jest mniejsza.

**Uwaga 3:** Jeżeli przejście pomiędzy dwoma punktami pracy modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego wymaga zmiany położenia przekładni podobciążeniowego przełącznika zaczepów transformatora modułu parku energii z podłączeniem prądu stałego to wskazany czas należy wydłużyć o czas regulacji położenia przełącznika zaczepów.

**Uwaga 4:** Na potrzeby trybu regulacji napięcia system HVDC musi mieć zdolność do wspierania regulacji napięcia w punkcie przyłączenia poprzez zapewnienie wymiany mocy biernej z siecią przy nastawie napięcia obejmującej 0,95–1,05 pu.

Przebieg testu należy udokumentować i przedstawić w sprawozdaniu w postaci wykresów poszczególnych zmierzonych wielkości w czasie, a także na podstawie zarejestrowanych wartości netto mocy biernej wyznaczyć dokładność jej utrzymywania a wyniki przedstawić w postaci tabelarycznej.

**Uwaga 5:** Test może zostać zastąpiony dedykowanym certyfikatem sprzętu, wydanym przez certyfikowany w tym zakresie podmiot certyfikujący.

# Kryteria oceny testu zgodności

Przedmiotowy test zgodności uznaje się za pozytywny, zgodnie z:

1. Kryteriami określonymi w ramach zapisów NC HVDC w art. 72 ust. 4 lit. c):
	1. Test uznaje się za zaliczony, jeżeli spełnione są następujące warunki:
		1. zakres regulacji oraz zmienności statyzmu i strefy nieczułości jest zgodny z uzgodnionymi lub postanowionymi parametrami charakterystyki, określonymi w art. 21 ust. 3 lit. d) NC RfG;
		2. niewrażliwość regulacji napięcia nie jest wyższa niż 0,01 pu zgodnie z art. 21 ust. 3 lit. d) NC RfG
		3. w następstwie skokowej zmiany napięcia 90 % zmiany generowanej mocy biernej zostaje osiągnięte w granicach czasów i tolerancji określonych w art. 21 ust. 3
		lit. d) NC RfG.
2. Szczegółowymi kryteriami określonymi przez Właściwego OS w ramach programu szczegółowego
3. Wynik należy uznać za pozytywny jeśli jednostka wytwórcza pozytywnie przejdzie wszystkie próby realizowane po kolei, bez powtórzeń.