



Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.



INSTYTUT ENERGETYKI  
ODDZIAŁ GDAŃSK

**Propozycja wymogów ogólnego stosowania,  
Rozporządzenie (UE) 2016/631,  
wymogi dla synchronicznych  
modułów wytwarzania energii**


Konstancin-Jeziorna | 26 października 2017 r.



**Praca maszyny synchronicznej  
przy obniżonej i podwyższonej  
częstotliwości**



2


**Definicje**

---




**Zapisy Rozporządzenia**


**Artykuł 2 - Definicje**

5) „moduł wytwarzania energii” oznacza synchroniczny moduł wytwarzania energii albo moduł parku energii;

9) „synchroniczny moduł wytwarzania energii” oznacza niepodzielny zestaw instalacji, który może wytwarzać energię elektryczną w taki sposób, że częstotliwość generowanego napięcia, prędkość wirowania generatora oraz częstotliwość napięcia sieciowego pozostają w stałej proporcji i są tym samym zsynchronizowane;

17) „moduł parku energii” („PPM”) oznacza jednostkę lub zestaw jednostek wytwarzających energię elektryczną, która(-y) jest przyłączona(-y) do sieci w sposób niesynchroniczny lub poprzez układy energoelektroniki, i która(-y) ma również jeden punkt przyłączenia do systemu przesyłowego, systemu dystrybucyjnego, w tym zamkniętego systemu dystrybucyjnego, lub systemu HVDC;



3



**Art. 13.1.a.(i) - parametry częstotliwościowe**

---

**Zapisy Rozporządzenia**

Moduły wytwarzania energii typu A muszą spełniać następujące wymagania dotyczące stabilności częstotliwościowej:




a) w odniesieniu do zakresów częstotliwości:

(i) moduł wytwarzania energii musi mieć zdolność do zachowania połączenia z siecią oraz pracy w zakresach częstotliwości i okresach określonych w tabeli 2;

*Tabela 2*

**Minimalne czasy, w których moduł wytwarzania energii musi być zdolny do pracy przy różnych częstotliwościach, odbiegających od wartości znamionowej, bez odłączenia od sieci**

Obszar synchroniczny	Zakres częstotliwości	Czas pracy
Europa kontynentalna	47,5 Hz–48,5 Hz	określa każdy OSP, ale nie mniej niż 30 minut
	48,5 Hz–49,0 Hz	określa każdy OSP, ale nie mniej niż okres dla 47,5 Hz–48,5 Hz
	49,0 Hz–51,0 Hz	nieograniczony
	51,0 Hz–51,5 Hz	30 minut



4


**Art. 13.1.a(i) - parametry częstotliwościowe**

**Komentarz**

Zestawienie Minimalnych czasów, w których moduł wytwarzania energii musi być zdolny do pracy przy różnych częstotliwościach, odbiegających od wartości znamionowej, bez odłączenia od sieci

**NC RfG**

**DRAFT**  
prEN 50549-1 prEN 50549-2  
May 2017

**CENELEC**

*Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks - Part 1-1: Connection to a LV distribution network - Generating plants up to and including Type A*

*Requirements for generating plants to be connected in parallel with distribution networks - Part 2: Connection to a MV distribution network*

Zakres częstotliwości	Czas pracy
47,5 Hz–48,5 Hz	określa każdy OSP, ale nie mniej niż 30 minut
48,5 Hz–49,0 Hz	określa każdy OSP, ale nie mniej niż okres dla 47,5 Hz–48,5 Hz
49,0 Hz–51,0 Hz	nieograniczony
51,0 Hz–51,5 Hz	30 minut

Frequency Range	Time period for operation Minimum requirement	Time period for operation Most stringent requirement
47,0 Hz – 47,5 Hz	not required	20 s
47,5 Hz – 48,5 Hz	30 min <sup>a</sup>	90 min
48,5 Hz – 49,0 Hz	30 min <sup>a</sup>	90 min <sup>a</sup>
49,0 Hz – 51,0 Hz	Unlimited	Unlimited
51,0 Hz – 51,5 Hz	30 min <sup>a</sup>	90 min
51,5 Hz – 52,0 Hz	not required	15 min

<sup>a</sup> Respecting the legal framework, it is possible that longer time periods are required by the relevant authority in some synchronous areas.

5

**Art. 13.1.a(i) - parametry częstotliwościowe**

**Wymóg**

➤ Podmiot odpowiedzialny: OSP

➤ Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania

Minimalne czasy pracy modułu wytwarzania energii przy częstotliwościach, odbiegających od wartości znamionowej:

Zakres częstotliwości	Czas pracy
47,5 Hz–48,5 Hz	30 minut
48,5 Hz–49,0 Hz	30 minut

6



### Art. 13.1.a(i) - parametry częstotliwościowe

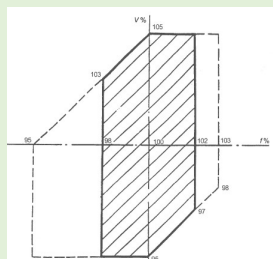
#### Komentarz

- ✓ Przyjęto czasy minimalne
- ✓ Brak informacji o częstotliwości wystąpienia pracy poniżej 49 Hz

#### Porównanie wymagań IRIESP oraz NC RfG

IRIESP synchroniczne	10 minut 1h/rok	20 minut 2h/rok	30 minut 3h/rok	bez ograniczenia	nie zdefiniowany	wyłączenie
RfG	30 minut	30 minut	30 minut	bez ograniczenia	30 minut	
	47.5	48.0	48.5	49.0	49.5	50.0
					50.5	51.0
						51.5
						52.0
						52.5

#### Na podstawie PN-EN 60034-3



Maszyzny powinny być zdolne do pracy ciągłej przy mocy znamionowej i znamionowym współczynniku mocy w granicach zmian  $\pm 5\%$  wartości napięcia,  $\pm 2\%$  wartości częstotliwości, jak określa to zakresowany obszar.

(...) Maszyzny można obciążać mocą znamionową przy znamionowym współczynniku mocy w zakresie zmian  $\pm 5\%$  wartości napięcia,  $+3\% - 5\%$  wartości częstotliwości, jak to określa zewnętrzna linia graniczna na rysunku, lecz wówczas przyrosty temperatury będą nadal wzrastały.

(...) aby zminimalizować obniżenie żywotności maszyny w wyniku wzrostu temperatury lub różnic temperatury, pracę poza zakresowanym obszarem zaleca się ograniczyć wartością (napięcia lub częstotliwości), czasem trwania i częstotliwością występowania. Zaleca się wtedy ograniczyć moc lub podjąć inne środki korygujące tak szybko, jak tylko jest to możliwe.



7



### Art. 13.1.b - prędkość zmian częstotliwości<sup>1</sup>


#### Zapisy Rozporządzenia

Moduły wytwarzania energii typu A muszą spełniać następujące wymogi dotyczące stabilności częstotliwościowej:

- b) w odniesieniu do zdolności wytrzymania prędkości zmiany częstotliwości, moduł wytwarzania energii musi mieć zdolność do zachowania połączenia z siecią oraz do pracy przy prędkościach zmiany częstotliwości do wartości określonej przez właściwego OSP, chyba że odłączenie zostało spowodowane zadziałaniem zabezpieczenia dedykowanego do identyfikacji, poprzez analizę prędkości zmian częstotliwości, pracy wyspowej. Właściwy operator systemu, w porozumieniu z właściwym OSP, określa nastawy powyższego zabezpieczenia.



8

 **Art. 13.1.b - prędkość zmian częstotliwości<sup>1</sup>**

**Wymóg**

- Podmiot odpowiedzialny: OSP
- Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania




Maksymalna prędkość zmian częstotliwości, przy której PGM ma posiadać zdolność do pozostania w pracy:

$$\left| \frac{df_{max}}{dt} \right| = 2,0 \left[ \frac{Hz}{s} \right].$$


**mierzona w oknie pomiarowym o szerokości 500ms**

Uzupełnienie:

Wymóg  $\left| \frac{df_{max}}{dt} \right| = 2,0 \left[ \frac{Hz}{s} \right]$  jest wymaganiem minimalnym. W przypadku, gdy wykorzystywana technologia umożliwia połączenie z siecią oraz pracę przy większych wartościach prędkości zmian częstotliwości, nie jest dopuszczalne ograniczanie pracy modułu PGM do wielkości zdefiniowanej powyżej. Ustawienia zabezpieczeń od utraty sieci (ang. LOM) wykorzystujące funkcję  $\frac{df_{max}}{dt}$  są ustalane indywidualnie, w uzgodnieniu z właścicielem zakładu wytwarzania.

9




 **Art. 13.1.a.(i) - parametry częstotliwościowe**

**Komentarz**

**Definicja RoCoF**

$$\left. \frac{d\Delta f}{dt} \right|_{t=0^+} = \frac{f^0 P_k}{2 \sum_{i=1, i \neq k}^N H_i S_i}$$

- ✓ W oparciu o incydent odniesienia powodujący znaczną nierównowagę mocy:
  - podział systemu europejskiego w 2006 r.
  - symulacja wypadnięcia bloku 1800 MW w Wielkiej Brytanii
- ✓ Przygotowanie do pracy w systemie o zmniejszonej inercji
  - Obecnie w wyniku awarii niebilansowanie 20% oraz szybkość zmian częstotliwości  $df/dt$  do 1 Hz/s
  - W przyszłości prognozowane niebilansowanie do 40% oraz szybkość zmian częstotliwości  $df/dt$  do 2 Hz/s
- ✓ Wspólna wartość dla systemu Europy Kontynentalnej

10



### Art. 13.4 – dopuszczalna redukcja mocy<sup>3</sup>

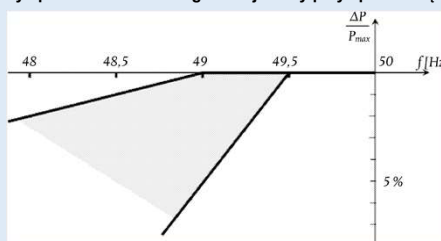
#### Zapisy Rozporządzenia

Właściwy OSP określa dopuszczalną redukcję mocy czynnej w stosunku do maksymalnej generowanej mocy przy zmniejszającej się częstotliwości w swoim obszarze regulacyjnym, przy czym określona przez właściwego OSP krzywa redukcji mocy musi się znajdować w granicach wyznaczonych pogrubionymi liniami na rys. 2:

- poniżej częstotliwości 49 Hz – dopuszczalny poziom redukcji wynosi 2% mocy maksymalnej przy częstotliwości 50 Hz, na 1 Hz spadku częstotliwości;
- poniżej częstotliwości 49,5 Hz – dopuszczalny poziom redukcji wynosi 10% mocy maksymalnej przy częstotliwości 50 Hz, 1 Hz spadku częstotliwości.

Rysunek 2

Maksymalny spadek zdolności do generacji mocy przy spadku częstotliwości



Wykres przedstawia granice, w których właściwy OSP może określić poziom zdolności.



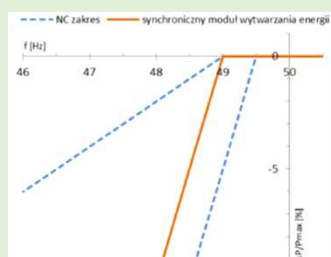
11



### Art. 13.4.a.(i) - parametry częstotliwościowe

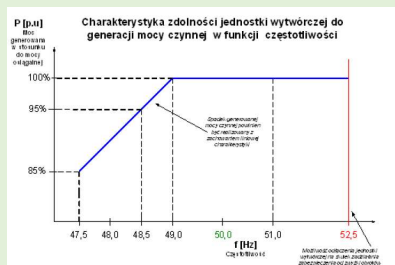
#### Komentarz

#### Porównanie wymagań IRiESP oraz NC RfG

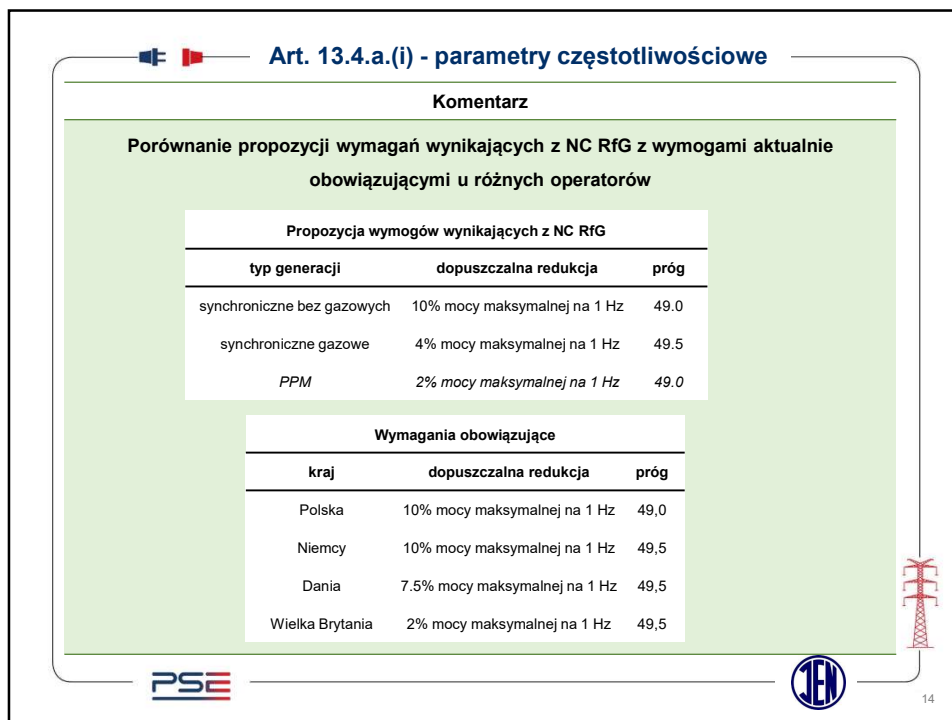
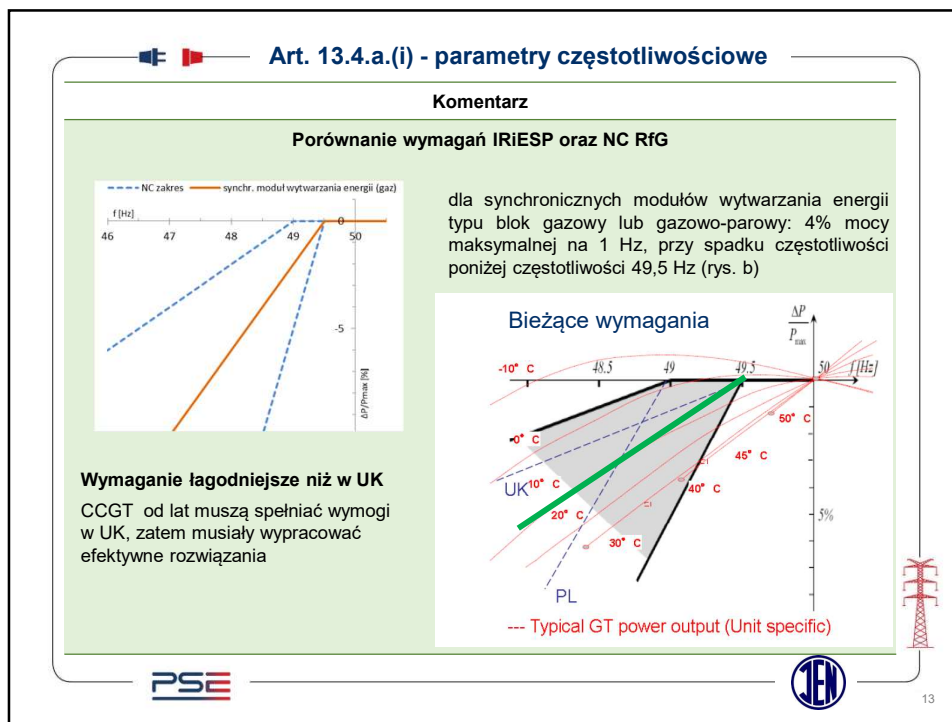


Wymaganie tożsame z obowiązującym

dla synchronicznych modułów wytwarzania energii z wyłączeniem synchronicznych modułów wytwarzania energii, o których mowa w punkcie b): 10% mocy maksymalnej na 1 Hz, przy spadku częstotliwości poniżej częstotliwości 49 Hz (rys. a);



12

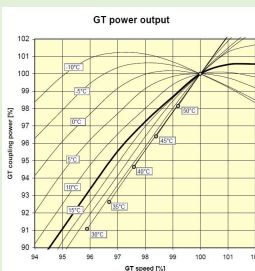




**Art. 13.5 – warunki otoczenia**

**Zapisy Rozporządzenia**

Definiując wymagania dopuszczalnej redukcji mocy czynnej, od maksymalnej mocy należy:



- wyraźnie określić mające zastosowanie warunki otoczenia;
- uwzględnić zdolności techniczne modułów wytwarzania energii.

Wymóg	Komentarz
<p>➤ Podmiot odpowiedzialny: OSP</p> <p>➤ Kwalifikacja wymogu: ogólnego stosowania</p> <p>Wymóg dopuszczalnej redukcji mocy czynnej jest określone dla nominalnych warunków otoczenia, które obejmują w szczególności następujące parametry:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ciśnienie,</li> <li>temperaturę,</li> <li>wilgotność względną.</li> </ul> <p>W przypadku, gdy parametry otoczenia mają znaczący wpływ na zdolność do generacji mocy maksymalnej, właściciel zakładu wytwarzania energii dostarczy właściwemu OS odpowiednie charakterystyki, identyfikujące te ograniczenia.</p>	<p>ENTSO-E rozważa aby wymagać od wytwórców podawania charakterystyk mocy czynnej w funkcji temperatury dla następujących temperatur otoczenia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-10°C</li> <li>0°C</li> <li>15°C</li> <li>25°C</li> <li>30°C</li> <li>40°C</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div>


15

**Zdolność synchronicznych jednostek wytwórczych do generacji mocy biernej**

16




**Art. 17.2.a – moc bierna**

---

**Zapisy Rozporządzenia**

Synchroniczne moduły wytwarzania energii typu B muszą spełniać następujące dodatkowe wymogi dotyczące stabilnego poziomu napięcia:




a) w odniesieniu do zdolności do generacji mocy biernej właściwy operator systemu ma prawo do określenia zdolności modułu wytwarzania energii do zapewnienia mocy biernej;

---


**Wymóg**

- Podmiot odpowiedzialny: właściwy OS
- Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania
- Wymóg opcjonalny

Jeżeli właściwy OS nie określi inaczej, synchroniczny moduł wytwarzania energii, przy generowanej maksymalnej mocy czynnej musi mieć zdolność do zapewnienia (na zaciskach urządzenia) mocy biernej ze współczynnikiem mocy w zakresie  $\cos\varphi=0,85$  w kierunku produkcji mocy biernej i  $\cos\varphi=0,95$  w kierunku poboru mocy biernej. Przy generowanej mocy czynnej poniżej mocy maksymalnej ( $P < P_{max}$ ), synchroniczny moduł wytwarzania energii musi mieć zdolność do generacji mocy biernej (Mvar) w zakresie wynikającym z wykresu kołowego zdolności P-Q synchronicznego modułu wytwarzania energii.

17


**Art. 18.2.b.(i),(ii),(iii) – moc bierna**




---

**Zapisy Rozporządzenia**

Synchroniczne moduły wytwarzania energii typu C muszą spełniać następujące dodatkowe wymogi dotyczące stabilnego poziomu napięcia:

b) w odniesieniu do zdolności do generacji mocy biernej przy mocy maksymalnej:

(i) właściwy operator systemu w porozumieniu z właściwym OSP określa wymogi dotyczące zdolności do zapewnienia generacji mocy biernej w funkcji zmieniającego się napięcia. W tym celu właściwy operator systemu musi określić profil U-Q/P<sub>max</sub> w granicach, w których synchroniczny moduł wytwarzania energii musi mieć zdolność do dostarczania mocy biernej przy mocy maksymalnej. Określony profil U-Q/P<sub>max</sub> może mieć dowolny kształt pod warunkiem uwzględnienia ewentualnych kosztów realizacji zdolności do zapewnienia produkcji mocy biernej przy wysokich wartościach napięcia i zużycia mocy biernej przy niskich wartościach napięcia;

18



## Art. 18.2.b.(i),(ii),(iii) – moc bierna

### Zapisy Rozporządzenia

(ii) profil U-Q/Pmax musi zostać określony przez właściwego operatora systemu w porozumieniu z właściwym OSP, zgodnie z poniższymi zasadami:

- profil U-Q/Pmax nie może przekraczać obwiedni profilu U-Q/Pmax przedstawionej jako obwiednia wewnętrzna na rys. 7,
- wymiary obwiedni profilu U-Q/Pmax (zakres Q/Pmax i zakres napięcia) muszą się mieścić w zakresie określonym dla każdego obszaru synchronicznego w tabeli 8 oraz
- położenie obwiedni profilu U-Q/Pmax musi się mieścić w granicach stałej obwiedni zewnętrznej przedstawionej na rys. 7.

(...)

(iii) wymóg dotyczący zdolności do zapewnienia generacji mocy biernej ma zastosowanie w punkcie przyłączenia. W przypadku kształtów profili innych niż prostokątne zakresy napięcia przedstawiają najwyższą i najniższą wartość. Nie oczekuje się zatem, aby pełny zakres mocy biernej był dostępny dla wszystkich wartości napięcia w stanie ustalonym;

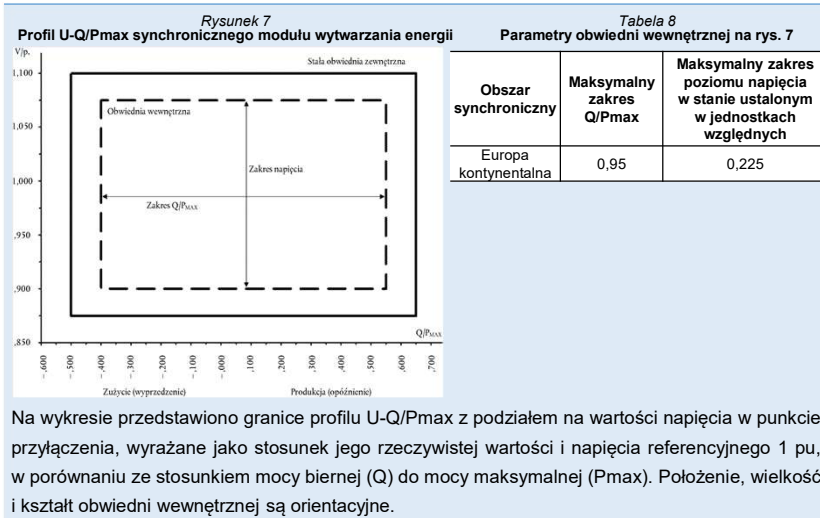


19



## Art. 18.2.b.(i),(ii),(iii) – moc bierna

### Zapisy Rozporządzenia



20

**Art. 18.2.b.(i),(ii),(iii) – moc bierna**

**Komentarz**

**Obecne wymagania IRIESP**

**Wymagania NC RfG**

transf. blokowy

linia blokowa

punkt przyłączenia

2.2.3.3.1.26.

Przy obciążeniu mocą osiągalną dla warunków nominalnych otoczenia jednostka wytwórcza powinna posiadać zdolność do generacji mocy biernej przy znamionowym współczynniku mocy  $\cos \varphi = 0,85$  (o charakterze indukcyjnym) i poboru mocy biernej przy współczynniku mocy  $\cos \varphi = 0,95$  (o charakterze pojemnościowym), mierzonych na napięciu generatorowym. Przy obciążeniu mocą czynną niższą niż znamionowa jednostka wytwórcza powinna posiadać zdolność do generacji całej dostępnej mocy biernej, zgodnie z wykresem kolowym generatora.

PSE

21

**Art. 18.2.b.(i),(ii),(iii) – moc bierna**

**Wymóg**

- Podmiot odpowiedzialny: właściwy OS, w porozumieniu z OSP
- Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania/specyficzne dla obiektu

Ze względu na zróżnicowanie poziomów napięć w sieci SN, nie definiuje się jako wymogu ogólnego stosowania zdolności synchronicznego modułu wytwarzania energii typu C i D przyłączonego do sieci poniżej 110 kV do generacji mocy biernej, przy mocy maksymalnej.

Zdolność synchronicznego modułu wytwarzania energii typu D przyłączonego do sieci 110 kV i powyżej, do generacji mocy biernej, przy mocy maksymalnej zdefiniowano w poniższej tabeli oraz na poniższym rysunku.

**Parametry obwiedni wewnętrznej**

Napięcie znamionowe sieci	Maksymalny zakres Q/Pmax	Maksymalny zakres poziomu napięcia w stanie ustalonym w jednostkach względnych
400 kV	0,82	0,225
110 kV i 220 kV	0,82	0,225

PSE

22



### Art. 18.2.b.(i),(ii),(iii) – moc bierna

#### Wymóg

Na wykresie przedstawiono granice profilu U-Q/Pmax z podziałem na wartości napięcia w punkcie przyłączenia, wyrażane jako stosunek jego rzeczywistej wartości i napięcia referencyjnego 1 pu, w porównaniu ze stosunkiem mocy biernej (Q) do mocy maksymalnej (Pmax). Położenie, wielkość i kształt obwiedni wewnętrznej zostały osobno zaznaczone dla napięcia sieci 400 kV (czerwoną linią kropkowaną) oraz dla sieci o napięciu niższym (pomarańczową linią kreskowaną). Operator zastrzega sobie prawo do modyfikacji przedstawionego zakresu profilu U-Q/Pmax w ramach maksymalnych wartości oraz stałej obwiedni zewnętrznej przewidzianych w rozporządzeniu, w przypadku, gdy potrzebę taką wykaże ekspertyza przyłączeniowa.



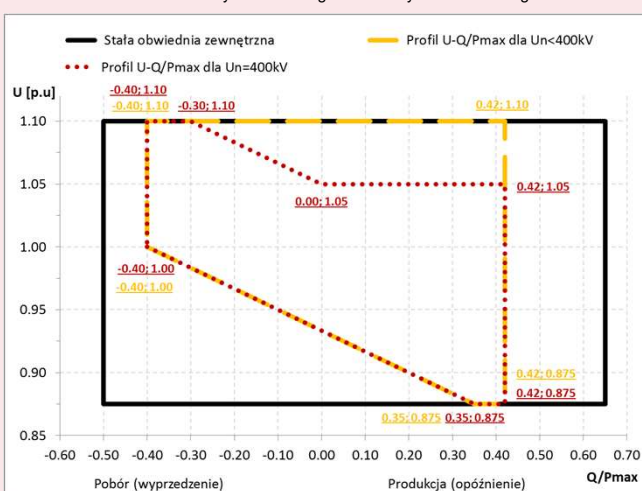
23



### Art. 18.2.b.(i),(ii),(iii) – moc bierna

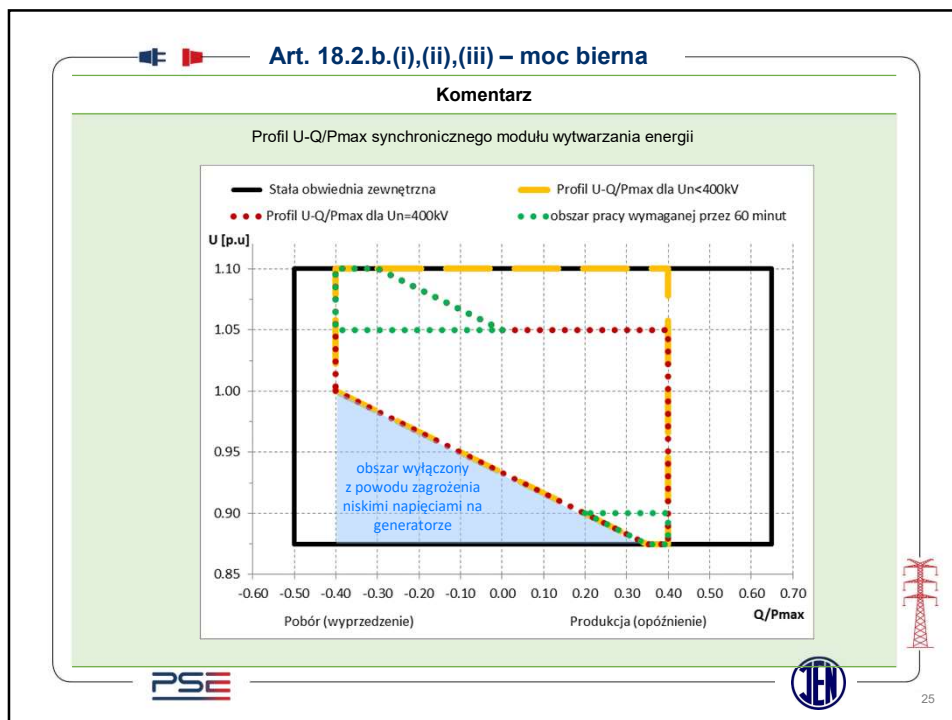
#### Wymóg

Profil U-Q/Pmax synchronicznego modułu wytwarzania energii



24





**Art. 18.2.a – dodatkowa moc bierna**

**Zapisy Rozporządzenia**

Synchroniczne moduły wytwarzania energii typu C muszą spełniać następujące dodatkowe wymogi dotyczące stabilnego poziomu napięcia:

a) w odniesieniu do zdolności do generacji mocy biernej, właściwy operator systemu może określić uzupełniającą moc bierną, która musi być zapewniona, jeżeli punkt przyłączenia synchronicznego modułu wytwarzania energii nie znajduje się na zaciskach wysokiego napięcia transformatora blokowego doprowadzającego do poziomu napięcia punktu przyłączenia, ani na zaciskach prądnicy, w przypadku gdy nie występuje transformator blokowy. Taka uzupełniająca moc bierna musi kompensować zapotrzebowanie na moc bierną linii wysokiego napięcia lub kabla pomiędzy zaciskami wysokiego napięcia transformatora blokowego synchronicznego modułu wytwarzania energii lub zaciskami jego prądnicy, w przypadku gdy nie występuje transformator blokowy, a punktem przyłączenia i musi zostać zapewniona przez odpowiedzialnego właściciela danej linii lub kabla;

**PSE** **CEH** 27

**Art. 18.2.a – dodatkowa moc bierna**

Wymóg	Komentarz
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Podmiot odpowiedzialny: właściwy OS</li> <li>➤ Kwalifikacja wymogu: wymóg specyficzny dla obiektu</li> <li>➤ Wymóg opcjonalny</li> </ul> <p>Nie definiuje się tego wymogu jako wymogu ogólnego stosowania.</p> <p><u>Uzupełnienie</u></p> <p>W przypadku, gdy występują różni właściciele synchronicznego modułu wytwarzania energii oraz linii blokowej pośredniczącej między synchronicznym modulem PGM a punktem przyłączenia, decyzję w sprawie określenia uzupełniającej mocy biernej w punkcie przyłączenia podejmuje właściwy operator na etapie procesu przyłączania. Wymóg jest rozstrzygnięciem specyficznym dla obiektu.</p>	


**PSE** **CEH** 28



## Pozostałe wymagani

PSE CEN

29



## Zdolność jednostek wytwórczych do utrzymania się w pracy podczas zwarć

PSE CEN

30



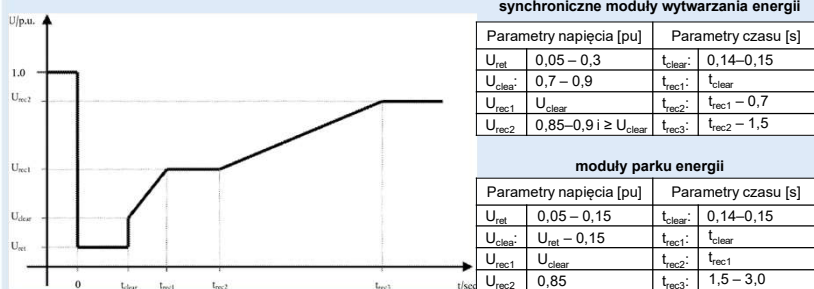
### Art. 14.3.a.(i) – FRT dla zwarców symetrycznych

#### Zapisy Rozporządzenia

Moduły wytwarzania energii typu B muszą spełniać następujące wymogi dotyczące odporności:

a) w odniesieniu do zdolności modułów wytwarzania energii do pozostania w pracy podczas zwarcia:

- (i) każdy OSP określa przebieg napięcia w czasie zgodnie z rys. 3 w punkcie przyłączenia w warunkach zakłóceń, który opisuje warunki, w jakich moduł wytwarzania energii ma zdolność do zachowania połączenia z siecią i utrzymania stabilnej pracy po zakłóceniu systemu przez wyłączone zwarcia w systemie przesyłowym;



31



### Art. 16.3.a.(i) – FRT dla zwarców symetrycznych

#### Zapisy Rozporządzenia

Moduły wytwarzania energii typu D muszą spełniać następujące wymogi dotyczące odporności:

a) w odniesieniu do zdolności do pozostania w pracy podczas zwarcia:

- (i) moduły wytwarzania energii muszą mieć zdolność do zachowania połączenia z siecią i kontynuacji stabilnej pracy po zakłóceniu systemu przez wyłączone zwarcia. Powyższa zdolność musi być zgodna z przebiegiem napięcia w czasie w punkcie przyłączenia w warunkach zakłóceń określonych przez właściwego OSP.

Przebieg napięcia w czasie musi wyrażać dolną wartość graniczną rzeczywistego przebiegu napięcia międzyfazowego na poziomie napięcia w sieci w punkcie przyłączenia w trakcie zwarcia symetrycznego, jako funkcję czasu przed zwarciem, w trakcie zwarcia i po zwarcu.

Powyższa dolna wartość graniczna musi zostać określona przez właściwego OSP przy użyciu parametrów określonych na rys. 3 i w zakresach określonych w tabelach 7.1 i 7.2 dla modułów wytwarzania energii typu D przyłączonych na poziomie 110 kV lub wyższym.

Powyższa dolna wartość graniczna musi również zostać określona przez właściwego OSP przy użyciu parametrów określonych na rys. 3 i w zakresach określonych w tabelach 3.1 i 3.2 dla modułów wytwarzania energii typu D przyłączonych na poziomie niższym niż 110 kV;



32



### Art. 16.3.a.(i) – FRT dla zwarć symetrycznych

#### Zapisy Rozporządzenia

Tabela 7.1

Parametry dotyczące rys. 3 w zakresie zdolności synchronicznych modułów wytwarzania energii do pozostania w pracy podczas zwarcia

Parametry napięcia [pu]		Parametry czasu [s]	
$U_{ret}$	0	$t_{clear}$	0,14–0,15 (lub 0,14–0,25, jeżeli takie są wymagania w zakresie systemu zabezpieczeń i bezpiecznego działania)
$U_{clear}$	0,25	$t_{rec1}$	$t_{clear} - 0,45$
$U_{rec1}$	0,5 – 0,7	$t_{rec2}$	$t_{rec1} - 0,7$
$U_{rec2}$	0,85 – 0,9	$t_{rec3}$	$t_{rec2} - 1,5$

Tabela 7.2

Parametry dotyczące rys. 3 w zakresie zdolności modułów parku energii do pozostania w pracy podczas zwarcia

Parametry napięcia [pu]		Parametry czasu [s]	
$U_{ret}$	0	$t_{clear}$	0,14–0,15 (lub 0,14–0,25, jeżeli takie są wymagania w zakresie systemu zabezpieczeń i bezpiecznego działania)
$U_{clear}$	$U_{ret}$	$t_{rec1}$	$t_{clear}$
$U_{rec1}$	$U_{clear}$	$t_{rec2}$	$t_{rec1}$
$U_{rec2}$	0,85	$t_{rec3}$	1,5 – 3,0



33

### Art. 14.3.a.(i) – FRT dla zwarć symetrycznych Art. 16.3.a.(i) – FRT dla zwarć symetrycznych

#### Wymóg

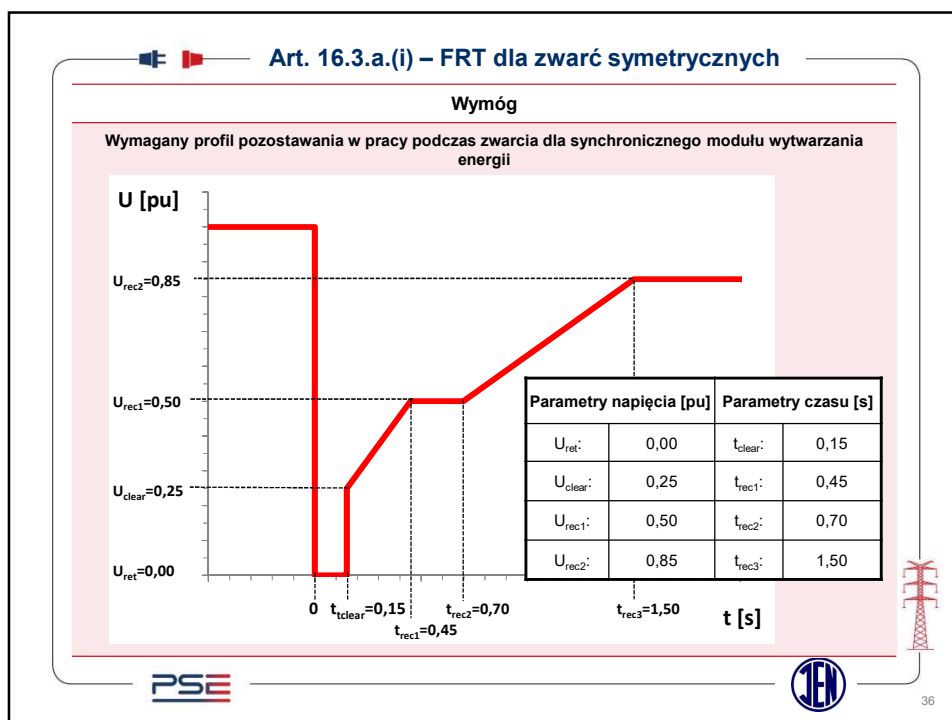
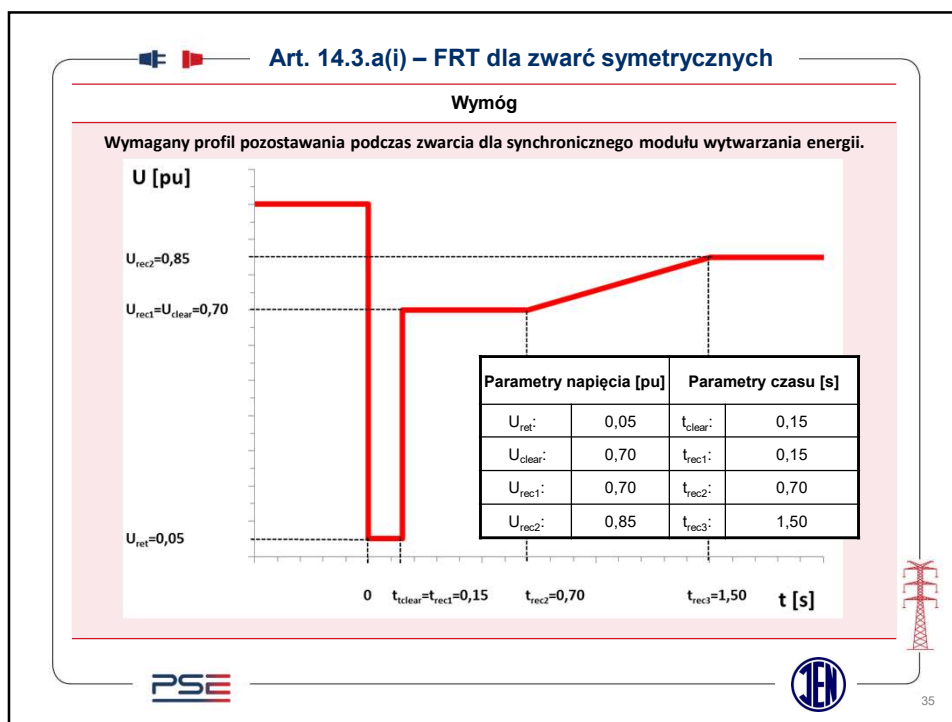
- Podmiot odpowiedzialny: OSP
- Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania

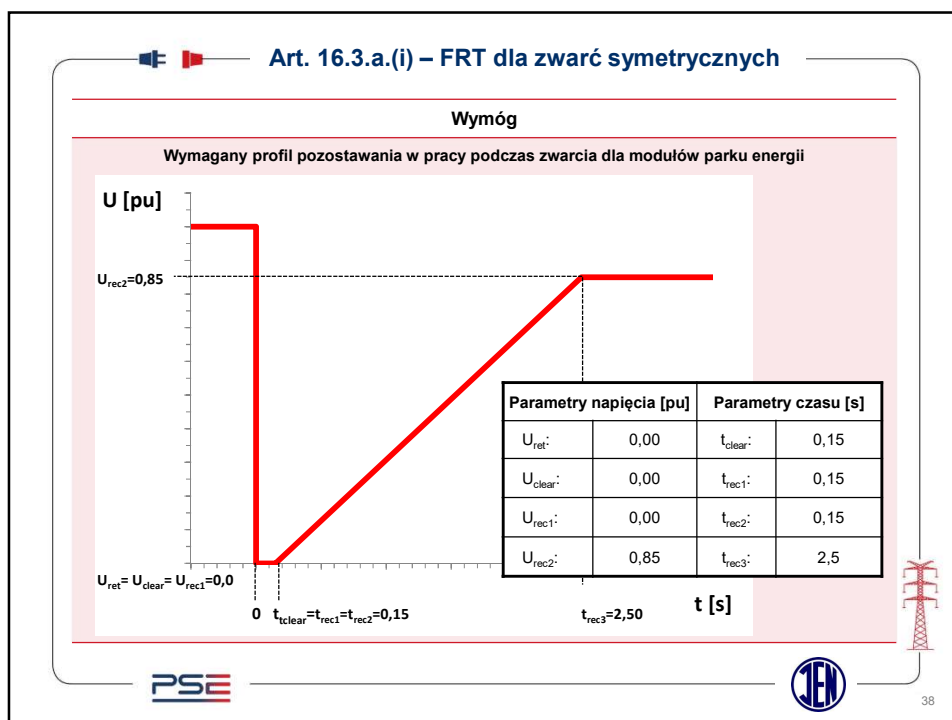
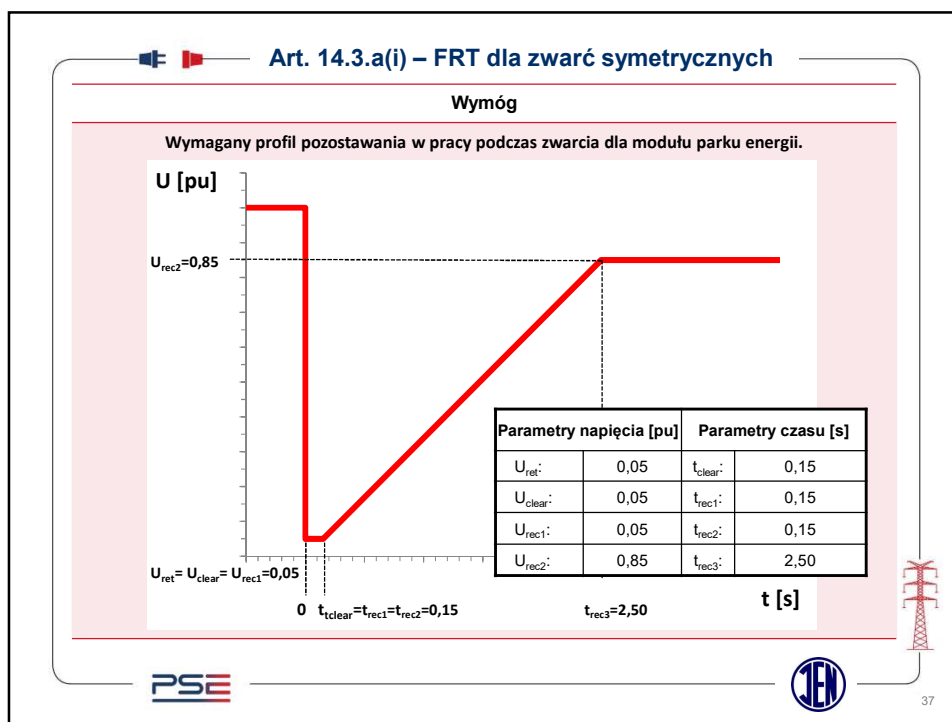
**Synchroniczne moduły wytwarzania energii** muszą spełniać wymogi dotyczące zdolności do pozostania w pracy podczas zwarcia opisane w tabeli oraz na rysunku.


**Moduły parku energii** muszą spełniać wymogi dotyczące zdolności do pozostania w pracy podczas zwarcia opisane w tabeli oraz na rysunku.



34






**Art. 14.3.b - FRT dla zwarć niesymetrycznych**

---

**Zapisy Rozporządzenia**

Moduły wytwarzania energii typu B muszą spełniać następujące wymogi dotyczące odporności:

b) zdolność do pozostania w pracy podczas zwarcia w przypadku zwarć niesymetrycznych określa każdy OSP.

---

**Wymóg**




➤ Podmiot odpowiedzialny: OSP

➤ Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania


Wymagane zdolności PGM do utrzymywania się w pracy podczas zwarć w przypadku wystąpienia zwarć niesymetrycznych są analogiczne do wymagań jak opisano w pkt 13 dot. artykule 14 ust. 3 litera a) punkt i), przy czym profil pozostawania w pracy podczas zwarcia opisuje przebieg napięcia międzyfazowego o najmniejszej amplitudzie.

Uzupełnienie

PGM może odłączyć się od sieci podczas zwarcia niesymetrycznego w przypadku, gdy co najmniej jedno z napięć międzyfazowych obniży się poniżej krzywej przedstawionej na rysunku określonym w Artykule 14.3.a.(i).

39


**Art. 16.3.c – FRT dla zwarć niesymetrycznych**

---

**Zapisy Rozporządzenia**

Moduły wytwarzania energii typu D muszą spełniać następujące wymogi dotyczące odporności:

c) zdolność do pozostania w pracy podczas zwarcia w przypadku zwarć niesymetrycznych określa każdy OSP.

---




**Wymóg**

➤ Podmiot odpowiedzialny: OSP

➤ Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania

Wymogi dla zwarć niesymetrycznych są analogiczne do wymagań jak opisano w art. 16.3.a(i), przy założeniu, że profil pozostawania podczas zwarcia opisuje przebieg napięcia międzyfazowego o najmniejszej amplitudzie.

Jednostka wytwórcza może odłączyć się od sieci podczas zwarcia niesymetrycznego w przypadku, gdy co najmniej jedno z napięć międzyfazowych obniży się poniżej krzywej przedstawionej na rysunku, określonym w wymogu, zgodnie z art. 16.3.a(i).

40




**Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.**



INSTYTUT ENERGETYKI  
ODDZIAŁ GDAŃSK

implemetacjaRfG@pse.pl





**Art. 17.3 – odbudowa mocy czynnej po zwarcii**

**Zapisy Rozporządzenia**

Oдноśnie do odporności synchroniczne moduły wytwarzania energii typu B muszą mieć zdolność do zapewnienia pozakłócenieniowego odtwarzania mocy czynnej. Właściwy OSP określa wielkość i czas odtwarzania mocy czynnej




**Wymóg**

- Podmiot odpowiedzialny: OSP
- Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania

Pozakłócenieniowe odtworzenie mocy czynnej przez synchroniczny moduł PGM powinno nastąpić bez zbędnej zwłoki, zgodnie z naturalnymi właściwościami maszyny synchronicznej.

Uzupełnienie

W przypadku stosowania automatyki szybkiego zaworowania (z ang. *fast valving*), pozakłócenieniowe odtworzenia mocy czynnej może odbywać się z inną charakterystyką niż wynikająca z naturalnych właściwości synchronicznego modułu PGM, uzgodnioną z OSP.

42



### Art. 17.3 – odbudowa mocy czynnej po zwarcu

#### Komentarz

Fast valving (szybkie zaworowanie) pozwala zwiększyć stabilność kątową generatora z turbinami parowymi dla dużych zakłóceń takich jak zwarcia w sieci i polega na:

- ✓ szybkiej identyfikacji potrzeby jego wykonania,
- ✓ szybkim zamknięciu (nawet w ciągu 100 ms) zaworów regulujących dopływ pary (na ogół są to zawory dla części średnio i nisko ciśnieniowej turbiny odpowiadające za 70-80% mocy),
- ✓ utrzymaniu stanu zamkniętych zaworów przez pewien krótki czas, rzędu sekund,
- ✓ stosunkowo wolnym (kilkanaście lub więcej sekund) powrocie do pełnej lub tylko częściowej mocy turbiny, która była przed zakłóceniem.

Fast valving jest skuteczny dla zwarć trwających powyżej 300 ms i sytuacji, w których sieć po usunięciu zwarcia jest znacznie osłabiona. Dla zwarć bliskich usuwanych przez zabezpieczenie podstawowe fast valving nie jest wystarczająco szybki, aby uzyskać poprawę stabilności.



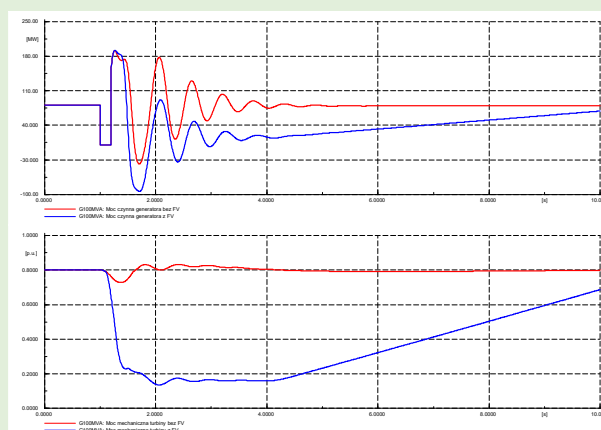
43



### Art. 17.3 – odbudowa mocy czynnej po zwarcu

#### Komentarz

Ilustracja wpływu fast valvingu na odbudowę mocy czynnej generatora po zwarcu i przebieg mocy mechanicznej turbiny



44



## Art. 19.2.b.(v) – PSS

### Zapisy Rozporządzenia

Synchroniczne moduły wytwarzania energii typu D muszą spełniać następujące dodatkowe wymogi dotyczące stabilnego poziomu napięcia:

b) umowa, o której mowa w lit. a), musi obejmować specyfikacje i charakterystyki automatycznego regulatora napięcia („AVR”) w odniesieniu do regulacji napięcia w stanie ustalonym i napięcia w stanie nieustalonym, a także specyfikacje i charakterystyki układu regulacji wzbudzenia. Ostatnie z powyższych specyfikacji i charakterystyk obejmują:

(v) funkcję PSS w celu tłumienia oscylacji mocy w przypadku, gdy wielkość synchronicznego modułu wytwarzania energii przekracza wartość mocy maksymalnej określonej przez właściwego OSP.

### Wymóg

- Podmiot odpowiedzialny: OSP
- Kwalifikacja wymogu: wymóg ogólnego stosowania

Celem zapewnienia stabilnej pracy systemu wszystkie synchroniczne moduły PGM typu D o mocy maksymalnej równej i powyżej **20 MW** muszą być wyposażone w funkcję PSS (tłumienia oscylacji mocy).



45



**Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.**



**INSTYTUT ENERGETYKI**  
ODDZIAŁ GDAŃSK

[implemetacjaRfG@pse.pl](mailto:implemetacjaRfG@pse.pl)

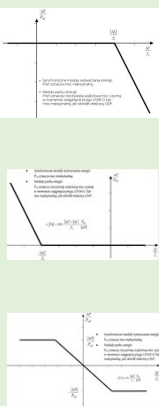


**Przyjęcie  $P_{ref}$ :  $P_{max}$  vs  $P_{aktualne}$**

**Potrzeba definicji  $P_{ref}$**

Definicja  $P_{ref}$  potrzebna przy określaniu odpowiedzi częstotliwościowej mocy czynnej:

- Charakterystyka LFSM-O (Art. 13.2.a)
- Charakterystyka LFSM-U (Art. 15.2.c)
- Praca w trybie FSM (Art. 15.2.d)



$$s_1[\%] = 100 \cdot \frac{|\Delta f|}{f_n} \cdot \frac{P_{ref}}{|\Delta P|}$$

PSE

47

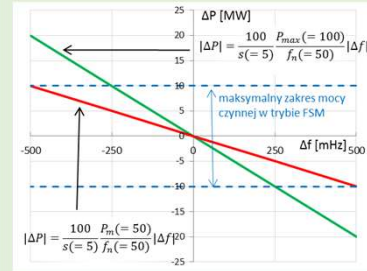
**Przyjęcie  $P_{ref}$ :  $P_{max}$  vs  $P_{aktualne}$**

**$P_{max}$  vs  $P_{aktualne}$**

- ✓ Dla synchronicznych modułów wytwarzania  $P_{ref} = P_{max}$
- ✓ Dla PPM możliwość zdefiniowania  $P_{ref} = P_{max}$  lub  $P_{ref} = P_{aktualne}$

Z definicji statyzmu:  $s[\%] = 100 \frac{|\Delta f|}{f_n} \frac{P_{ref}}{|\Delta P|}$

po przekształceniu otrzymujemy:  $|\Delta P| = \frac{100}{s[\%]} \frac{P_{ref}}{f_n} |\Delta f|$



Porównanie charakterystyki FSM przy założeniu statyzmu  $s = 5\%$

$P_{ref} = P_{max} = 100$  (linia zielona) i

$P_{ref} = P_m = 50$  (linia czerwona)

PSE

48



**Przyjęcie  $P_{ref}$ :  $P_{max}$  vs  $P_{aktualne}$**

**$P_{max}$  vs  $P_{aktualne}$**

**$P_{ref} = P_{max}$**

- ✓ Zasoby regulacyjne wyczerpane wcześniej na obiektach pracujących z niższą mocą czynną
- ✓ Przewidywalność zmiany mocy źródła w odpowiedzi na zmianę częstotliwości


**$P_{ref} = P_{aktualne}$**

- ✓ Zasoby regulacyjne wyczerpane równocześnie na wszystkich obiektach niezależnie od generowanej mocy czynnej
- ✓ Zmiana mocy źródła zależna od mocy początkowej => aktywacja całego pasma FSM zależna od punktu pracy

49




**Harmonogram dalszych działań**

50




### Harmonogram wdrażania wymogów ogólnego stosowania

- Opiniowanie propozycji wymogów przygotowanych przez PSE S.A. - spotkania z przedstawicielami Wytwórców:
  - 19.10.2017 r. – spotkanie dotyczące wymogów ogólnych
  - 26.10.2017 r. – spotkanie dotyczące wymogów dla maszyn synchronicznych
  - 09.11.2017 r. – spotkanie dotyczące wymogów dla PPM oraz morskich PPM
  - 30.11.2017 r. – spotkanie końcowe
- Ze względów organizacyjnych prosimy o potwierdzenie udziału w każdym z powyższych spotkań w terminie do pięciu dni przed wyznaczoną datą spotkania*
- 31.12.2017 - termin zakończenia opiniowania i składania uwag poprzez formularz zgłoszeniowy dostępny na stronie internetowej [www.pse.pl](http://www.pse.pl)
- 28.02.2017 - planowany termin opracowania końcowej propozycji wymogów
- marzec 2017 - prezentacja końcowej propozycji wymogów przedstawicielom sektora elektroenergetycznego
- 17 maja 2018 - przedstawienie propozycji wymogów do zatwierdzenia URE

51






### Zgłaszanie uwag do propozycji wymogów

Uwagi do propozycji wymogów ogólnego stosowania należy zgłaszać w terminie do dnia **31.12.2017 r.**, za pomocą formularza dostępnego na stronie internetowej:

<http://www.pse.pl/index.php?dzid=14&did=3688>

Wypełniony formularz należy przesłać na adres poczty elektronicznej:

[implemetacjaRfG@pse.pl](mailto:implemetacjaRfG@pse.pl)

52



**Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.**



**INSTYTUT ENERGETYKI**  
ODDZIAŁ GDAŃSK

[implemetacjaRfG@pse.pl](mailto:implemetacjaRfG@pse.pl)

