

dr inż. Jacek Domińczuk  
Politechnika Lubelska, Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych

## SYSTEMY TRANSPORTU NA ZAUTOMATYZOWANYCH LINIACH MONTAŻOWYCH

*W artykule przedstawiono przykłady rozwiązań technicznych systemów transportowych, które są wykorzystywane na zautomatyzowanych liniach montażowych. Przedstawiana tematyka obejmuje zarówno systemy transportu wzdłuż linii montażowej jak i systemy transportu pionowego. Praca zawiera szereg przykładów rozwiązań technicznych systemów transportu z opisem zalet i możliwości zastosowania. Artykuł zawiera również opis wymagań stawianych systemom sterowania i systemom kontrolnym dla poszczególnych prezentowanych rozwiązań.*

## TRANSPORTATION SYSTEMS FOR AUTOMATED ASSEMBLY LINES

*The examples of technical solutions of transportation systems used in automated assembly lines are introduced in the article. The presented subject area covers transportation systems along the assembly line as well as systems of vertical transportation. The paper contains number of examples of technical transportation systems together with description of advantages and the utilization possibilities. The article also contains the description of requirements for monitoring and control systems for each individual solution.*

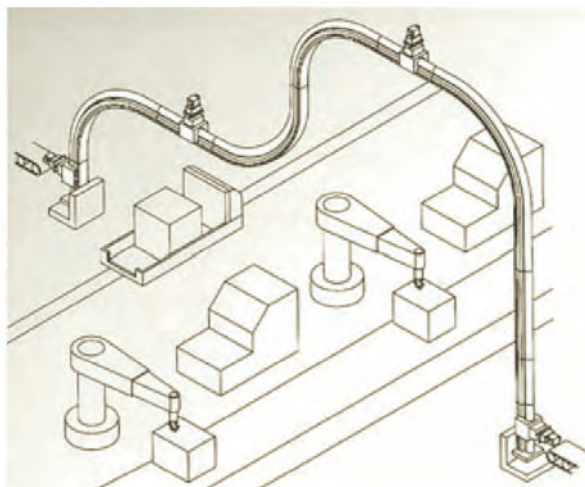
### 1. WPROWADZENIE

Stosowana coraz częściej automatyzacja procesów wytwórczych sprawia, że poszukuje się coraz lepszych rozwiązań zapewniających przemieszczanie elementów wzdłuż linii montażowych. Systemy stosowane w transporcie rozwijają się nadal, stając się coraz bardziej elastycznymi, a tym samym dają możliwość dowolnej konfiguracji odpowiedniej do potrzeb użytkownika [1]. Ta konfiguracja w dużej mierze związana jest z zastosowaniem w ich budowie nowych osiągnięć automatyki, szczególnie w obszarze napędów i sterowania. Coraz częściej w tych rozwiązaniach stosowane są również nowe materiały, które nie tylko pozwalają na uproszczenie konstrukcji, ale również pozwalają zmniejszyć ich masę, jak i zwiększyć poziom bezpieczeństwa i niezawodności pracy. Również stosowane metody projektowania pozwalają na lepsze wykorzystanie dostępnych technologii [2, 3, 4, 5].

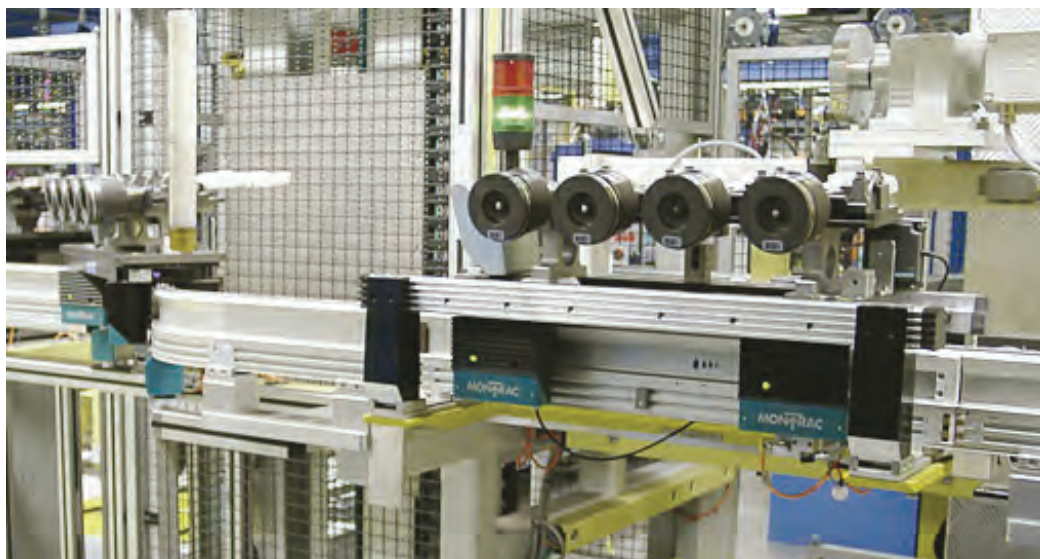
Dobór optymalnego systemu czy też sposobu transportu, zarówno na liniach o ruchu wymuszonym ciągłym, jak i przerywanym [6], nie jest zagadnieniem prostym, gdyż wymaga wiedzy zarówno w obszarze możliwości technicznych urządzeń, jak i w obszarze sterowania, czyli możliwości realizowania procesu przy określonych wymaganiach. Oprócz wymienionych czynników nie bez znaczenia pozostaje rozwiązanie kwestii bezpieczeństwa pracy, zarówno w stosunku do obsługi technicznej, jak i przenoszonych ładunków.

Na rynku pojawiły się również systemy transportu, które dzięki swojej specyficznej budowie (niezależnym napędom: elektrycznym, magnetycznym, pneumatycznym ze sprzężeniem magnetycznym) pozwalają na przenoszenie elementów w sposób swobodny, co z kolei

pozwała na lepsze wykorzystanie środków produkcyjnych w przedsiębiorstwie. Przykładem takiego rozwiązania jest trójwymiarowy pneumatyczny system transportowy (rys. 1) [7].



Rys. 1. Przykład trójwymiarowego pneumatycznego systemu transportowego



Rys. 2. Przykład trójwymiarowego inteligentnego systemu transportowego

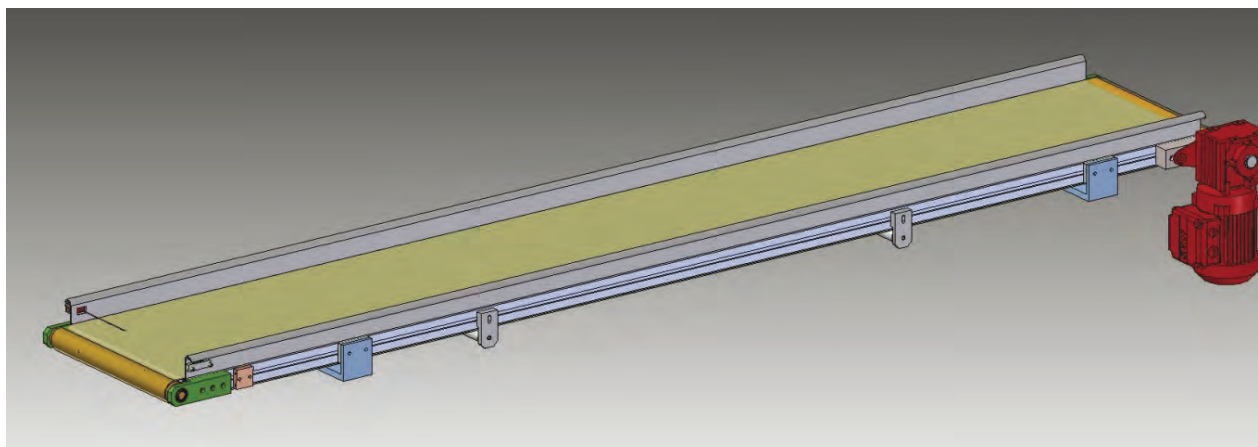
Innym przykładem zaawansowanego rozwiązania jest prezentowany na rys. 2 system inteligentnego systemu transportowego, który może występować w różnych odmianach i konfiguracjach. Łączenie wózków jezdnych w układy pozwala dodatkowo zwiększać nośność systemu. Specjalne ukształtowanie prowadnic pozwala na wszechstronną konfigurację dróg przejazdu.

## 2. POZIOME SYSTEMY TRANSPORTOWE

Jedną z grup systemów transportowych na liniach produkcyjnych są systemy zapewniające transport poziomy. Można do nich zaliczyć: podajniki taśmowe, podajniki rolkowe, podajniki cięgnowe, przenośniki liniowe, stoły obrotowe.

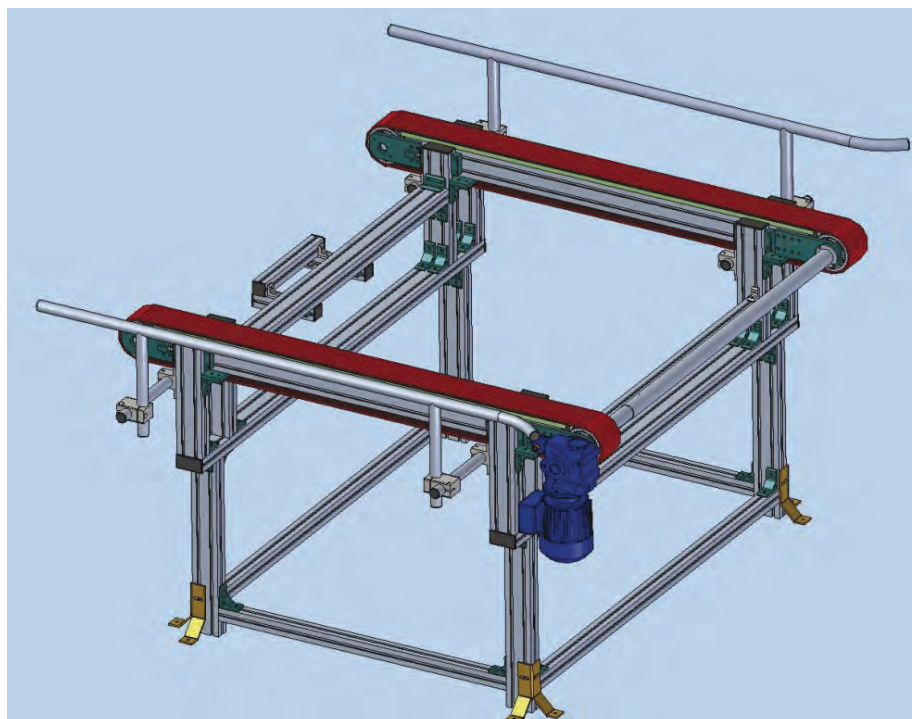
### 2.1. Podajniki taśmowe

Podajnik taśmowy z uwagi na swoją uniwersalność jest często wykorzystywanym systemem transportu. Pozwala on na przemieszczanie ładunków na duże odległości jak i dokonywania separacji. Przykład takiego podajnika przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Podajnik taśmowy

Układ napędowy podajnika taśmowego najczęściej złożony jest z silnika połączanego z przekładnią. Prędkością przesuwu można dodatkowo sterować za pomocą falownika. Wymagane punkty kontrolne przemieszczenia ładunku mogą być zbudowane w oparciu o czujniki indukcyjne, pojemnościowe lub optyczne. W układach, w których wymagana jest konieczność zachowania dokładności przemieszczeń (rys. 4) taśmę zastępuje się pasami zębatymi. Dodatkowo istnieje możliwość zastosowania w takim układzie serwonapędów w celu osiągnięcia większej dokładności i elastyczności pracy.

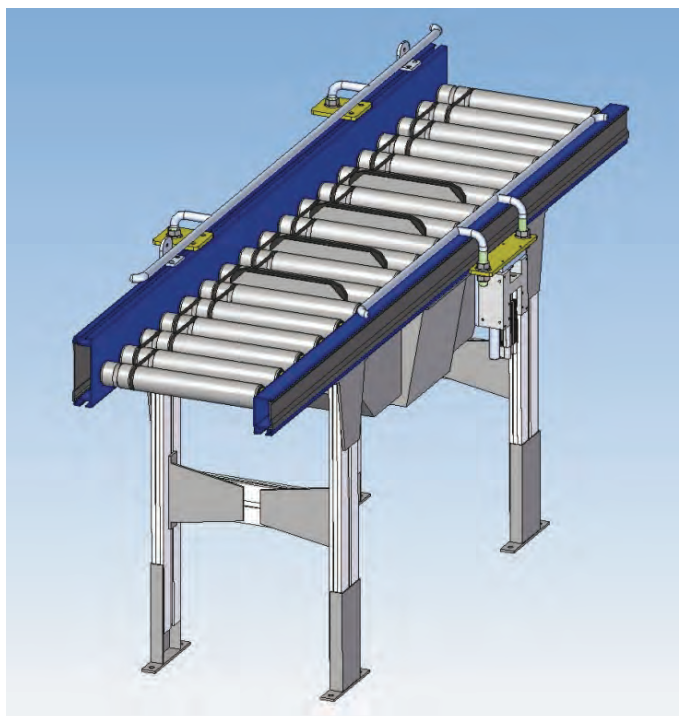


Rys. 4. Podajnik taśmowy zsynchronizowany

## 2.2. Podajniki rolkowe

Podajniki rolkowe są często wykorzystywane do transportu nieustalonego. Dają one możliwość zmiany kierunku przemieszczania ładunków poprzez zastosowanie różnego typu spychaczy oraz modułów kątowych (rys. 5). Mogą one przemieszczać ładunki na dowolne odległości. Mogą być napędzane silnikami z przekładnią, jak i elektrorolkami. Kontrola położenia ładunku może odbywać się na podstawie sygnałów pochodzących z czujników.

Podajniki te nie zapewniają dużej precyzji przemieszczeń. Jeśli jest ona wymagana, konieczne staje się stosowanie zderzaków.



Rys. 5. Podajnik rolkowy z zamontowanym spychaczem taśmowym i uchylną bandą

### 2.3. Podajniki cięgnowe

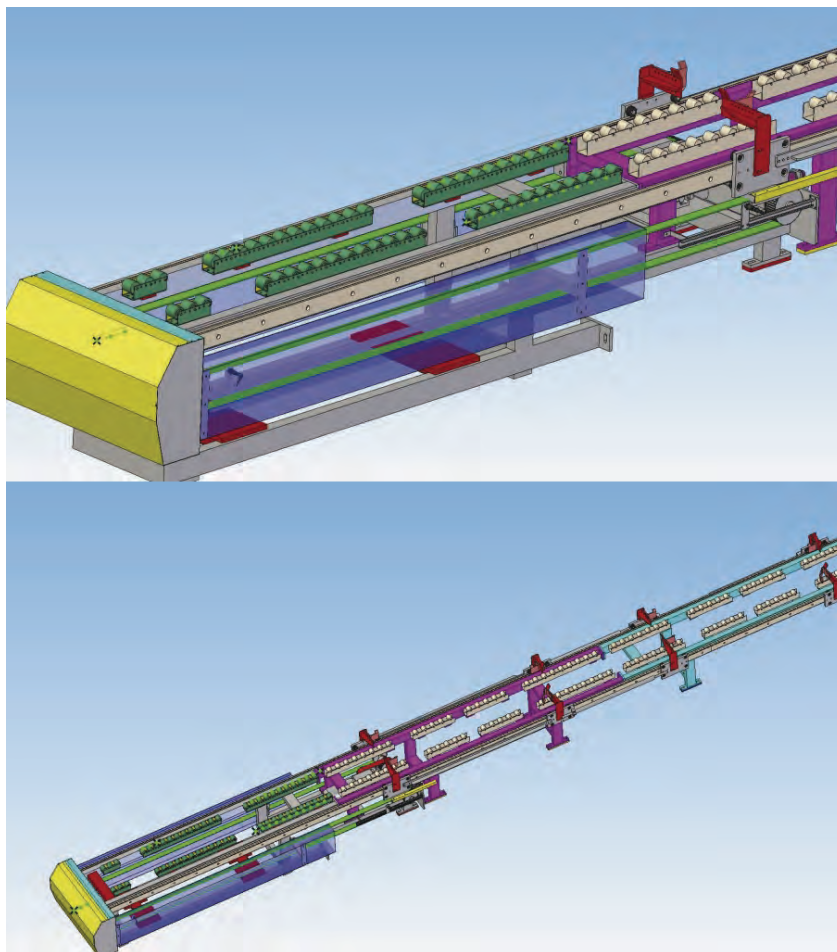
Podajniki cięgnowe (rys. 6) są używane do sekwencyjnego przemieszczania ładunków. Charakteryzują się stałą wartością przemieszczeń. W ich konstrukcji istnieje możliwość zastosowania wielu typów napędów. Mogą to być zarówno napędy elektryczne, pneumatyczne, jak i hydrauliczne. Szerokie możliwości sterowania jakie wynikają z różnorodności układów napędowych sprawiają, że są one chętnie stosowane w liniach montażowych w sytuacjach, gdy wymagana jest duża dokładność pozycjonowania transportowanych elementów oraz równy podział między jednostkami i montażowymi. Kontrola położenia przenoszonych elementów oparta jest na czujnikach pozycji. Tego typu podajniki dają możliwość bazowania elementów transportowanych. Do właściwej pracy tych układów niezbędne jest wykorzystanie dodatkowych systemów przemieszczeń bądź uchylnych ramion, które zapewniają możliwość wykonania ruchu powrotnego podajnika.

### 2.4. Przenośniki liniowe

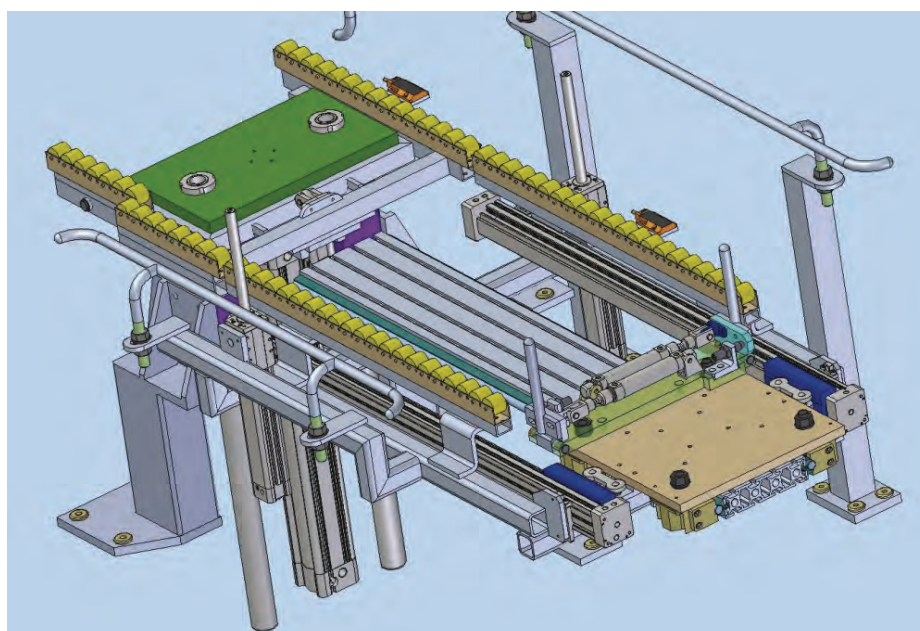
Przenośniki liniowe podobnie jak podajniki cięgnowe są stosowane do sekwencyjnego przemieszczania ładunku. Mogą być wyposażone w zabieraki osadzone na prowadnicach (rys. 7) lub występować bez nich. Do napędu tych przenośników mogą być wykorzystywane napędy elektryczne, pneumatyczne, hydrauliczne napędzane bezpośrednio lub za pośrednictwem mechanizmu pasowego, śrubowego bądź łańcuchowego. Możliwość umieszczania na stole transportowym różnorodnego wyposażenia transportowego sprawia, że mogą być wszechstronnie stosowane tam, gdzie jest wymagane dokładne pozycjonowanie. Ograniczeniem tych napędów jest to, że po przemieszczeniu układu transportowego musi on wrócić na pierwotną pozycję w celu pobrania kolejnego ładunku.

Odmianą tego typu przenośnika jest przenośnik górny, którego przykład przedstawia rys. 8. Tego typu przenośniki wyposażone są w mechanizm umożliwiający ich wycenie

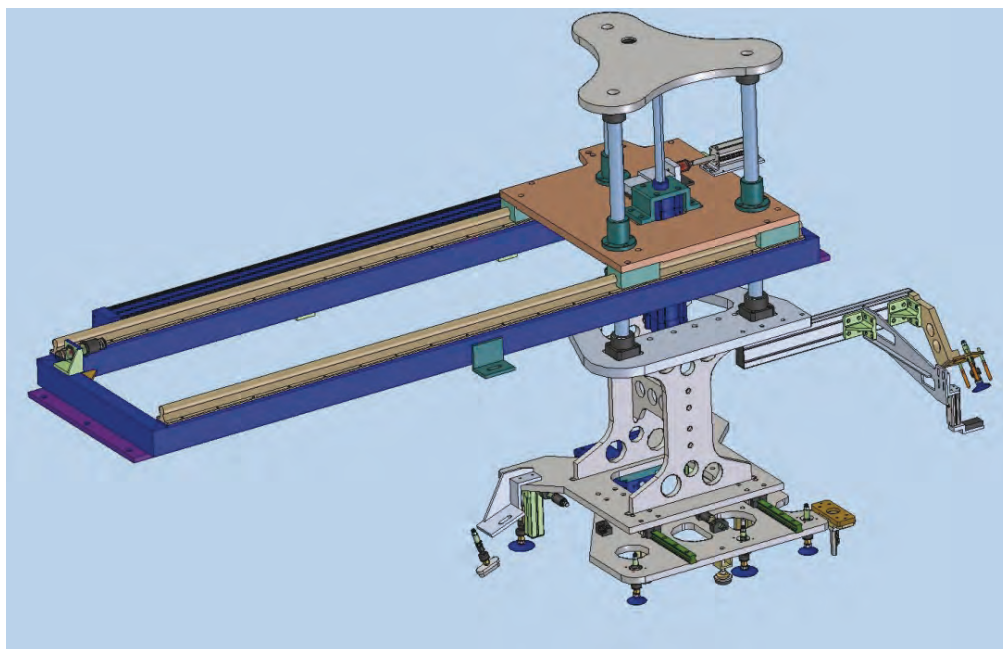
przenoszonego elementu. W prezentowanym przykładzie jest to zespół przysawek umieszczony na zespole przejazdu pionowego. Przenośnik tego typu może być napędzany pneumatycznie, elektrycznie [8] bądź hydraulicznie [9].



Rys. 6. Podajnik ciągły z napędem pasowym



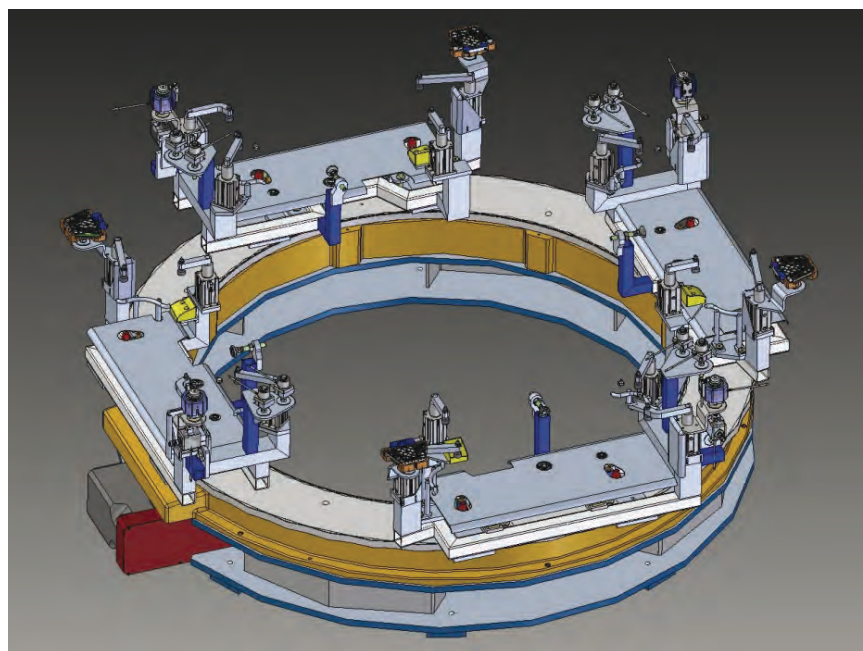
Rys. 7. Przenośnik liniowy z zespołem zabieraków i separatorem



Rys. 8. Przenośnik liniowy górny

## 2.5. Stoły obrotowe

W wielu rozwiązaniach technicznych występuje konieczność dostarczenia na stanowiska montażowe części maszyn w układzie kołowym. Taką możliwość zapewniają stoły obrotowe, które mogą być wyposażane w różnego typu systemy bazowania. Mogą one posiadać podział ustalony bądź niustalony. Różnorodne rozmiały, jak i występowanie napędów o zróżnicowanych parametrach dają szerokie możliwości ich stosowania. Przykład stołu obrotowego pierścieniowego zaadaptowanego do pracy w zautomatyzowanej linii montażowej przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Przenośnik o ruchu kołowym

### 3. PIONOWE SYSTEMY TRANSPORTOWE

Pionowe systemy transportowe są wykorzystywane do transportu ładunków na określone wysokości. Mogą one mieć różnorodną budowę oraz sposób prowadzenia. W zależności od zastosowanego napędu można je podzielić na: podnośniki z napędem pneumatycznym, podnośniki z napędem hydraulicznym i podnośniki z napędem pneumatycznym.

Najczęściej spotykanymi rozwiązaniami są podnośniki z napędem elektrycznym. Występują one w wielu odmianach związanych z zastosowanym mechanizmem napędowym. Wyróżniamy tutaj napędy śrubowe, pasowe, łańcuchowe, linowe, zębatakowe. Napęd elektryczny wykazuje wysoką elastyczność pod względem możliwości osiągnięcia zalecanych parametrów pracy. Sposób sterowania jest również w takim rozwiązaniu prosty i może być skonfigurowany w zależności od wymagań użytkownika. Zastosowanie elektronicznych systemów kontroli przemiesięń sprawia, że istnieje możliwość precyzyjnego sterowania, co sprawia, że dają one możliwość łatwego dopasowania parametrów pracy do określonych wymagań. Na rys. 10. zaprezentowano przykład pionowego systemu transportu z napędem elektrycznym.

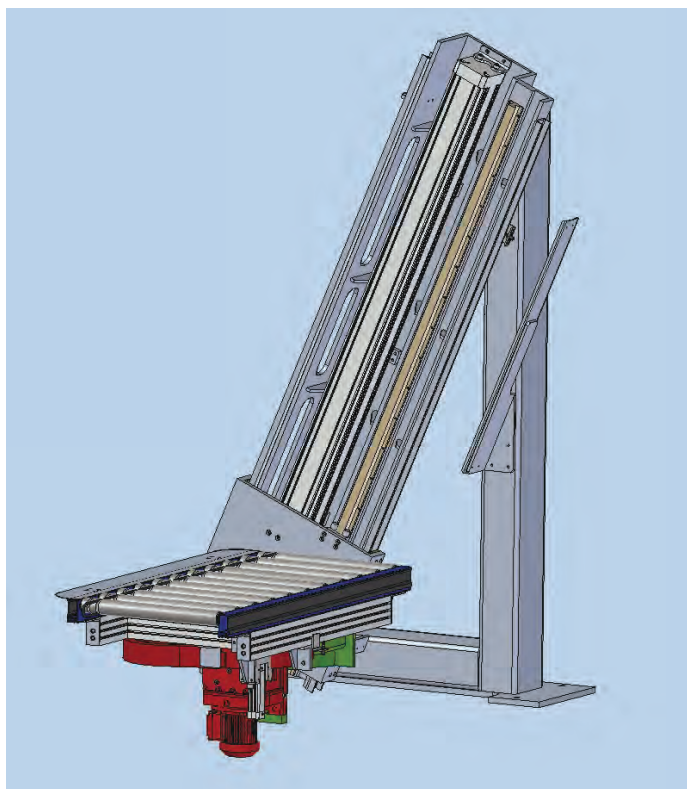


Rys. 10. Pionowy system transportu z napędem elektrycznym

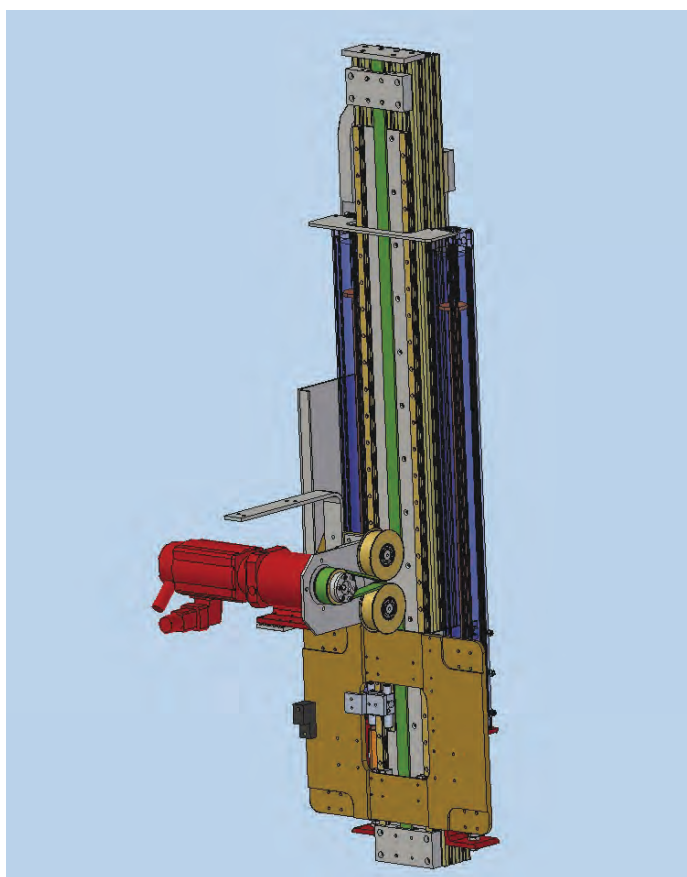
Napęd pneumatyczny również może być wykorzystywany do transportu pionowego. W takich rozwiązaniach występują jednak trudności związane z zachowaniem pełnej kontroli nad całym układem, gdyż prędkość i czas przejazdu są zależne od masy przemieszczanego obiektu. Przykład takiego rozwiązania prezentuje rys. 11.

Do napędu pionowego mogą być również używane napędy hybrydowe (rys. 12). Połączenie napędu elektrycznego z pneumatycznym sprawia, że system taki charakteryzuje się znacznie większymi możliwościami w obszarze sterowania, zapewniając większą elastyczność

i możliwości zastosowań. Takie połączenie napędów sprawia, że systemy tego typu są bardziej wydajne i niezawodne.



Rys. 11. Pionowy system transportu z napędem pneumatycznym



Rys. 12. Pionowy system transportu z napędem hybrydowym



#### 4. PODSUMOWANIE

Rozwój systemów transportowych na nowoczesnych liniach produkcyjnych związany jest bezpośrednio z rozwojem układów napędowych i układów sterowania [10]. Postęp w tych dziedzinach sprawia, że pojawiają się coraz bardziej wyrafinowane konstrukcje pozwalające na realizację procesów technologicznych z coraz to większą efektywnością. Często dokonywane są również modernizacje używanych systemów transportu, gdzie wyposaża się je w nowe układy kontroli i sterowania charakteryzujące się większą niezawodnością. Daje to niejednokrotnie możliwość realizacji wielu procesów na jednej linii produkcyjnej poprzez zmianę programu sterującego i automatyczne dopasowanie jednostek roboczych do nowych potrzeb.

Transport, zarówno elementu bazowego, jak i komponentów, na zautomatyzowanych liniach jest nadal zagadnieniem trudnym dla konstruktorów z uwagi na wymagania, jakie stawiane są tym układom. Dotyczy to zarówno ich elastyczności, efektywności i niezawodności, jak i bezpieczeństwa pracy. Nie bez znaczenia jest również kosztu życia danego rozwinięcia w konstrukcji.

Prezentowane w artykule przykłady rozwiązań technicznych stosowanych w nowo budowanych maszynach pokazują trendy rozwoju napędów. Niewątpliwie dalszy rozwój automatyki, szczególnie w zakresie przesyłania sygnałów, sprawi, że rozwiązania te będą nadal rozwijać się w kierunku większej ich niezawodności i precyzji działania, stając się przy tym coraz bardziej bezpiecznymi.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Marciniak M.: Elementy automatyzacji we współczesnych procesach wytwarzania. Obróbka, mikroobróbka, montaż. Politechnika Warszawska, 2007.
2. Domińczuk J.: Wpływ technik wirtualnych na rozwój automatyzacji i robotyzacji. *Pomiary Automatyka Robotyka* 2/2010, PIAP, Warszawa 2010, s. 190–198.
3. Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2000.
4. Domińczuk J.: Wpływ projektowania 3D i symulacji komputerowych na budowę zautomatyzowanych linii obróbczych. *Pomiary Automatyka Robotyka* 2/2009, PIAP, s. 181–188.
5. Będkowski J., Kowalski G., Masłowski A.: Elementy grafiki komputerowej w projektowaniu zaawansowanych symulatorów robotów mobilnych. *Pomiary Automatyka Robotyka* 2/2008, s. 425–432.
6. Pająk E.: Zaawansowane technologie współczesnych systemów produkcyjnych. Poznań: Wydaw. Politechniki Poznańskiej, 2000.
7. Materiały informacyjne firmy SMC.
8. Sidorowicz J.: Napęd elektryczny i jego sterowanie. Politechnika Warszawska, 1994.
9. Osiecki A.: Napęd i sterowanie hydrauliczne maszyn: teoria, obliczanie i układy. Politechnika Gdańska, 1995.
10. Mikulczyński T.: Automatyka procesów produkcyjnych. WNT, 2009.