

Robert CIEŚLAK¹
Ireneusz WYSOCKI²

BADANIA I ZASTOSOWANIE PLATFORM MONTAŻOWYCH

W publikacji przedstawiono kierunki rozwoju współczesnych technik montażu. Omówiono zastosowania platformy montażowej dla firmy ELEKTROBUDOWA S.A., jak również bardzo ważny element w projektowaniu struktury systemu produkcyjnego jakim jest analiza procesów technologicznych obróbki i montażu. Opisano badania platform montażowych. Za pomocą analizy klasterowej dokonano grupowania operacji, aby określić podobieństwo technologiczne wykonywanych produktów.

1. WPROWADZENIE

Podstawowym kierunkiem rozwoju współczesnej techniki montażu jest tworzenie takich struktur organizacyjno - technicznych, które umożliwiają szybkie jej przestawianie na wytwarzanie coraz nowszych wyrobów. Należy więc tak projektować systemy produkcyjne, aby były łatwo adaptowalne do nowych wymagań, czyli charakteryzowały się dużą elastycznością. Wymagania te spełniają systemy montażu wykorzystujące roboty przemysłowe lub modułowe techniki ich budowy. Dzięki elastycznym systemom montażowym ekonomiczna staje się produkcja w krótkich i średnich seriach. W takich rozwiązaniach można szybko wprowadzać modyfikacje wyrobu spełniając dodatkowe oczekiwania klienta, a co za tym idzie przedłużyć jego „życie” na rynku oraz minimalizować negatywne skutki finansowe w przypadku nie spełniania oczekiwań klientów [6].

W celu skrócenia tworzenia produktu i zmniejszenia kosztów jednostkowych, oprócz stosowania elastycznych systemów montażowych, można zastosować tzw. platformy montażowe [2]. Stworzenie wzorca rodziny produktów wytworzonych w oparciu o tę samą platformę montażową uważa się za skuteczny środek zastosowania ogólnych zasad użytkowania platform tego typu. Coraz więcej przedsiębiorstw wykorzystuje takie podejście w procesie tworzenia swoich produktów końcowych. Przykładami takich firm są między

¹ Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Inżynierii Środowiska, Katedra Mechaniki i Budowy Maszyn, Email: robertcieslak@wp.pl

² ELEKTROBUDOWA SA w Katowicach, Oddział Spółki Rynek Dystrybucji Energii, Konin, E-mail: ireneusz.wysocki@elbudowa.com.pl

innymi Sony, Volkswagen, Lutron, Airbus, Boeing czy Compaq, co wskazuje na spore korzyści ekonomiczne w obliczu zmieniającego się globalnego rynku produkcji. Korzyści te wynikają głównie z wyższej jakości produktów końcowych, szybszej odpowiedzi na żądania rynku i niższych kosztów produkcji [3].

Celem tego artykułu jest opracowanie kolejnego etapu utworzenia platformy montażowej w firmie ELEKTROBUDOWA S.A., to jest grupowanie operacji dla określenia podobieństwa technologicznego wykonywanych produktów.

2. ZASTOSOWANIE PLATFORM MONTAŻOWYCH

Według jednej z definicji platforma montażowa to stosunkowo duży zbiór komponentu produktu, którego składniki są ze sobą połączone jako stabilny podzespół i są wspólne dla różnych modeli produktu końcowego [2].

Istota powstania platformy montażowej tkwi w tym, aby uzyskać jak największą liczbę produktów końcowych wykorzystując do tego standaryzowane składniki i różne procesy produkcyjne. Dlatego też dostosowanie platformy montażowej to proces polegający na odkryciu wspólnych elementów w danej rodzinie produktów. Należą do nich wspólne funkcje czy działanie, parametry, cechy, składniki, podsystemy czy odpowiednia ilość informacji związanej z produkcją danej rodziny produktów oraz późniejsze dopasowanie i standaryzacja wyżej wymienionych wspólnych elementów bądź parametrów [3].

Zastosowanie platformy montażowej polega na:

1. Odkryciu użyteczności platformy montażowej w produkcji danego zestawu produktów końcowych:
 - a) opracowaniu rodziny produktów i odpowiedniej struktury platformy montażowej w taki sposób, aby uzyskać finalną platformę wyróżniającą się na tle innych pod względem konstrukcji czy budowy,
 - b) odkryciu ograniczeń, jakim podlegają części wyprodukowane przez najczęściej stosowane platformy montażowe łącznie z:
 - identyfikacją wspólnych modułów/podzespołów w danej platformie montażowej oraz zależności między ich interfejsami,
 - identyfikacją wspólnych składników danego produktu końcowego, opracowanego na platformie montażowej i zależności między nimi [3].
2. Standaryzacji platformy montażowej, która przebiega głównie dzięki postrzeganiu technicznych elementów danej platformy, jej części składowych i podzespołów. Proces ten polega na standaryzacji:
 - a) części składowych platformy łącznie z jej strukturą i parametrami,
 - b) podzespołów i interfejsów,
 - c) procesu produkcji i zarządzania platformą montażową itp.

Pod względem inżynierii wspólne funkcje platformy montażowej mogą być realizowane w ten sam sposób. Wykorzystując dostosowanie i standaryzację części składowych czy modułów platformy montażowej można uzyskać różne produkty wytworzone w tej samej linii produkcyjnej [3].

3. ANALIZA KLASTEROWA

Ważnym punktem w projektowaniu struktury systemu produkcyjnego jest analiza procesów technologicznych obróbki i montażu. Wykorzystać do tego celu można model struktury procesu technologicznego i/lub wykres przebiegu procesu. Podstawowym celem analizy procesów technologicznych jest klasyfikacja wytwarzanych części pod kątem możliwości organizacji procesu w sposób charakterystyczny dla technologii grupowej. Wszystkie części wchodzące w zakres jednej grupy będą obrabiane w tych samych operacjach technologicznych, tymi samymi metodami, przy wykorzystaniu tych samych uchwytów i narzędzi. Będą więc miały zbliżony podstawowy proces wytwórczy [4].

Pomocą w dokonywaniu każdej klasyfikacji, w tym również klasyfikacji części maszyn z punktu widzenia podobieństwa procesów technologicznych, jest analiza klasterowa (cluster analysis) [4].

Analiza klasterów jest metodą umożliwiającą porównanie określonych obiektów przez porównanie cech opisujących te obiekty. W efekcie tak przyjętych założeń każdy proces technologiczny części może być interpretowany jako punkt w przestrzeni n-wymiarowej lub wektor $P_n = (x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nm})$, którego elementy składowe oznaczają operacje procesu technologicznego [4].

Projektowanie grup części technologicznie podobnych za pomocą, analizy klastrowej przebiegać może w dwojaki sposób:

- wyznaczenie „modelowych” części, $M_1, \dots, M_n$, dla których opracowany jest określony proces technologiczny i odpowiednia organizacja systemu produkcyjnego. Części te są przedstawicielami danej grupy części technologicznie podobnych,
- analiza cech procesów technologicznych części metodą „każdy z każdym” i grupowanie tych części, które wykazują największe podobieństwo technologiczne.

Klasyfikator odległościowy KO określa się jako odległość euklidesowa między dwoma punktami, z których każdy charakteryzuje proces technologiczny określonej części [4].

$$|P_{i+1} - P_i| = \sqrt{|P_{i+1} - P_i|^T |P_{i+1} - P_i|}$$

4. BADANIE PLATFORM MONTAŻOWYCH

Badania nad platformą montażową zostały wykonane w firmie ELEKTROBUDOWA S.A., która jest liderem wśród polskich firm elektroenergetycznych. Świadczy kompleksowe usługi budowlano-montażowe realizując inwestycje związane z przemysłem energetycznym, petrochemicznym, wydobywczym oraz budownictwem obiektów użyteczności publicznej w systemie pod klucz.

ELEKTROBUDOWA S.A. jest liderem w zakresie produkcji urządzeń elektroenergetycznych w obszarze energetyki, wiodącym wykonawcą i dostawcą aparatury

rozdzielczej niskich, średnich i wysokich napięć, jak również stacji i systemów elektroenergetycznych (rys.1). Na rynku międzynarodowym firma zajmuje znaczącą pozycję w produkcji i montażu przewodów silnopiędowych [1].



Rys. 1. Rozdzielnie niskiego, średniego i wysokiego napięcia produkowane w firmie ELEKTROBUDOWA S.A. (opracowanie na podstawie katalogów firmy)

Fig 1. Low, medium and high voltage switchboards produced in ELEKTROBUDOWA S.A. company (pictures from the company's catalogue)

Znaczenie platformy montażowej jest coraz istotniejsze w różnych dziedzinach przemysłu i wiele firm musi podejmować szereg decyzji w tej sprawie. Prace zmierzają w kierunku zdefiniowania podstawowej struktury platformy montażowej. Poprzedni etap tzn. utworzenie platformy montażowej został omówiony w publikacji [5].

Drugi etap to grupowanie operacji, aby określić podobieństwo technologiczne wykonywanych produktów. Należy w tym momencie odpowiedzieć na dwa pytania. Pytanie pierwsze – jak należy pogrupować operacje wchodzące w skład montażu danej rozdzielni (tabela1). Pytanie drugie, – w jaki sposób platforma montażowa wiąże się z innymi operacjami związanymi z procesem wytwarzania produktu końcowego, takimi np. jak konstrukcja wyrobu.

Tabela 1. Zestawienie operacji wchodzących do rozdzielni niskiego NN, średniego ŚN i wysokiego napięcia WN
Table 1. Operations involved in making low NN, medium ŚN and high voltage WN switchboards

L.p.	Zestawienie	NN	ŚN	WN
1	Wykonanie niezbędnych elementów konstrukcyjnych	1	1	1
2	Klejenie izolatorów przepustowych na blachach ze stali nierdzewnej	0	0	1
3	Łączenie detali zbiornika i uzbrojenie w aparaturę łączeniową	0	0	1
4	Napełnienie zbiornika	0	0	1
5	Montaż szyn rozdzielnic	1	1	1
6	Montaż skrzynki FOBOX	1	0	0
7	Montaż skrzynki uziemia górnego lub pomiaru napięcia	0	1	0
8	Montaż członów wysuwnych	1	1	0

9	Montaż członów uziemnika	1	1	0
10	Montaż członów do suszenia silników lub pomiaru przekładników	0	1	0
11	Montaż członów pomiarowych dolnych	0	1	0
12	Montaż koncentratora	0	1	0
13	Montaż mostu szynowego	0	1	0
14	Montaż komór sterowniczych	1	0	0
15	Skręcanie skrzynki FOBX	1	0	0
16	Montaż stojaka na człony	1	0	0
17	Montaż podestu do obsługi rozdzielni	0	1	0
18	Przystawka tylna lub boczna do rozdzielnic	0	1	0
19	Test poprawności działania i stanu rozdzielnic przed wysyłką	1	1	1
20	Końcowy montaż osłon zewnętrznych tylnych i przednich	1	1	1
21	Pakowanie i wysyłka	1	1	1
	Suma	11	14	8

Źródło: Opracowanie własne

Uznano, że podstawowym kryterium grupowania powinno być podobieństwo technologiczne wykonywanych części, dlatego przypisano mu w skali od 0 do 1 wagę $w_T = 1$. Dla masy produktu (rozdzielni) przyjęto wagę $w_M = 0,75$, natomiast dla wymiaru zewnętrznego (szerokość), istotnego ze względu na zajmowany obszar, przyjęto wagę $w_{DZ} = 0,2$. Kolejnym etapem postępowania jest znormalizowanie wartości cechy. Założono, że wartość liczbową reprezentująca daną cechę powinna być zawarta między 0 a 1. W takiej sytuacji znormalizowana wartość cechy:

- dla procesu technologicznego produktu 1 jest równa stosunkowi 11 operacji wykonywanych na rozdzielni NN do maksymalnej liczby zabiegów, czyli $11/21 = 0,52$; wartość ta mnożona przez wagę $w_T = 1$ daje w konsekwencji 0,52,
- dla procesu technologicznego produktu 2 jest równa stosunkowi 14 operacji wykonywanych na rozdzielni ŚN do maksymalnej liczby zabiegów, czyli $14/21 = 0,67$; wartość ta mnożona przez wagę $w_T = 1$ daje w konsekwencji 0,67,
- dla procesu technologicznego produktu 3 jest równa stosunkowi 8 operacji wykonywanych na rozdzielni WN do maksymalnej liczby zabiegów, czyli $8/21 = 0,38$; wartość ta mnożona przez wagę $w_T = 1$ daje w konsekwencji 0,38.

Porównanie dokonane na podstawie tych obliczeń wskazuje, że opierając się tylko na kryterium podobieństwa technologicznego, różnica między cechami: produktu 1 i 3 wynosi 0,14, dla produktów 1 i 2 wynosi 0,15, a produktów 2 i 3 wynosi 0,29. W tej sytuacji, jeżeli zamierzamy dokonać podziału operacji na dwie grupy to grupę A stanowić mogą operacje produktu 1 i 2, natomiast operacje 3 powinniśmy próbować kwalifikować do innej grupy. Oczywiście możemy również podjąć decyzję, że zaliczamy ją do grupy A, ale to podobieństwo jest nieco mniejsze niż dla operacji 1 i 2. Do przykładu grupowania wprowadzono dodatkowe kryteria. Jako kryterium przyjęto masę rozdzielni: dla NN – 760kg, dla ŚN – 600kg, natomiast dla WN – 11100kg. Przyjmując, że dla NN mamy relację $760/11100 = 0,07$, to pomnożona przez wagę 0,5 cecha ma wartość 0,03. W podobny sposób obliczono wartości cechy wymiar zewnętrzny (szerokość). Każda operacja ma, więc określone wartości cechy (tablica 2).

Tabela 2. Wartości cechy dla rozdzielni NN, ŚN i WN
Table 2. Feature values for low, medium and high voltage switchboards

L.p.	Cecha	NN	ŚN	WN
1	Proces technologiczny	0,52	0,67	0,38
2	Masa rozdzielni	0,03	0,03	0,50
3	Wymiar zewnętrzny (szerokość)	0,21	0,19	0,25

Zródło: Opracowanie własne (NN – niskie napięcie, ŚN – średnie napięcie, WN – wysokie napięcie)

Stosując klasyfikator odległościowy, gdzie każda część reprezentowana jest za pomocą macierzy, wartości cechy KO obliczono dla każdej pary produktu:

- dla produktu 1 i 2:

$$KO_{1-2} = \sqrt{\left[\begin{pmatrix} 0,52 \\ 0,03 \\ 0,21 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,67 \\ 0,03 \\ 0,19 \end{pmatrix} \right]^T \cdot \left[\begin{pmatrix} 0,52 \\ 0,03 \\ 0,21 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,67 \\ 0,03 \\ 0,19 \end{pmatrix} \right]} =$$

$$\sqrt{\begin{pmatrix} -0,15 \\ 0,00 \\ 0,02 \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} -0,15 \\ 0,00 \\ 0,02 \end{pmatrix}} = \sqrt{0,025 + 0 + 0,0004} = \sqrt{0,0229} = 0,15$$

- dla produktu 2 i 3: $KO_{2-3} = 0,55$
- dla produktu 1 i 3: $KO_{1-3} = 0,49$

Najmniejsza wartość klasyfikatora odległościowego dla produktu 1 i 2 wskazuje, że produkty te wykazują największe podobieństwo z punktu widzenia analizowanych cech.

5. PODSUMOWANIE

Inżynierowie z różnych przedsiębiorstw produkcyjnych krajowych i zagranicznych opracowują różne warianty wykonania platform montażowych.

Głównym celem tego artykułu jest wskazanie dostosowania platformy montażowej dla produktu końcowego, jakim są rozdzielnie niskich, średnicy i wysokich napięć w firmie ELEKTROBUDOWA S.A. Jest to kluczowy punkt procesu opracowania platformy montażowej oraz podejścia do wzorca rodziny produktów. Dzięki analizie klastrowej przeprowadzonej dla wyżej wymienionych produktów można stwierdzić, że dla opracowanej platformy montażowej największe podobieństwo z punktu widzenia analizowanych cech mają dwa pierwsze produkty.

Autorzy zamierzają przeanalizować zalety i wady platform montażowych oraz dokonać opracowania wskaźników opłacalności zastosowania platform montażowych w różnych przedsiębiorstwach.

LITERATURA

- [1] ELEKTROBUDOWA S.A. – katalogi firmowe.
- [2] MUFFATTO M., 1999, *Introducing a platform strategy in product development*, Int. J. Production Economic, 60-61, 145-153.
- [3] QIN H., ZHONG Y., XIAO R., ZHANG W., 2005, *Product platform commonization: platform construction and platform elements capture*, Springer-Verlag London Limited 2004, Int J Adv Manuf Technol, 2, 1071–1077.
- [4] PAJĄK E., 2006, *Zarządzanie produkcją*, PWN, Warszawa, 164.
- [5] CIEŚLAK R., WYSOCKI I., *Badanie platform montażowych w firmie Elektrobudowa SA*, Zarządzanie Przedsiębiorstwem (w druku).
- [6] ŻUREK J., BRIESE W., 2000, *Zastosowanie techniki modułowej do zwiększenia elastyczności systemów montażowych*, Technologia i automatyzacja montaż 3/1.

RESEARCH INTO PRODUCTION PLATFORMS AND THEIR APPLICATIONS

The publication presented above focuses on the directions in the development of contemporary assembly techniques. It touches upon the applications of an assembly platform in ELEKTROBUDOWA SA company. Additionally, it offers the analysis of technological processes like treatment or assembly, which constitutes a crucial element while designing a production system structure. What follows is the research into production platforms along with the cluster analysis used for grouping assembly operations according to technological similarities between manufactured products.