

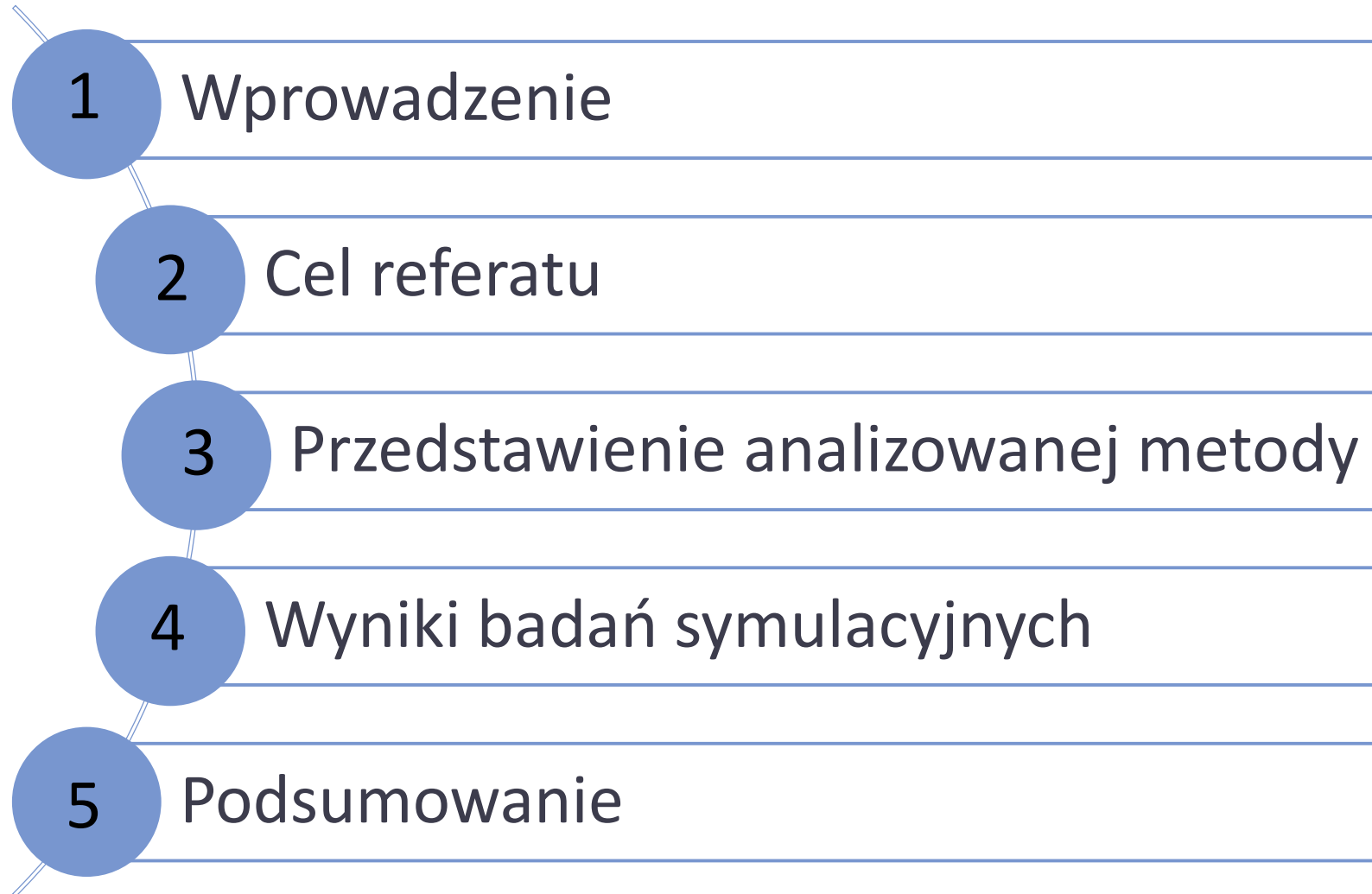
Zapewnianie dopuszczalności rozptywu mocy w warunkach samo-bilansowania się SEE

Mariusz Drabecki, Eugeniusz Toczyłowski

Politechnika Warszawska, Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej

XXV Konf. Nauk-Tech REE 2019, 09.10.2019, Kazimierz Dolny

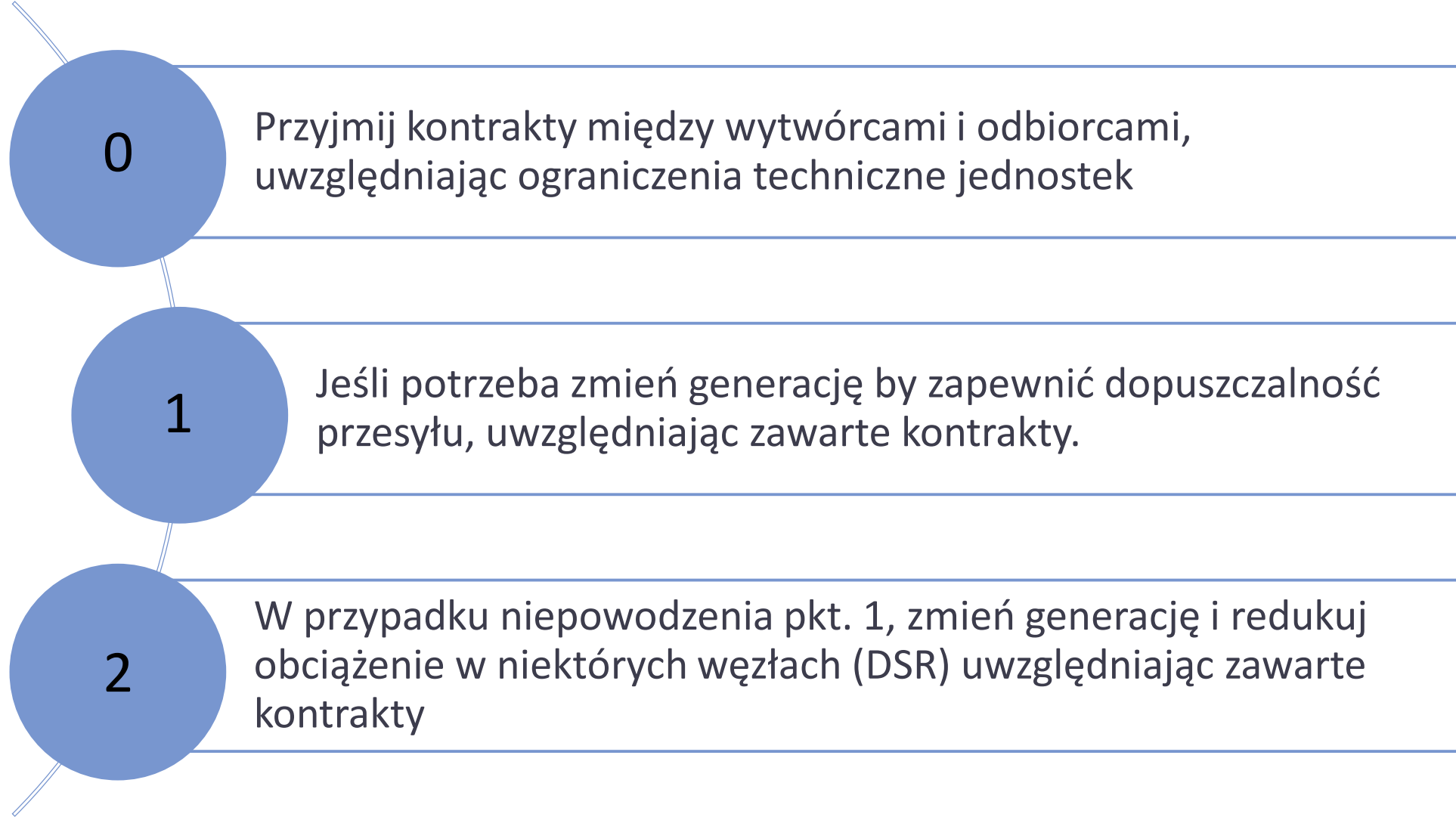




Wprowadzenie

- Ostatnio widoczne przekształcanie się SEE z w pełni zarządzanych przez Operatorów w kierunku systemów zdecentralizowanych
- W obecnej architekturze, dla celów bilansowania to Operator dysponuje jednostki generujące
- W przypadku zdecentralizowanego systemu to wytwórcy/odbiorcy sami mogą porozumieć się w celu zbilansowania SEE i zadysponować odpowiednio jednostki generujące
- Możliwe jest, że odbędzie się to bez przeprowadzenia odpowiednich analiz rozptywowych
- **Problem:** Tak ustalona dyspozycja może nie dawać dopuszczalnego rozptywu mocy (w sensie wszystkich ograniczeń technicznych przesyłu)
- **Rozwiązanie:**
 - W czasie transformacji, Operator jako strażnik dopuszczalności rozptywu mocy (zarówno P jak i Q)

Przedstawienie i analiza działań Operatora, w przypadku gdy wytwórcy/odbiorcy sami kontraktują dostawę energii elektrycznej bilansującej SEE,
tak by zapewnić dopuszczalność rozptywu mocy



Zadanie *Optimal Power Flow* – punkt wyjścia prezentowanej metody

$$(1a) \quad \min f_P$$

subject to:

$$(1b) \quad P_i^{\text{inj}} - P_i + P_i^D = 0 \quad \forall i \in N$$

$$(1c) \quad Q_i^{\text{inj}} - Q_i + Q_i^D = 0 \quad \forall i \in N$$

$$(1d) \quad P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \quad \forall i \in N_G$$

$$(1e) \quad Q_i^{\min} \leq Q_i \leq Q_i^{\max} \quad \forall i \in N_G$$

$$(1f) \quad U_i^{\min} \leq U_i \leq U_i^{\max} \quad \forall i \in N$$

$$(1g) \quad \Theta_i^{\min} \leq \Theta_i \leq \Theta_i^{\max} \quad \forall i \in N$$

$$(1h) \quad 0 \leq S_l \leq S_l^{\max} \quad \forall l \in N_f$$

- Problem optymalizacji, którego rozwiązanie daje na pewno realizowalny przepływ
- Wykorzystywane są równania mocowo-napięciowe do obliczenia P_i i Q_i
- Zwykle problem minimalizacji sumarycznego kosztu wytwarzania (f_P)
- N - zbiór wszystkich węzłów SEE, N_G - zbiór węzłów generatorowych, N_f - zbiór linii w SEE

Punkt 1. metody – redyspozycja generacji

$$(2a) \quad \min f_1 = \left[\sum_{i \in N_G} \left(c_{P,i}^{G+/-} s_{P,i}^{G+/-} + c_{Q,i}^{G+/-} s_{Q,i}^{G+/-} \right) \right]$$

subject to:

$$(2b) \quad \sum_{k \in CN,i} P_{C,i}^k - s_{P,i}^{G-} \leq P_i \leq \sum_{k \in CN,i} P_{C,i}^k + s_{P,i}^{G+} \quad \forall i \in N_G$$

$$(2c) \quad P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \quad \forall i \in N_G$$

$$(2d) \quad \sum_{k \in CN,i} Q_{C,i}^k - s_{Q,i}^{G-} \leq Q_i \leq \sum_{k \in CN,i} Q_{C,i}^k + s_{Q,i}^{G+} \quad \forall i \in N_G$$

$$(2e) \quad Q_i^{\min} \leq Q_i \leq Q_i^{\max} \quad \forall i \in N_G$$

$$(2f) \quad s_{P/Q,i}^{G-/+} \geq 0 \quad \forall i \in N_G$$

$$(2g) \quad x \in A$$

- Kontrakty podpisane przez wytwórcę wprowadzone są jako **miękkie** ograniczenia do problemu optymalizacji
- Koszt wytwarzania nieistotny dla Operatora – niebrany pod uwagę przy optymalizacji
- Jedynie uwzględniony koszt redyspozycji ($c_{P/Q,i}^{G+/-}$) dla każdej jednostki
- Restrykcja zbioru dopuszczalnego problemu OPF (ozn. A) – rozwiązanie x będzie na pewno dopuszczalne w kontekście ograniczeń technicznych

Punkt 2. metody – redyspozycja generacji + DSR

$$(3a) \quad \min f_1 + [\sum_{i \in N_L} (c_{P,i}^{L+} s_{P,i}^{L+} + c_{Q,i}^{L+} s_{Q,i}^{L+})]$$

subject to:

$$(3b) \quad 0 \leq P_i^L \leq 0 + s_{P,i}^{L+} \quad \forall i \in N_L$$

$$(3c) \quad 0 \leq P_i^L \leq P_i^D \quad \forall i \in N_L$$

$$(3d) \quad 0 \leq Q_i^L \leq 0 + s_{Q,i}^{L+} \quad \forall i \in N_L$$

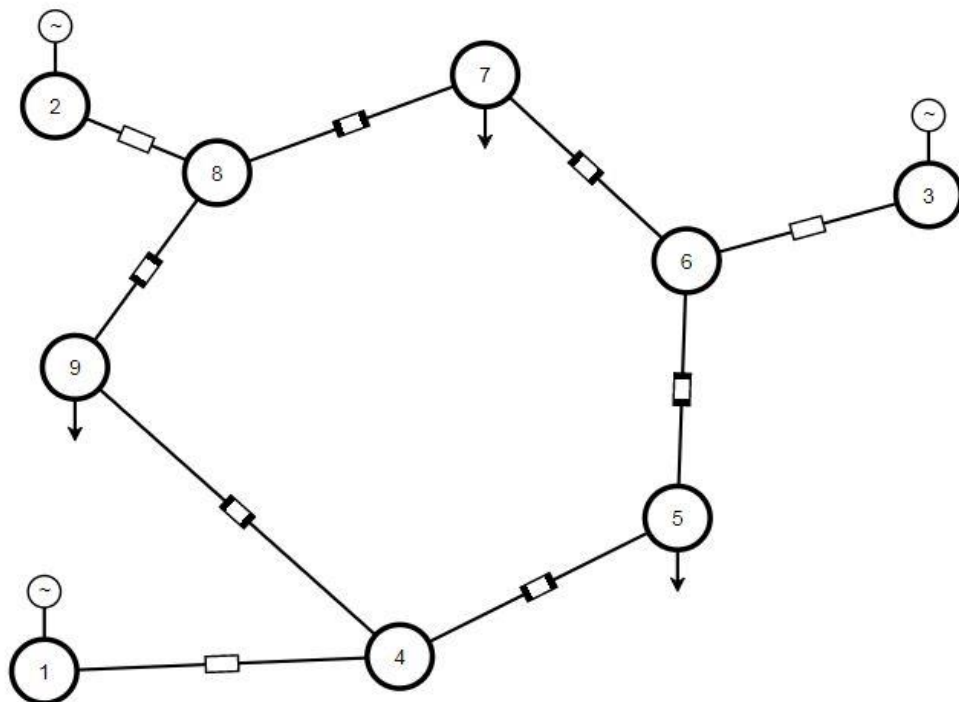
$$(3e) \quad 0 \leq Q_i^L \leq Q_i^D \quad \forall i \in N_L$$

$$(3f) \quad s_{P/Q,i}^{L+} \geq 0 \quad \forall i \in N_L$$

$$(3g) \quad x \in B$$

- Dodatkowo uwzględniony koszt ograniczenia obciążenia poprzez DSR ($c_{P/Q,i}^{L+}$) dla każdego węzła odbiorczego ze zbioru N_L , przy założeniu $c_{P/Q,i}^{G+/-} \ll c_{P/Q,i}^{L+}$
- Restrykcja zbioru dopuszczalnego problemu (2) (ozn. B) – rozwiązanie x będzie na pewno dopuszczalne w kontekście ograniczeń technicznych

Badania symulacyjne przedstawionego podejścia



Sumaryczna moc zainstalowana
= 820 MW

- Sieć 9-węzłowa :
3 węzły generacyjne, 3 odbiorcze
- Minima techniczne każdego bloku: 10 MW
- Maksima techniczne: 250 MW, 300 MW, 270 MW
- Symulacje przeprowadzono w 3 scenariuszach
obciążenia sieci: 30% , 83%, 128% mocy zainstalowanej,
losowo rozłożonego między węzłami
- Odbiorcy nie kontraktują pokrycia strat przesyłu
- W pierwszej kolejności kontraktowany blok 1,
potem 2, potem 3 – tak by jak najmniejsza ich liczba
odpowiadała
- $c_{P/Q,i}^{G+/-} = 100$ $c_{P/Q,i}^{L+} = 1000$ dla każdego węzła

Badania symulacyjne – otrzymane wyniki

Scenariusz 1 – obciążenie 30% mocy zainstalowanej

Koszt redyspozycji: 5.95e03				
i	Gen. P_i [MW]	Gen. Q_i [MVar]	Kontrakty P [MW]	Kontrakty Q [MVar]
1	230.65	96.44	222.25	115.00
2	10.00	-11.94	10.00	0.00
3	10.00	-0.41	10.00	0.00

Scenariusz 2 – obciążenie 83% mocy zainstalowanej

Koszt redyspozycji: 2.58e04				
i	Gen. P_i [MW]	Gen. Q_i [MVar]	Kontrakty P [MW]	Kontrakty Q [MVar]
1	225.70	107.49	250.00	115.00
2	248.98	22.61	300.00	0.00
3	221.99	58.25	127.69	0.00

W obu przypadkach już Sformułowanie 1 znalazło przepływ dopuszczalny

Badania symulacyjne – otrzymane wyniki

Scenariusz 3 – obciążenie 128% mocy zainstalowanej

Koszt redyspozycji/redukcji obciążenia 3.29e05				
i	Gen. P_i [MW]	Gen. Q_i [MVar]	Kontrakty P [MW]	Kontrakty Q [MVar]
1	240.40	68.59	250	115.00
2	246.90	39.21	300	0.00
3	270	46.93	270	0.00
5r	49.70	0.00	0.00	0.00
7r	115.35	0.00	0.00	0.00
9r	143.97	0.00	0.00	0.00

„r” oznacza redukcję
obciążenia w węźle i (DSR)

Konieczność wykorzystania Sformułowania 2.

- W przypadku, gdy wytwórcy i odbiorcy sami podpisują kontrakty bilansujące mogą pojawić się problemy techniczne z dopuszczalnością rozptywu mocy
- Referat przedstawia i analizuje metodę zapewniania dopuszczalności rozptywu mocy w sytuacji samo-bilansowania się zdecentralizowanej SEE
- Analizowana jest sytuacja, w której to odbiorcy/wytwórcy sami podpisują kontrakty bilansujące na podstawie indywidualnych preferencji, a Operator dba o zapewnienie bezpieczeństwa przesyłu przy uwzględnieniu kontraktów zawartych między uczestnikami
- Dwuetapowa metoda bazuje na dwóch problemach optymalizacyjnych wywodzących się z OPF – znalezione rozwiązanie rozptywu jest **zawsze** dopuszczalne
- Rezultat pracy może być widziany jako sposób wymuszania *online* punktów pracy wytwórców/odbiorców przez Operatora lub jako metoda analizowania kontraktów i przekazywania zwrotnej informacji uczestnikom

**Politechnika
Warszawska**

Dziękujemy za uwagę

