

Łukasz Wojciechowski

Zakład Maszyn i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Poznańskiej

## Bezpieczeństwo w otoczeniu robota przemysłowego (cz. 1)

Bardzo ważnymi ogniwami wchodzącymi w skład logistycznie skonfigurowanych linii produkcyjnych w wielu gałęziach przemysłu są maszyny pakujące i rozpakowujące, nazywane również paletyzatorami i depaletyzatorami. Urządzenia te zalicza się do grupy robotów przemysłowych, które zdefiniować można jako automatycznie sterowane, przeprogramowalne i mające wiele zastosowań (pozwalają na dużą elastyczność zastosowań) maszyny manipulacyjne o kilku stopniach swobody, stałe lub przewoźne, przeznaczone do automatyzacji procesów przemysłowych [1]. Pod zdolnością do przeprogramowywania rozumie się tutaj możliwość programowej zmiany ich ruchów i funkcji bez przeróbek materialnych (konstrukcji mechanicznej i układu sterującego). Roboty przemysłowe bardzo często wchodzi w skład tzw. układów zrobotyzowanych, które obok właściwego robota (sprzęt plus oprogramowanie) zawiera także: dodatkowe elementy robocze, urządzenia i czujniki umożliwiające lub ułatwiające pracę oraz interfejs komunikacyjny oddziaływający oraz monitorujący działanie robota.

Parametry eksploatacyjne robotów na ogół są znacznie odmienne od parametrów innych maszyn i ich wyposażenia. Wynika to m.in. z tego, że roboty są zdolne do wykonywania ruchów z dużą energią oraz w dużej przestrzeni poza swoją podstawą. Przebieg tych ruchów, a szczególnie ich początkowa faza, są trudne do przewidzenia, a także mogą ulegać zmianom ze względu na różny kształt manipulowanych elementów i odmienne warunki otoczenia. Każdy robot przemysłowy posiada trzy przestrzenie pracy (rys. 1):

- 1 – **Przestrzeń zastrzeżona** – część przestrzeni maksymalnej, zastrzeżona przez urządzenia ograniczające, której nie można przekroczyć w przypadku przewidywanego uszkodzenia układu zrobotyzowanego
- 1 + 2 – **Przestrzeń maksymalna** – przestrzeń, która stanowi sumę prze-

strzeni omiatanej przez ruchome części robota określone przez producenta oraz przestrzeni, która może być omiatana przez element roboczy i przedmiot manipulowany

- 1 + 2 + 3 – **Przestrzeń chroniona** – przestrzeń wyznaczona przez urządzenia ochronne.

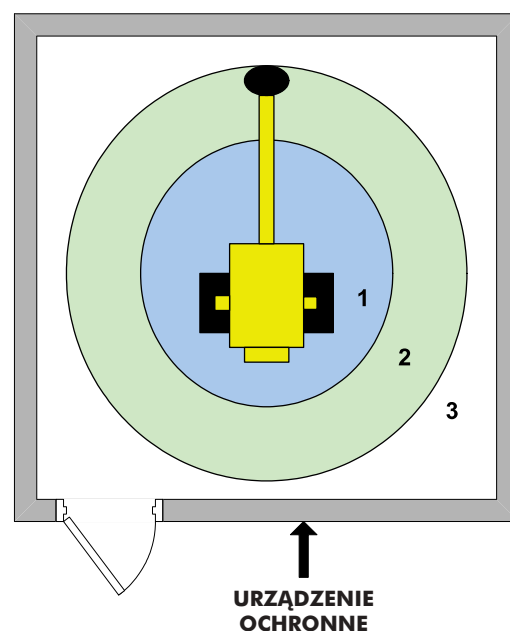
Przestrzeń 1, czyli przestrzeń zastrzeżona, może pokrywać się częściowo z przestrzeniami zastrzeżonymi innych robotów oraz strefami pracy innych urządzeń przemysłowych i ich wyposażenia, co może powodować powstanie zagrożenie wzajemnej kolizji, uchwycenia czy też uderzenia między ruchomymi elementami maszyn lub też obiektów uwolnionych z efektorów (chwytaków). Ponadto mogą zaistnieć sytuacje, w których osoby odpowiedzialne za konserwację lub programowanie muszą znaleźć się w przestrzeni zastrzeżonej robota w sytuacji, gdy ich zasilanie nie może zostać wyłączone. Oba z wymienionych powyżej czynników plus typ robota i jego wyposażenie powinny mieć znaczący wpływ na projekt i wybór metod ochrony. Metody te powinny oczywiście być przystosowane do rodzaju pracy wykonywanej przez maszynę, umożliwiając jednocześnie personelowi bezpieczne wykonywanie niezbędnych czynności takich jak: programowanie, nastawianie, konserwację, diagnostykę oraz naprawianie.

Do podstawowych środków zapobiegających zaistnieniu sytuacji niebezpiecznych i wypadków zalicza się wprowadzenie dwóch głównych zasadach Pierwsza z nich polega na zakazie obecności osób w przestrzeni chronionej i przestrzeni zastrzeżonej. Druga natomiast dotyczy eliminacji lub zmniejszenia zagrożeń podczas wykonywania niezbędnych prac przez personel. Przedstawione zasady mogą realizowane w następujący sposób:

- tworzenie przestrzeni ochronnej i przestrzeni zastrzeżonej
- zaprojektowanie układu zrobotyzowanego w taki sposób, aby maksy-

malną ilość czynności można było wykonać z poza przestrzeni ochronnej (rys. 2 – przykład programowania pracy robota z poza przestrzeni chronionej)

- wprowadzenie dodatkowych środków bezpieczeństwa, gdy niezbędne jest przeprowadzenie prac wewnątrz przestrzeni chronionej.



Rys. 1. Przestrzeń pracy robota przemysłowego  
Źródło: Opracowano na podstawie [1]

Pierwszym krokiem w projektowaniu lub wyborze metody bezpieczeństwa jest oczywiście analiza bezpieczeństwa. Zgodnie z [1] dla jej kompletnego i prawidłowego wykonania należy przeprowadzić następujące czynności:

- zdefiniowanie zadań stawianych przed robotem w przewidywanych zastosowaniach oraz określenie konieczności bliskiego dostępu do urządzenia
- rozpoznanie źródeł zagrożeń w połączeniu z możliwością występowania uszkodzeń i defektów podczas wykonywania założonych zadań
- ocena i oszacowanie ryzyka (kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia i stopnia obrażenia ciała ludzkiego)

- analiza różnych strategii bezpieczeństwa obniżających poziom ryzyka do akceptowalnego poziomu
  - wybór metody ochrony odpowiedni do charakteru zadania i przyjętego wcześniej akceptowalnego poziomu ryzyka
  - analiza i ocena przyjętych poziomów bezpieczeństwa i upewnienie się co do ich akceptowalności.
- Źródła zagrożeń mogą mieć bardzo różny charakter i pochodzić od samego robota, skojarzenia robota z innym urządzeniem lub wyposażeniem oraz współdziałania z personelem lub inną osobą. Przykłady najczęściej występujących źródeł są następujące (na podstawie [1]):
- uszkodzenia lub defekty:
    - a) środków ochrony (urządzenia, części, osprzęt), w tym ich usunięcie lub demontaż
    - b) źródeł zasilania lub środków rozdziału energii
    - c) układu sterującego
  - poruszające się mechaniczne części składowe powodujące uchwycenie lub zmiażdżenie:
    - a) indywidualnie (pojedyncze części)
    - b) razem z innymi częściami układu zrobotyzowanego lub innymi urządzeniami współpracującymi
  - zmagazynowana energia
    - a) w częściach ruchomych
    - b) w elektrycznych lub płynowych elementach wykonawczych
  - źródła zasilania
    - a) elektryczne
    - b) pneumatyczne
    - c) hydrauliczne
  - niebezpieczne atmosfery, materiały lub warunki
    - a) wybuchowe lub palne
    - b) korozyjne lub agresywne
    - c) radioaktywne
    - d) ekstremalnie niskie lub wysokie temperatury
    - e) hałas
    - f) zakłócenia (np. elektromagnetyczne, elektrostatyczne lub drgania)
  - błędy personelu obsługującego w czasie:
    - a) projektowania, opracowania i konstruowania
    - b) instalowania i przekazywania do eksploatacji
    - c) prób funkcjonalnych
    - d) zastosowania i użytkowania
    - e) programowania i weryfikacji programu
    - f) nastawiania, w tym trzymanie i manipulowanie przedmiotem
    - g) konserwacji i wykrywania usterek
    - h) stosowania procedur bezpieczeństwa i higieny pracy

i) poruszania i manipulowania częściami układu zrobotyzowanego oraz ich wymiana.

Ze względu na to, że roboty przemysłowe można stosować w wielu gałęziach przemysłu, mogą one wykonywać bardzo różnorodne zadania, a co za tym idzie, mogą wystąpić różne rodzaje zagrożeń i różny poziom ryzyka. Należy tutaj zaznaczyć, że szacowanie ryzyka odnosi się do każdej fazy eksploatacji robota, a więc zarówno podczas pracy jak i diagnostyki, konserwacji, programowania itd. Szczególny nacisk należy położyć na przewidzenie sytuacji, w których niezbędne będzie bliskie podejście do robota, gdy jest on nadal zasilany i zastosowanie odpowiednich środków ochronnych.

W drugiej części artykułu zaprezentowane zostaną informacje dotyczące zasad bezpieczeństwa na poziomie projektowania i wykonawstwa robota przemysłowego.

#### Literatura

- [1] PN – EN 775:1998 Roboty przemysłowe – Bezpieczeństwo
- [2] EN 415 – 4 Packaging machines safety – Part 4: Palletisers and depalletisers
- [3] Katalog firmy Krones



Rys. 2. Przykład programowania pracy robota z poza przestrzeni chronionej [3]



Rys. 3. Przykład robota przemysłowego [3]