

Integracja rozproszonych źródeł energii w mikrosieci prądu stałego

Rozprawa habilitacyjna

dr inż. Piotr Biczel

Politechnika Warszawska
Instytut Elektroenergetyki

Seminarium Smart Grid, AGH, 8.05.2013



Na obecnym poziomie cywilizacyjnym możliwy jest rozwój zrównoważony, to jest taki rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie.

Źródło: Raport ONZ "Our common future"

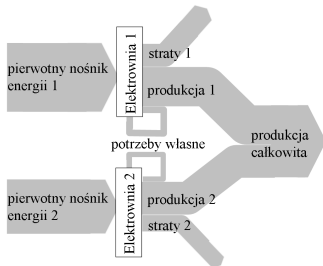
Jak wytwarzać energię elektryczną w duchu rozwoju zrównoważonego?



- 1 Definicje
- 2 Źródła
- 3 Przekształt niki
- 4 Sterowanie
- 5 Modelowanie
- 6 Podsumowanie



- 1 Rozproszenie generacji
- 2 Hybrydyzacja

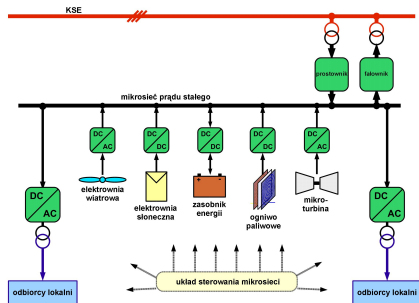


Generacja rozproszona:

- Małe (o mocy znamionowej do 50 – 150 MW) jednostki lub obiekty wytwórcze
- Przyłączane bezpośrednio do sieci rozdzielczych lub zlokalizowane w sieci elektroenergetycznej odbiorcy
- Często produkujące energię elektryczną z odnawialnych lub niekonwencjonalnych źródeł energii pierwotnej
- Równie często w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła
- Niesterowane i nieplanowane centralnie



- Mały system elektroenergetyczny
- Na stosunkowo niewielkim obszarze
- Jest wewnętrznie zbilansowana i zdolna do pracy w układzie wydzielonym
- Przesył i dystrybucja energii odbywają się liniami niskiego napięcia



Niewielkie źródła rozproszone, moce zainstalowane rzędu dziesiątek i setek kW

- elektrownie słoneczne
- elektrownie wiatrowe
- elektrownie wodne
- agregaty prądotwórcze
- ogniwa paliwowe
- małe turbiny gazowe



- Aktywne – można kontrolować moc generowaną (mikroturbiny gazowe, ogniwa paliwowe, agregaty prądotwórcze)
- Pasywne – nie można kontrolować mocy, ujemne obciążenia (el. słoneczne, wodne, wiatrowe)

- Źródła mocy, biorące i niebiorące udziału w regulacji
- Źródła napięcia, biorące udział w regulacji (elementy bilansujące)

- Zasobniki energii



- Gdzie

- elektrownie
- zasobniki energii
- sprzęg z KSE
- złącza

- Zadania

- dopasowanie rodzaju i poziomu napięć
- wprowadzenie izolacji galwanicznej
- element wykonawczy układów sterowania mikro siecią

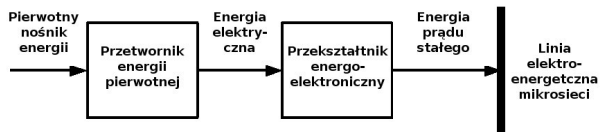
- Funkcja

- kontrola przepływu energii
- zabezpieczenia

- Topologie

- przetwornice jednotranzystorowe
- przetwornice pół- i pełnomostkowe
- mostkowe przetwornice wielopoziomowe
- mostkowe wielofazowe przetwornice rezonansowe





- Utrzymanie bilansu mocy
 - Utrzymanie jakości napięcia
 - Minimalizacja kosztów wytwarzania
 - Maksymalizacja wykorzystania OZE
- Sterowanie centralne
 - Sterowanie rozproszone
 - Mieszane

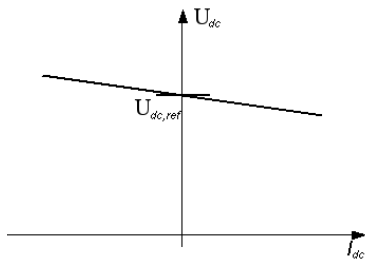


- Każde źródło aktywne dostaje informację o wymaganej wielkości produkcji w danym przedziale czasu.
- Wymaga to dokładnej znajomości mocy pobieranej oraz generowanej w źródłach pasywnych.
- Ewentualne różnice są na bieżąco pokrywane z zasobników energii lub źródeł aktywnych.

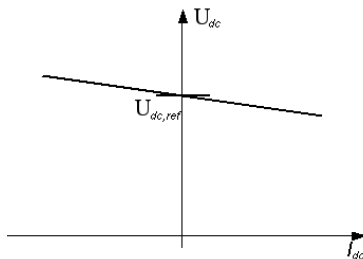
- Źródło pasywne pracujące z wewnętrznie zadaną mocą (prądem).
- Źródło aktywne pracujące z zewnętrznie zadaną mocą (prądem).
- Źródło aktywne pracujące jako źródło napięcia (bilansujące).



- Uzależnia zachowanie elementu w mikro sieci od warunków napięciowych w punkcie przyłączenia.
- Zadaje się punkt znamionowy i nachylenie prostej.
- Wartości zadane są ustalana jednokrotnie.
- Źródło aktywne samoregulujące moc generowaną w funkcji napięcia w węźle przyłączeniowym.
- Źródło pasywne samoregulujące moc generowaną w funkcji parametrów wewnętrznych z ograniczeniem ze względu na warunki w węźle.



- Zachowanie elementu mikrosieci zależy od warunków napięciowych w punkcie przyłączenia oraz informacji przesyłanych z zewnątrz.
- Zadaje się z układu nadrzędnego punkt znamionowy oraz nachylenie prostej.
- Wartości zadane są aktualizowane na bieżąco.
- Źródło aktywne samoregulujące moc generowaną w funkcji napięcia w węźle przyłączeniowym
- Źródło pasywne samoregulujące, pracujące w punkcie mocy maksymalnej przetwornika energii pierwotnej
- Źródło aktywne pracujące jako źródło napięcia (bilansujące).



- Projektowanie mikrosieci
 - dobór mocy zainstalowanych
 - dobór mocy i pojemności zasobnika
- Badanie algorytmów sterowania
- Badanie zachowania się źródeł
- Optymalizacja
 - optymalizacja produkcji energii
 - redukcja kosztów wytwarzania i dostawy energii



Modelowane zjawisko

- rozptywy mocy
- napięcia i prądy w mikrosieci
- stany przejściowe (skoki, łączenia i zwarcia)

Perspektywa czasowa

- rok
- godziny, dni
- sekundy, minuty

Założenia

- układy wyidealizowane, pracujące wg idealnych założeń
- modele uproszczone, uwzględniające ograniczenia urządzeń
- modele uproszczone, uwzględniające wybrane aspekty dynamiki



- Wybrane elektrownie
 - Bateriajny zasobnik energii
 - Układ sterowania mikro sieci
 - Sieć
- Przetworniki energii
 - Przekształtniki energoelektroniczne
 - Układy sterowania źródeł



Model mocowy

Równanie bilansu mocy elementów składowych

$$\Delta p(t) = \sum p_p(t) - \sum p_l(t) + \sum p_s(t) - p_{ls}(t)$$

where:

$p_p(t)$ – aktualna moc generowana,

$p_l(t)$ – obciążenia,

$p_s(t)$ – moc zasobników energii (mniejsza od zera, gdy zasobnik jest rozładowywany),

$p_{ls}(t)$ – straty mocy z sieci

Model napięciowy

Równania mocowo-napięciowe

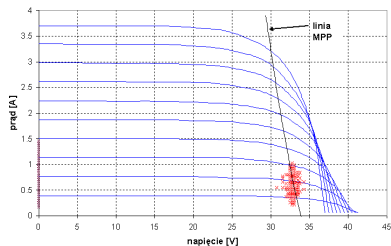
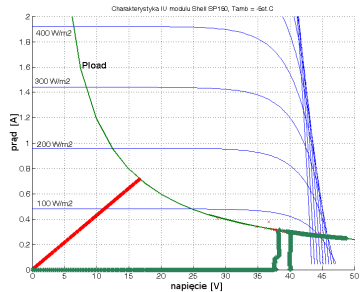
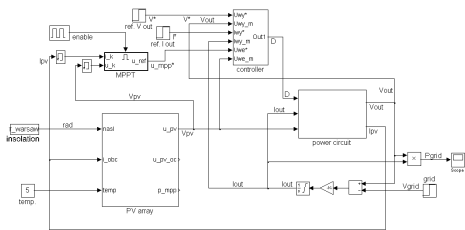
$$P_i = V_i^2 G_{ii} + V_i \sum_{j=1, j \neq i}^n G_{ij} V_j$$

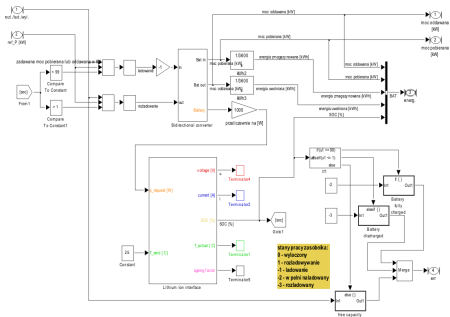
Układ równań rozwiązywany jest metodą Newtona-Raphsona

Elementy macierzy Jacobiego

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_i} = 2U_i G_{ii} + \sum_{j=1, j \neq i}^n G_{ij} U_j$$
$$\frac{\partial P_i}{\partial U_j} = U_i G_{ij}$$



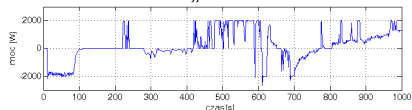




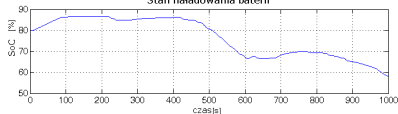
Napięcie w węzle przyłączeniowym



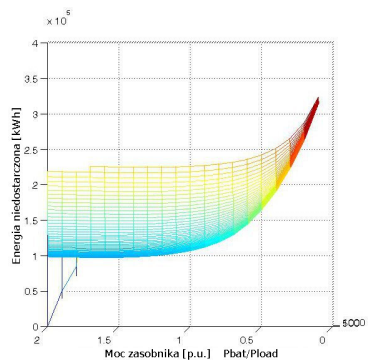
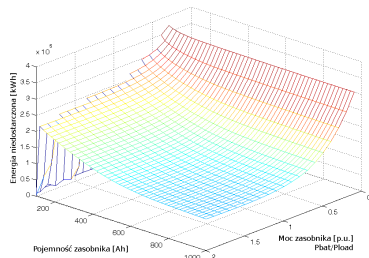
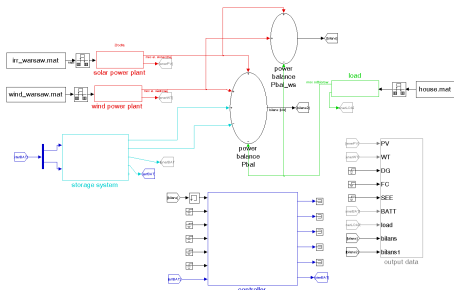
Moc wyjściowa zasobnika

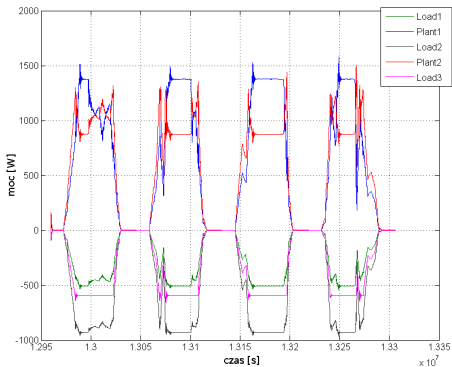
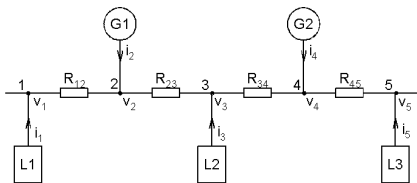


Stan naładowania baterii

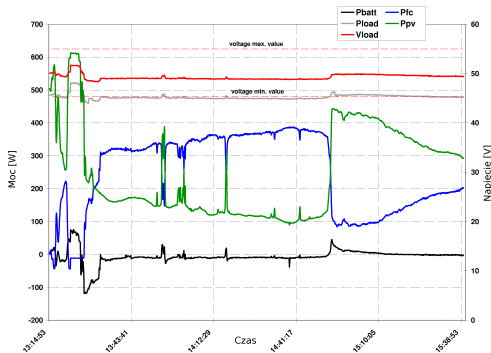
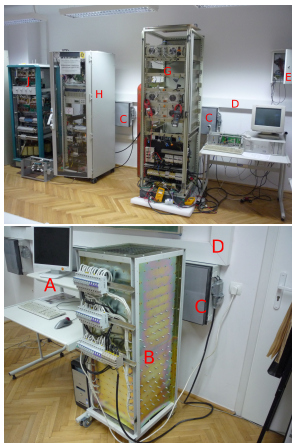


Dobór wielkości zasobnika





Przykładowe wyniki pomiarów



- 1 Narzędzia do projektowania mikrosieci
- 2 Pozwalające na odwzorowanie w prosty sposób konkretnych urządzeń
- 3 Pozwalające na testowanie algorytmów sterowania
- 4 Stanowiące podstawę optymalizacji projektowanej mikrosieci



- Zdefiniowanie mikro sieci wobec generacji rozproszonej i hybrydowych systemów wytwórczych
- Opracowanie modeli napięciowych i mocowych mikro sieci i jej elementów
- Przeprowadzenie złożonych badań symulacyjnych mikro sieci prądu stałego
- Zaproponowanie metodyki projektowania mikro sieci prądu stałego
- Zbudowanie układu modelowego mikro sieci prądu stałego
- Przeprowadzenie wybranych badań w układzie modelowym mikro sieci prądu stałego



Dalsze prace będą skierowane na:

- praktyczne badanie systemu rozdzielczego prądu stałego,
- praktyczne zastosowanie mikro sieci,
- badania układów energoelektronicznych do zastosowań w systemach energetycznych.



Dziękuję za uwagę!!!



	Przed doktoratem	Po doktoracie
Rozdz. w monografiach	—	7
Art. JCR	—	9
Pozost. art. punkt.	—	10
Inne art.	4	7
Konf. międzynarod.	7	38
Konf. krajowe	16	30

Baza	WoK	Scopus	P&P	Google Scholar
L. cytowań	19	28	98	75
Indeks h	3	3	5	5

		Przed doktoratem	Po doktoracie
KBN/MNiSW		1	4
Prace PW	rekt.	—	4
	dziek.	2	1
Umowy B+R		3	18



Opracowanych przedmiotów	12
Mat. dydakt. do e-lern.	3
Promotor pomocn.	1
Opiekun pracy mgr	25
Opiekun pracy inż.	4
Art. konf. ze stud.	13
Stud. zagraniczni	11
Org. szkoleń	3

Współpraca zagraniczna

- RWTH Aachen, Niemcy
- IUT Bethune, Francja
- REO Inductive Components, Berlin, Niemcy

Nagrody

- JM Rektora PW II stopnia
- JM Rektora PW III stopnia
- Wyróżn. referatu PPEEm'07

Staże

- El-Sad W. Sadowski, Tekla+
- IUT Bethune, Erasmus (2 razy)
- RWE Stoen Operator sp. z o. o., PTE
- CSZ PW, CAS/4/POKL



$$I^C = I_{SC}^C \left[1 - e^{\frac{V^C - V_{OC}^C + I^C \cdot R_{SPV}}{V_t^C}} \right]$$

where:

I^C – solar cell current,

V^C – solar cell output voltage,

T^C – solar cell junction temperature,

U_{OC}^C – cell open circuit voltage,

I_{SC}^C – cell short circuit current,

R_{SPV} – serial resistance of the cell.



$$P_{wt} = P_{wi} \frac{1}{2} \rho A v_{wi}^3 C_p(\lambda)$$

where:

v_{wi} – wind speed before engine,

ρ – air density,

A – engine rotor's surface. $C_p(\lambda)$ – Betz coefficient,

λ – tip speed ratio (pol. wyróżnik szybkobieżności).

