



Konwersatorium Inteligentna Energetyka

Transformacja energetyki: nowy rynek energii, klastry energii

Prosumencka infrastruktura energetyczna w osłonach kontrolnych OK1 i OK2

rozdział monografii, prace wstępne

Marcin Fice

Gliwice, 28 luty 2017

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Stan elektroenergetyki w obecnych granicach polski do II Wojny Światowej

1898 – pierwsza przemysłowa elektrownia w Chorzowie, moc ok. 1 MW

1898 – elektrownia w Zabrze, moc 280 kW, 1906 – 1,3 MW

1920 – elektrociepłownia Szombierki – moc ok. 13 MW

1938: Liczba elektrowni: 3 200

Moc zainstalowana: 1 600 MW

System elektroenergetyczny: rejony autonomiczne

Stan elektroenergetyki w Polsce tuż po II Wojnie Światowej

Liczba elektrowni: 361 (191 – elektrownie zawodowe)

Moc zainstalowana: 2 500 MW (1 300 MW – elektrownie zawodowe)

System elektroenergetyczny: nieliczne połączenia lokalne (system górnośląski 60 kV połączony linią 110 kV z systemem południowo-centralnym, system północny 60 kV, system zachodni 110 kV, rejon łódzki 30 kV, rejon Stalowej Woli 30 kV.

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Polska i europejska elektroenergetyka przełomu XX i XXI w.

Rok 1995 Przyłączenie KSE do UCPTÉ.

Rok 1996 Dyrektywa 96/92/WE, I pakiet liberalizacyjny: wydzielenie
OSP.

Rok 2004 Dyrektywa 2003/54/WE, II pakiet liberalizacyjny: określenie
warunków korzystania z sieci przy wymianie transgranicznej,
wydzielenie OSD, zasada TPA dla odbiorców nie będących odbiorcami
bytowo-komunalnymi (od 2007 r. dla wszystkich odbiorców).

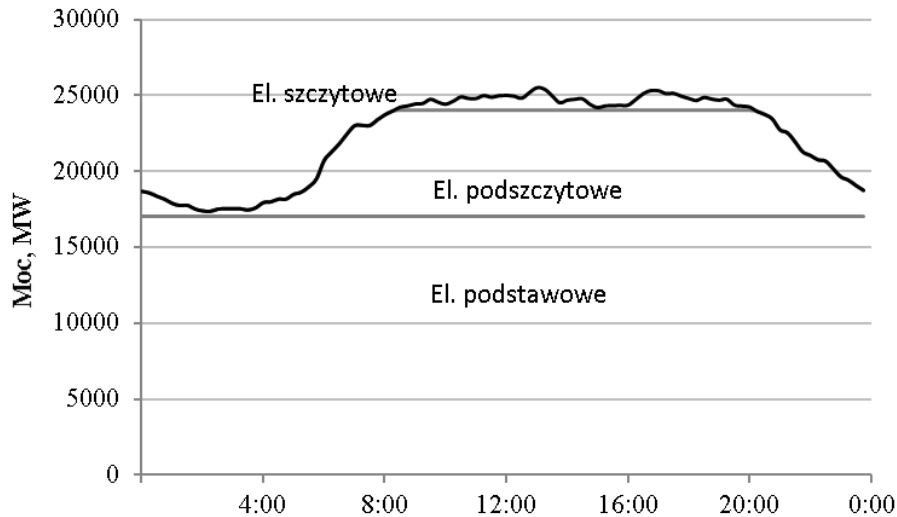
Rok 2009 – 2011 Dyrektywa 2009/72/WE III pakiet liberalizacyjny:
unbundling¹, konkurencja na jednolitym rynku europejskim.

¹Unbundling - rozdzielenie świadczenia usług przesyłowych i dystrybucyjnych od wytwarzania energii elektrycznej

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

Profil KSE – profil zapotrzebowania w
Krajowym Systemie Elektroenergetycznym

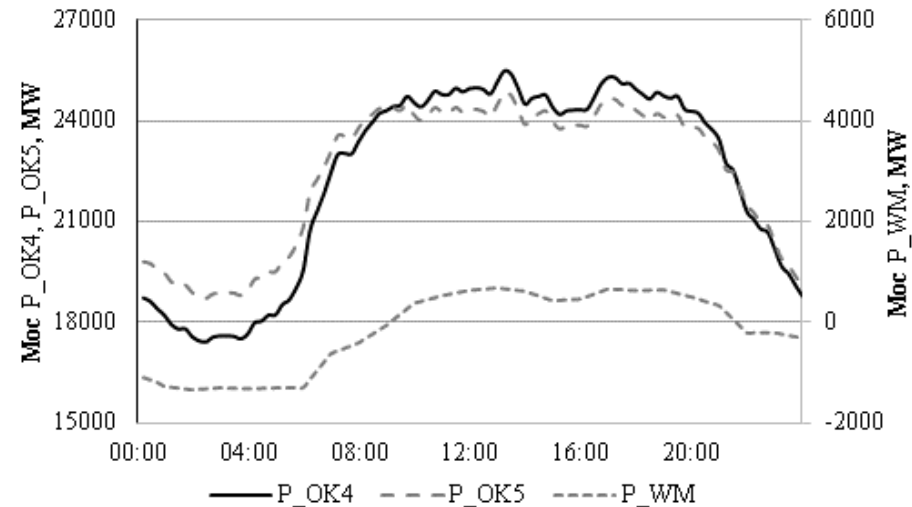


vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Profil OK4 – profil zapotrzebowania w
Krajowym Systemie Elektroenergetycznym
skorygowany o wymianę transgraniczną



$$P_{OK5} = P_{OK4} - P_{WM}$$

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

Usługi systemowe

Rynek bilansujący

Regulacja: pierwotna, wtórna i trójna
(bilans mocy czynnej

Operacyjna rezerwa mocy

Regulacja napięcia (bilans mocy biernej)

Praca z zaniżeniem i przeciążeniem

Praca interwencyjna

Interwencyjna rezerwa zimna

DSM/DSR

Dyspozycyjność jednostek nJWCD

Samoczynne częstotliwościowe odciążenie

vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

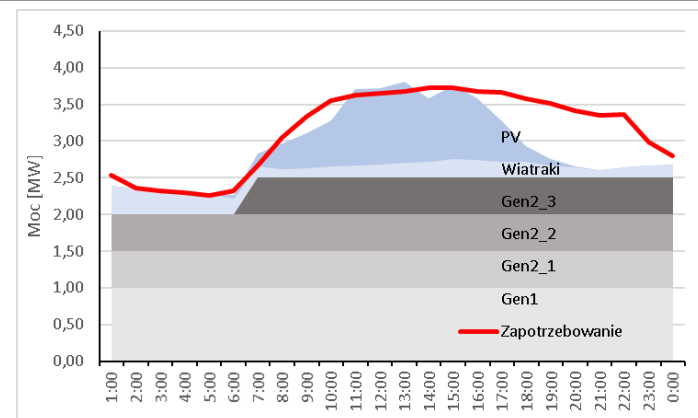
DSM/DSR lokalny

Self dispatching

Net metering

Taryfa dynamiczna

Źródła regulacyjno – bilansujące
Zasobniki wirtualne (sieciowe)



*Instrukcja ruchu i eksploatacji sieci przesyłowej.
Bilansowanie systemu i zarządzanie ograniczeniami
systemowymi. Wersja 1.0, Tekst jednolity obowiązujący
od dnia 1.01.2017 r. Polskie Sieci Elektroenergetyczne*

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

Wymagania jakościowe UCTE / ENTSO-E

W zakresie częstotliwości
Standardowy zakres zmian częstotliwości dla
regulacji pierwotnej: **±0,02 Hz**
Max odchylenie w stanie
quasi statycznym: **±0,18 Hz**
Maksymalne chwilowe odchylenie
częstotliwości dynamiczne: **±0,8 Hz**
Uruchomienie SCO – samoczynne
częstotliwościowe odciążenie: **f < 49 Hz**

vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Wymagania jakościowe dla pracy wyspowej

W zakresie częstotliwości i napięcia
Przez 99,5% tygodni: **±2%**
(49 – 51 Hz)
Przez 100% tygodnia: **±15%**
(42,5 – 57,5 Hz)
Odchylenia napięcia: **+10 / -15% U_n**

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

Wymagania jakościowe sieci przesyłowych

Zwiększanie częstotliwości – wzrost strat
Zmiany częstotliwości – straty w transformatorach
Moc bierna – zmiany napięcia, wzrost strat

Wymagania jakościowe generatorów

Zmiany częstotliwości – trwałość generatorów, kołysanie mocy

vs

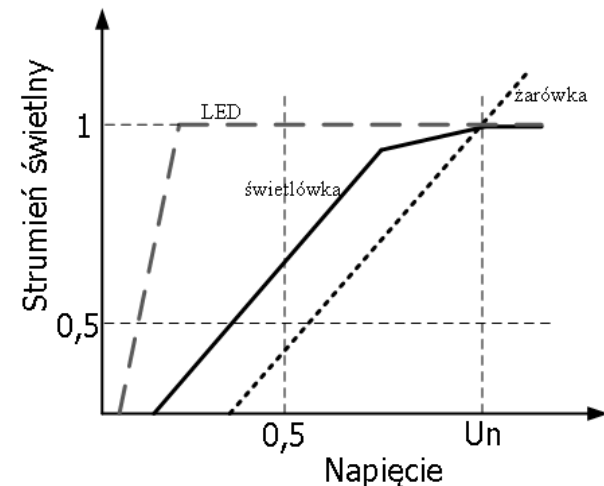
Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań jakościowych zasilania odbiorów/odbiorców w sieciach SN/nN

Wymagania jakościowe odbiorników

Oświetlenie

Reakcja na zmiany częstotliwości:
Żarówki tradycyjne – brak
Świetlówki – brak lub zależnie od zasilacza
LED – brak lub zależnie od zasilacza
Reakcja na zmianę napięcia zasilania:



Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Urządzenia grzewcze rezystancyjne

Reakcja na zmiany częstotliwości: brak

Reakcja na zmianę napięcia zasilania:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Zasilacze energoelektroniczne

Nie reagują na zmiany częstotliwości.

W typowych zasilaczach w zakresie częstotliwości producenci podają najczęściej zakres 50 – 60 Hz, ale jest to związane ze spełnieniem normy CE. Natomiast zasilacze tego typu posiadają w obwodach wejściowych układy prostownikowe, które uniezależniają od zmian częstotliwości napięcia zasilającego.

Reakcja na zmianę napięcia: poniżej napięcia wyjściowego zasilacza + spadek napięcia na układzie przekształtnikowym.

Typowy zakres napięć wejściowych zasilaczy sieciowych obniżających napięcie wynosi 100 – 240 V.

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

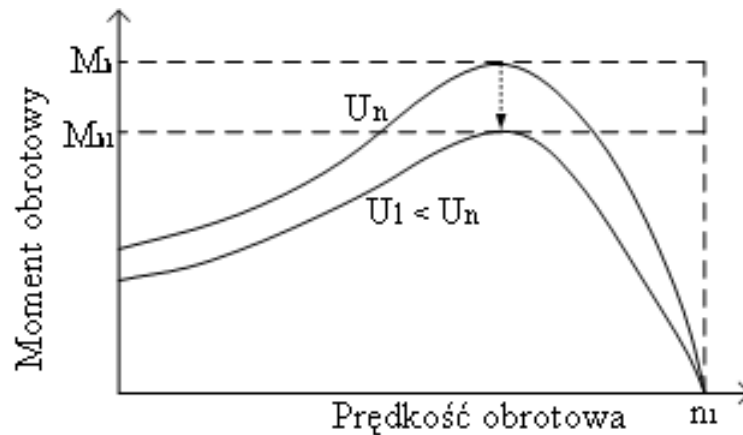
vs

Rynek NI/EP[⊕]

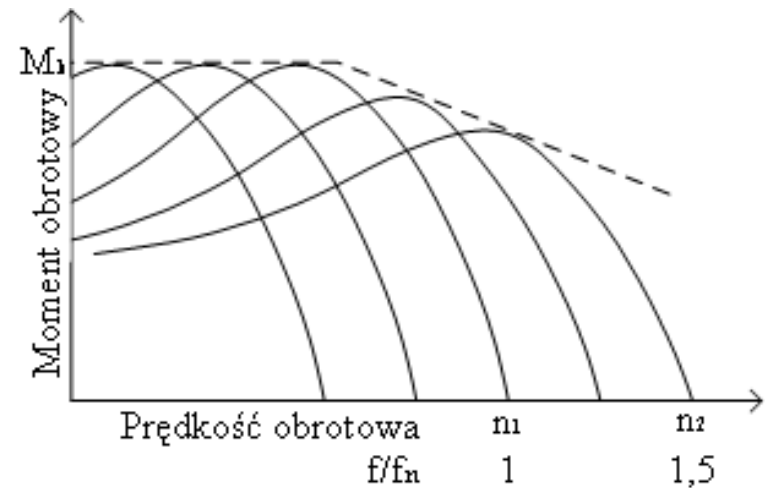
Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Napędy elektryczne z silnikami indukcyjnymi

Zmiana napięcia zasilania



Zmiana częstotliwości – zasilanie z falownika



Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Wymagania jakości energii dla spalinowych zespołów prądotwórczych [11]

	Klasy odbiorów		
	G1	G2	G3
Spadek częstotliwości, %	≤8	≤5	≤3
Odchyłka częstotliwości w stanie ustalonym, %	≤2,5	≤1,5	≤0,5
Odchyłka częstotliwości dla 100% spadku mocy, %	≤+18	≤+12	≤+10
Odchyłka częstotliwości dla nagłego wzrostu mocy, %	≤-15	≤-10	≤-7
Odchyłka napięcia dla 100% spadku mocy, %	≤+35	≤+25	≤+20
Odchyłka napięcia dla nagłego wzrostu mocy, %	≤-25	≤-20	≤-15

G1 – podstawowe parametry w zakresie napięć oraz częstotliwości (np. oświetlenie, ogrzewanie)

G2 – wymagania zbliżone do sieci publicznych (np. pompy, wentylatory)

G3 – zwiększone wymagania jakości zasilania (np. zasilacze UPS, telekomunikacja)

Norma PN-ISO 8528-5:1997. Zespoły prądotwórcze prądu przemiennego napędzane silnikiem spalinowym tłokowym

Rynek WEK[⊖]

Rynek scentralizowanych
usług systemowych

vs

Rynek NI/EP[⊕]

Ekwiwalent wymagań
jakościowych zasilania
odbiorów/odbiorców w
sieciach SN/nN

Wymagania jakości energii wyjściowej dla przekształtnikowych układów zasilania

Parametr	Wartość
Zmiany częstotliwości	±1%
Zmiany napięcia	±1%
Zdolność do przeciążenia 150%	60 s
Odchyłka napięcia dla nagłego wzrostu mocy o 100%	≤5%
Dopuszczalna zawartość harmoniczných napięcia, THD	≤5%
Maksymalny czas regulacji dla stanu ustalonego	5 ms



Politechnika
Śląska



Centrum Energetyki
Prosumenckiej



Wydział Elektryczny
Instytut Elektrotechniki i Informatyki

marcin.fice@polsl.pl