

Koncepcja sterowania hierarchicznego aktywną siecią dystrybucji energii elektrycznej

Piotr Włodarczyk

Katedra Automatyki AGH, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki

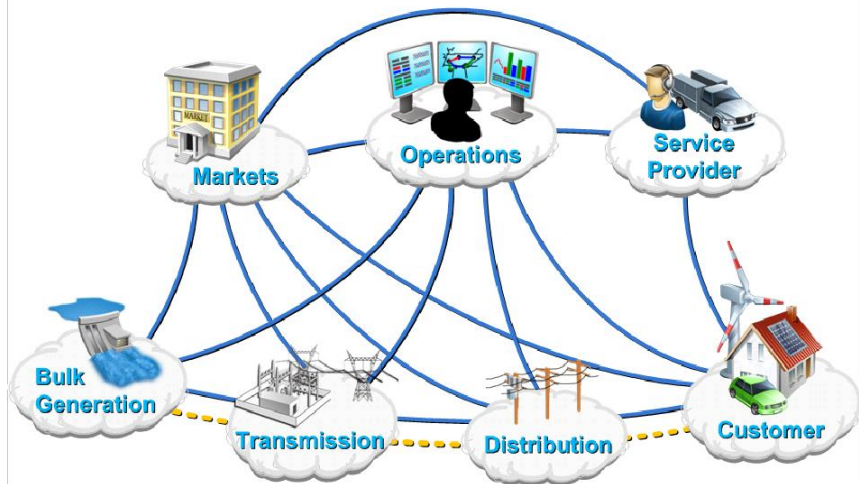
18 kwietnia 2012



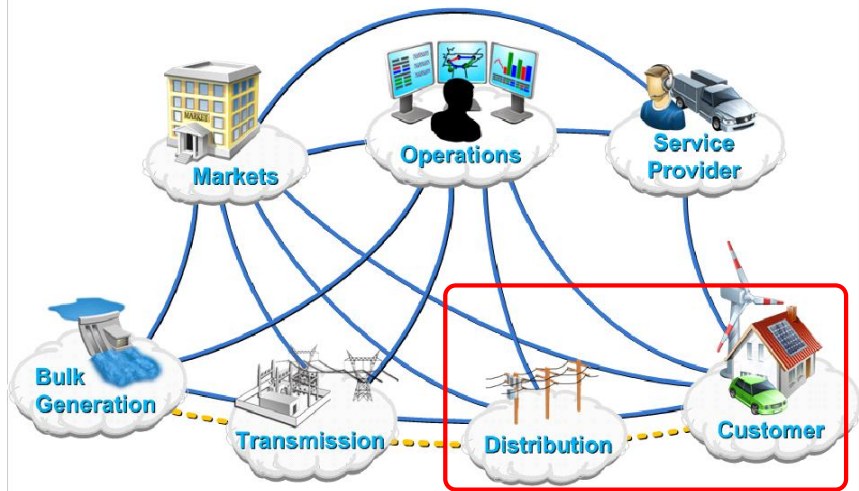
Agenda

- 1 Wstęp
- 2 Hierarchiczne Sterowanie ASD
- 3 Wnioski

Smart Grids



Smart Grids



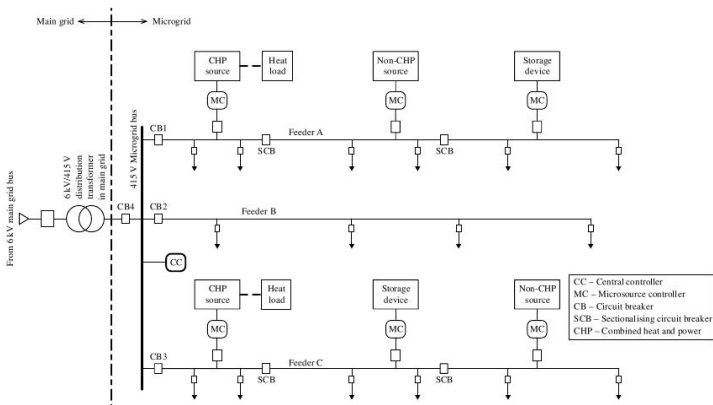
Aktywna Sieć Dystrybucji (ASD)

- Sieć dystrybucji energii elektrycznej staje się aktywna wraz z integracją rozproszonych źródeł energii (RŹE)
- Dwukierunkowy przepływ energii elektrycznej
- ASD wymaga zastosowania inteligentnych i alternatywnych metod sterowania
- Strategia "fit-and-forget" dla DG → Aktywne zarządzanie i monitorowanie sieci
- Przykładem ASD są Mikrosieci niskiego napięcia (microgrids)

Microgrids

Microgrid (MG)

Mała sieć zasilająca niskiego napięcia z zintegrowanymi rozproszonymi źródłami i magazynami energii dla małych społeczności takich jak dzielnice miast, osiedla mieszkaniowe, uniwersytety, tereny przemysłowe, itp.



Microgrids

Główne Właściwości

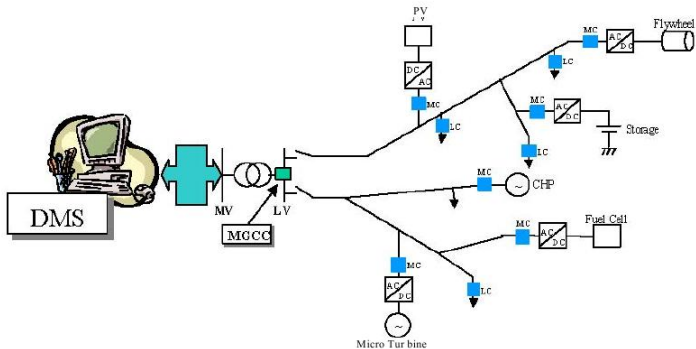
- Z perspektywy sieci głównej MG traktowany jest jako sterowalna część systemu energetycznego (obciążenie lub generator)
- Mikroźródła i magazyny energii mają charakter plug & play (wyposażone w odpowiednie interfejsy energoelektroniczne)
- MG może pracować w dwóch trybach - podpiętym do sieci głównej i wyspowym
- Mikroźródła generują znacznie mniej energii w porównaniu do konwencjonalnych elektrowni
- Sieć dystrybucji może być bezpośrednio zasilona z mikroźródeł
- Mikroźródła zainstalowane są blisko odbiorcom co zmniejsza straty energetyczne

Hierarchiczne Sterowanie ASD

Główne Cele Sterowania

- MG pracuje w zadanym punkcie pracy w określonym zakresie
- przepływ mocy biernej i czynnej jest dostosowany do potrzeb MG lub/i systemu dystrybucji
- proces podpięcia i rozłączenia od sieci głównej powinien być niezauważalny
- produkcja energii jak i wymiana mocy z główną siecią musi być zoptymalizowana
- obciążenia krytyczne są zasilane bez przerwy
- w przypadku awarii w głównej sieci energetycznej MG może pracować niezależnie
- magazyny energii mogą wspomagać MG i zwiększać efektywność i stabilność systemu

Hierarchiczne Sterowanie ASD



Hierarchiczne Sterowanie ASD

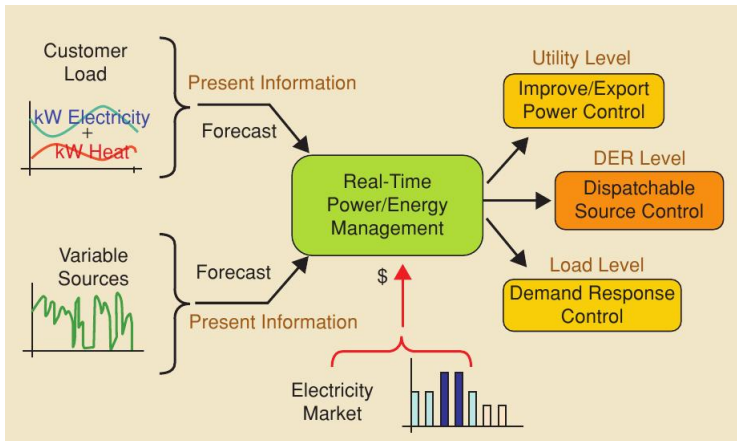
Sterowanie Lokalne

- sterownik mikroźródła może ale nie musi reagować na komendy sterownika centralnego
- sterownik musi reagować na usterki i zakłócenia w sieci
- sterownik musi zapewnić bezproblemowe dołączenie/odłączenie od istniejącej konfiguracji MG
- moc bierna i czynna mogą być sterowane niezależnie
- sterowniki lokalne nie komunikują się między sobą bez komendy sterownika centralnego
- sterownik lokalny może odrzucić komendę sterownika centralnego w sytuacji gdy zagraża ona mikroźródłu
- sterownik lokalny odpowiada za regulację mocy biernej i czynnej oraz napięcia mikroźródła (droop-based methods, napięcie - moc bierna; moc czynna - częstotliwość)

Hierarchiczne Sterowanie ASD

Sterowanie Centralne

- sterownik dostarcza wartości zadanych mocy czynnej i napięcia sterownikom lokalnym



Hierarchiczne Sterowanie ASD I

Sterowanie Centralne

$$G = \max\{r_{trade} - (f_{energy} + f_{switch} + f_{loss} + f_{emission})\} \quad (1)$$

$$F = \min\{f_{energy} + f_{switch} + f_{loss} + f_{emission}\}, \quad (2)$$

where r_{trade} is revenue/cost from sell/buy electricity in market, f_{energy} is total generation cost of DG, f_{switch} is switching cost of DG operation, f_{loss} is total energy loss cost in the grid, and

Hierarchiczne Sterowanie ASD II

Sterowanie Centralne

$f_{emission}$ is total emission cost from electricity generation. They are defined as follows:

$$r_{trade} = q_t M_t \quad (3)$$

$$f_{energy} = \sum_t \sum_n S_t (a_n P_{n,t}^2 + b_n P_{n,t} + c_n) \quad (4)$$

$$f_{switch} = \sum_t \sum_n S_y (1 - S_{t-1}) K_n [1 - \exp(-T_{off,n,t}/T_{off_{min},n})] \quad (5)$$

$$f_{emission} = \sum_t \sum_n S_t K_{GHG,n} P_{n,t}, \quad (6)$$

where t , n , S , q_t , M_t , K_n , k_{GHG} , P denote the specific hour, DG unit, DG switching state (0/1), the market electricity price, the sold (+) / bought (-) electricity to / from the grid, cold start-up cost, emission cost per kWh generation, DG active power output,

Hierarchiczne Sterowanie ASD III

Sterowanie Centralne

respectively. T_{off} and $T_{off_{min}}$ refer to the switched-off duration and cool-off time. Furthermore, the power system operation is constrained by the given conditions. First off all the energy balance must be maintained so :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum P_{Gen} - \sum P_{Load} \pm \sum P_{trade} - \sum P_{Loss} = 0 \\ \sum Q_{Gen} - \sum Q_{Load} \pm \sum Q_{trade} - \sum Q_{Loss} = 0 \end{array} \right. , \quad (7)$$

Secondly, there are limitations for the DG unit operation:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min ON/OFF duration : } \left\{ \begin{array}{l} T_{on} \geq T_{on_{min}} \\ T_{off} \geq T_{off_{min}} \end{array} \right. , \\ \text{Max/Min Output : } P_{min} \leq P \leq P_{max}, Q_{min} \leq Q \leq Q_{max}, \end{array} \right. \quad (8)$$

Hierarchiczne Sterowanie ASD IV

Sterowanie Centralne

The last group of the constraints are grid technical limits:

$$\left\{ \begin{array}{l} \textit{Voltage Band} : U_{min} \leq U \leq U_{max} \\ \textit{Device Loading} : I \leq I_{thermal} \end{array} \right. , \quad (9)$$

Microgrids

Zalety i Wady

Rozwój MG jest obiecujący ze względu na pozytywny wpływ na:

- Środowisko
- Kwestie związane z obsługą systemu energetycznego i inwestycjami
- Jakość energii elektrycznej
- Oszczędności
- Rynek energii

Potencjalne wyzwania stojące przed rozwojem MG ich wady:

- Wysoki koszt odnawialnych źródeł energii
- Problemy techniczne
- Brak standardu
- Bariery legislacyjne i administracyjne
- Rynek energii

Dziękuję Za Uwagę

Dziękuję za uwagę!!!