

KMIECIK Adam, ZAJĄC Jerzy

WYBRANE ASPEKTY REKONFIGURACJI W SYSTEMIE STEROWANIA WYTWARZANIEM

Streszczenie

Biorąc pod uwagę współczesne trendy biznesowe i wymagania rynkowe stawiane systemom wytwarzania, istotnego znaczenia nabiera aktualnie szybkość reagowania na zmieniające się potrzeby klientów, a co za tym idzie, minimalizacja czasu niezbędnego do wprowadzenia na rynek nowego produktu. Odpowiedzią na te wymagania są rekonfigurowalne systemy wytwarzania (RMS), wyposażone w rozproszone systemy sterowania, które zapewniają tym systemom wytwarzania odporność na zakłócenia wynikające m.in. ze zmian zachodzących w ich strukturze. Takie systemy sterowania umożliwiają również integrację informacji pomiędzy różnymi poziomami sterowania, a także pomiędzy różnymi obszarami procesu produkcyjnego.

1. WSTĘP

Pojawiające się w ostatnim ćwierćwieczu prace nad opracowaniem systemów wytwarzania nowej generacji wskazują na konieczność wprowadzenia niezbędnych zmian w istniejących obecnie systemach wytwarzania. Ma to na celu sprostanie wymaganiom rynkowym przejawiającym się coraz powszechniejszym personalizowaniem produktów (*ang. mass customization*) nawet w produkcji seryjnej, co prowadzi do licznych wariantów tego samego produktu.

Tradycyjne środowiska produkcyjne to w większości systemy dedykowane (*ang. Dedicated Manufacturing Systems - DMS*), charakteryzujące się wysoką wydajnością, ale ograniczoną elastycznością produkcji [6]. Dedykowane systemy produkcyjne budowane są zazwyczaj w oparciu o tanie maszyny technologiczne tworzące wyspecjalizowane linie produkcyjne, przeznaczone najczęściej do produkcji jednego lub kilku wyrobów. Wysoka wydajność produkcji osiągnięta zostaje tu m.in. dzięki jednoczesnej realizacji zabiegów technologicznych. Niska skalowalność tych systemów, wynika z braku adaptacji do zmiennej wielkości produkcji, a także przeznaczenia ich do produkcji jednego bądź tylko kilku produktów. Zaletą tych systemów jest stosunkowo niski koszt realizacji procesów wytwórczych w przypadku gdy pracują one pełną mocą produkcyjną. Negatywną cechą systemu DMS jest to, iż musi on zostać wyłączony i zreorganizowany lub w ostateczności nawet usunięty, aby umożliwić wytwarzanie nowych produktów.

Zmieniające się wymagania rynku wymusiły ewolucję systemów wytwarzania, kładąc nacisk na elastyczność i funkcjonalność tych systemów, aby zapewnić odpowiednią jakość i efektywność produkcji. Od systemów posiadających takie cechy oczekiwano wydajnej produkcji szerokiej gamy produktów tego samego typu przy zachowaniu odpowiednio wysokiej jakości [2]. Elastyczne systemy wytwarzania (*ang. Flexible Manufacturing Systems - FMS*) mogą w tym samym czasie wytwarzać wiele „podobnych” produktów, przy

zmiennym na nie zapotrzebowaniu. Głównym elementem składowym FMS są drogie, sterowane numerycznie obrabiarki ogólnego przeznaczenia, roboty i inne zautomatyzowane systemy obsługi transportu czy narzędzi, sterowane poprzez dedykowane systemy sterowania. Wysokie koszty wynikające z zastosowanych drogich maszyn oraz zastosowanie dedykowanego systemu sterowania ograniczają szerokie stosowanie FMS w systemach produkcyjnych. Zastosowanie FMS musi być bowiem dokładnie rozważone w aspekcie ekonomicznym, jak również w aspekcie przygotowania produkcji, w przeciwnym razie trudno jest uzasadnić wysokie koszty poniesione na jego wdrożenie [3].

W systemach nowej generacji wymaga się innego podejścia, które nie tylko połączy w sobie wysoką wydajność produkcji z elastycznością systemów, ale także zaoferuje dużą szybkość reagowania na zmiany zachodzące w otoczeniu systemów produkcyjnych. Istotną cechą takich systemów jest zdolność do ich rekonfiguracji, która daje możliwość dostosowania lub zmiany elementów uczestniczących w procesach wytwarzania. Podobnie jak niskie koszty i wysoka jakość produkcji, rekonfiguracja stała się nową pożądaną cechą systemów wytwarzania [5].

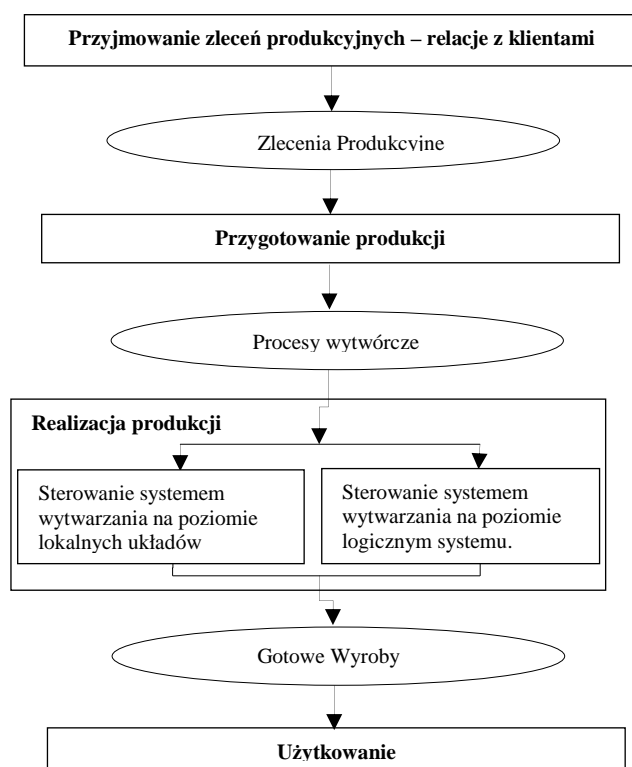
Koncepcje rekonfigurowalnych systemów wytwarzania (ang. *reconfigurable manufacturing systems – RMS*), a także jednego z ich składników – rekonfigurowalnych obrabiarek (ang. *reconfigurable machine tools – RMT*) zostały opracowane w 1999 r. na Uniwersytecie Michigan [6]. Cel powstania RMS podsumować można stwierdzeniem – „Dajemy możliwości i funkcjonalność systemom wytwarzania tylko wtedy, kiedy są one potrzebne” [3]. Kluczową cechą RMS jest to, że w przeciwieństwie do DMS i FMS, jego wydajność i funkcjonalność nie są stałe. Wprowadzanie rekonfigurowalnych systemów do produkcji opiera się na przekonaniu, że pewne korzyści ekonomiczne mogą być uzyskane przez zwiększenie wykorzystania rekonfigurowalnych obrabiarek oraz zapewnieniu wielu wariantów realizacji produkcji.

2. OBSZARY REKONFIGURACJI SYSTEMU STEROWANIA WYTWARZANIEM

Obszar działań związanych bezpośrednio z wytwarzaniem produktów, jest jednym z wielu etapów cyklu życia produktu (ang. *product lifecycle management – PLM*). PLM jest najczęściej definiowane jako proces koncentrujący się na całości zagadnień związanych z produktem: od powstania koncepcji danego produktu, poprzez jego projekt i wytwarzanie, obsługę posprzedażną, aż do recyklingu tego produktu włącznie. W dużym uproszeniu można przyjąć, że cykl życia produktu obejmuje trzy zasadnicze etapy: *przygotowanie produkcji, realizację produkcji i użytkowanie*. Aby efektywnie skrócić czas wytwarzania nowego produktu, przedsiębiorstwo powinno przed wszystkim dążyć do skrócenia okresów *przygotowania produkcji i realizacji produkcji*. Etapy te nie powinny być wykonywane całkowicie niezależnie i w sposób sekwencyjny, czyli według schematu: zakończyć jeden etap i rozpocząć kolejny, tak jak to dzieje się w tradycyjnych systemach produkcyjnych. Etapy *przygotowania produkcji i realizacji produkcji* powinny być zintegrowane zarówno informacyjnie jak i organizacyjnie. Aby tę integrację osiągnąć, niezbędne staje się uporządkowanie przepływu informacji w ramach tych dwóch etapów.

Zgodnie z założeniami idei RMS, procesy realizowane w ramach etapów *przygotowania produkcji i realizacji produkcji* powinny być zintegrowane z procesami odnoszącymi się do zarządzania relacjami z klientami (*Customer Relationship Management-CRM*) oraz z procesami pozyskiwania danych z systemów realizacji produkcji (*Manufacturing Execution System – MES*). Kooperacja wyżej wymienionych procesów powoduje, że można będzie produkować więcej i szybciej, przy jednoczesnym ograniczaniu zasobów ludzkich i materialnych. Wymagane jest zatem dopasowanie struktur danych oraz opracowanie

mechanizmów wymiany informacji między procesami istniejącymi w integrowanych etapach cyklu życia produktu.



Rys. 1. Zasadnicze obszary cyklu życia produktu PLM

Na rysunku 1 przedstawiono zasadnicze elementy cyklu życia produktu. PLM zakłada istnienie kolejno następujących po sobie etapów takich jak: *przyjmowanie zleceń produkcyjnych* z systemu odpowiedzialnego za relacje z klientami (np. CRM), *przygotowanie produkcji* zakończone opracowaniem procesów wytwórczych, *realizację produkcji* i *użytkowanie*. Elementy zaznaczone owalem, są wynikiem poprzedzających je etapów.

Procesy wytwórcze będące wynikiem pracy systemu przygotowania produkcji, stanowią podstawę do konfiguracji/rekonfiguracji systemu sterowania wytwarzaniem. Zakłada się, że przyjęty sposób rozwiązania problemu umożliwi bezpośrednią wymianę danych między tymi systemami, co stanowić będzie ważny element dla uzyskania ciągłości działań w procesie wytwarzania, począwszy od etapu przyjęcia zleceń produkcyjnych, poprzez przygotowanie produkcji, a skończywszy na fazie realizacji produkcji.

System sterowania RMS ma charakter modułowy i budowany jest w oparciu o otwartą architekturę. Dzięki temu w przeciwieństwie do systemów wytwarzania budowanych w oparciu o inne koncepcje, RMS nie posiada stałej konfiguracji sprzętowej i programowej. Pozwala to aby jego funkcjonalność i wydajność mogła być w większym stopniu dostosowywana do potrzeb rynku, w porównaniu do istniejących dotychczas systemów wytwarzania.

Możliwości rekonfiguracyjnych systemu wytwarzania należy poszukiwać, w każdym procesie uczestniczącym w wytwarzaniu, i w każdym z elementów systemu wytwarzania, kładąc nacisk na wyszukiwanie lub kreowanie pożądanых cech rekonfiguracji. Ważną rolę w budowaniu nowych rekonfigurowalnych systemów wytwarzania odgrywają obecnie:

- wielowariantowe procesy wytwórcze,
- rekonfigurowalne modułowe obrabiarki,

- zautomatyzowane podsystemy transportu odpowiedzialne za przemieszczanie materiałów, półproduktów, gotowych produktów, narzędzi itp.

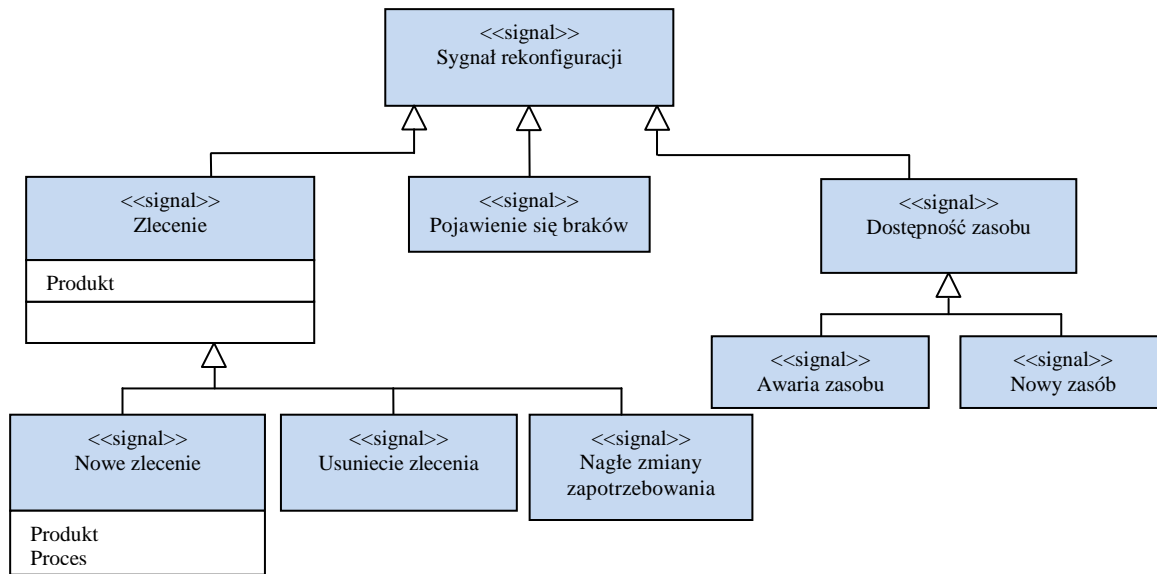
W trakcie przygotowania produkcji istnieje zazwyczaj wiele potencjalnych wariantów prowadzących do wytworzenia gotowego produktu. Jest to ważna i pożądana cecha charakteryzująca systemy rekonfigurowalne, zwiększająca ich odporność na zakłócenia wynikające z pojawiających się awarii czy też losowo napływających zleceń produkcyjnych. Wielowariantowość wynika m. in. ze stosowania maszyn o zróżnicowanej funkcjonalności. Procesy technologiczne mogą np. różnić się strukturą czyli posiadać różną liczbę operacji technologicznych. Z punktu widzenia przygotowania produkcji i sterowania systemem wytwarzania, operacja technologiczna, utożsamiana zazwyczaj z czynnością obróbkową, jest najważniejszym elementem stanowiącym zadanie (zależne i niepodzielne) realizowane na stanowisku wytwórczym. Każda operacja w procesie technologicznym może być często wykonana w wielu wariantach wynikających z zastosowania różnych: obrabiarek, struktur operacji - w zakresie ustawień, pozycji i zabiegów, sekwencji zabiegów czy też parametrów obróbki (np. w zależności od dobranego narzędzia).

Dzięki wielowariantowości procesu wytwórczego możliwa jest rekonfiguracja systemu wytwarzania. Istnieje kilka sposobów wprowadzenia wariantowania procesów wytwórczych. Jednym z podstawowych jest wariant czynności obróbkowej, który wynika ze zmiany obrabiarki na inną lub też zmiany wewnętrznej struktury operacji w przypadku gdy używa się tej samej obrabiarki wyposażonej w różne oprzyrządowanie narzędziowe. Ważną kwestią w tych przypadkach, którą należy uwzględnić, jest konieczność uzyskania odpowiednich parametrów jakościowych przy istniejących różnicach co do czasów i kosztów realizacji poszczególnych wariantów operacji. Cechą wariantowych czynności obróbkowych jest to, że stan przedmiotu przed ich rozpoczęciem musi być identyczny. Podobnie wygląda sytuacja po zakończeniu tych czynności stan przedmiotu jest tutaj również taki sam (ale oczywiście inny niż przed ich rozpoczęciem).

Zmiana wariantu realizacji procesu wytwarzania wynikająca np. z awarii zasobu jest jednym z wielu zdarzeń w trakcie pracy systemu sterowania wytwarzaniem, które wymusza jego rekonfigurację w czasie rzeczywistym (on line). Uogólniając, rekonfiguracja może nastąpić na skutek wystąpienia zakłóceń w działaniu systemu. Zakłóceniami tymi mogą być zdarzenia takie jak:

- konieczność obsługi nowych zleceń, np. otrzymano zlecenie produkcyjne na nowy produkt lub nastąpiła nagle zmiana zapotrzebowania na wykonywany produkt,
- zmiany zachodzące w zbiorze zasobów np. dodanie nowego urządzenia wytwórczego do tego zbioru lub awaria istniejącego zasobu,
- pojawienie się braków wynikające z prowadzonej kontroli jakości produkcji.

Na rysunku 2 przedstawiony został uproszczony diagram klas prezentujący model rodziny sygnałów wynikających z konieczności obsługi procesów rekonfiguracji. Sygnał podstawowy jest abstrakcyjny, co znaczy, że nie ma on bezpośrednich instancji. Posiada za to trzy główne uszczegółowienia: zlecenie, pojawienie się braków oraz dostępność zasobu. Zlecenie i dostępność zasobu mają dodatkowo własne uszczegółowienia.



Rys. 2. Rodzina sygnałów rekonfiguracji przedstawiona za pomocą uproszczonego diagramu klas

Obsługa sygnału rekonfiguracji *awaria zasobu* możliwa jest głównie dzięki zakładanej wielowariantowości procesu wytwórczego. Aby jednak wykorzystać tę cechę procesu wytwórczego w trakcie realizacji produkcji, konieczne jest dostarczanie na bieżąco informacji ze stanowisk wytwórczych o ich:

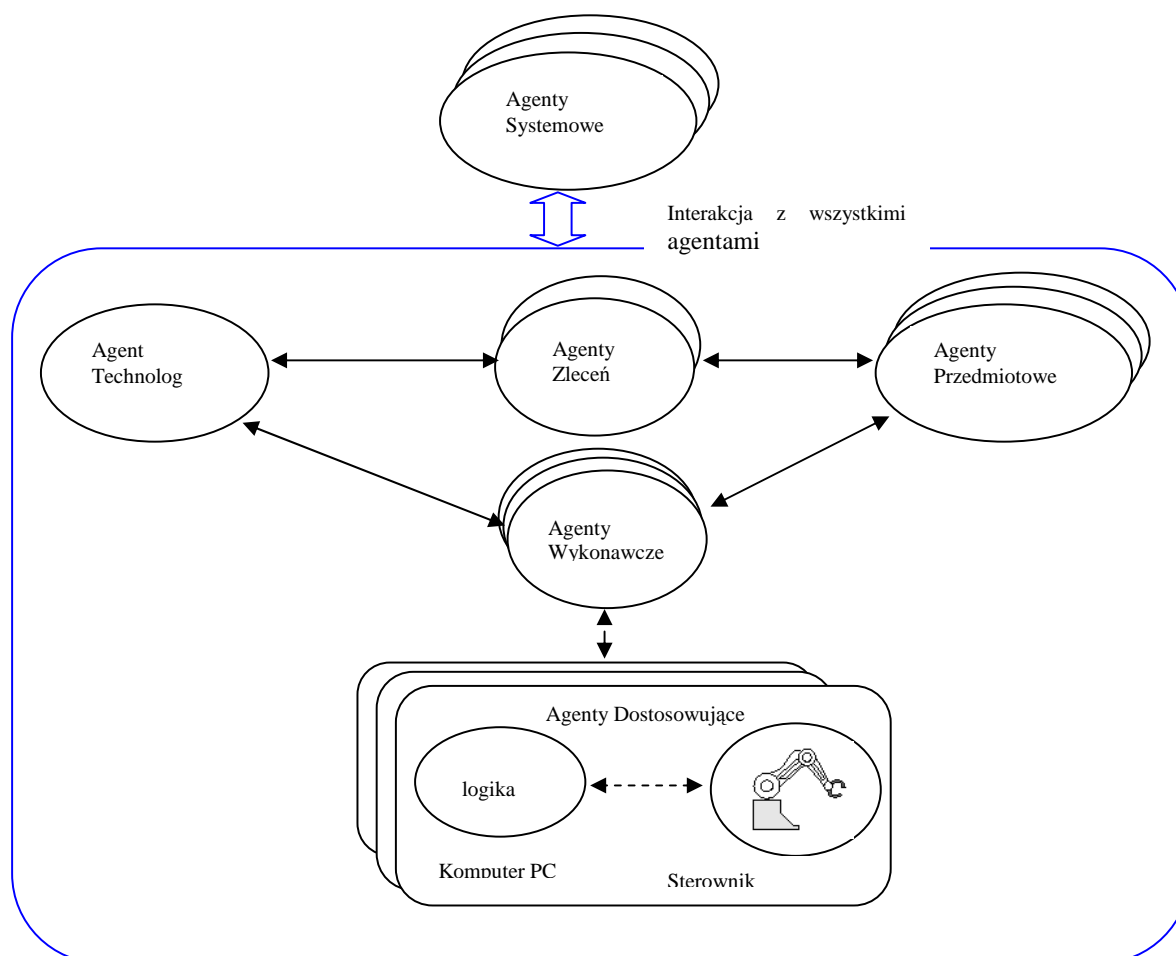
- dostępności,
- stanie oprzyrządowania narzędziowego i przedmiotowego,
- aktualnych możliwościach realizacji czynności wytwórczych itp.

Przyjęto, że sygnał dostępność zasobu należy rozważać zarówno na poziomie logicznym systemu sterowania, w którym dołączany/odłączany jest do/od systemu sterowania moduł programowy utożsamiany z danym zasobem wytwórczym, jak i na poziomie lokalnym systemu sterowania, w którym sprawdzana jest aktualna możliwość realizacji przez fizyczny zasób poszczególnych czynności wytwórczych. W sterowaniu systemem wytwarzania może zaistnieć bowiem sytuacja, w której wyznaczona do realizacji czynność, najkorzystniejsza do wykonania na poziomie operatywnym, nie będzie możliwa do realizacji ze względu na aktualny stan warunków technicznych. Dla czynności obróbkowej warunki techniczne dotyczą dostępu do wymaganego oprzyrządowania oraz programów NC, a także dostępności do narzędzi gotowych do wykorzystania. Analiza zagadnień dotyczących realizacji wielowariantowych procesów wytwórczych w systemie wytwarzania, wskazuje na potrzebę opracowania niezbędnych rozwiązań na niższym poziomie sterowania, obejmujących integrację informacyjną lokalnych układów sterowania i sterowania na poziomie logicznym systemu. Są to istotne kwestie dla prawidłowej realizacji procesów w rekonfigurowalnych systemach wytwarzania.

Inny problem związany z realizacją czynności wytwórczych wynika z faktu, iż technologiczne przygotowanie produkcji przygotowuje czynności obróbkowe jedynie dla „reprezentanta” danego typu przedmiotu obrabianego. W trakcie realizacji produkcji w systemie spaletyzowanym, liczba przedmiotów przeznaczonych np. do obróbki jest zmienna i zależy od aktualnej sytuacji produkcyjnej wynikającej z wykorzystywania różnego typu palet transportowych, powstawania braków itp. Rekonfigurowalny system sterowania musi zatem uwzględniać aktualną sytuację produkcyjną w trakcie realizacji produkcji.

Na Politechnice Krakowskiej od kilku lat realizowane są prace [1][7][8] nad systemem rozproszonego sterowania produkcją AIM, który uwzględnia możliwość rekonfiguracji systemu wytwarzania. Jego koncepcja opiera się o integrację sieciową jednolitych,

konfigurowalnych i kooperatywnych modułów programowych (agentów) będących autonomicznymi jednostkami o prostej strukturze i prostych regułach działania, charakteryzującymi się zdolnością do negocjacji i podejmowania decyzji dotyczących wykonywanych czynności wytwórczych.



Rys. 3. Ogólna struktura wieloagentowego systemu AIM

W skład systemu sterowania AIM wchodzi sześć podstawowych typów agentów. Są to: agenty zleceń, agenty przedmiotowe, agenty wykonawcze, agenty systemowe, agent technolog oraz agenty dostosowujące.

Agent zlecenia reprezentuje w systemie wykonywany typ produktu oraz przechowuje informacje dotyczące zamówienia, takie jak liczba sztuk produktu, termin i koszt jego wykonania oraz dokumentację konstrukcyjną zawierającą m.in. model CAD. Agent ten tworzony jest po wpłynięciu zlecenia, a usuwany albo po zakończeniu jego realizacji w przypadku przyjęcia zlecenia, lub też bezpośrednio po odrzuceniu zlecenia w przypadku jego nieprzyjęcia.

Agent przedmiotowy reprezentuje zadanie wykonania pojedynczego produktu. Posiada informacje dotyczące marszrut technologicznych jego wykonania, a ponadto dysponuje bieżącymi informacjami o aktualnym stanie zaawansowania realizacji procesu. Agent ten tworzony jest w momencie wprowadzenia półfabrykatu do magazynu, a usuwany po wykonaniu gotowego produktu.

Agent systemowy odpowiedzialny jest za działania o charakterze systemowym, tj. administrację systemu, nadzór i rejestracje agentów, a ponadto gromadzi informacje o bieżącym stanie systemu. Agent ten jest również aktywny w całym okresie działania systemu.

Agent wykonawczy reprezentuje w systemie AIM fizyczne urządzenie takie jak maszyna, robot, magazyn itp. Agent ten odgrywa zasadniczą rolę w procesie decyzyjnym. Tworzony jest wraz z włączeniem (uaktywnieniem) fizycznego urządzenia, które reprezentuje, a usuwany z systemu po wyłączeniu tego urządzenia. Agenty wykonawcze – pełnią rolę agenta obróbkowego, transportowego, manipulacyjnego, inspekcyjnego czy też magazynowego.

W opracowaniu systemu AIM istotną rolę odgrywa zapis wielu dopuszczalnych wariantów realizacji procesu wytwórczego na podstawie dysponowanych możliwości technologicznych systemu wytwarzania. W celu realizacji powyższego zadania opracowano *agenta technologa AT*. Agent ten, którego zasadniczym polem działań jest obszar projektowania procesu wytwórczego, obejmuje swoim działaniem również integrację informacji na styku obszarów sterowania wytwarzaniem i przygotowania produkcji. W szczególności dotyczy to sfery działań pomocniczych takich jak transport, manipulacja czy magazynowanie, a w ograniczonym stopniu obejmuje także przepływ narzędzi i pomocy warsztatowych. Rezultatem działań *AT* jest wielowariantowy proces wytwórczy zapisany w formie dokumentu XML. Dokument przedstawia sekwencje czynności wytwórczych prowadzących do otrzymania gotowego produktu z wejściowego półfabrykatu.

Czynność wytwórcza na poziomie logicznym systemu sterowania jest działaniem podstawowym i niepodzielnym. W klasycznych systemach sterowania wykonanie czynności wytwórczej realizowane jest zazwyczaj w całości przez sprzętowe układy sterowania (sterowniki PLC i CNC), co oznacza, że wszystkie możliwości jej realizacji muszą być wcześniej przewidziane i oprogramowane. Trudno takie rozwiązanie uznać za otwarte, a wykorzystujący je system za rekonfigurowalny. Dążąc do rozwiązania przedstawionego problemu przyjęto w opracowanych rozwiązaniach, modułowy charakter programów sterujących zbudowanych z bloków funkcjonalnych, gdyż monolityczny funkcjonalnie program PLC ogranicza na tym poziomie rekonfigurację systemu. Zaproponowane podejście zakłada, iż ze względu na ogólny charakter czynności wytwórczych, czyli takich jak np. transport palety, składowanie palety, obróbka przedmiotów z palety itp., niezbędnym jest wprowadzenie podziału czynności wytwórczych na zadania elementarne jak np. przemieszczanie, chwytanie, ładowanie, mocowanie, itd. Każde z działań definiuje się jako zadanie elementarne (*Task*) stanowiące niepodzielny już element i odpowiadające zaprogramowanym wcześniej działaniom sterowników *PLC* czy *CNC*.

Dla realizacji powyższych zadań w systemie sterowania wytwarzaniem AIM wprowadzono do jego struktury *Agenty Dostosowujące (AD)* [9]. *Agent Dostosowujący* składa się z części logicznej - programowej, umiejscowionej na komputerze klasy PC oraz części sprzętowej, którą stanowią sterowniki PLC lub CNC. Opracowana metodyka budowy tych agentów dzieli czynność wytwórczą na zbiór zadań elementarnych przekazywanych w sposób uporządkowany do realizacji w sterowniku *PLC*. Aby uzyskać pożądane uszeregowanie wykonywanych zadań elementarnych, mając na uwadze aktualną sytuację produkcyjną, agenty dostosowujące dokonują konfiguracji czynności elementarnej.

PODSUMOWANIE

Rekonfiguracja systemów sterowania wytwarzaniem wymaga nowego podejścia w budowie tych systemów jak również w opracowaniu ich modeli. Istotne dla nowych koncepcji RMS jest brak ograniczeń dla wymiany informacji obejmujący wyłącznie jeden z obszarów produkcji takich jak jej *przygotowanie* czy też *realizacja*, gdyż wpływa to niekorzystnie na rekonfigurację i elastyczność całego systemu wytwarzania. Pożądaną cechą staje się więc integracja wszystkich procesów, które w zasadniczy sposób wpływają na czas realizacji zlecenia obejmujący okres od przyjęcia zlecenia do zakończenia jego realizacji.

Biorąc pod uwagę przyszłościową koncepcję inteligentnych urządzeń wytwórczych, a także stawiane wymagania dotyczące skalowalności i odporności na zakłócenia systemów

wytwarzania można stwierdzić, że rozwiązania wykorzystujące wieloagentowy system sterowania wydają się być najlepszym podejściem pozwalającym na implementację zasadniczych cech rekonfigurowanych systemów wytwarzania. Podkreślić należy również, że rola systemów agentowych w tym obszarze powinna odpowiadać zadaniom dotyczącym przygotowania produkcji, obsłudze lokalnych układów sterowania czy też diagnostyce pracy urządzeń technologicznych. Rekonfiguracja systemu sterowania wytwarzaniem wymusza aby w czasie rzeczywistym przekazywane były informacje między różnymi poziomami sterowania, a także między różnymi dziedzinami produkcji.

BIBLIOGRAFIA

1. Chwajół G., Rozproszone sterowanie systemami wytwarzania z wykorzystaniem technologii internetowych. Praca doktorska. Politechnika Krakowska, Kraków 2009.
2. Detand J., Kruth J.P., Kempenaers J., A computer aided process planning system that increases the flexibility of manufacturing, IPDES Workshop, 1992.
Hoda A., ElMaraghy Changeable and Reconfigurable Manufacturing Systems, Springer Series in Advanced Manufacturing 2009.
3. Hoda A., Flexible and reconfigurable manufacturing systems paradigms, Springer Science Business Media, LLC 2006.
4. Koren Y., Heisel U., Jovane F., Moriwaki T., Pritschow G., Ulsoy.G., Van Brussel H., Reconfigurable Manufacturing Systems. Annals of the CIRP, Vol. 48/2, 1999, s. 520-527.
5. Malhotra V.*, Raj T., Reconfigurable manufacturing system, International Journal of Machine Intelligence Volume 1, Issue 2, 2009, pp- 38-46.
6. Zając J., Rozproszone sterowanie zautomatyzowanymi systemami wytwarzania. Seria Mechanika. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Monografia Kraków, 2003.
7. Zając J., Chwajół G., Kmiecik A., New Information Technologies for Building Distributed Manufacturing Control System. Proc. of 7th International Conference ROBTEP 2004 on Automation/Robotics in Theory and Practice, Vysne Ruzbachy, 2004, s. 580-587.
8. Zając J., Kmiecik A., Słota A., Zych J., Integracja wieloagentowego systemu sterowania z systemem rzeczywistym na przykładzie CP TOR, Research Reports Project CII-SK-0030-03-0708 Systems – Equipment - Process SOP'2008, ISBN: 978-83-7242-481-5. Kraków 2008, s. 416-423

SOME ASPECTS OF RECONFIGURATION OF MANUFACTURING CONTROL SYSTEM

Abstract

Taking into consideration today's business environment and the market requirements, the responsiveness to changing customer needs, and thus, minimization of the time required to launch new product is one of the essential features of modern manufacturing systems. The answer to these requirements are reconfigurable manufacturing systems (RMS), equipped with the distributed control systems that provide robustness against disturbances such as the changes in the RMS structure. Such control systems also allow support the integration of information among the different levels of control, as well as among different areas of the production process.

Autorzy:

mgr inż. Adam Kmieciak, dr hab. inż. Jerzy Zając, prof. PK Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, email: adas@pk.edu.pl, zajac@mech.pk.edu.pl