

Dokumentacja

Yevhenii Palamarchuk 126931

1. Opis problemu

Tariff rates (power generation)

Celem tego projektu jest określenie optymalnego harmonogramu pracy zestawu generatorów mocy w celu zaspokojenia zmieniających się zapotrzebowań na energię elektryczną w ciągu dnia, przy jednoczesnym minimalizowaniu całkowitych kosztów operacyjnych. Dodatkowo, dążymy do obliczenia marginalnego kosztu produkcji energii elektrycznej w każdym okresie oraz analizy wpływu gwarancji rezerwowej mocy na koszty.

12 p.m. to 6 a.m.	15 000 MW
6 a.m. to 9 a.m.	30 000 MW
9 a.m. to 3 p.m.	25 000 MW
3 p.m. to 6 p.m.	40 000 MW
6 p.m. to 12 p.m.	27 000 MW

Dostępne są trzy typy jednostek generujących: 12 typu 1, 10 typu 2 oraz 5 typu 3. Każdy generator musi pracować pomiędzy minimalnym a maksymalnym poziomem mocy. Istnieje godzinowy koszt pracy każdego generatora na minimalnym poziomie. Dodatkowo, istnieje dodatkowy godzinowy koszt za każdy megawatt, o który jednostka jest operowana powyżej minimalnego poziomu. Uruchomienie generatora wiąże się również z kosztami. Wszystkie te informacje znajdują się w Tabeli 12.6 (koszty w £). Oprócz spełnienia szacowanych zapotrzebowań na obciążenie, musi być wystarczająca liczba pracujących generatorów w każdym momencie, aby możliwe było zaspokojenie wzrostu obciążenia do 15%. Ten wzrost musiałby zostać osiągnięty poprzez dostosowanie mocy wyjściowej generatorów już działających w ramach ich dozwolonych limitów.

Generator type	Minimum level	Maximum level	Cost per hour at minimum	Cost per hour per megawatt above minimum	Startup Cost
Type1	850 MW	2000 MW	1000	2	2000
Type 2	1250 MW	1750 MW	2600	1.30	1000
Type 3	1500 MW	4000 MW	3000	3	500

Pytania do rozwiązania:

- Które generatory powinny działać w poszczególnych okresach dnia, aby zminimalizować całkowity koszt?
- Jaki jest marginalny koszt produkcji energii elektrycznej w każdym okresie dnia; to znaczy, jakie taryfy powinny być naliczane?
- Jakie byłyby oszczędności wynikające z obniżenia gwarancji rezerwy mocy o 15%; to znaczy, ile kosztuje ta gwarancja bezpieczeństwa dostaw?

2. Opis rozwiązania

a. Zestawy

- i. $G = [1, 2, 3]$ – typy generatorów (indeksowane jako i)
- ii. $T = [1, 2, 3, 4, 5]$ – okresy czasu (indeksowane jako j)

b. Parametry

- i. $D_j = [15000, 30000, 25000, 40000, 27000]$ – zapotrzebowanie
- ii. $m_i = [850, 1250, 1500]$ – minimalny poziom
- iii. $M_i = [2000, 1750, 4000]$ – maksymalny poziom
- iv. $E_i = [1000, 2600, 3000]$ - koszt godzinowy przy minimalnym poziomie
- v. $C_i = [2.0, 1.3, 3.0]$ - dodatkowy koszt godzinowy za MW powyżej minimalnego poziomu
- vi. $F_i = [2000, 1000, 500]$ - koszt uruchomienia generatora
- vii. $N_i = [12, 10, 5]$ - liczba jednostek generujących
- viii. $H_j = [6, 3, 6, 3, 6]$ - godziny w każdym okresie czasu

c. Zmienne decyzyjne

- i. X_{ij} - całkowita moc wyjściowa z generatorów typu i w okresie j
- ii. n_{ij} - liczba jednostek generujących typu i pracujących w okresie j
- iii. s_{ij} - liczba generatorów typu i uruchomionych w okresie j

d. Funkcja minimalizacji

- i. **Cost** = $\sum_{ij} C_i * H_j * (x_{ij} - m_i * n_{ij}) + \sum_{ij} m_i * H_j * n_{ij} + \sum_{ij} F_i * s_{ij}$

e. Ograniczenia

- i. Zapotrzebowanie musi być spełnione w każdym okresie
$$\sum_i x_{ij} \geq D_j$$
- ii. Moc wyjściowa musi mieścić się w granicach generatorów pracujących
$$x_{ij} \geq m_i * n_{ij}$$
$$x_{ij} \leq M_i * n_{ij}$$
- iii. Dodatkowe gwarantowane zapotrzebowanie na moc (15%)
$$\sum_i M_i * n_{ij} \geq D_j * 1.15$$
- iv. Liczba generatorów uruchomionych w okresie
$$s_{ij} \geq n_{ij} - n_{ij-1}$$

- v. Górne granice liczby generatorów używanych dla każdego typu w każdym okresie czasu

$$n_{ij} \leq N_i$$

- vi. Górne granice liczby generatorów uruchomionych w każdym okresie czasu

$$s_{ij} \leq N_i$$

3. Implementacja w OPL

Opisany powyżej model został zaimplementowany w IBM ILOG CPLEX Optimization Studio przy użyciu języka OPL.

Dodatkowe Wyrażenia Decyzyjne

costPerPeriod[j]: Dodatkowe wyrażenie decyzyjne dla kosztu na okres.

costPerMWPerPeriod[j]: Dodatkowe wyrażenie decyzyjne dla kosztu za 1 MW na okres.

Wyniki

1. Całkowity koszt: 988,540
2. Koszt na godzinę dla każdego okresu:
 - Okres 1: 1.41 £
 - Okres 2: 1.71 £
 - Okres 3: 1.58 £
 - Okres 4: 1.75 £
 - Okres 5: 1.61 £

4. Wnioski

Zoptymalizowany harmonogram pracy generatorów mocy minimalizuje całkowite koszty operacyjne, jednocześnie spełniając zmieniające się zapotrzebowania na energię elektryczną w ciągu dnia. Analiza dostarcza informacji na temat marginalnego kosztu produkcji energii elektrycznej oraz wpływu gwarancji rezerwowej mocy na koszty.

5. Bibliografia

- H. Paul Williams - Model Building in Mathematical Programming, 5th Edition (Zadanie 12.15 Tariff rates (power generation))
- Link do GitHub - https://github.com/YevheniiPalamarchuk/tariff_rates