



Politechnika Łódzka

Instytut Elektroenergetyki

Πολιτεχνική Σχολή Ηλεκτρομηχανολογικών Μηχανικών

Strategia sterowania elektroenergetycznym mikrosystemem niskiego napięcia

Michał Małaczek

Kraków 20.02.2020





Plan prezentacji

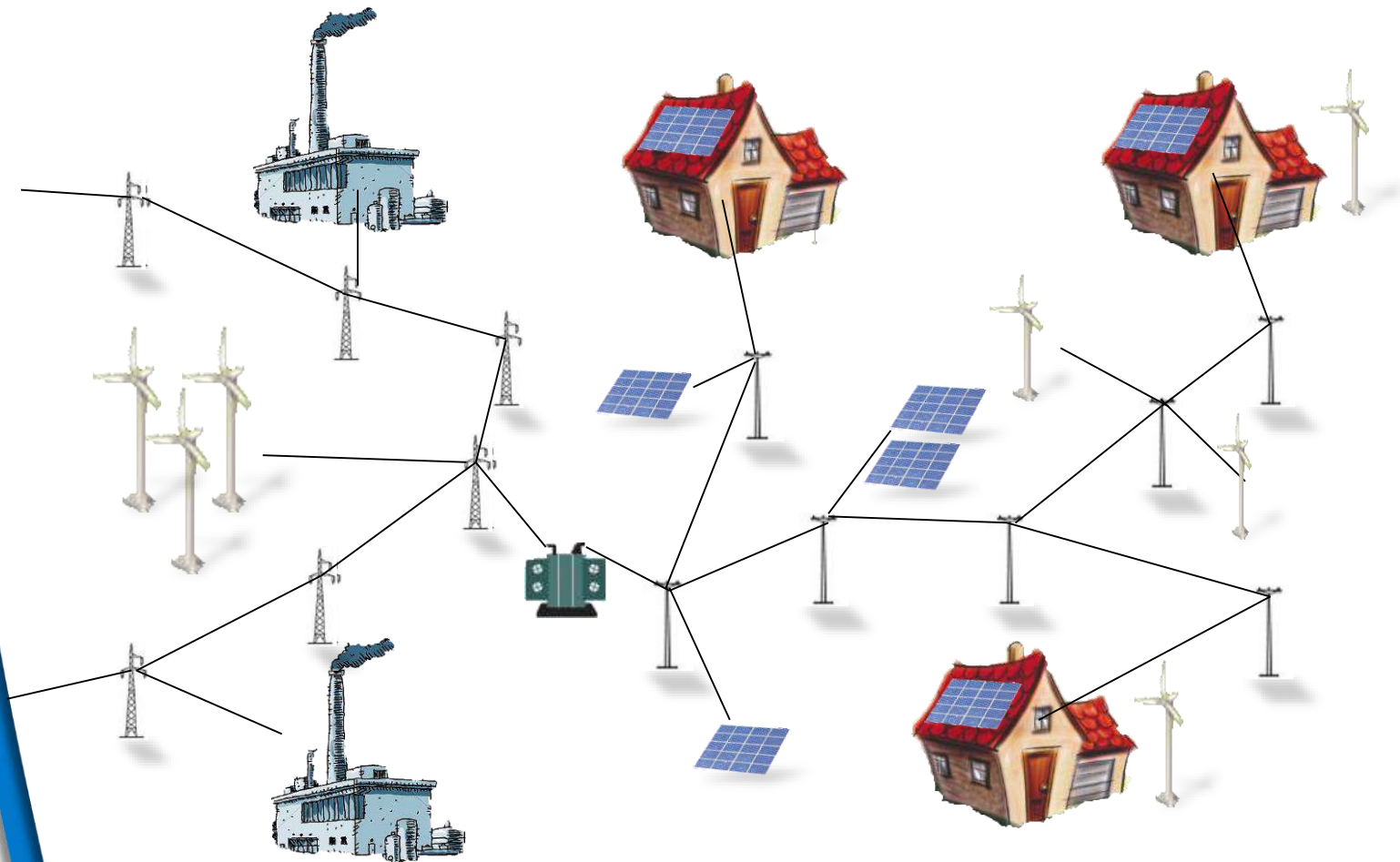
- Wprowadzenie
- Sieć pasywna, sieć aktywna, mikrosystem
- Sterowanie pracą mikrosystemów
- Badany mikrosystem
- Wyniki symulacji
- Wnioski





Wprowadzenie

Sieć pasywna – Sieć aktywna

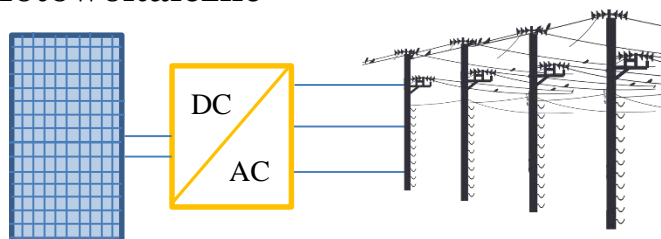




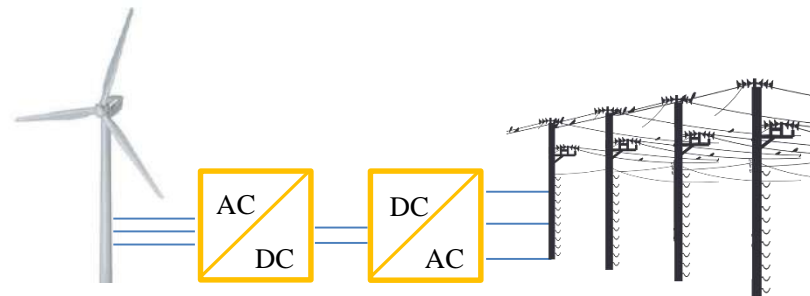
Wprowadzenie c.d.

Typowe RZE instalowane w sieciach aktywnych

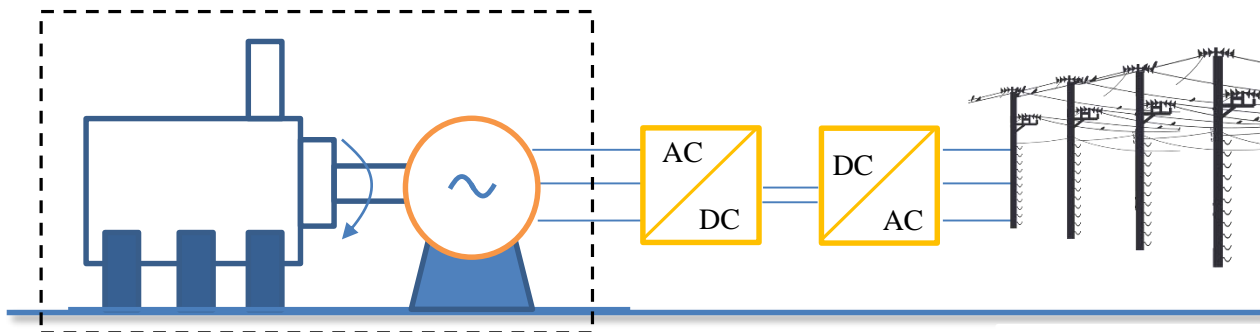
Panele fotowoltaiczne



Zmienneobrotowe turbiny wiatrowe



Szybkoobrotowe źródła energii



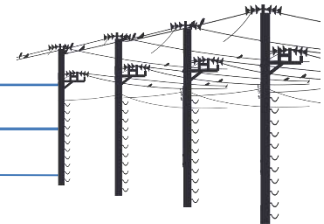
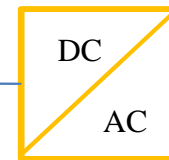
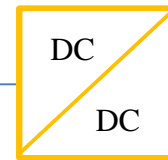
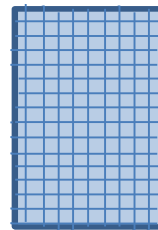
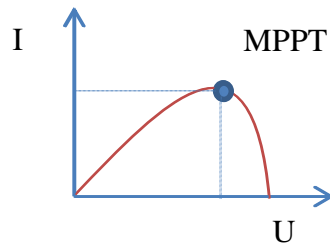


Wprowadzenie c.d.

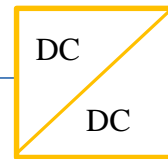
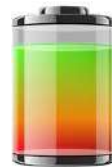
Zasobniki energii

- Zarządzanie mocą i energią w lokalnej sieci,
- Współpraca z RZE w celu ich efektywniejszego wykorzystania;

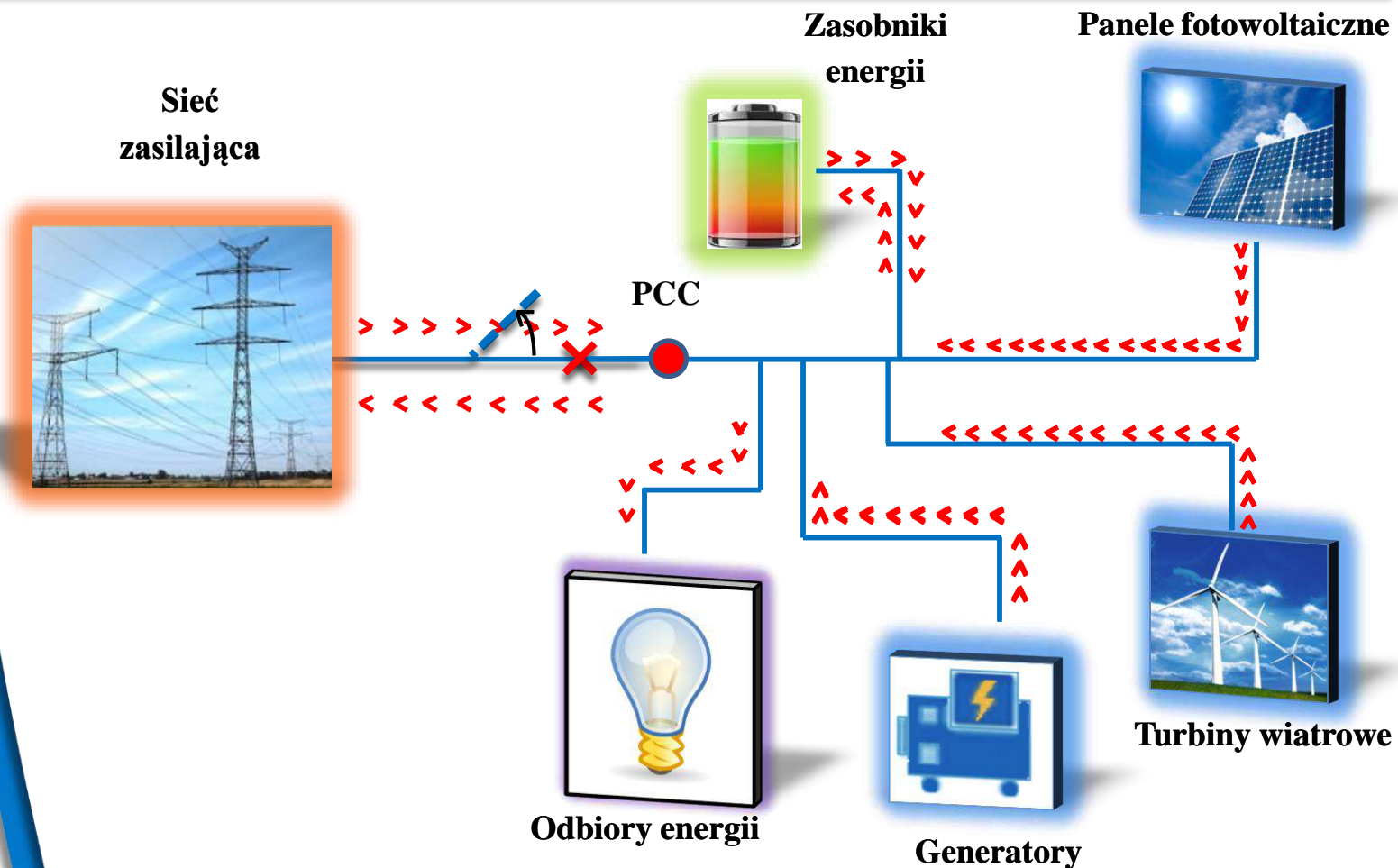
Panele słoneczne



Zasobnik energii

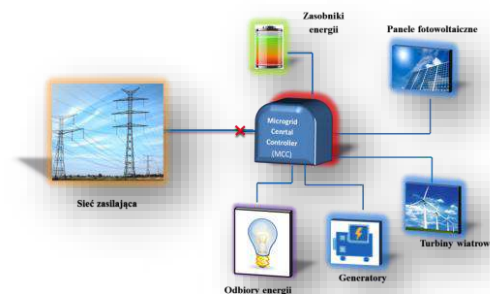


Możliwości pracy sieci z generacją rozproszoną



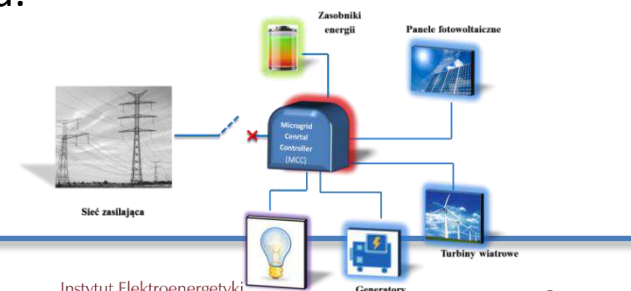
Praca mikrosystemu w połączeniu z siecią zasilającą

- Kontrola wartości napięcia i częstotliwości nie jest wymagana – **sieć zasilająca stanowi źródło referencyjne napięcia**
- Źródła energii sterowane są według algorytmu **P-Q**, którego celem jest uzyskanie odpowiednich wartości mocy **czynnej i biernej (ang. grid following)**.
- Energoelektroniczne przekształtniki źródeł energii pracują według algorytmu **sterowania prądowego (ang. Current Controlled - CC)**



Praca wyspowa mikrosystemu

- Głównym wymaganiem dla pracy wyspowej jest zapewnienie **bilansu mocy i energii** w układzie oraz utrzymanie zadanych wartości napięcia i częstotliwości;
- Napięcie i częstotliwość może być utrzymywane przez jedno źródło referencyjne (ang. **grid forming unit**) w przypadku układów o niewielkiej rozległości. Przekształtnik źródła referencyjnego pracuje według algorytmu sterowania napięciowego (ang. **Voltage Controlled - VC**);
- W przypadku układów o większej skali kilka źródeł energii może aktywnie uczestniczyć w bilansowaniu mocy układu i utrzymywaniu zadanych parametrów napięcia i częstotliwości (ang. **droop-control**).
- Konieczne jest zapewnienie odpowiedniej rezerwy mocy źródła referencyjnego dla pokrycia zmian obciążenia.





Problem do rozwiązania



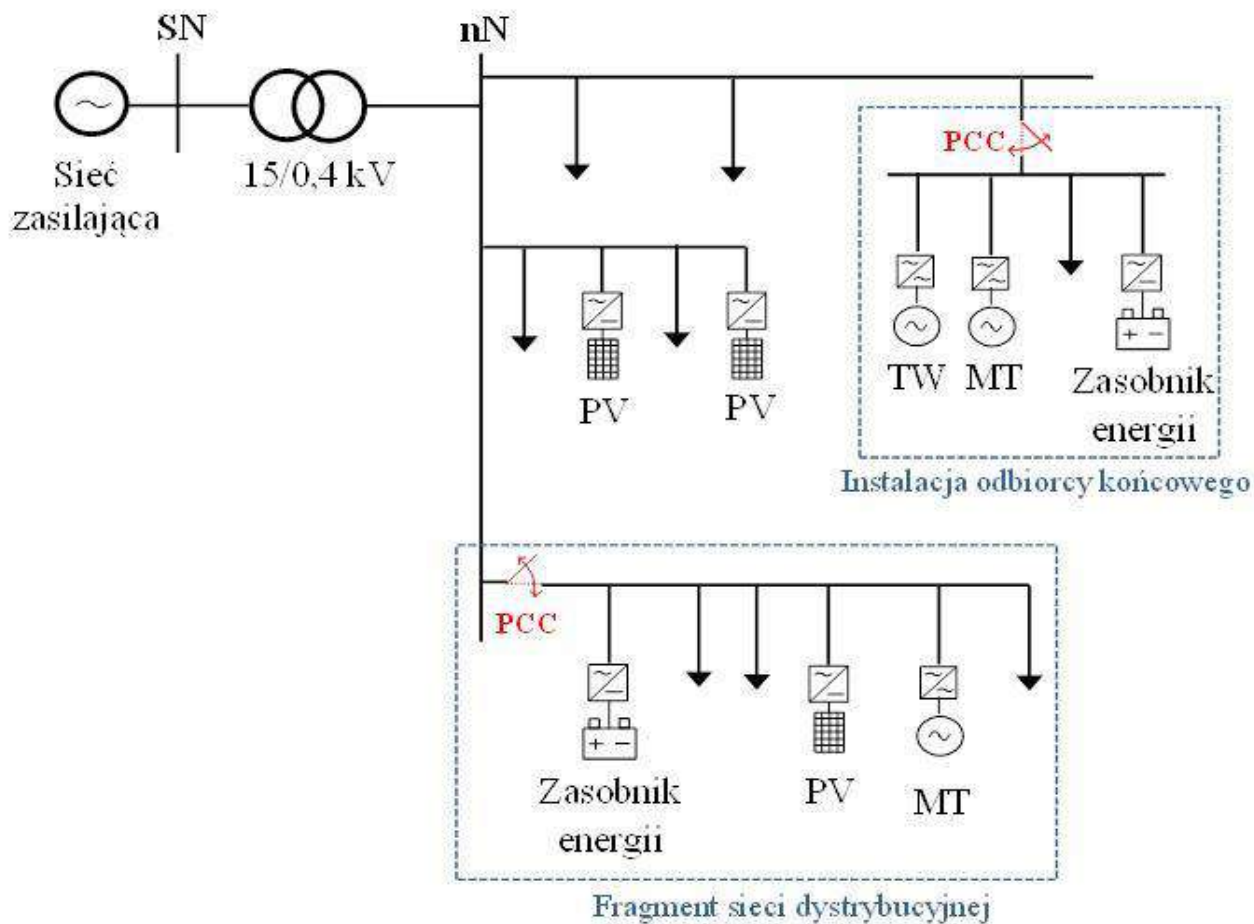
- Rosnąca liczba rozproszonych źródeł oraz zasobników energii przyłączanych poprzez **przekształtniki energoelektroniczne**;
- **Brak odpowiedniego sterowania** pracą urządzeń w sieciach aktywnych, pozwalającego na wykorzystanie możliwości pracy wyspowej;
- Obowiązujące akty prawne nakładające **obowiązek wyłączenia** źródła energii w przypadku zaniku napięcia, lub utraty połączenia z siecią zasilającą.

Umożliwienie elastycznej pracy istniejących sieci aktywnych w trybie połączenia z siecią zasilającą i w trybie wyspowym oraz bezprzerwowego przejścia pomiędzy nimi, przy założeniu, że struktura sieci jak i sposób sterowania źródeł energii nie ulega zmianie.



Proponowana strategia sterowania

Przykładowa struktura układów, dla których możliwa jest praca wyspowa z jednym źródłem referencyjnym.



Proponowana strategia sterowania c.d. *założenia*

- Podstawowym trybem pracy mikrosystemu jest praca w połączeniu z siecią zasilającą.
- Struktura układu, jak i sposób sterowania źródeł energii nie ulegają zmianie.
- Instalowanie dodatkowych urządzeń nie jest przewidziane.
- Rozpatrywany mikrosystem jest wyposażony w układ pomiarowy zdolny do akwizycji i przetwarzania danych pomiarowych.
- W sytuacji wystąpienia zaburzenia w sieci nadrzędnej, którego efektem jest znaczne obniżenie jakości energii elektrycznej, rozpatrywany mikrosystem zostaje odłączony od sieci i przechodzi do pracy wyspowej.
- Praca w trybie wyspowym trwa do momentu, aż zaburzenie zostanie usunięte, bądź samoistnie przeminie.



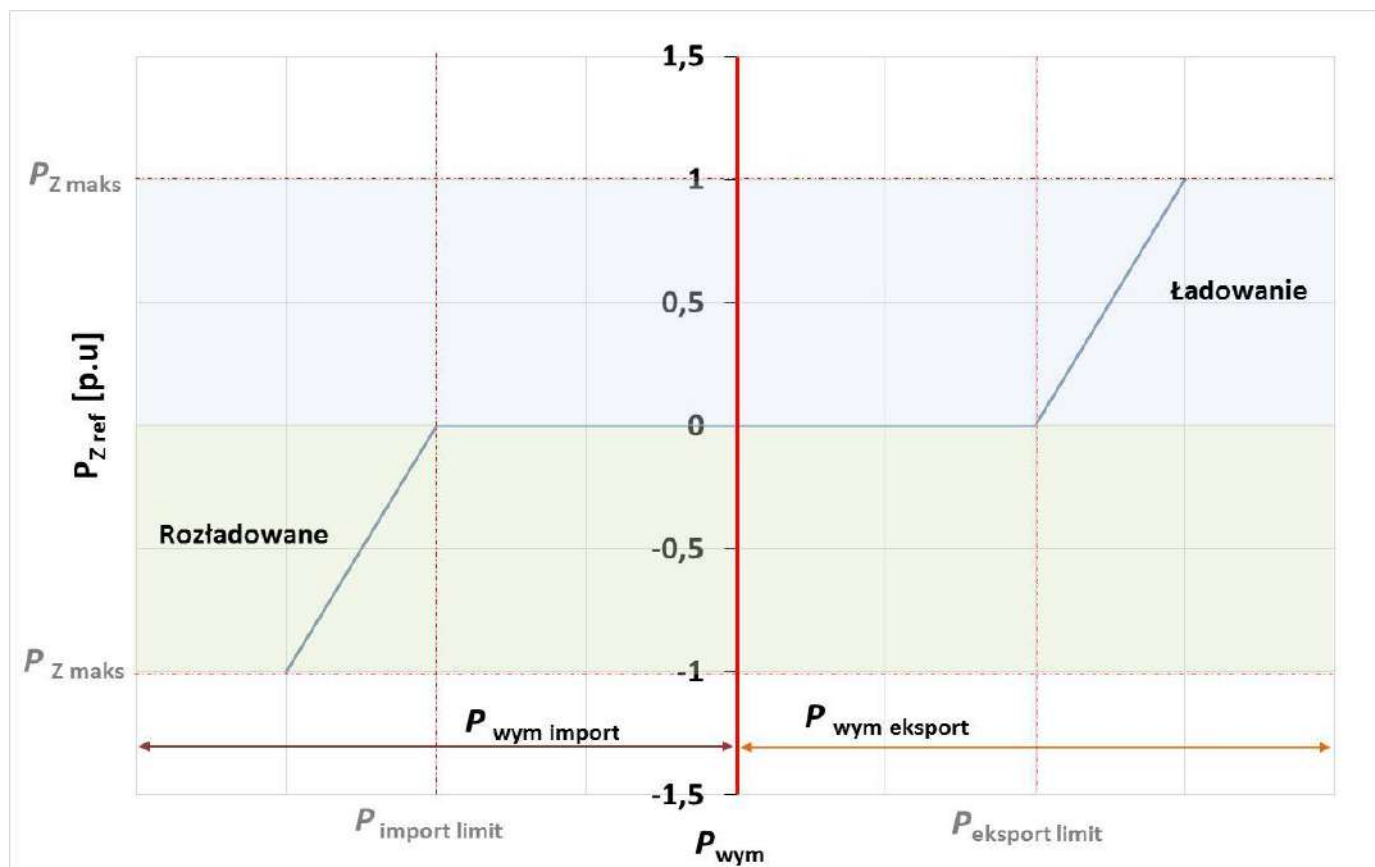
Proponowana strategia sterowania c.d.

- W trakcie pracy w połączeniu z siecią zasilającą źródła energii oraz zasobnik pracują według strategii **P-Q**.
- Zasobnik ogranicza **mocy wymiany** z siecią nadrzędną do zadanej wartości.
- W trakcie pracy wyspowej źródłem napięcia referencyjnego jest **zasobnik energii**. Źródła energii pracują jako źródła prądowe, bez zmiany sterowania.
- Zakłada się **hierarchiczny układ sterowania**.



Proponowana strategia sterowania c.d.

mechanizm kontroli mocy wymiany P_{wym} z siecią zasilającą



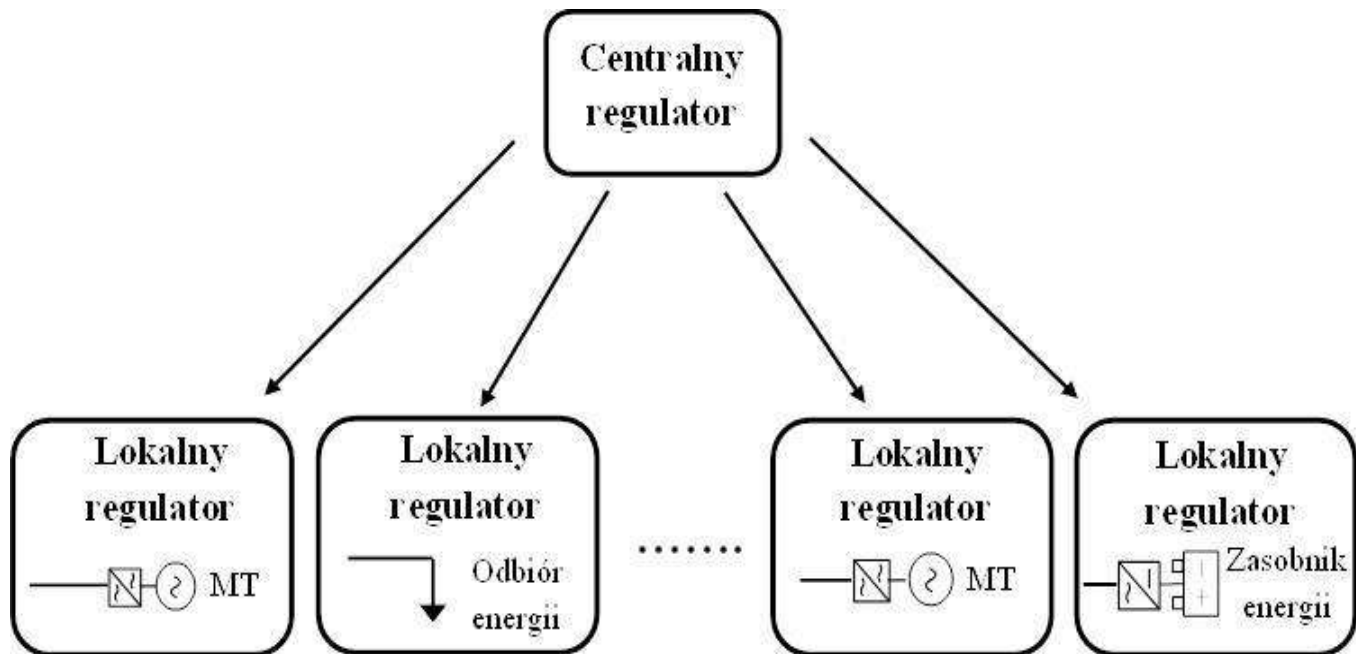
Charakterystyka regulacyjna zasobnika





Proponowana strategia sterowania c.d.

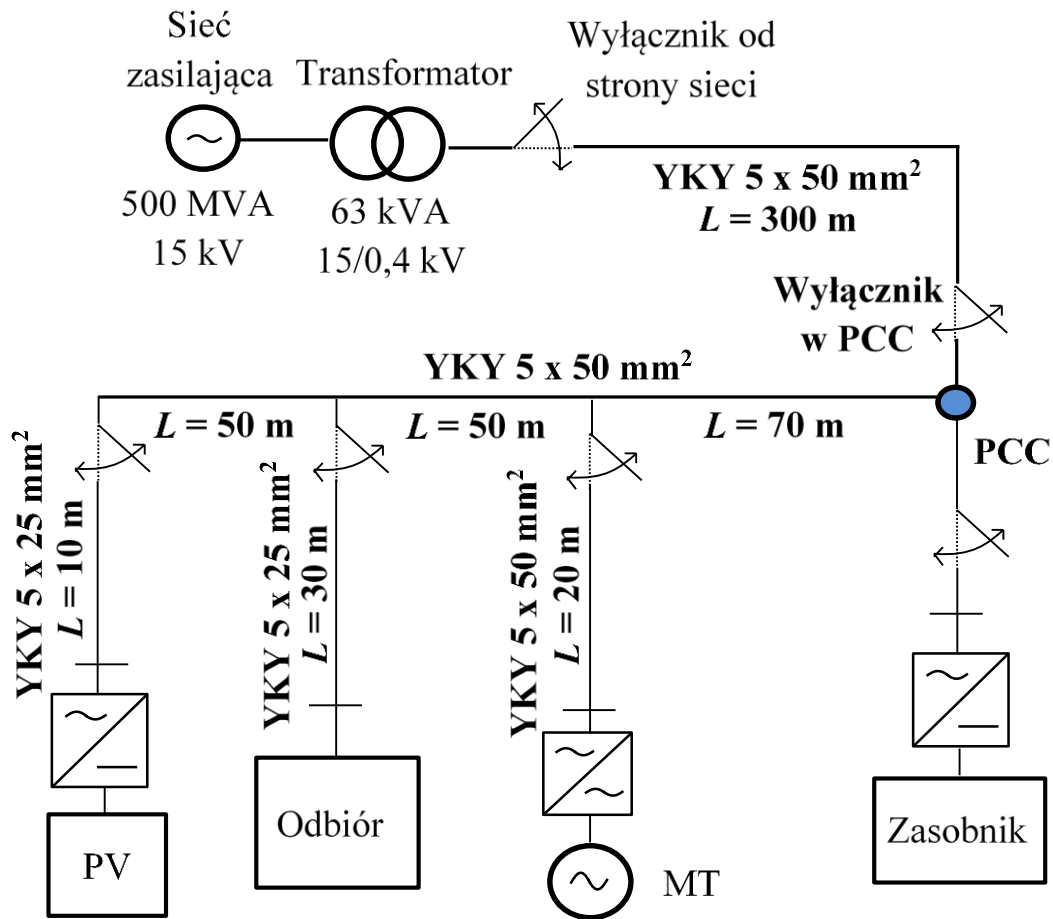
Hierarchiczna strategia sterowania: **regulator centralny, regulatory lokalne urządzeń**. Centralny regulator nadzoruje pracę całego mikrosystemu oraz wyznacza nastawy dla regulatorów lokalnych.





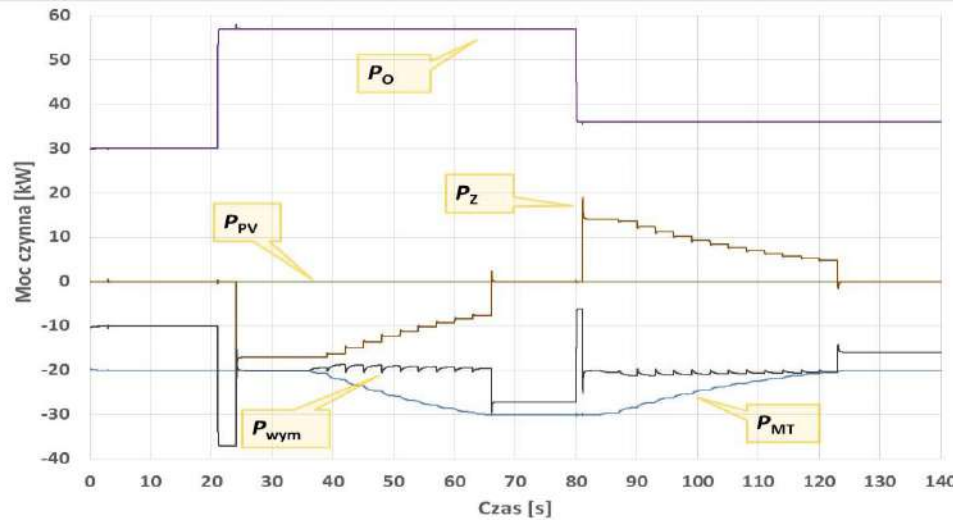
Struktura badanego układu

Schemat układu





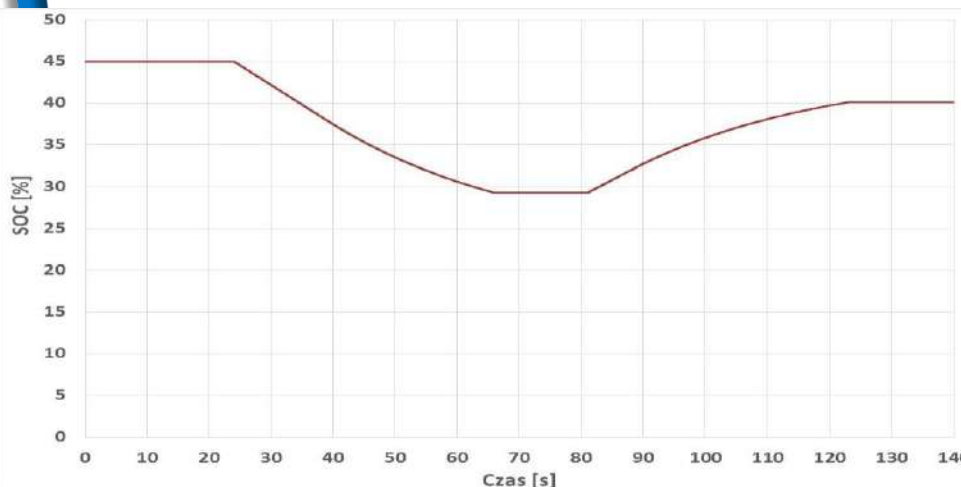
Badania symulacyjne praca w połączeniu z siecią zasilającą



$$P_{wym} \in \langle -20, 20 \rangle \text{ kW}$$

$$SOC \in \langle 40, 80 \rangle \%$$

Przebieg mocy czynnej P w MSE



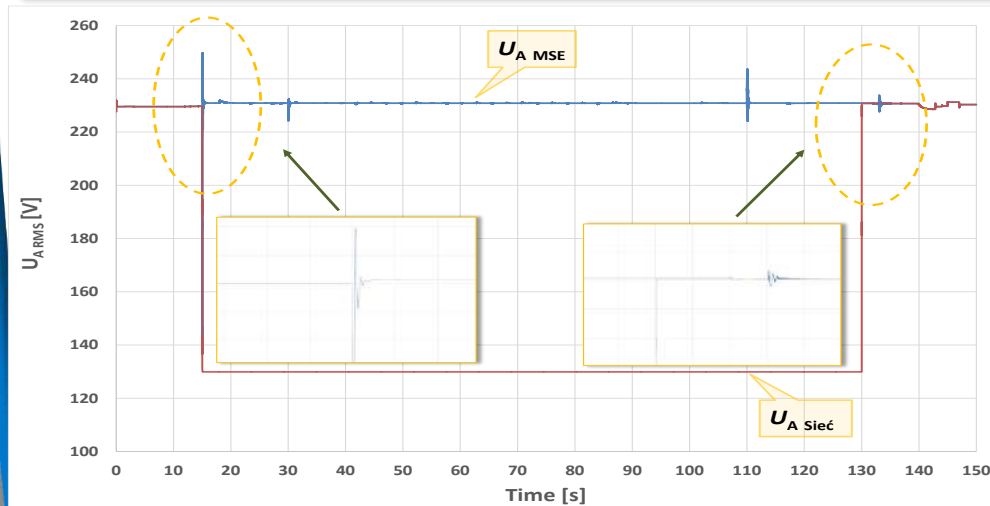
Stan naładowania zasobnika



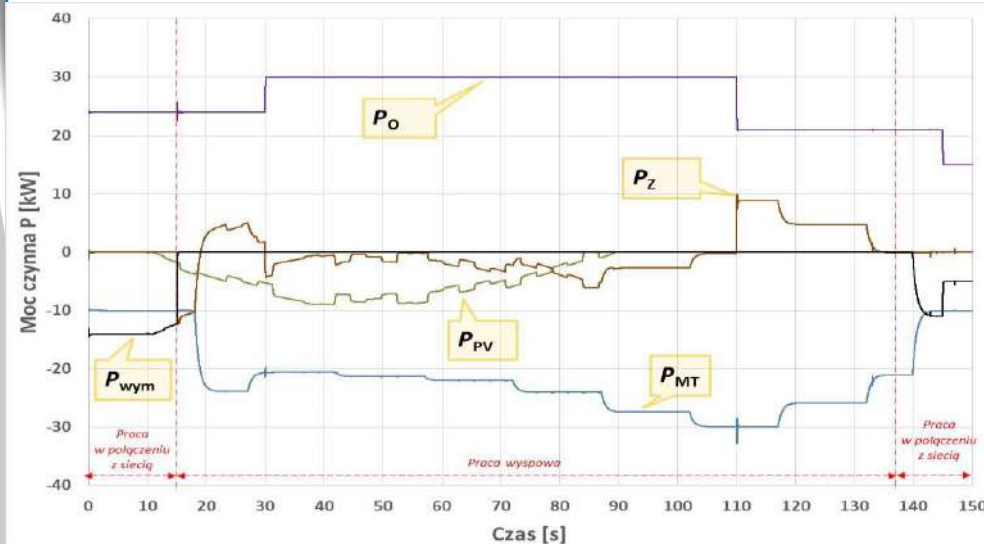


Badania symulacyjne

*praca w połączeniu z siecią zasilającą – przejście do pracy
wypowej – praca wypowa – resynchronizacja*



*Wartość skuteczna napięcia
w fazie A w punkcie PCC*



Przebieg mocy czynnej P w MSE





Wnioski końcowe

- Uzyskanie pracy wyspowej w istniejących sieciach aktywnych o niewielkiej rozległości wymaga zastosowania sterowalnego źródła energii.
- Dla układów o niewielkiej rozległości możliwe jest wykorzystanie zasobnika energii jako referencyjnego źródła napięcia w układzie w trakcie pracy wyspowej;
- Elastyczna praca mikrosystemów jest możliwa do uzyskania przy wprowadzeniu odpowiednich systemów pomiarowo-kontrolnych oraz hierarchicznego układu sterowania.
- Kryteria przejścia układu na pracę wyspową mogą odnosić się do dowolnego rodzaju zaburzenia napięcia zasilającego.
- Możliwość pracy wyspowej jest pożądaną cechą sieci aktywne, która nadaje jej funkcjonalności mikrosystemu i można stwierdzić że jest to oczekiwany kierunek rozwoju współczesnych sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia.





Dziękuję za uwagę

Michał Małaczek

**Politechnika Łódzka
Instytut Elektroenergetyki**

e-mail: michal.malaczek@p.lodz.pl

Telefon: 42 631 25 94

kom. 692 840 278