

Waldemar MAŁOPOLSKI
Politechnika Krakowska

STEROWANIE ESP Z WYKORZYSTANIEM IDEI KANBAN

Streszczenie. W artykule jest przedstawiona oryginalna metoda sterowania działaniem elastycznego systemu produkcyjnego (ESP). Jest ona oparta na idei KANBAN i pozwala między innymi na zapobieganie powstawaniu zastoju i efektywną eksploatację systemu.

FMS CONTROL BASED ON KANBAN IDEA

Summary. In this paper the original method for flexible manufacturing system (FMS) control is presented. This method is based on KANBAN idea and it allows among other things for deadlock prevention and manufacturing system effective utilisation.

1. Wprowadzenie

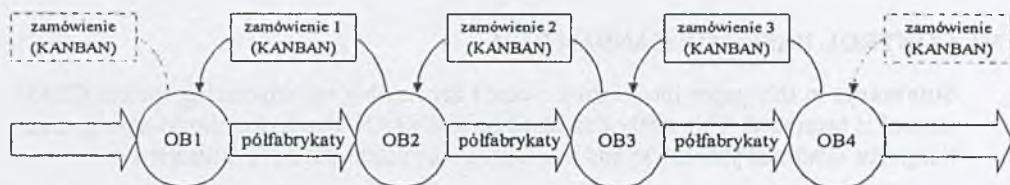
Do głównych zadań sterowania operatywnego należy między innymi zapobieganie zastojom [11] i zapewnienie efektywnej eksploatacji ESP. Zapobieganie zastojom w elastycznym systemie produkcyjnym ma na celu uniknięcie powstania sytuacji, w których nie jest możliwe wykonywanie dalszych czynności. Najczęstszą przyczyną takiego stanu jest zablokowanie (zajęcie) obiektu lub obiektów systemu przez rozpoczęcie czynności elementarnych w chwili, gdy obiekty te są potrzebne do zakończenia czynności już trwających [12]. Określenie, które czynności elementarne nie prowadzą do zastoju, ma podstawowe znaczenie przy podejmowaniu decyzji o rozpoczęciu wykonywania następných czynności. Metoda pozwalająca na określenie, które czynności nie prowadzą do powstania zastoju, została oparta na idei KANBAN.

Rozwiązanie problemu powstawania zastoju (z pewnymi ograniczeniami) pozwala również, w trakcie działania ESP, na modyfikowanie i dodawanie nowych zadań produkcyjnych o wielu wariantach procesów technologicznych oraz łatwe modyfikowanie jego składu i struktury.

Zapewnienie efektywnej eksploatacji ESP polega na dążeniu do uzyskania wysokich wskaźników obciążenia obrabiarek. Można to osiągnąć stosując prostą heurystykę [2], która sprowadza się do stwierdzenia „rób co można”. Oznacza to, że można rozpocząć każdą czynność dopuszczoną do wykonania, jeżeli nie prowadzi ona do zastoju.

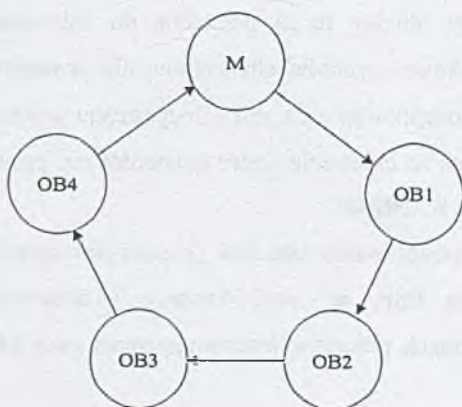
2. Sterowanie oparte na idei KANBAN

Wykorzystanie idei KANBAN w sterowaniu zapobiega powstawaniu zastoju i umożliwia efektywne wykorzystanie obiektów systemu. Zastosowanie tej metody polega na tym, że obiekty (np. OB1, OB2 itp.) w ESP, które mogą wykonywać pewne czynności samodzielnie (np. obróbkę), składają zamówienia na dostarczanie im przedmiotów z innych obiektów (rys.1.). Takie postępowanie nie dopuszcza do powstawania zastoju w dowolnych systemach typu linia produkcyjna.



Rys.1. Składanie zamówień (KANBAN)
Fig.1. Ordering (KANBAN)

Możliwe powiązania transportowe dla systemu typu linia produkcyjna, składającego się z magazynu M i czterech obiektów OB1 – OB4, przedstawia rys.2.

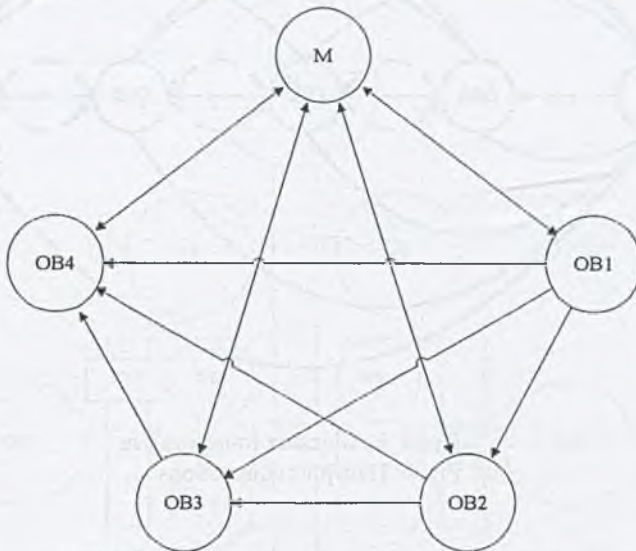


Rys.2. Powiązania transportowe
Fig.2. Transport connections

Charakterystyczne dla tego rozwiązania jest sztywne powiązanie transportowe poszczególnych obiektów. Przejście przedmiotu przez taki system jest ściśle określone (bez

możliwych wariantów). Możliwe jest zastosowanie tej metody do sterowania systemem obrabiarkowym (ESP). Wprowadzenie do systemu produkcyjnego typu linia środków transportu, umożliwiających pobranie przedmiotu z dowolnego poprzedzającego obiektu, w znacznym stopniu zwiększa elastyczność przepływu przedmiotów. Pozwala bowiem na pewną wariantowość przejścia przedmiotu przez system produkcyjny.

Możliwe powiązania transportowe dla takiego systemu, składającego się z magazynu **M** i czterech obiektów **OB1** – **OB4**, z poszerzonymi możliwościami transportowymi przedstawia rys.3.



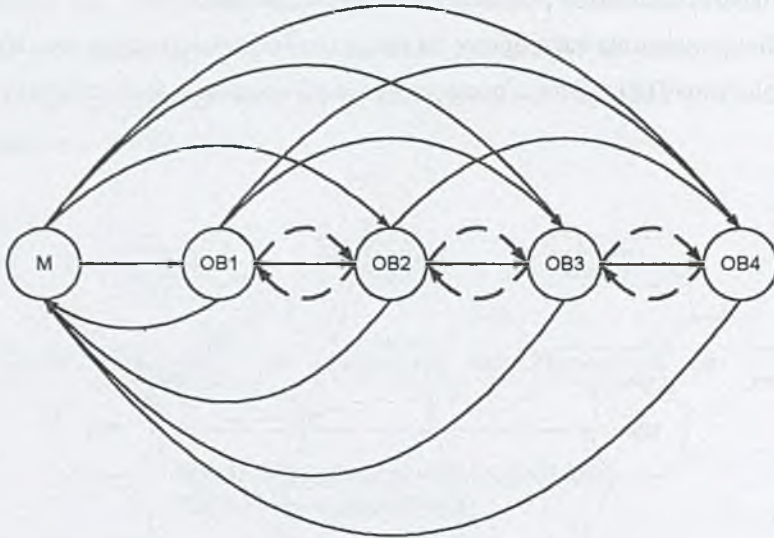
Rys.3. Powiązania transportowe
Fig.3. Transport connections

Aby jeszcze bardziej poszerzyć możliwości stosowania opisaney metody zapobiegania zastojom dopuszcza się, dzięki opracowaniu odpowiedniego algorytmu, realizację czynności transportowych, polegających na powrocie przedmiotu na obiekt, z którego został poprzednio pobrany. Jednak następną czynność transportowa może być zrealizowana tylko na obiekcie, z którego nastąpił powrót.

Możliwe powiązania transportowe dla systemu, składającego się z magazynu **M** i czterech obiektów **OB1** – **OB4**, z opisaną metodą sterowania opartą na idei KANBAN przedstawia rys.4.

Składanie zamówień przez obiekty systemu przebiega w dwóch etapach. W pierwszym poszukiwane są obiekty transportu, które mogą przywieźć przedmiot. W drugim poszukiwane

są obiekty, z których dane przedmioty mogą być przywiezione. Ponieważ przejście przedmiotu przez ESP może być realizowane w wielu wariantach, to o preferencjach wyboru określonego przedmiotu decydują dodatkowe informacje.



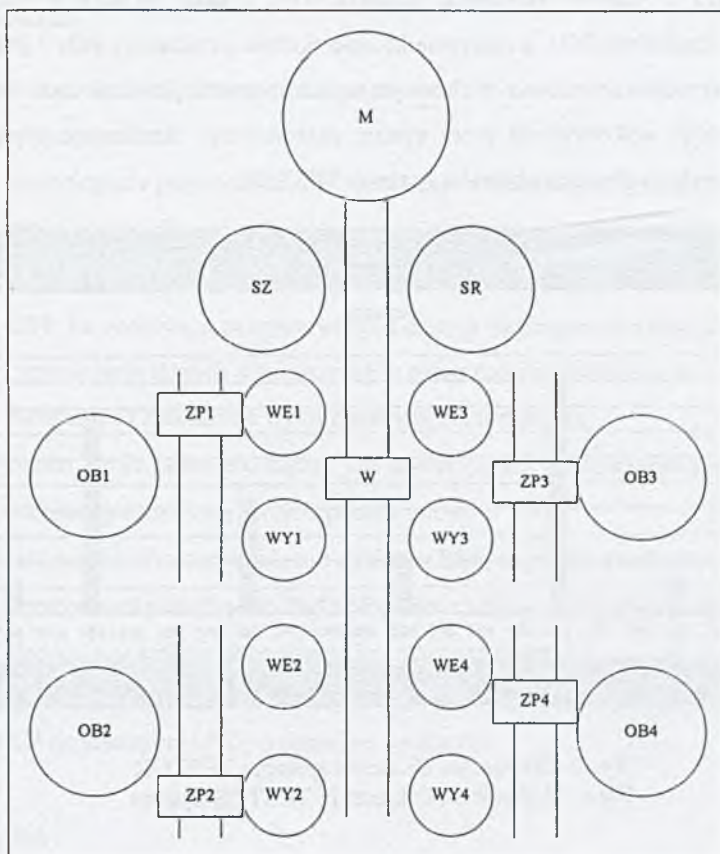
Rys.4. Powiązania transportowe
Fig.4. Transport connections

Po znalezieniu obiektu pobierającego i oddającego przedmiot jest „składane zlecenie” na przywiezienie danego przedmiotu. Zlecenie obejmuje **pobranie** przedmiotu przez obiekt transportu, **oddanie** do obiektu zamawiającego, a następnie np. **obróbkę**. Zablokowaniu ulegają wszystkie czynności, w których udział biorą obiekty związane z tymi trzema czynnościami. Blokowane są też same obiekty, co uniemożliwia ich wykorzystanie do składania zleceń przez inne obiekty. Złożenie zlecenia jest równoznaczne z wyrażeniem zgody na wykonanie zawartych w nim czynności elementarnych.

Przedstawiona metoda składania zleceń zapobiega powstawaniu zastoju spowodowanych przez obiekty transportu. Nie może bowiem dojść do sytuacji, w której obiekt transportu pobierze przedmiot i nie będzie mógł go oddać. Wymagane jest jednak zachowanie ukierunkowanego przepływu przedmiotów przez ESP.

3. Weryfikacja opracowanej metody

Weryfikacja metody sterowania ESP z wykorzystaniem idei KANBAN została zrealizowana w [8]. Weryfikacja obejmowała przeprowadzenie symulacji działania kilku ESP z wykorzystaniem programu MR_ESP. Dane wejściowe do symulacji zostały przygotowane w ramach [7]. Na rys.5 przedstawiono uproszczony rysunek jednego z testowanych ESP o nazwie TESTOR.



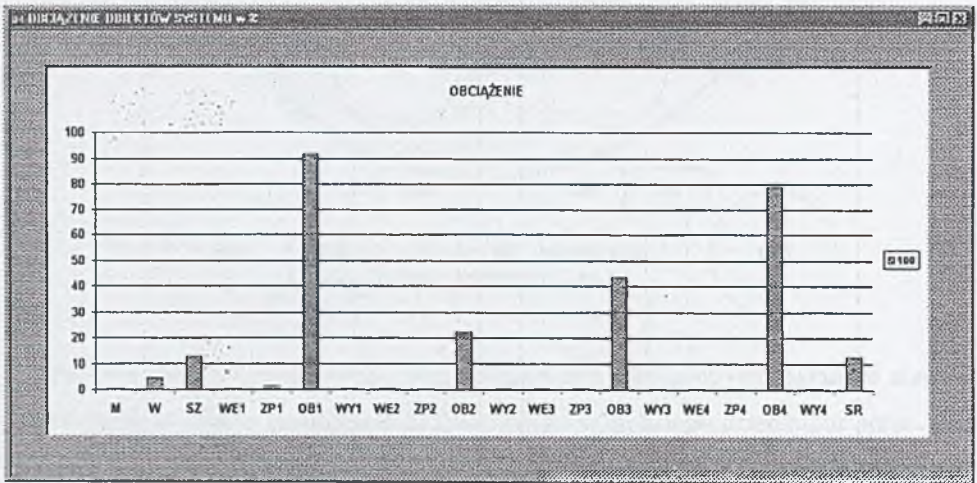
Rys.5. ESP – TESTOR
Fig.5. FMS - TESTOR

W skład systemu wchodzi:

- M - magazyn,
- SZ – stacja załadowcza,
- SR – stacja rozładowcza,

- OB1 .. OB4 - obrabiarki o numerach od 1 do 4,
- WE1 .. WE4 - wejścia o numerach od 1 do 4 (są buforowe wejściowe obrabiarek),
- WY1 .. WY4 - wyjścia o numerach od 1 do 4 (są buforowe wyjściowe obrabiarek),
- ZP1 .. ZP4 - zmieniacze palet o numerach od 1 do 4 (transportują przedmioty pomiędzy obrabiarkami i buforami),
- W - wózek (transportuje przedmioty pomiędzy magazynem i buforami).

W przedstawionym ESP przeprowadzono symulację wykonania trzech przedmiotów: PO1, PO2 i PO3 o różnych wariantach przejścia przez system. Symulację rozpoczęto od wykonywania przedmiotu PO1, a następnie kolejno dodano przedmioty PO2 i PO3. Podczas symulacji kilkakrotnie zmieniano preferencje wykonywanych przedmiotów. Dzięki temu zmieniano częstość wykonywania przez system przedmiotów określonego typu. Na rys.6 przedstawiono wykres obciążeń obiektów systemu TESTOR.



Rys.6. Obciążenie obiektów systemu TESTOR
Fig.6. Utilisation of objects in TESTOR system

Efektywność sterowania ESP z wykorzystaniem idei Kanban zależy od wielu czynników. Bardzo duży wpływ na wielkość obciążenia obrabiarek ma występowanie tzw. „wąskich gardeł”. Zjawisko to może wynikać z realizowanego procesu technologicznego lub ze źle dobranego składu i struktury ESP na etapie projektowania. Duża presja na obniżenie kosztów spowodowała, że obserwuje się tendencje do budowy małych ESP (składających się z kilku wielofunkcyjnych obrabiarek) połączonych prostym systemem transportu. Dąży się do tego, aby system transportu spełniał służebną rolę w systemie. Można to zrealizować przez

wyposażenie obrabiarek w bufory wejścia i wyjścia jak na rys.5. Bufory wejścia i wyjścia, w prezentowanej metodzie sterowania są traktowane jak obiekty mogące zamawiać przedmioty. Dzięki temu bufor wejściowy zamawia nowy przedmiot natychmiast po oddaniu poprzedniego do obróbki. Pozwala to na skrócenie nieefektywnego czasu pracy obrabiarki tylko do pobrania i oddania przedmiotów z buforów. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie dużej efektywności działania ESP wyrażonej np. przez obciążenie obrabiarek.

4. Podsumowanie

Przedstawiona, w skrócie, metoda sterowania ESP z wykorzystaniem idei KANBAN pozwala między innymi na:

- zapobieganie powstawaniu zastoju i zapewnienie efektywnej eksploatacji elastycznego systemu produkcyjnego.
- modyfikowanie i dodawanie nowych zadań produkcyjnych w trakcie działania ESP na podstawie przygotowanych danych wejściowych a tym samym ograniczenie danych przetwarzanych przez program sterujący do informacji związanych z aktualnie wykonywanymi przedmiotami,
- realizowanie zadań produkcyjnych zawierających wiele wariantów procesów technologicznych wykonania przedmiotów,
- łatwe modyfikowanie składu i struktury ESP, w trakcie działania, w celu dostosowania możliwości technologicznych do aktualnych potrzeb, co ma decydujący wpływ na obniżenie kosztów eksploatacji.

Celowe wydaje się podjęcie dalszych prac nad rozwinięciem możliwości zastosowania idei KANBAN do sterowania ESP o dowolnej strukturze.

LITERATURA

1. Chmiel J., Cyklis J., Pierzchała W., Zych J.: Weryfikacja stosowalności macierzowego modelu ESP do sterowania systemem w czasie rzeczywistym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Automatyka, z. 114, Gliwice 1994, s.27-38.*
2. Cyklis J., Pierzchała W.: Modelowanie procesów dyskretnych w Elastycznych Systemach Produkcyjnych. *Zeszyty Naukowe, z 77, Politechnika Krakowska 1995.*
3. Cyklis J., Pierzchała W.: Simulation and Control of FMS on its Operational Level. 6th Symposium on Information Control in Manufacturing Technology, INCOM 89, Madryt, 1989, str. 1-6.

4. Cyklis J.: Algorithmical Modeling of FMS Process. Conference on Advanced Technology in Design and Manufacturing of the II World Basque Congress, Victoria-Gasteiz, Basque Country Spain, December 1987. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Victoria Gasteiz, s. 335-368.
5. Cyklis J.: Symulacja Elastycznych Systemów Produkcyjnych z wykorzystaniem macierzy stanu. ZN Polit. Śląskiej, s. Automatyka, z. 85, Gliwice 1986, str. 57-64.
6. Cyklis J.: Towards Simple Simulation of FMS. Monografie Politechniki Krakowskiej, 58, 1987, str. 5-31.
7. Krupa K.: Algorytmiczne tworzenie modelu sterowania ESP na podstawie danych technologicznych. Politechnika Krakowska, 1999 (praca doktorska).
8. Małopolski W.: Model sterowania elastycznym systemem produkcyjnym zintegrowanego z CIM. Politechnika Krakowska, 1999 (praca doktorska).
9. Janiec M.: Komputerowo wspomagane zarządzanie produkcją – terażniejszość i tendencje. <http://wizard.ae.krakow.pl/~janiecm/e-publ/erptrend/erptrend.htm>
10. Zintegrowane systemy zarządzania. Vogel Publishing sp. z o. o. Wrocław 1997.
11. Coffman E. G. et al.: System Deadlocks, Computing Surveys, 3, 1971, str. 67-78.
12. Hall N. G., Srisankarayah C.: A survey of machine scheduling problem with blocking and no-wait in process, Operations Research 44, 1996, str. 510-525.

Recenzent: Dr hab.inż. Czesław Smutnicki

Abstract

In the first part of this paper the original method for flexible manufacturing system (FMS) control is presented. This method is based on KANBAN idea and it allows among other things for deadlock prevention and manufacturing system effective utilisation (control). In the second part the result of verifying of the proposed method and control programme, based on it, are presented. The control programme was verified by a few FMS simulations. Presented method can be the base of a control programme, because it makes possible: simple FMS modelling, production adding or modifying tasks (based on prepared input data) without FMS control process interrupt, realise production tasks with various part making technology and easy modification of the composition and structure of FMS in control process.