

Jolanta KRYSTEK, Witold ILEWICZ, Mieczysław JAGODZIŃSKI, Aneta KOCOT,
Grzegorz OCHODEK, Paulina CZECH, Marcin ROZMUS, Piotr KLIMAS
Politechnika Śląska

MODESP – MODUŁOWY, DYDAKTYCZNY ELASTYCZNY SYSTEM PRODUKCYJNY

Streszczenie. W artykule zaprezentowano wyniki jednego z projektów Project Based Learning (PBL), prowadzonego w roku akademickim 2015/2016 roku w Instytucie Automatyki Politechniki Śląskiej. Przedstawiono proces planowania i harmonogramowania produkcji powtarzalnej realizowanej w modułowym, elastycznym stanowisku dydaktycznym. Stanowisko jest fizycznym modelem elastycznego systemu produkcyjnego, wykonanym w zmniejszonej skali. W artykule zaprezentowano również współdziałanie systemów informatycznych ERP-APS-MES-SCADA w zakresie obiegu informacji dotyczących aktualnego stanu systemu produkcyjnego.

MTFMS – MODULAR, TEACHING FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM

Summary. The article concerns one of the Project-Based Learning (PBL) realized in the academic year 2015/2016. The project has been held by the Automatic Control Institute of the Silesian University of Technology. The article shows the process of planning and scheduling repetitive manufacturing implemented in a modular, flexible teaching stand. The stand is a physical model of a flexible production system, made at a reduced scale. Article presents cooperation between ERP-APS-MES-SCADA computer systems regarding circulation of information concerning the current condition of the production system.

1. Wstęp

Elastyczne systemy produkcyjne należą do najbardziej kosztownych obiektów przemysłowych. Wobec tego niezwykle ważne jest optymalne wykorzystanie wszystkich możliwości, jakie stwarza ich potencjał wytwórczy. Problematyka projektowania elastycznych systemów, organizacja produkcji i metody sterowania są szeroko opisywane w literaturze [1,7,8,9,10].

Jedną z istotnych przeszkód stojących na drodze do lepszego poznania własności złożonych systemów produkcyjnych stosowanych w przemyśle jest ich niedostępność dla naukowców i studentów oraz bardzo ograniczona możliwość ingerowania w procesy produkcyjne realizowane na tych systemach w działających zakładach

przemysłowych. Rozwiązaniem niektórych z tych problemów może być możliwość analizy działania takiego systemu korzystając ze stanowiska, którego elementy są fizycznymi modelami systemów produkcyjnych stosowanych w przemyśle (rys. 1). Modele tych systemów, pomimo redukcji ich wielkości, nie tracą cech charakterystycznych dla rozwiązań przemysłowych i umożliwiają prowadzenie testów, które są niezbędne do poznania wszystkich działań związanych z funkcjonowaniem rzeczywistego systemu produkcyjnego począwszy od planowania, zaprojektowania, skonfigurowania, poprzez programowanie działania, uruchomienie, testowanie aż do identyfikacji i eliminacji błędów w działaniu systemu. Budowa takiego stanowiska była częściowo realizowana i finansowana w ramach kolejnych edycji projektu PBL:

- w roku 2013/14 (temat projektu: *Projekt, modelowanie, symulacja i uruchomienie dydaktycznego, modułowego elastycznego systemu produkcyjnego*) [2].
- w roku 2014/15 (temat projektu: *Planowanie, sterowanie i testowanie różnych typów produkcji oraz metod kontroli ich realizacji w rzeczywistym elastycznym systemie produkcyjnym*) [3].
- w roku 2015/16 (temat projektu: *Rozbudowa, testowanie i analiza niezawodności rzeczywistego, dydaktycznego, elastycznego systemu produkcyjnego*) [4].

Układ pracy jest następujący. W rozdziale drugim przedstawiono stanowisko badawcze MODESP. Rozdział trzeci przybliży rolę systemów informatycznych ERP, APS, MES, SCADA w procesach planowania i zarządzania produkcją. Ze względu na ograniczoność pracy pokazano tutaj ogólne możliwości dwóch systemów (IFS Applications i ASPROVA APS) zastosowanych do planowania i harmonogramowania produkcji systemu MODESP. Praca kończy się krótkim podsumowaniem zawartym w rozdziale czwartym.

2. Opis stanowiska badawczego

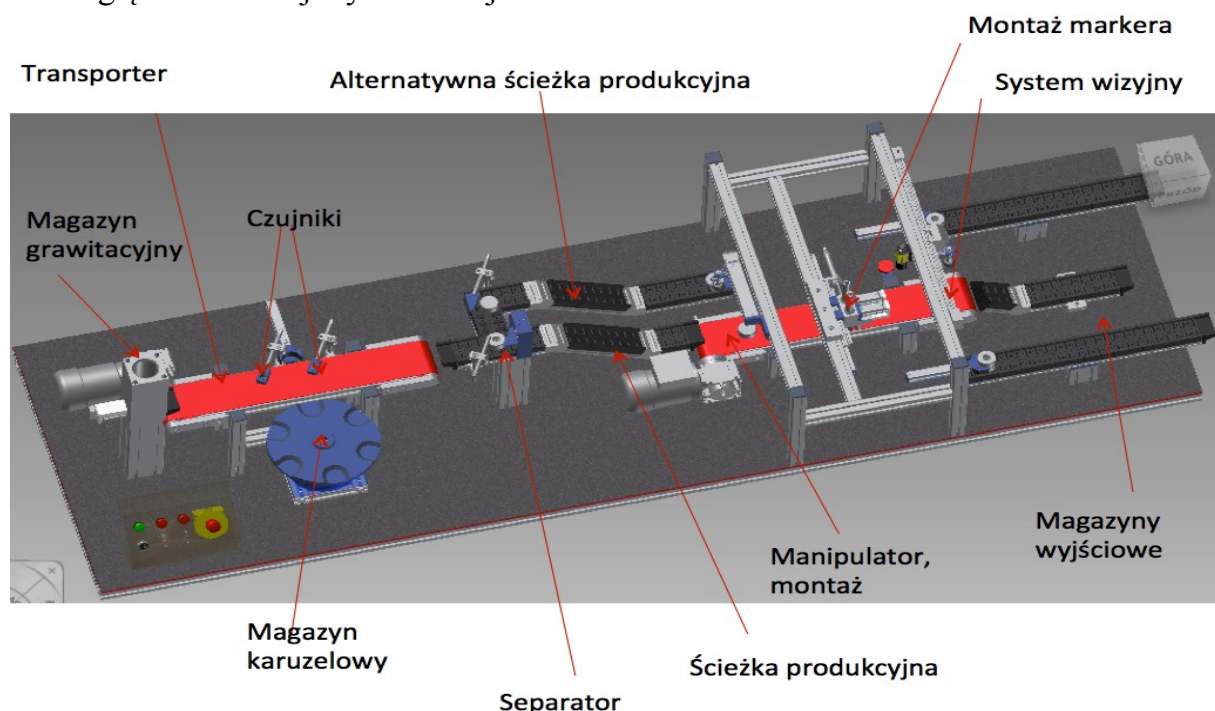
Chęć możliwie najlepszego odzwierciedlenia procesów produkcyjnych zachodzących w rzeczywistych przedsiębiorstwach narzuciło zaprojektowanie określonej struktury dydaktycznego elastycznego systemu produkcyjnego oraz związany z tą strukturą podział modułów ze względu na ich funkcje:

- moduły dystrybucji (wejścia i wyjścia),
- moduł transportu detali (liniowy, taśmowy, chwytak podciśnieniowy),
- moduł montażu,
- bufony między stanowiskowe,
- zautomatyzowane stanowisko sortowania,
- moduł kontroli,
- wizyjny moduł kontroli jakości,
- moduł paletyzacji.

Stanowisko wyposażono w elementy umożliwiające symulację procesów i zdarzeń rzeczywistych obiektów produkcyjnych (rys.2):

- grawitacyjny magazyn wejściowy – umożliwiający podawanie materiałów produkcyjnych z możliwością zadawania częstotliwości podawania,
- transportery taśmowe – zapewniające transport detali pomiędzy elementami wykonawczymi stanowiska,

- 2-osiowe manipulatory (pneumatyczny i elektropneumatyczny) – pozwalające na symulację procesów montażu i paletyzacji,
- separator pneumatyczny – wyposażony w zespół czujników umożliwiających identyfikację podzespołów i zmianę ich marszruty produkcyjnej w zależności od zadanych warunków,
- mechanizm znakowania produktów – pozwalający na znakowanie produktu w zależności od wybranej wersji, wyposażony w automatyczny system przezbrajania,
- czujniki wizyjne – zapewniające kontrolę i identyfikację elementów pod kątem np. poprawności montażu czy rodzaju wyrobu,
- magazyny wyjściowe – umożliwiające sortowanie gotowych produktów za względu na rodzaj wyrobu lub jakość montażu.



Rys. 1. Poglądowy widok stanowiska

Na stanowisku możliwe jest symulowanie takich elementów rzeczywistych procesów produkcyjnych jak: przezbrojenia, montaż, planowanie potrzeb materiałowych (MRP), planowanie dostaw komponentów, planowanie i uruchomienie produkcji wielowersyjnej, powtarzalnej i rytmicznej, identyfikacja wąskiego gardła, kontrola jakości, wykorzystanie narzędzi LEAN i metodyki Kaizen.

W MODESP można wyróżnić następujące główne grupy elementów:

- elementy wykonawcze i czujniki bezpośrednio obsługujące proces technologiczny (siłowniki, motoreduktory z przekładnią ślimakową, silniki elektryczne, czujniki kontrolno-pomiarowe)
- panel kontrolny do komunikacji operatora z modułem roboczym
- sterownik Mitsubishi,
- elementy pneumatyczne,
- konstrukcja stanowiska.

Moduł dystrybucji składa się z grawitacyjnego magazynu wejściowego, którego konstrukcja pozwala na umieszczenie w nim 15 elementów.

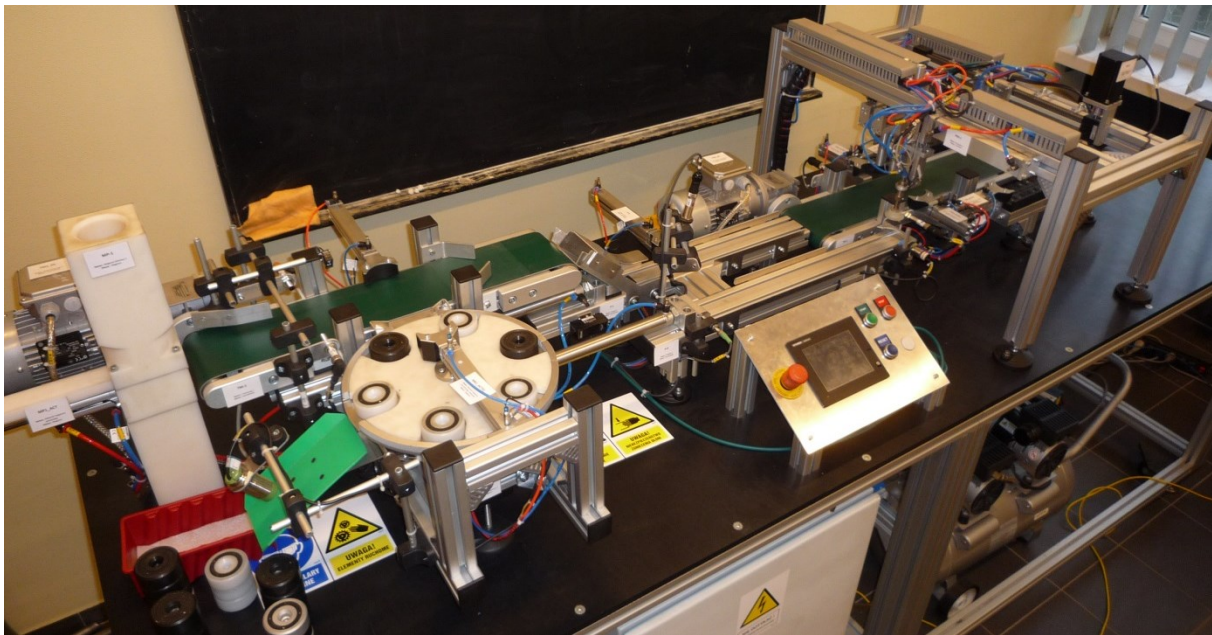
Moduł kontroli wykorzystuje czujniki kontrolno-pomiarowe (indukcyjne, pojemnościowe, fotoelektryczne) i realizuje następujące zadania:

- określenie własności materiałowych elementów,
- przekazanie elementów do następnej fazy procesu wytwórczego,
- kontrola jakości montażu.

Do detekcji koloru zastosowano zaawansowany czujnik koloru RGB japońskiej firmy Keyence, model CZ-H32, który w połączeniu ze wzmacniaczem CZ-V21AP pozwala na zaprogramowanie detekcji do 8 różnych kolorów.

Moduł transportu realizuje następujące zadania:

- pobieranie elementów z magazynu wejściowego,
- przekazywanie elementów do kolejnych etapów procesu produkcji,
- przekazywanie gotowych zestawów do magazynów wyjściowych.



Rys. 2. Obiekt badawczy

Dla przedstawianego systemu produkcyjnego można wyodrębnić następujące podsystemy powiązane między sobą przepływem określonych rodzajów strumieni:

- podsystem przepływu materiałów,
- podsystem przepływu strumieni energetycznych,
- podsystem przepływu informacji.

3. Systemy informatyczne wspomagające proces planowania

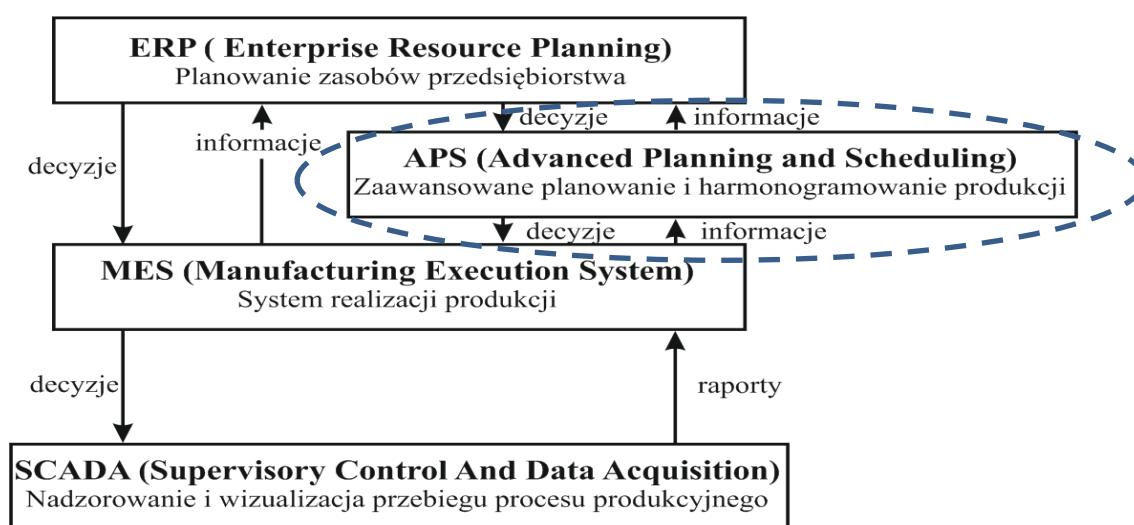
Świadome planowanie produkcji i zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym wymaga stosowania różnych systemów informatycznych: ERP, MES SCADA oraz systemów CAD, CAM, zarządzania obiegiem dokumentów i wielu innych. Zadaniem tych systemów jest wspomaganie procesu zarządzania przedsiębiorstwem, rozumianego jako wieloetapowy, sekwencyjny proces podejmowania decyzji. Skuteczne wdrożenie takich systemów w przedsiębiorstwie wymusza uporządkowanie

struktury informacyjnej przedsiębiorstwa, zidentyfikowanie i opisanie wszystkich procesów realizowanych w przedsiębiorstwie.

W hierarchicznej strukturze planistycznej przedsiębiorstwa decyzje generowane w warstwach nadrzędnych podejmowane są na podstawie raportów i informacji pochodzących z różnych systemów informatycznych działających w warstwach podrzędnych. Wszystkie obszary powstawania i przetwarzania informacji w ramach struktury organizacyjnej i procesów produkcyjnych przedsiębiorstwa są poddawane analizie. Jakość podejmowanych decyzji zależy od tego czy mamy dostęp do aktualnych informacji, a to jest związane z integracją systemów informatycznych odpowiedzialnych za poszczególne procesy (rys. 3). Integracja powinna ułatwić i usprawnić przepływ informacji [1]. Przedsiębiorstwa wykorzystują systemy ERP jak również nowoczesne systemy MES, SCADA lecz niejednokrotnie systemy te pracują niezależnie a system ERP rzadko jest automatycznie zasilany bieżącymi danymi produkcyjnymi.

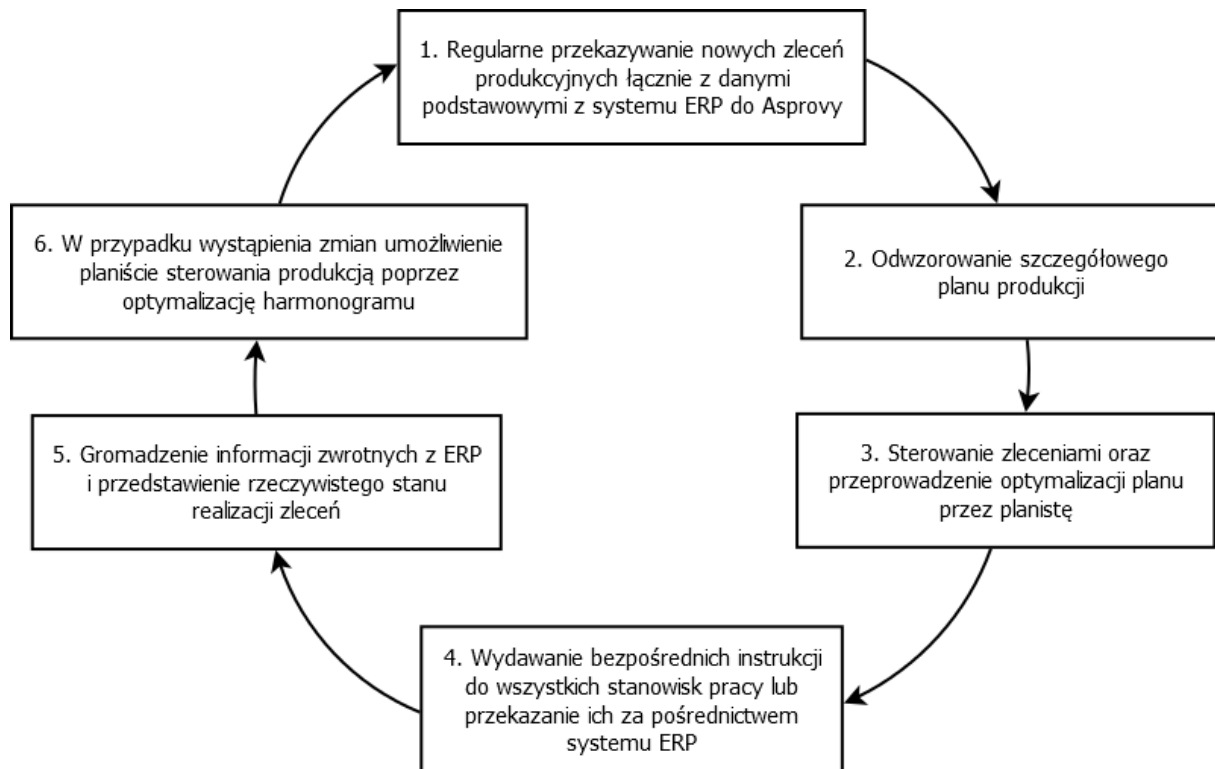
Obecnie coraz częściej stosuje się nowoczesne narzędzia planowania i harmonogramowania produkcji – APS (ang. *Advanced Planning and Scheduling*). Występują one bądź jako składnik zintegrowanego systemu zarządzania klasy ERP (np. IFS Application – moduł harmonogramowania z ograniczeniami CBS (ang. *Constraint Based Scheduling*)), bądź jako pakiet zewnętrzny, dostarczany przez innego producenta.

Narzędzia APS wykorzystywane są w warstwie planowania wykonawczego. Służą do przetworzenia planu produkcyjnego przedsiębiorstwa w szczegółowy harmonogram tak aby plan ten mógł być jak najlepiej wykonany. Zawierają odpowiedzi na pytania co, gdzie, kiedy i jak ma być wykonywane (który zasób co powinien wykonać, w jaki sposób i kiedy). Narzędzia APS dają możliwość planowania i harmonogramowania produkcji z uwzględnieniem ograniczeń materiałowych i zasobowych. Podstawową cechą narzędzi APS jest to, że opierają się rzeczywistych i aktualnych danych a nie wartościach średnich i zgrubnych oszacowaniach.



Rys. 3. Ścieżka przepływu informacji i decyzji w przedsiębiorstwie [6]

W ramach projektu zrealizowano szereg zadań pokazujących współdziałanie systemów informatycznych ERP-APS-MES-SCADA w zakresie obiegu informacji dotyczących aktualnego stanu systemu produkcyjnego na przykładzie MODESP. Proces współpracy systemu ERP i Asprova APS może odbywać się cyklicznie w sposób pokazany na rysunku 4.



Rys. 4. Cykliczny proces produkcji realizowany w MODESP

3.1. Planowanie produkcji powtarzalnej realizowanej w MODESP

W celu przeprowadzenia procesu technicznego planowania produkcji i jego implementacji analizowano pełny proces produkcji realizowany w MODESP. Proces technicznego przygotowania produkcji został przeprowadzony w formie wdrożenia rzeczywistego procesu produkcji realizowanego w przedsiębiorstwie z uwzględnieniem trzech wydziałów: zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji. Zdefiniowane magazyny, gniazda, linie produkcyjne potraktowano jak rzeczywiste obiekty, które zostały powiązane ze sobą poprzez przepływ materiałów i marszruty produkcyjne (rys. 6). Taką analizę należy wykonać w przypadku każdego planowanego wdrożenia systemu ERP w rzeczywistym przedsiębiorstwie.

W ramach projektu przeanalizowano proces produkcji realizowany na stanowisku MODESP oraz zaimplementowano go w systemie klasy ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) – IFS Applications, dodatkowo wykonując Planowanie Potrzeb Materiałowych oraz Planowanie Zdolności Produkcyjnych. Proces technicznego przygotowania produkcji przebiegał tak jak w przypadku wdrażania rzeczywistego procesu produkcji w systemie ERP gdzie po wygenerowaniu firmy, możliwe jest zamodelowanie struktury przedsiębiorstwa, struktury produktu i procesu produkcyjnego. Kolejne etapy obejmowały:

- wprowadzenie pozycji magazynowych niezbędnych do wytworzenia produktów finalnych,
- zdefiniowanie struktury produktu BOM (ang. *Bill of Material*);
- zdefiniowanie magazynów, linii i gniazd produkcyjnych;
- zdefiniowanie narzędzi,
- określenie operacji i marszrut technologicznych;
- zaplanowanie zleceń produkcyjnych.

W MODESP realizowany jest wielwersyjny proces montażu produktu będącego zestawem krążków produkcyjnych wykonanych z różnych materiałów i o zróżnicowanym kolorze (rys. 5). Wyrobem finalnym jest jeden z 52 zestawów krążków z opcjonalnym wyposażeniem w znacznik, który jest dostępny w dwóch wersjach: kulka mała lub duża. Wykorzystywane w tym projekcie krążki wielokrotnego użytku, są wykonane z aluminium lub plastiku i występują w różnych kolorach.

The screenshot displays the BOM structure for product FMS028. The tree view on the left shows the hierarchy: FMS028 - 1 (Produkcja) containing three components: 1 - FMS102 - Krążek_2 - Norma zuż. = 1, 2 - FMS104 - Krążek_4 - Norma zuż. = 1, and 3 - FMS110 - Znacznik_1 - Norma zuż. = 1. The central form shows details for the selected component (FMS102), including its description 'Krążek_2', status 'A', and unit 'pcs'. The 3D model on the right shows several cylindrical discs (krążki) in white and black, some with red markers (znaczniki).

Nr poz. w li	Komponent	Opis kompo	Status komp	Opis statusi	J/M	Norma zuży	Nr o
1	FMS102	Krążek_2	A	Aktywne	pcs	1	
2	FMS104	Krążek_4	A	Aktywne	pcs	1	
3	FMS110	Znacznik_1	A	Aktywne	pcs	1	

Rys. 5. Drzewo struktury wybranego produktu: FMS028 [2]

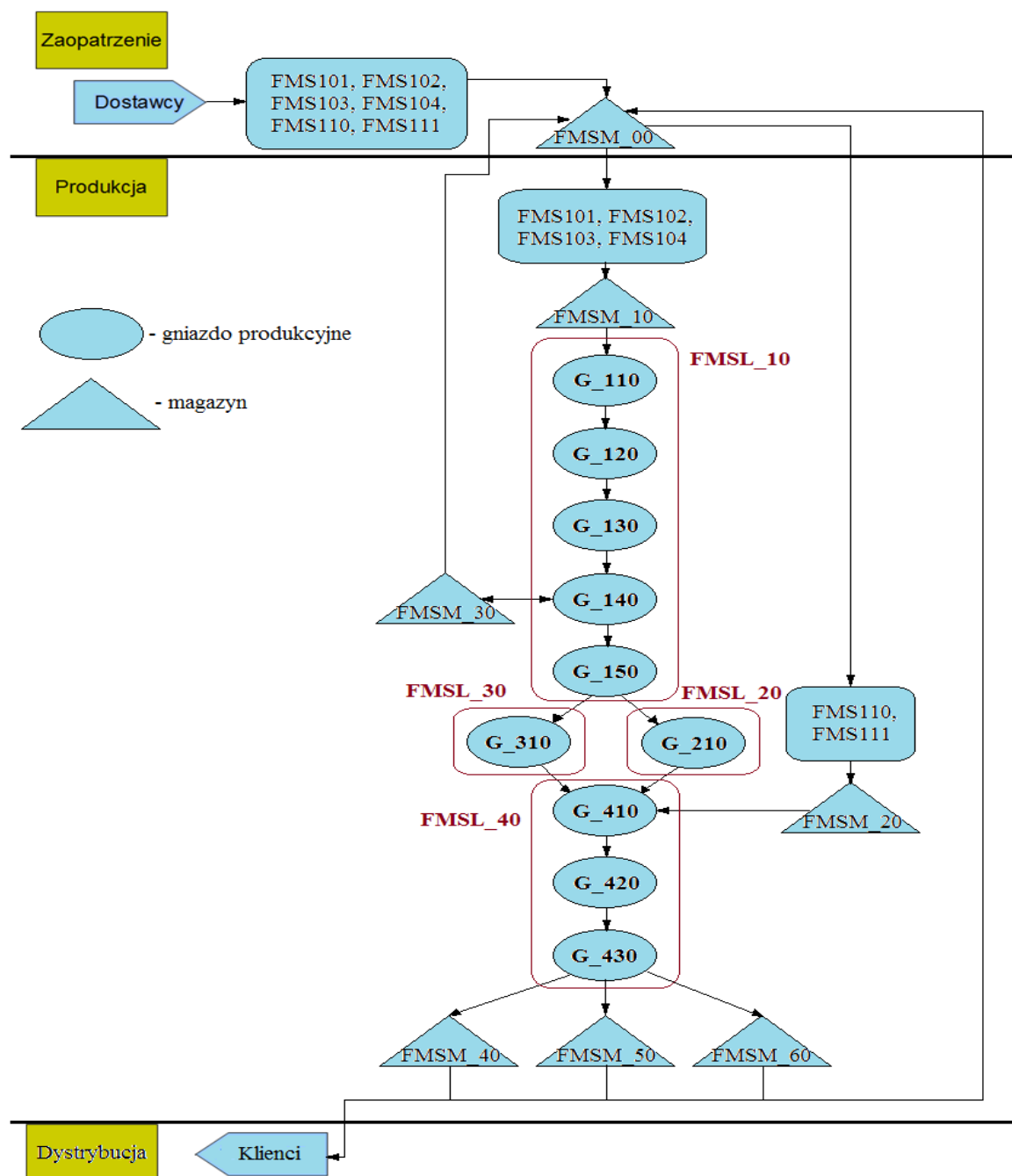
Każdy zestaw składa się z dwóch krążków łączonych ze sobą magnesem, który jest integralną częścią krążka. Zmontowany produkt może zostać oznakowany za pomocą magnetycznego znacznika wielokrotnego użytku. Wielkość i asortyment produkcji określane są w nadrzędnym harmonogramie produkcji.

Przepływ materiałów w MODESP odzwierciedlającym rzeczywisty system produkcyjny przebiega zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 5.

Wszystkie zakupione od dostawców materiały, a więc krążki i znaczniki, trafiają do magazynu wejściowego FMSM_00. Z tego magazynu, przed rozpoczęciem procesu produkcji, krążki należy przetransportować do magazynu grawitacyjnego FMSM_10, a znaczniki do magazynu znaczników FMSM_20. Krążki następnie trafiają na linię FMSL_10, gdzie następuje ich identyfikacja. W przypadku zidentyfikowania nieodpowiedniego elementu następuje skierowanie go do magazynu karuzelowego FMSM_30. Krążki które nie są używane w zdefiniowanych zleceniach produkcyjnych, są przekazywane z magazynu karuzelowego do magazynu wejściowego FMSM_00.

Pozostałe krążki, które będą potrzebne w dalszym procesie produkcyjnym oczekują w magazynie karuzelowym FMSM_30 i w odpowiednim momencie są przywracane na linię FMSL_10. Krążek zidentyfikowany jako właściwy jest poddawany procesowi montażu. Krążki, które są elementem produktów składających się z pojedynczego krążka, trafiają na linię montażową FMSL_20, natomiast krążki,

które są przeznaczone do produkcji zestawów krążków, są transportowane na linię montażową FMSL_30. Każdy półprodukt z linii FMSL_20 oraz FMSL_30 jest kierowany na linię FMSL_40, gdzie następuje przydzielenie znacznika, kontrola jakości oraz segregacja. Produkty uznane za wadliwe są transportowane do magazynu FMSM_50, natomiast produkty prawidłowe są przenoszone do magazynów FMSM_40 oraz FMSM_60.



Rys. 6. Schemat przepływu materiałów w MODESP [4]

Z magazynów końcowych produkty mogą być kierowane na sprzedaż, lub po demontażu, mogą wrócić do magazynu wejściowego, w którym można je przygotować do ponownego wykorzystania w następnym procesie planowania

produkcji. Na rysunku 7 przedstawiono marszrutę produkcyjną zaplanowaną dla procesu realizowanego w MODESP.

Nr oper	Opis operacji	Id O	Nr gniazda	Opis gniazda prod.	Masz-chn. pi	Maszynochł	Kat. zaszer	Prac.przezb	Pracochł. o	3/M czasoch	Wlk. b	Transp./Cze	Oper. równi	Zachodz.
10	Transport 1		G_110	Podajnik	0	0	FMS_K20	0	0,00833	Godz.	1	0,00833	Nie równole	0
20	Podanie z magazynu grawit		G_110	Podajnik	0	0,00055		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
30	Detekcja obecności		G_120	Czujnik_1	0	0,00027		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
40	Detekcja koloru		G_130	Czujnik_2	0	0,00027		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
50	Gniazdo karuzelowe		G_140	gniazdo karuzelowe	0	0,00027		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
60	Transport 2		G_140	gniazdo karuzelowe	0	0,00138		0	0	Godz.		0,00138	Nie równole	0
70	Detekcja obecności		G_150	Czujnik_3	0	0,00027		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
80	Transport 3		G_150	Czujnik_3	0	0,00138		0	0	Godz.		0,00138	Nie równole	0
100	Montaż_1		G_310	Stacja montażu_1	0	0,00555		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
110	Montaż_2		G_410	Stacja montażu_2	0	0,00055		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
120	Kontrola jakości		G_420	Stacja kontroli jakości	0	0,00027		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
130	Segregacja		G_430	Segregacja	0	0,00277		0	0	Godz.		0	Nie równole	0
140	Transport 4		G_430	Segregacja	0	0	FMS_K20	0	0,00833	Godz.	1	0,00833	Nie równole	0

Rys. 7. Marszruta produkcyjna w MODESP [4]

3.2. Harmonogramowanie produkcji powtarzalnej realizowanej w MODESP

Do harmonogramowania produkcji powtarzalnej realizowanej na opisywanym stanowisku badawczym wykorzystano zaawansowane narzędzie wspomagające planowanie i harmonogramowanie produkcji Asprova APS. APS czyli *Advanced Planning and Scheduling* – Zaawansowane planowanie produkcji to systemy pozwalające na szybkie tworzenie harmonogramów produkcji dla wielu zasobów i procesów, zapewniające pełną integrację sprzedaży, produkcji, zapasów i planów zakupowych, mające wbudowane procedury optymalizacyjne. Dla każdego produkowanego zestawu otwierane jest w systemie odpowiednie zlecenie. Listę realizowanych w tym przykładzie zleceń, które zostały uwzględnione w przykładowym harmonogramie, przedstawia rysunek 8.

Pozycja	Numer zamówienia	Typ zamówienia	EST	LET	Okres ważności z	Ilość zamó	Zablokow any pozio	Zablokowa ny poziom i	Prioryt et	Klient	Kolor wyświe
1	ZLC 003	01 Zlecenie produkcyjne	2015/02/03 10:00:00			5	0		100		1
2	ZLC 022	02 Zlecenie produkcyjne	2015/02/05 10:00:00			2	0		100		2
3	ZLC 011	03 Zlecenie produkcyjne	2015/02/06 09:00:00			6	0		100		3
4	ZLC 054	04 Zlecenie produkcyjne	2015/02/09 12:00:00			9	0		100		4
5	ZLC 007	05 Zlecenie produkcyjne	2015/02/16 08:00:00			8	0		100		5
6	ZLC 044	06 Zlecenie produkcyjne	2015/02/17 12:00:00			7	0		100		6
*											

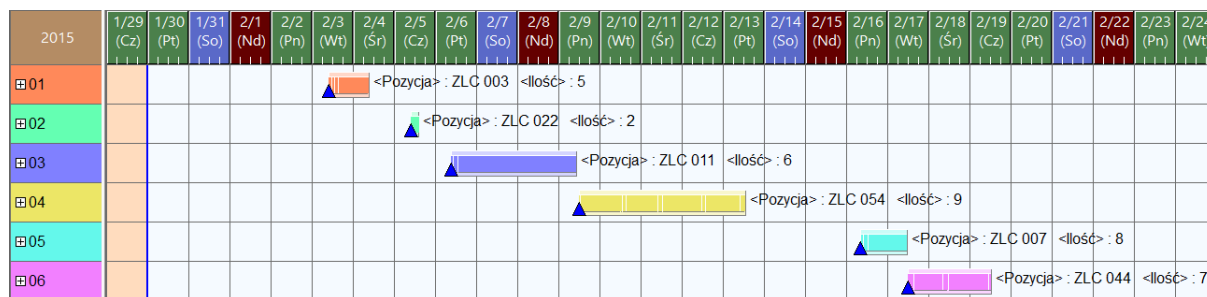
Rys. 8. Wykaz planowanych zleceń produkcyjnych

Na rysunku 9 przedstawiono fragment tabeli głównej opisującej realizację przykładowego zlecenia ZLC 054. Zlecenie dotyczyło montażu zestawu: krążek dolny – plastikowy biały, krążek górny – metalowy czarny, marker – kulka duża. Tabela główna umożliwia zarządzanie podstawowymi danymi, które tworzone są w oparciu o informacje dotyczące procesu produkcji (wykaz zasobów: maszyn, pracowników, narzędzi; marszrutę technologiczną; parametrów operacji; przebrojeń i sposobu przetwarzania materiałów w wyrób finalny).

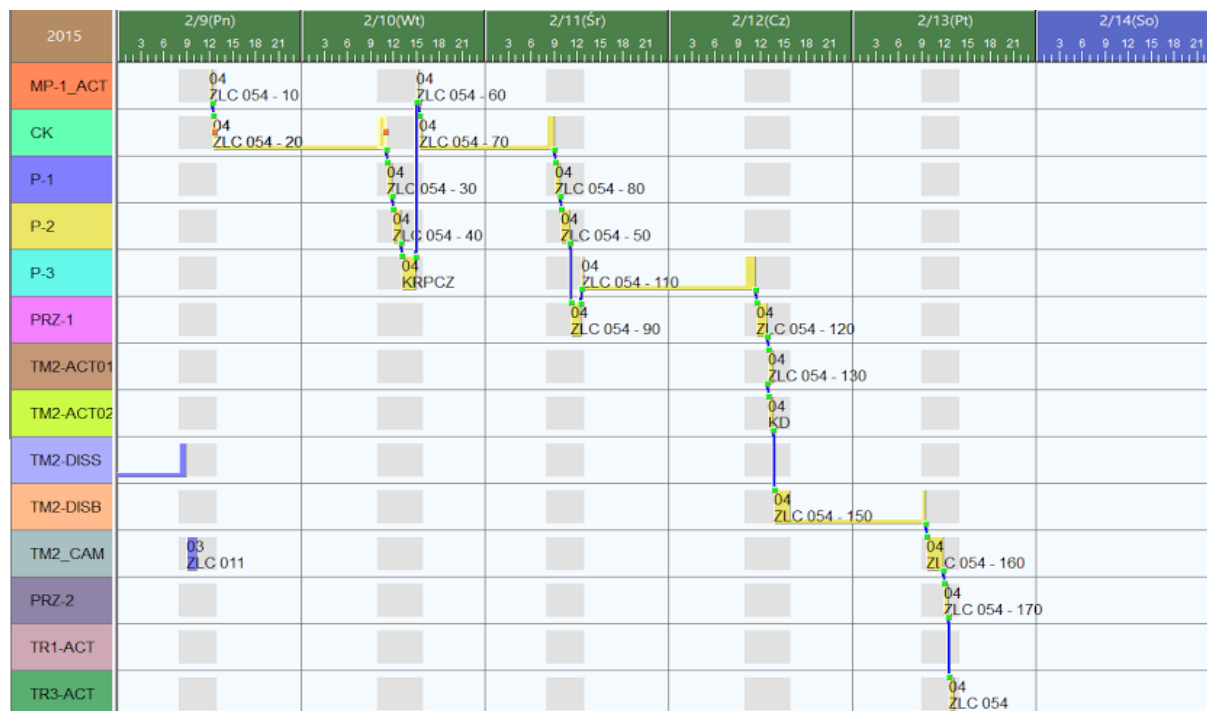
	Pozycja	Numer operacji	Kod procesu	Rodzaj instrukcji	Kod instrukcji	Zasób/Pozycja	Przebrojenie	Produkcja /Czas pro	Zakończenie	Metoda relacji mie	Ograniczenie
73	ZLC 054	10	PKR	Instrukcja wejścia	In	KRPZ				ES	
74				Instrukcja użycia	M	MP-1_ACT		3mp			
75				Instrukcja wyjścia	Out	ZLC 054 - 10					
76		20	DK	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 10				ES	
77				Instrukcja użycia	M	CK		12mp			
78		30	S1	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 20				ES	
79				Instrukcja użycia	M	P-1		5mp			
80		40	S2	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 30				ES	
81				Instrukcja użycia	M	P-2		8mp			
82		50	S3	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 40				ES	
83				Instrukcja użycia	M	P-3		12mp			
84		60	PKR	Instrukcja wejścia	In	KRPCZ				ES	
85				Instrukcja użycia	M	MP-1_ACT		3mp			
86				Instrukcja wyjścia	Out	ZLC 054 - 60					
87		70	DK	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 60				ES	
88				Instrukcja użycia	M	CK		12mp			
89		80	S1	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 70				ES	
90				Instrukcja użycia	M	P-1		5mp			
91		90	S2	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 80				ES	
92				Instrukcja użycia	M	P-2		8mp			
93		100	MK	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 50				ES	
94				Instrukcja użycia	M	PRZ-1		10mp			
95		110	S3	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 90				ES	
96				Instrukcja użycia	M	P-3		12mp			
97		120	MK	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 110				ES	
98				Instrukcja użycia	M	PRZ-1		10mp			
99		130	POZL	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 100				ES	
100				Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 120				ES	
101				Instrukcja użycia	M	TM2-ACT01		5mp			
102		140	POZP	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 130				SS	
103				Instrukcja użycia	M	TM2-ACT02		5mp			
104		150	PK	Instrukcja wejścia	In	KD				ES	
105				Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 140				ES	
106				Instrukcja użycia	M	TM2-DISB		20mp			
107		160	ID	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 150				ES	
108				Instrukcja użycia	M	TM2_CAM		15mp			
109		170	PS	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 160				ES	
110				Instrukcja użycia	M	PRZ-2		4mp			
111		180	SG2	Instrukcja wejścia	In0	ZLC 054 - 170				ES	
112				Instrukcja użycia	M	TR3-ACT		5mp			

Rys. 9. Dane podstawowe dla przykładowego zlecenia

Dla zaplanowanych zleceń produkcyjnych został wygenerowany harmonogram produkcji, który przedstawiono na rysunku 10. System Asprova APS umożliwia modyfikację wielu parametrów harmonogramu. Po przygotowaniu harmonogramu możliwa jest dodatkowo jego ręczna modyfikacja przez planistę. Wskazania planisty mają najwyższy priorytet przy ponownym przeliczaniu harmonogramu. Wszystkie te działania prowadzą do uzyskania najlepszej oceny harmonogramu określonej na podstawie wskaźników bazujących na cenach jednostkowych materiałów i komponentów, kosztach kooperacji oraz kosztach wykorzystania zasobów. Wyliczone wskaźniki odnoszą zarówno do całego harmonogramu jak również do poszczególnych zleceń, zasobów czy materiałów. Istnieje możliwość definiowania własnych wskaźników oceny jakości harmonogramu. Kolejnym niezwykle pomocnym elementem procesu planowania produkcji jest wykres obciążeń dla poszczególnych zasobów który pokazuje rysunek 11. Wykaz tych zasobów umieszczono w tabeli 1.



Rys. 10. Wykres Gantta dla zamówień



Rys. 11. Wykres obciążeń dla zasobów

Tabela 1.

Wykaz zasobów

Kod zasobu	Zasób	Stacja
MP-1_ACT	Magazyn grawitacyjny	1
CK	Czujnik pojemnościowy	2
P-1	Siłownik_1 – pochylnia	3
P-2	Siłownik_2 – prostopadły	3
P-3	Siłownik_3 – równoległy	4
PRZ-1	Chwytnik podciśnieniowy – montaż	4
TM2-ACT01	Siłownik_4 – pozycjonowanie, lewy	5
TM2-ACT02	Siłownik_5 – pozycjonowanie, prawy	5
TM2-DISS	Podajnik – kulki małe	5
TM2-DISB	Podajnik – kulki duże	5
TM2-CAM	Czujnik – identyfikacja	6
PRZ-2	Chwytnik podciśnieniowy – segregacja	6
TR1-ACT	Siłownik_6 – segregacja, magazyn_1	7
TR3-ACT	Siłownik_7 – segregacja, magazyn_2	9

4. Podsumowanie

Elastyczne systemy produkcyjne są często stosowanymi obiektami przemysłowymi. Studenci rzadko mają możliwość analizy działania takiego systemu a w przypadku systemu MODESP mogą wykorzystać stanowisko, którego elementy są fizycznymi modelami systemów produkcyjnych stosowanych w przemyśle. W ramach zrealizowanego projektu PBL 2015/16 studenci zapoznali się z problematyką:

- systemów informatycznych klasy ERP wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem,
- funkcjonalności systemów MES umożliwiających zbieranie informacji o realizacji produkcji w czasie rzeczywistym,
- wykorzystania systemu informatycznego SCADA do nadzoru przebiegu procesu produkcyjnego,
- planowania, harmonogramowania i zarządzania procesem produkcji,
- technicznego planowania produkcji,
- programowania zaawansowanych sterowników przemysłowych,
- programowania i obsługi przemysłowych systemów kontroli wizyjnej,
- parametryzacji i obsługi urządzeń napędowych oraz manipulacyjnych,
- wykorzystania technologii informatycznych do tworzenia stron www,
- wykorzystania narzędzi Lean Management: TPM – Total Productive Maintenance i Koła Deminga.

Praca częściowo finansowana ze środków przewidzianych na BK-213/RAu1/2016.

LITERATURA

1. Browne J., Dubois D., Rathmill K., Sethi S. P., Stecke K.E.: Classification of flexible manufacturing systems. The RMS Magazine, 4, 1984, p. 114-117.
2. Krystek J., Jagodziński M., Ilewicz W., Sobel D., Grabowski A., Wojtyła T., Cypionka M., Urbańczyk K.: Projekt, modelowanie, symulacja i uruchomienie dydaktycznego, modułowego elastycznego systemu produkcyjnego, (raport projektu PBL, Politechnika Śląska, Gliwice, 2014 – niepublikowany)
3. Krystek J., Jagodziński M., Ilewicz W., Buchta A., Musz M., Pampuch K., Rus J., Świerkot A.: Planowanie, sterowanie i testowanie różnych typów produkcji oraz metod kontroli ich realizacji w rzeczywistym elastycznym systemie produkcyjnym, (raport projektu PBL, Politechnika Śląska, Gliwice, 2015 – niepublikowany).
4. Krystek J., Jagodziński M., Ilewicz W., Czech P., Klimas P., Kocot A., Ochodek G., Rozmus M.: Rozbudowa, testowanie i analiza niezawodności rzeczywistego, dydaktycznego, elastycznego systemu produkcyjnego, (raport projektu PBL, Politechnika Śląska, Gliwice, 2016 – niepublikowany)
5. Krystek J.: Modułowy model elastycznego systemu produkcyjnego. Logistyka 2015 nr 2, dysk optyczny (CD-ROM) s. 445-453.
6. Krystek J.: Zintegrowany przepływ informacji w systemie produkcyjnym. Mechanik, nr 7/2016, s. 721-723.

7. Krzyżanowski J.: Wprowadzenie do elastycznych systemów wytwórczych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
8. Sawik T.: Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych. WNT, Warszawa 1992, s. 163-189.
9. Sawik T.: Planowanie i sterowanie produkcji w elastycznych systemach montażowych, WNT Warszawa 1996.
10. Tolio T. (red): Design of Flexible Production Systems, Springer-Verlag, Berlin, 2009.