



Nowoczesne systemy wsparcia stabilności sieci elektroenergetycznych oparte na inwerterach i magazynach energii

Rafał Kozieł

Warszawa, 06.12.2023





Nota prawna

WAŻNA WSKAZÓWKA:

Wszystkie informacje tu zawarte zostały przygotowane z najwyższą starannością. Pomimo to nie gwarantujemy prawidłowości i kompletności danych i żadna z zawartych tu informacji nie powinna być interpretowana jako taka gwarancja. Przedsiębiorstwo nie ponosi odpowiedzialności za błędy zawarte w tym dokumencie, o ile szkoda nie została spowodowana umyślnie lub w wyniku rażącego zaniedbania ze strony Przedsiębiorstwa. Ponadto Przedsiębiorstwo nie ponosi odpowiedzialności za skutki działań wynikających z danych i informacji udostępnionych w niniejszej prezentacji.

Informacje zawarte w tej prezentacji są wciąż uzupełniane, modyfikowane i aktualizowane, przy czym Przedsiębiorstwo nie musi o tym informować z wyprzedzeniem. Niektóre stwierdzenia zawarte w niniejszej prezentacji mogą być stwierdzeniami dotyczącymi oczekiwań co do przyszłości lub innymi stwierdzeniami wybiegającymi w przyszłość, na podstawie obecnych poglądów i założeń kierownictwa, które podlegają znanym i nieznanym ryzykom i niepewności. Rzeczywiste rezultaty, fakty i wyniki Przedsiębiorstwa mogą się w znacznym stopniu różnić od informacji zawartych w prezentacji, m.in. ze względu na określone czynniki, zmienione uwarunkowania handlowe i rynkowe oraz prognozowane przez kierownictwo koncernu możliwości wzrostu. Te oraz inne czynniki mogą mieć wpływ na wynik i konsekwencje finansowe opisanych w prezentacji planów i zdarzeń. Przedsiębiorstwo nie przejmuje żadnego zobowiązania do kontynuacji opisywania wypowiedzi zorientowanych na przyszłość i dostosowywania ich do przyszłych wyników lub projektów. Stwierdzeń dotyczących sytuacji w przyszłości, które dotyczą jedynie daty tej prezentacji, nie należy bezkrytycznie traktować jako pewnych.

Prezentacja ta służy jedynie do celów informacyjnych i jedynie po zezwoleniu udzielonym wcześniej przez Przedsiębiorstwo może być przekazana osobom trzecim lub tym, do których nie jest skierowana. Żadna część niniejszej prezentacji nie może być kopiowana, reprodukowana, cytowana ani wykorzystywana do celów innych niż te, dla których została udostępniona. Treści niniejszej prezentacji, tj. wszystkie teksty, obrazy i pliki dźwiękowe są chronione prawem autorskim. Informacje zawarte w prezentacji są własnością Przedsiębiorstwa.

Niniejszy dokument nie stanowi oferty sprzedaży papierów wartościowych w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Papiery wartościowe nie mogą być oferowane ani sprzedawane w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej bez rejestracji lub zwolnienia z obowiązku rejestracji na mocy zmienionego wydania US Securities Act z roku 1933.

SMA Solar Technology

Ponad 40 lat obecności na rynku

SMA jest jednym ze światowych liderów branży inwerterów fotowoltaicznych oraz rozwiązań do zarządzania i magazynowania energii. Wyróżnia nas jakość i innowacyjność.

**>135 GW mocy
zainstalowanej
inwerterów PV**

**1,700 patentów
i wzorów użytkowych**

**> 11 GW mocy
zainstalowanej
w inwerterach
baterijnych**

4,100 pracowników



Polska – SMA Magnetics

Modlniczka k. Krakowa

800 pracowników

Produkcja podzespołów,
montaż inwerterów, R&D



Kassel, Niemcy

Czym jest Elastyczność systemu elektroenergetycznego



Elastyczność systemu elektroenergetycznego to....



Czym jest Elastyczność systemu elektroenergetycznego



Elastyczność systemu elektroenergetycznego to....

.....zdolność do reagowania na zmiany zachodzące w systemie, **zarówno na płaszczyźnie technicznej**, jak i zachowań użytkowników, przy utrzymaniu stabilnej pracy sieci i dotrzymaniu parametrów jakości oraz niezawodności dostawy energii [1],

A solid red equilateral triangle pointing upwards, with the word 'elastyczność' written in white text inside it.

elastyczność

Czym jest Elastyczność systemu elektroenergetycznego



Elastyczność systemu elektroenergetycznego to....

.....zdolność do reagowania na zmiany zachodzące w systemie, **zarówno na płaszczyźnie technicznej**, jak i zachowań użytkowników, przy utrzymaniu stabilnej pracy sieci i dotrzymaniu parametrów jakości oraz niezawodności dostawy energii [1],

.....to zdolność systemu elektroenergetycznego do reagowania na zmiany zapotrzebowania i **zdolność wytwarzania energii** elektrycznej [2],

A large red equilateral triangle pointing upwards, centered in the lower-left portion of the slide.

elastyczność

Czym jest Elastyczność systemu elektroenergetycznego



Elastyczność systemu elektroenergetycznego to....

.....zdolność do reagowania na zmiany zachodzące w systemie, **zarówno na płaszczyźnie technicznej**, jak i zachowań użytkowników, przy utrzymaniu stabilnej pracy sieci i dotrzymaniu parametrów jakości oraz niezawodności dostawy energii [1],

.....to zdolność systemu elektroenergetycznego do reagowania na zmiany zapotrzebowania i **zdolność wytwarzania energii** elektrycznej [2],

..... to jego zdolność do utrzymania ciągłej pracy w warunkach **szybkich i dużych wahań generacji i poboru** energii elektrycznej [3],

A large, solid red equilateral triangle pointing upwards, centered in the lower-left portion of the slide.

elastyczność

Czym jest Elastyczność systemu elektroenergetycznego



Elastyczność systemu elektroenergetycznego to....

.....zdolność do reagowania na zmiany zachodzące w systemie, **zarówno na płaszczyźnie technicznej**, jak i zachowań użytkowników, przy utrzymaniu stabilnej pracy sieci i dotrzymaniu parametrów jakości oraz niezawodności dostawy energii [1],

.....to zdolność systemu elektroenergetycznego do reagowania na zmiany zapotrzebowania i **zdolność wytwarzania energii** elektrycznej [2],

..... to jego zdolność do utrzymania ciągłej pracy w warunkach **szybkich i dużych wahań generacji i poboru** energii elektrycznej [3],

..... odnosi się do zakresu, w jakim system elektroenergetyczny może modyfikować produkcję lub zużycie energii elektrycznej **w odpowiedzi na zmienność, oczekiwaną lub nieoczekiwaną** [4].



elastyczność

[1] Uzasadnienie do projektu ustawy o zmianie ustawy - Prawo energetyczne oraz ustawy o odnawialnych źródłach energii (UC 74).

[2] Mataczyńska E., Sikora M., Lewandowski W.: Wykorzystanie usług elastyczności przez operatora systemu dystrybucyjnego. XXV Konferencja Naukowo - Techniczna „Rynek Energii Elektrycznej” REE 2019. Kazimierz Dolny, 7-9 października 2019.

[3] Bronk L., Czarnecki B., Magulski R., Maćkowiak-Pandera J.: Elastyczność krajowego systemu elektroenergetycznego. Diagnoza, potencjał, rozwiązania. FORUM ENERGII. Warszawa, luty 2019.

[4] International Energy Agency (IEA), Harnessing variable renewables., Tech. rep., 2011

Czym jest Elastyczność systemu elektroenergetycznego



Elastyczność systemu elektroenergetycznego to....

.....zdolność do reagowania na zmiany zachodzące w systemie, **zarówno na płaszczyźnie technicznej**, jak i zachowań użytkowników, przy utrzymaniu stabilnej pracy sieci i dotrzymaniu parametrów jakości oraz niezawodności dostawy energii [1],

.....to zdolność systemu elektroenergetycznego do reagowania na zmiany zapotrzebowania i **zdolność wytwarzania energii** elektrycznej [2],

..... to jego zdolność do utrzymania ciągłej pracy w warunkach **szybkich i dużych wahań generacji i poboru** energii elektrycznej [3],

..... odnosi się do zakresu, w jakim system elektroenergetyczny może modyfikować produkcję lub zużycie energii elektrycznej **w odpowiedzi na zmienność, oczekiwaną lub nieoczekiwaną** [4].



elastyczność

stabilność

[1] Uzasadnienie do projektu ustawy o zmianie ustawy - Prawo energetyczne oraz ustawy o odnawialnych źródłach energii (UC 74).

[2] Mataczyńska E., Sikora M., Lewandowski W.: Wykorzystanie usług elastyczności przez operatora systemu dystrybucyjnego. XXV Konferencja Naukowo - Techniczna „Rynek Energii Elektrycznej” REE 2019. Kazimierz Dolny, 7-9 października 2019.

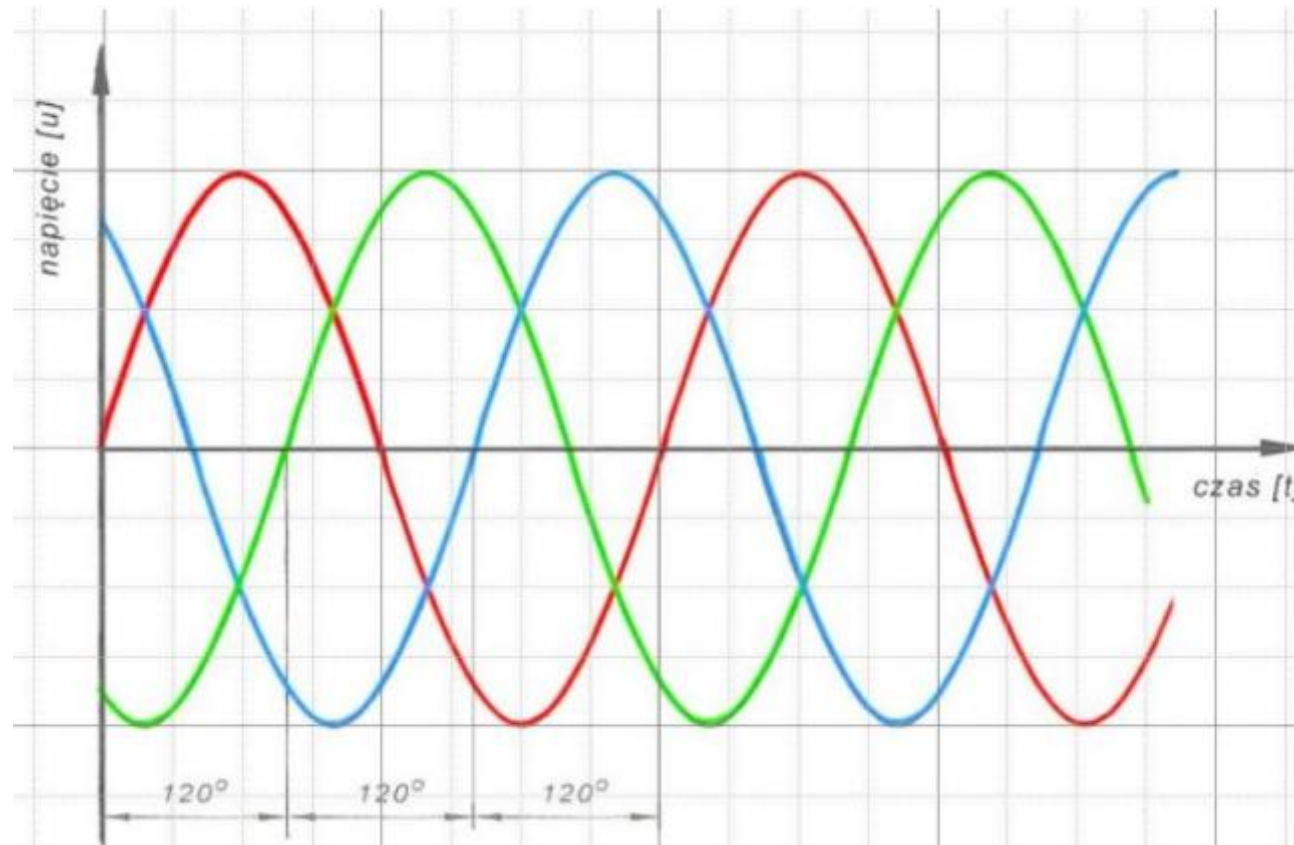
[3] Bronk L., Czarnecki B., Magulski R., Maćkowiak-Pandera J.: Elastyczność krajowego systemu elektroenergetycznego. Diagnoza, potencjał, rozwiązania. FORUM ENERGII. Warszawa, luty 2019.

[4] International Energy Agency (IEA), Harnessing variable renewables., Tech. rep., 2011

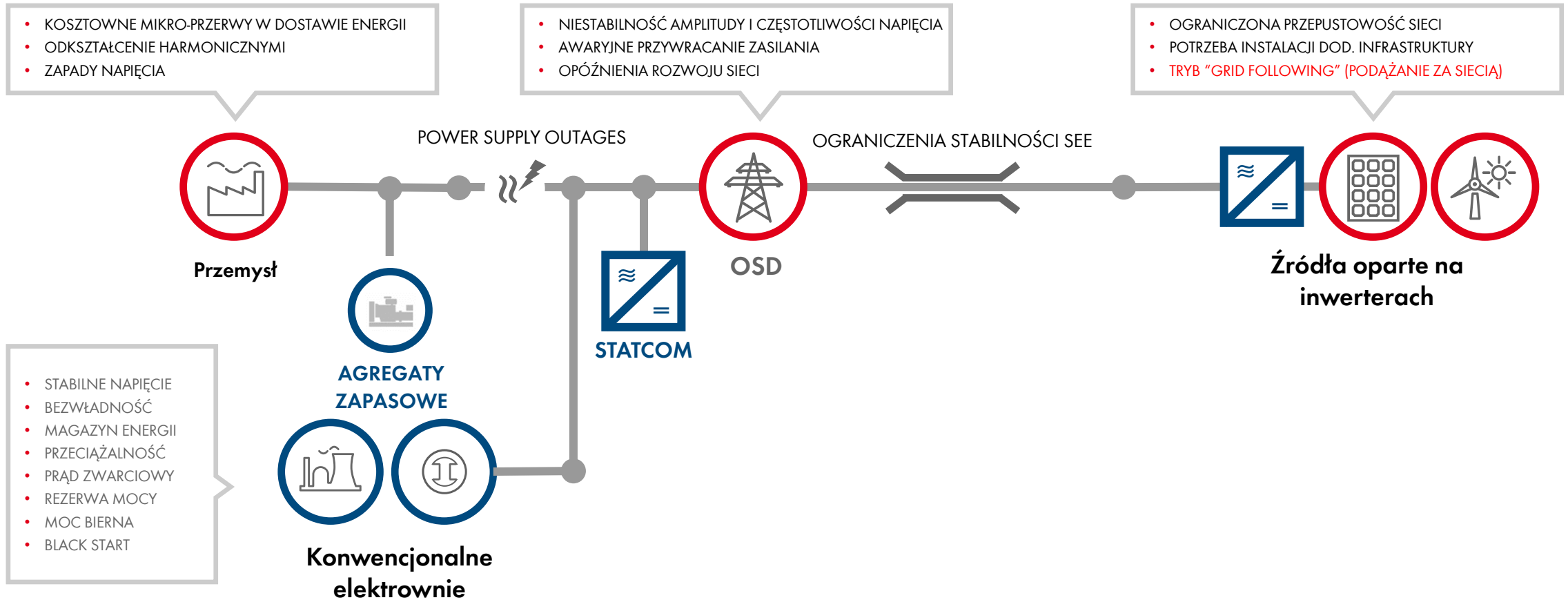
Stabilność sieci



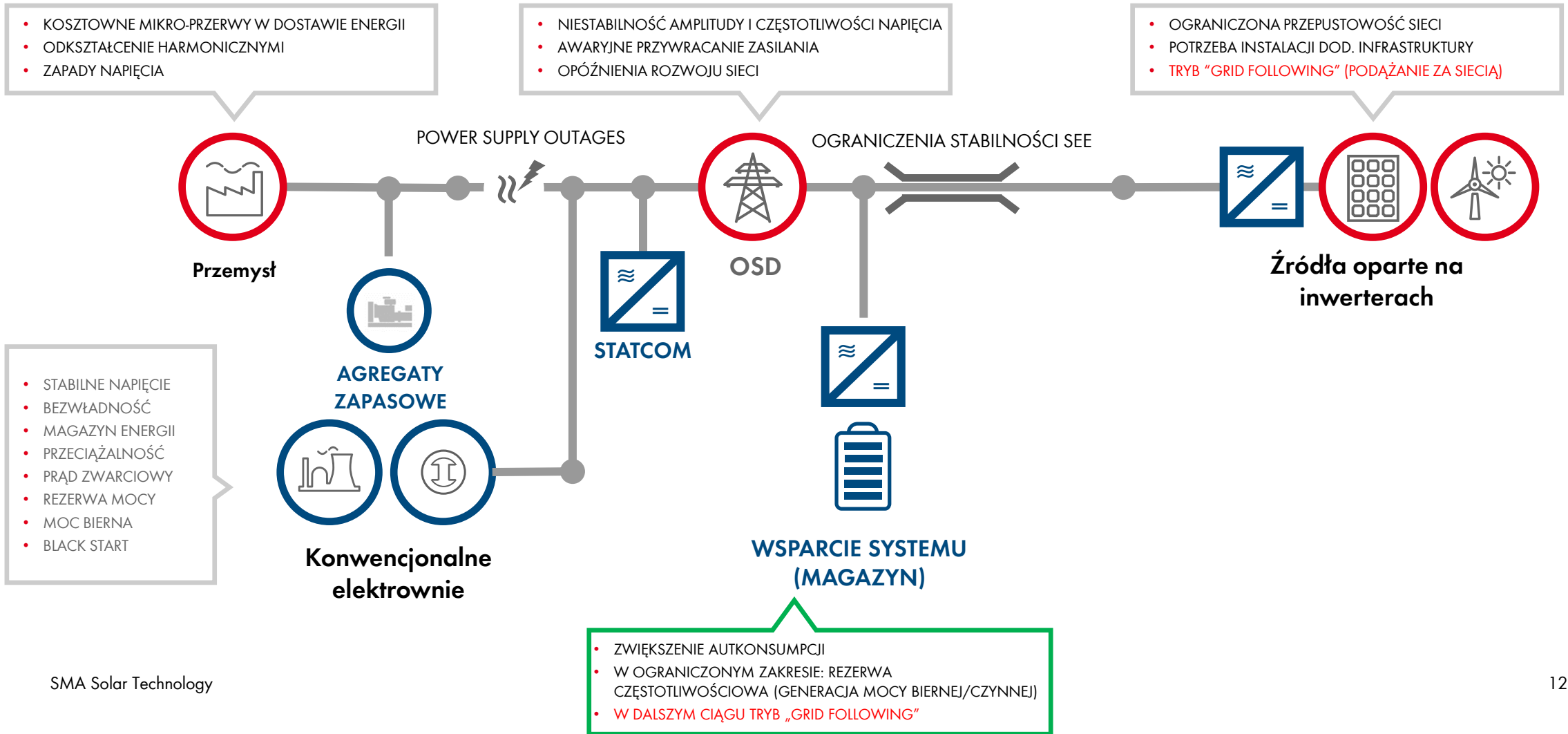
Co to jest stabilność systemu / sieci elektroenergetycznej i dlaczego jest to tak ważne?



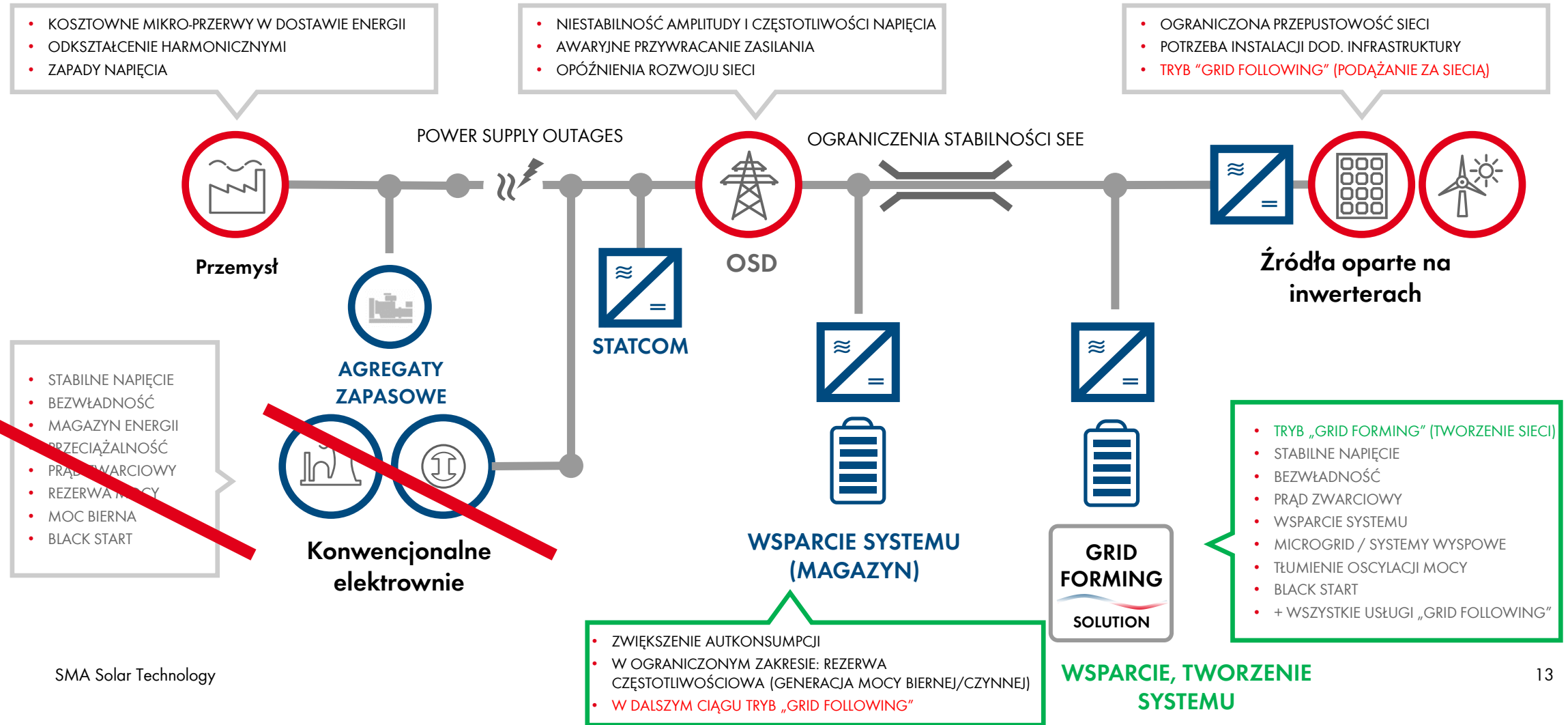
Topologia „dzisiejszej” sieci elektroenergetycznej



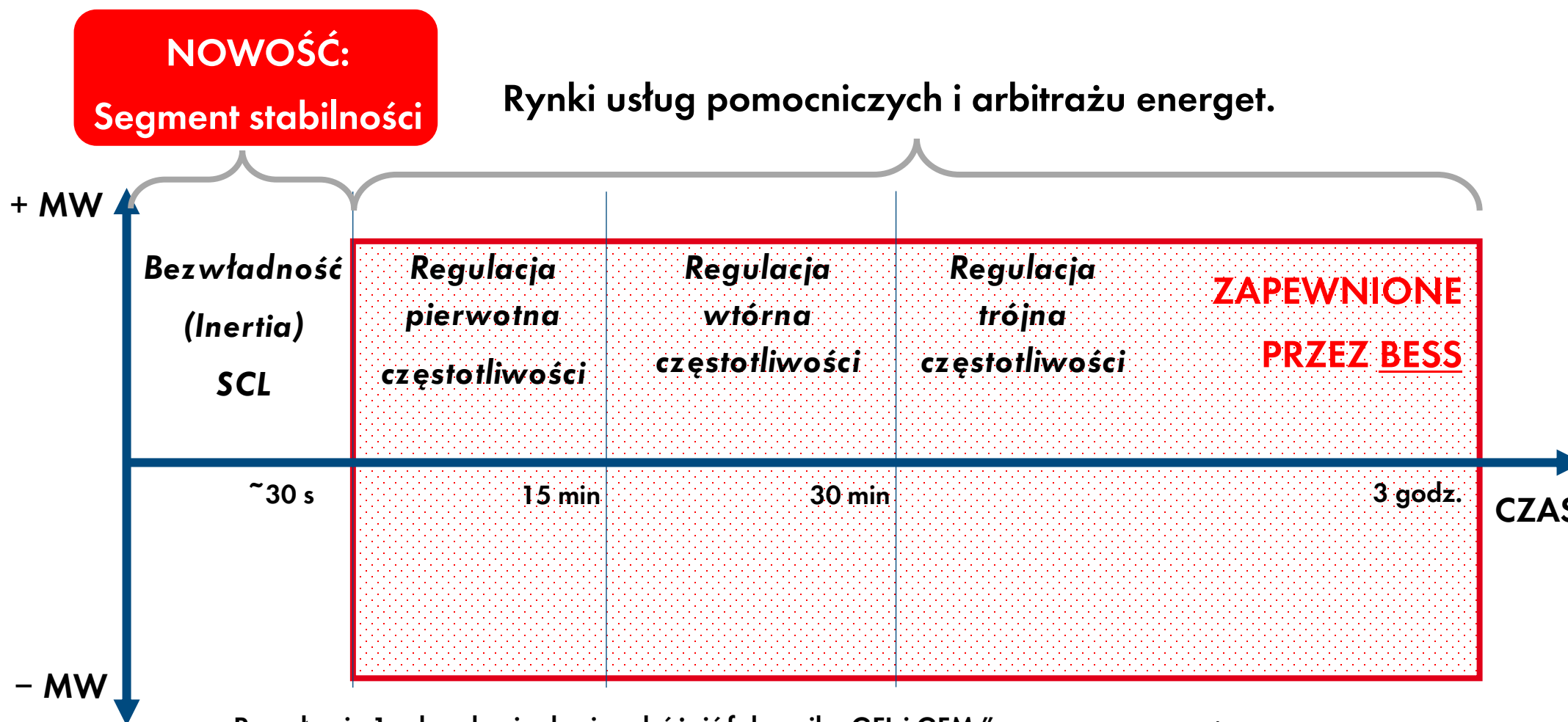
Jakie wyzwania stoją przed nami? Co jest potrzebne do udanej transformacji i dekarbonizacji energetyki?



Jakie wyzwania stoją przed nami? Co jest potrzebne do udanej transformacji i dekarbonizacji energetyki?



Potrzeba stworzenia nowego segmentu na rynku energetycznym:
usługi zapewnienia stabilności (podobnie jak elastyczności)



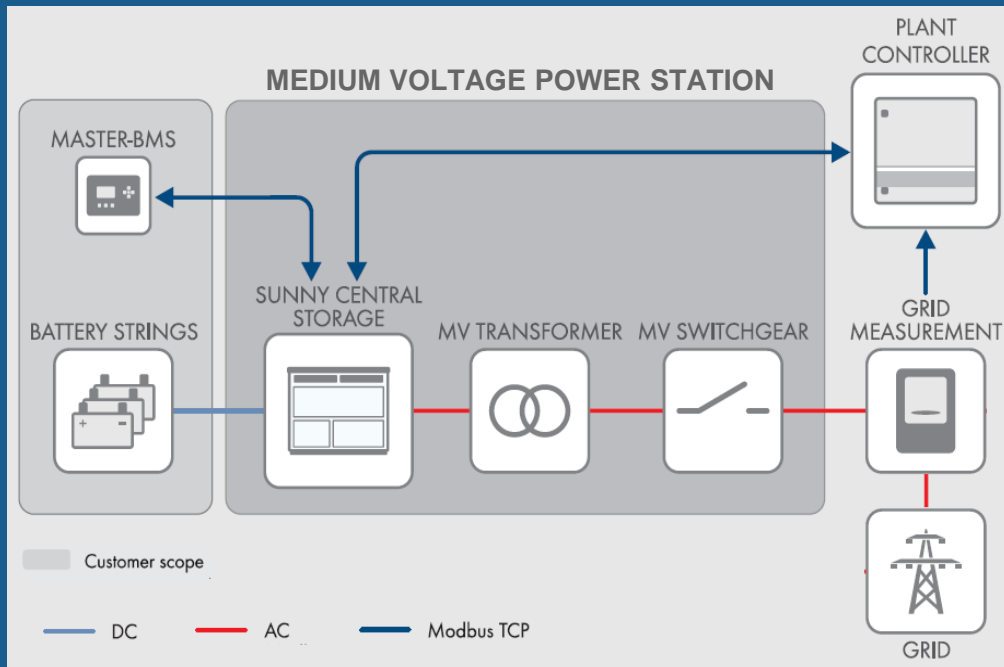
„Po upływie 1 sekundy nie da się odróżnić falownika GFL i GFM.” 50Hertz Transmission GmbH

„Ale decydujące znaczenie w przypadku usterki / podziału systemu / awarii ma pierwszych 100 ms.” SMA Solar Technology AG

Główne elementy systemu



Komponenty bazowe



Dwa główne tryby pracy GFM



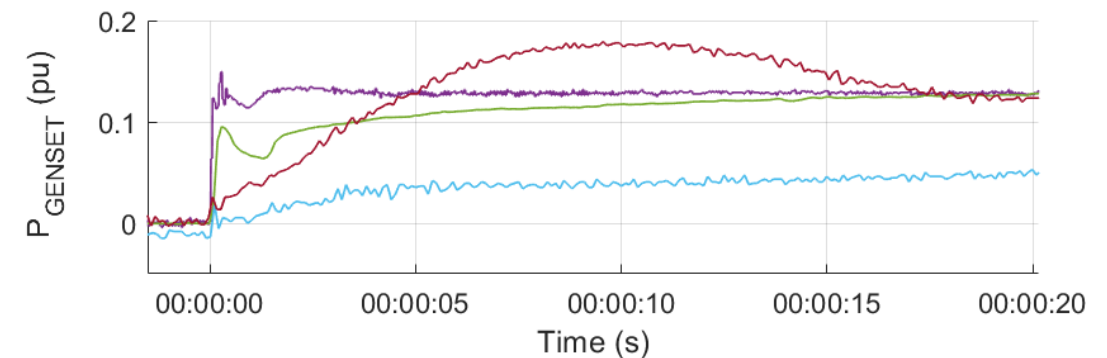
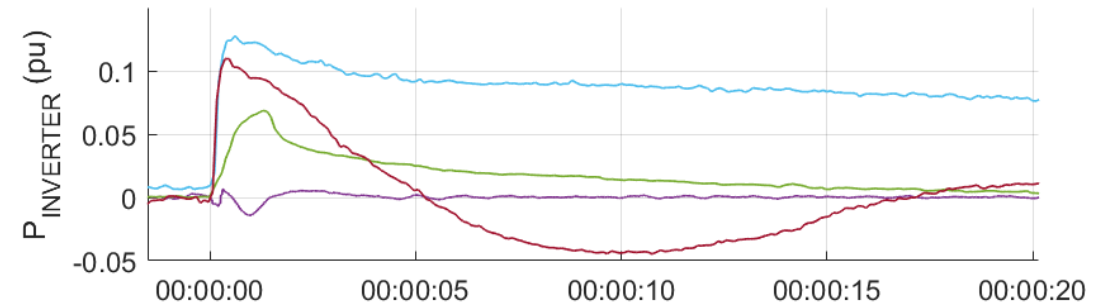
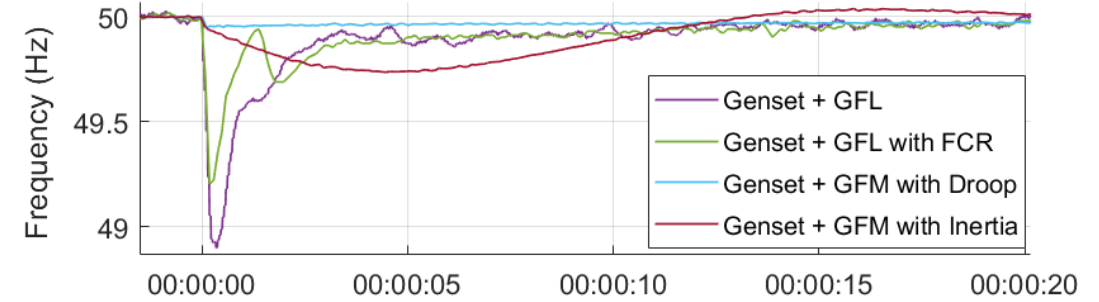
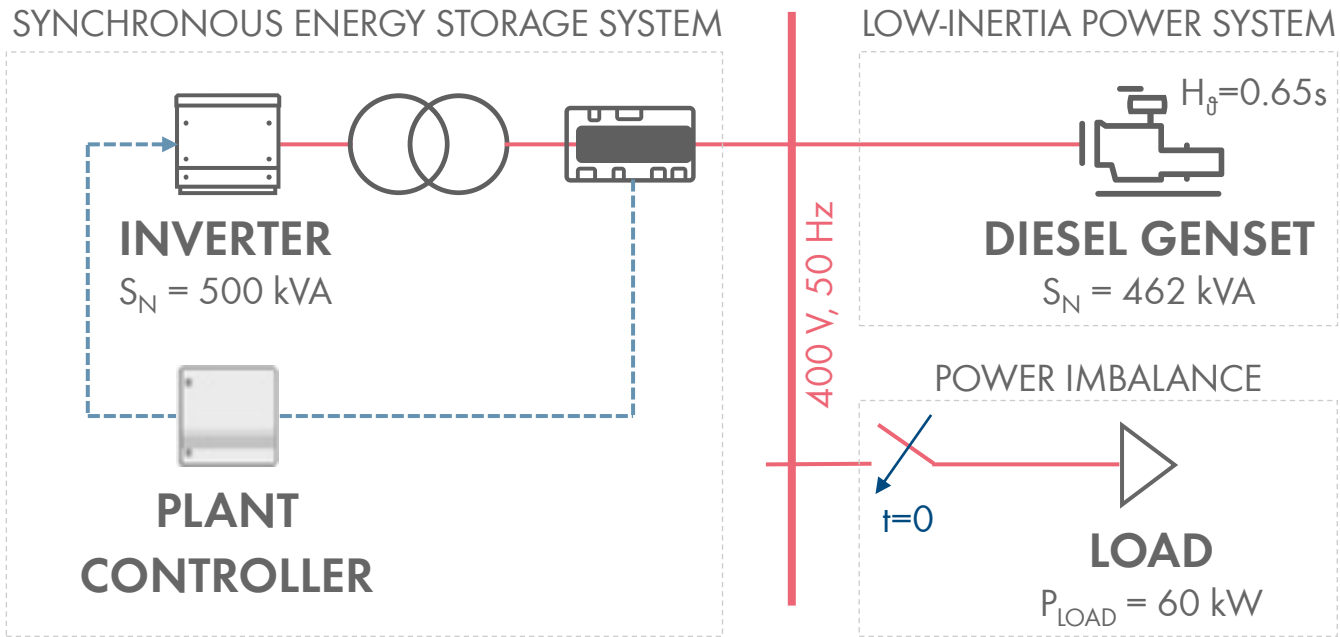
Droop control

Reakcja na wielkość zaburzenia; odpowiednik regulacji pierwotnej FCR

Inertia control

reakcja na dynamikę / gradient RoCoF i RoCoV;
odpowiednik regulacji wtórnej aFRR

Jak to działa - przykład



1. zastosowanie: **Grid Booster**

Wyzwanie / Sytuacja:

- Rosnący udział odnawialnych źródeł energii, długie linie przesyłowe, kosztowne i trudne rozbudowy sieci, obniżenie stabilności systemu i pewności zasilania
- Zarządzanie ograniczeniami przesyłowymi, rosnące koszty redysponowania, ograniczanie mocy wytwórczych elektrowni wykorzystujących energię odnawialną

Rozwiązanie:

- Instalacja magazynów energii w strategicznie istotnych częściach sieci przesyłowych i dystrybucyjnych
- Bateria jako "wirtualna linia transmisyjna" o bardzo szybkim czasie reakcji
- Lokalne podniesienie stabilności, regulacja amplitudy i częstotliwości napięcia w częściach sieci gdzie odbiegają one od standardów

Realizowane projekty:

- TransnetBW GmbH: Netzbooster Kupferzell 1x 250 MW
- Tennet: Netzbooster Audorf/Süd und Ottenhofen 2 x 100 MW
- Coordinador (Chile): Netzbooster Lo Aguirre / Parinas 2 x 500 MW



2. zastosowanie: **inercja/SCL (poprawa stabilności)**



Wyzwanie / Sytuacja:

- Zwiększenie udziału OZE + wygaszanie produkcji energii z węgla i atomu → zmniejszenie ilości źródeł zapewniających dotychczas stabilność systemu
- Duże odległości tranzytowe energii → długie linie zasilające z większą rezystancją, zmniejszająca się moc zwarciowa

Rozwiązanie:

- Zapewnianie inercji za pomocą bateryjnych systemów magazynowania energii (BESS) sprzężonych z falownikami GFM
- Zwiększenie mocy zwarciowej proporcjonalnie do wielkości magazynów
- Połączone usługi serwisowe dla systemu

Realizowane projekty:

- Program Stability Pathfinder w Wielkiej Brytanii,
- Operatorzy w Niemczech (od 2024)
- Australia: AEMO



3. zastosowanie: **blackstart, zasilanie rezerwowe**



Wyzwanie / Sytuacja:

- Zapewnienie mocy niezbędnej do wykonania blackstartu (kontrakt z konwencjonalnym źródłem wytwórczym, na wypadek awarii)
- Zapewnienie ciągłości zasilania
- Możliwość pracy w odseparowaniu od sieci publicznej (Off-Grid)

Rozwiązanie:

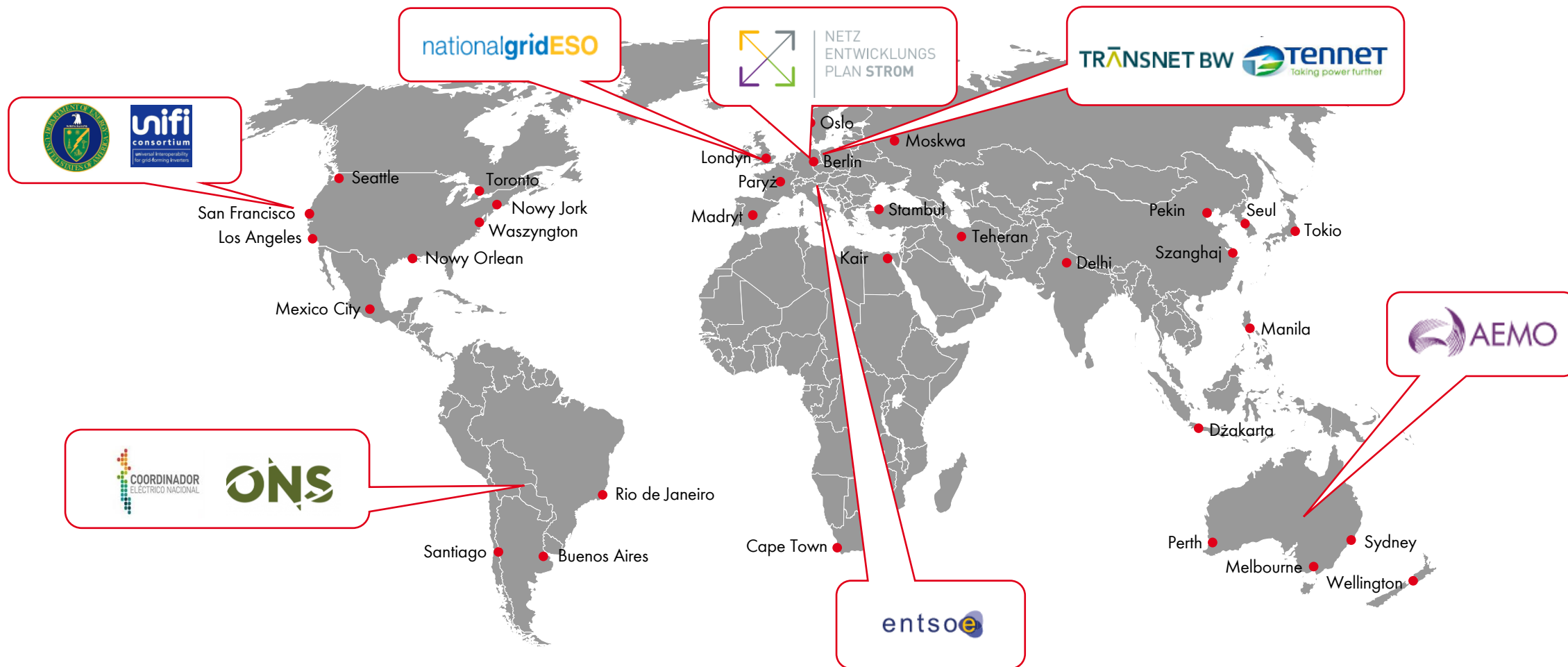
- Zastosowanie falowników GFM przyłączonych bezpośrednio na poziomie średniego napięcia
- Wykorzystanie funkcjonalności blackstart
- Sterowanie i monitorowanie pracy systemu możliwe w trybie współpracy z siecią oraz off-grid

Realizowane projekty:

- Miasto Bordesholm w Niemczech (15MW, 2019r)



Światowe zainteresowanie usługami stabilności



Wielka Brytania: program Stability Pathfinder

Źródło danych: [NOA Stability Pathfinder](#)



Faza 1 – cała Wielka Brytania

Tylko maszyny synchroniczne

- Przetarg zamknięty w 2019 r.
- Uruchomienie usług w 2020/2021

Faza 2 – Szkocja

Maszyny synchroniczne, hybrydowe lub rozwiązania IBR

- Przetarg zamknięty w styczniu 2022
- Uruchomienie usług w 2024
- **5 BESS / 5 Syncon**
- Poziom zwarcia - 11,5 GVA w 8 lokalizacjach
- Inercja - 6,7 GVAs

Faza 3 – Anglia i Walia

Tylko maszyny synchroniczne

- Przetarg zamknięty we wrześniu 2022
- Uruchomienie usług w 2025
- Poziom zwarcia - 7,5 GVA
- Inercja - 15 GWs



Wyzwania na przyszłość



- Stworzenie odpowiednich warunków legislacyjnych i modeli biznesowych dla usług wsparcia i stabilizacji sieci w Polsce
- Dalsze prace nad nowelizacją Prawa Energetycznego w tym kierunku; pierwszy krok → odbiorca aktywny (od 10.2023)
- Kontynuacja prac na NC RFG 2.0 z uwzględnieniem obecnie dostępnych technologii i zmieniającej się energetyki
- Budowanie świadomości istnienia funkcjonalności GFM u decydentów; optymalizacja wykorzystania obecnych sieci elektroenergetycznych

Dziękuję!

SMA Solar Technology AG

mgr inż. Rafał Koziel

Expert Photovoltaics & Standardization

rafal.koziel@sma-magnetics.com

SMA.de

info@SMA.de