

Jacek DUDA

Instytut Przetwarzania i Użytkowania
Energii Elektrycznej
Politechniki Lubelskiej

HARMONOGRAMOWANIE PROCESÓW DYSKRETNYCH WYSTĘPUJĄCYCH W ELEKTROENERGETYCE

Streszczenie. Artykuł przedstawia możliwości stosowania metod harmonogramowania w elektroenergetyce. Przykładami są optymalne harmonogramowanie remontów urządzeń wytwórczych i odcinków sieci oraz planowania rozwoju energetyki.

1. WSTĘP

W każdej gałęzi przemysłu wyróżnić można pewne powtarzające się procesy przemysłowe. Rozpatrując dany proces technologiczny coraz dokładniej, można dojść do procesów elementarnych. Wyróżnić można elementarne procesy ciągłe oraz procesy dyskretne. Procesy ciągłe są to takie, które opisać można za pomocą ciągłego aparatu matematycznego (np. równań różniczkowych). Przykładem mogą tu być procesy grzewcze (podgrzewanie i schładzanie). Pozostałe procesy nazywa się procesami dyskretnymi. Charakteryzują się tym, że nie można opisać ich za pomocą ciągłego aparatu matematycznego. Najczęściej wykorzystuje się wówczas zapis macierzowy, wyrażenia logiczne, równania różnicowe.

Fizycznie procesy dyskretne charakteryzują się zmianami zachodzącymi w określonych chwilach czasu lub dotyczącymi pewnych "porcji" materiałów.

W praktyce przemysłowej procesy dyskretne są bardziej rozpowszechnione od procesów ciągłych.

Na ogół w skomplikowanych ciągach technologicznych występuje przemieszanie typów procesów. Aparat matematyczny, z którego należy skorzystać, zależy od celu i koniecznej szczegółowości analizy procesu.

Najbardziej znanymi przykładami dyskretnych procesów przemysłowych są procesy montażu, występujące najczęściej w przemyśle maszynowym. Literatura podaje wiele metod optymalizacji i harmonogramowania dyskretnych procesów przemysłowych.

Artykuł dotyczy elektroenergetyki i omawia niektóre problemy dyskretne występujące w tej dziedzinie. Procesy elementarne w energetyce w większości mają charakter ciągły. Natomiast problemy dyskretne związane są z pla-

nowaniem rozdziału energii elektrycznej, harmonogramowaniem remontów, planowaniem rozwoju wytwarzania energii elektrycznej itp.

W artykule przedstawione zostaną przykłady zastosowania harmonogramowania do problemów dyskretnych w elektroenergetyce.

Przykłady te dotyczą:

- harmonogramowania remontów agregatów,
- harmonogramowania wyłączeń sieciowych,
- planowania rozwoju energetyki.

2. HARMONOGRAMOWANIE REMONTÓW AGREGATÓW

Problem planowania remontów agregatów opisany został w [1]. Przedstawić go można w sposób następujący.

Głównym celem energetyki jest dostarczenie odbiorcom energii elektrycznej w momencie wystąpienia zapotrzebowania. Koszt wytworzenia energii elektrycznej jest różny dla różnych agregatów wytwórczych i różnych momentów czasowych (pory roku). Każdy agregat wytwarzający energię elektryczną podlega remontowi co pewien czas. Remonty te należy tak planować, by zminimalizować straty wynikające ze zmniejszenia mocy elektrowni. W [1] przedstawiono formalizację problemu.

Celem harmonogramowania jest minimalizacja kosztów wytwarzania energii elektrycznej.

$$K_z = \min \left\{ \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{h \in H_i} [(P_{ij} - r_{ih}) K_{ijh} T_{ijh}] \right\}. \quad (1)$$

gdzie:

- I - zbiór elektrowni,
- H_i - zbiór agregatów wytwórczych w elektrowni "i",
- J - zbiór przedziałów harmonogramowania,
- P_{ij} - moc elektrowni "i" w przedziale "j",
- r_{ih} - ubytek mocy z powodu wyłączenia urządzeń "h" w elektrowni "i",
- K_{ijh} - koszt jednostkowy produkcji energii elektrycznej w agregacie "h" w elektrowni "i" w przedziale "j",
- T_{ijh} - czas wykorzystania średniej mocy dysp. w przedziale "j" dla agregatu "h" w elektrowni "i".

Ograniczenia narzucone na rozwiązanie dotyczą zapewnienia pokrycia pełnego zapotrzebowania na moc, liczby brygad specjalistycznych dla wszystkich wymaganych specjalności a także maksymalnej liczby równocześnie remontowanych agregatów w danej elektrowni.

Rozwiązaniem jest wektor δ_j dla każdego agregatu w każdej elektrowni

$$\delta_j = \begin{cases} 1 & \text{dla } 0 \leq j - y_{ih} < t_{ih} - 1 \\ 0 & \text{dla } j - y_{ih} < 0 \vee j - y_{ih} \geq t_{ih} \end{cases} \quad (2)$$

gdzie:

y_{ih} - numer podokresu "j", w którym nastąpi wyłączenie agregatu "h" w "i-tej" elektrowni,

t_{ih} - liczba podokresu "j" postoju agregatu "h" z powodu remontu.

Dyskretny charakter opisanego problemu wynika z tego, że ilości brygad specjalistycznych są liczbami całkowitymi oraz z założenia, że przestój trwa całkowitą wielokrotność podokresów harmonogramowania.

W [1] zastosowano rozwiązanie heurystyczne. Polega ono na przeglądzie macierzy kosztów wg określonej reguły (największa wartość w wierszu macierzy).

Opisany problem jest zbliżony do wielu typowych problemów harmonogramowania DPP, takich jak sterowanie przepływem wytłoczek w tłoczni.

3. HARMONOGRAMOWANIE WYŁĄCZEŃ SIECIOWYCH

Przykład 2 dotyczy harmonogramowania wyłączeń odcinków sieci elektrycznej [2]. Celem harmonogramowania jest minimalizacja strat wynikających z wyłączeń i minimalizacja kosztów remontów wyłączonych odcinków linii.

Formuluje się to następująco:

$$K(t_1, t_2, \dots, t_n) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} K_{ij}(t_i), \quad (3)$$

gdzie:

$K(t_1, t_2, \dots, t_n)$ - łączny koszt wykonania prac remontowych na odcinkach sieci,

$K_{ij}(t_i)$ - koszt prac na odcinku "i" w miesiącu "j" (jeśli remont rozpoczęto w miesiącu t_i).

Ograniczenia wynikają tu z konieczności wspólnego wyłączenia pewnych odcinków sieci oraz wykluczenia wspólnych wyłączeń pewnych innych odcinków sieci, a także z liczby brygad remontowych (dla wyłączeń związanych z remontami).

Konieczność wspólnego wyłączenia lub wykluczenia wspólnego wyłączenia odcinków linii zapisuje się w postaci macierzy 0-1, co decyduje o dyskretnym charakterze problemu.

W [2] zaproponowana została metoda programowania całkowito-liczbowego.

4. PLANOWANIE ROZWOJU ENERGETYKI

Przykład 3 dotyczy planowania produkcji energii elektrycznej w pewnym horyzoncie czasowym.

Praca [3] omawia zagadnienie planowania produkcji energii elektrycznej w horyzoncie wieloletnim. Dąży się tam do znalezienia wektora X

$$X = \left\{ x_1^1 x_1^2 \dots x_1^1 x_2^1 \dots x_2^1 \dots x_m^1 \dots x_m^1 \right\}, \quad (4)$$

gdzie:

l - liczba etapów planowania,

m - liczba grup urządzeń wytwórczych (np. typy elektrowni, typy generatorów).

Zakłada się, że znana jest prognoza zapotrzebowania na moc oraz prognoza możliwości dostarczania źródeł energii dla różnych typów elektrowni i generatorów. Rozwiązanie optymalizuje się ze względu na kryteria ekonomiczne (koszt inwestycji i eksploatacji).

Dyskretny charakter problemu wynika stąd, że poszczególne elementy rozwiązania X mogą być całkowitymi wielokrotnościami typowych mocy generatorów.

W [3] rozważany jest przypadek statystyczny, co wynika z przybliżonego charakteru prognoz. Zaprezentowane metody rozwiązań oparte są na programowaniu całkowitoliczbowym.

5. UWAGI

Elektroenergetyka jest więc dziedziną przemysłu, gdzie mogą być stosowane metody wypracowane dla harmonogramowania dpp. Przegląd problematyki zawarty w artykule nie wyczerpuje zagadnienia. Istnieje jeszcze wiele problemów dyskretnych, takich jak: optymalizacja kolejności operacji łączeniowych, odnowa poawaryjna, nad którymi trwają prace badawcze.

LITERATURA

- [1] MROMLIŃSKI L.: Metoda optymalizacji planowych wyłączeń urządzeń wytwórczych w systemie elektroenergetycznym. Prace IASE, zeszyt 29, Wrocław 1974, s. 45.
- [2] TŁUCZKIEWICZ T.: Możliwości wykorzystania metody optymalizacji harmonogramów remontów kapitalnych sieci średnich i niskich napięć dla celów optymalnego planowania remontów sieci elektroenergetycznej 110 kV - Prace IASE, zeszyt 29, Wrocław 1974, s. 55.
- [3] URBANIAK A., GÓRA S.: Metoda wyboru optymalnej struktury mocy elektrowni w warunkach stochastycznych. Podstawy teoretyczne. Archiwum Energetyki 1980, nr 4, s. 245.

Recenzent: Prof. dr inż. Henryk KOWALOWSKI

Wpłynęło do Redakcji 15.05.1982 r.

СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКОВ ДИСКРЕТНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Резюме

В статье даются возможности использования методов составления графиков в энергетике. Приводятся несколько примеров: оптимальное планирование ремонтов генераторов и участков энергетической сети а также планирование развития энергосистем.

SCHEDULING OF DISCRETE INDUSTRIAL PROCESSES
IN THE POWER SYSTEM

Summary

The paper shows the possibilities of using the scheduling methods in energetics. Some examples are presented: optimal scheduling of overhauling of equipments and parts of energetics network in power system and optimal scheduling of development of power system.