

Łukasz Wojciechowski

Zakład Maszyn i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Poznańskiej

Bezpieczeństwo w otoczeniu robota przemysłowego (cz. 2)

Niniejsza publikacja stanowi kontynuację artykułu pt. „Bezpieczeństwo w otoczeniu robota przemysłowego, część 1” („Logistyka” 1/2003), w którym podjęto ogólną problematykę zasad bezpieczeństwa podczas eksploatacji robota przemysłowego, tj. zdefiniowanie przestrzeni pracy robota, analizę bezpieczeństwa, określenie źródeł zagrożeń czy też wstępne wytyczne dotyczące szacowania ryzyka. Druga część artykułu poświęcona została wymaganiom bezpieczeństwa na poziomie projektowania i wykonawstwa robota przemysłowego (przykład na rys. 1).

Przy projektowaniu należy przyjąć strategię bezpieczeństwa, która obok zapewnienia prawidłowego spełniania swoich zadań przez robota lub układ zrobotyzowany, zapewnia także dobór optymalnych środków bezpieczeństwa. Jako środki bezpieczeństwa rozumie się tutaj kombinację zarówno środków wprowadzonych na etapie projektu, jak i środków wymaganych do zainstalowania przez przyszłego użytkownika. Jak najwięcej z tych środków powinno zostać dobranych już na etapie projektu, przy jednoczesnym zachowaniu możliwości wykonywania wszelkich zadań stawianych przed urządzeniem. Jeżeli jednak z jakiegoś powodu jest to niemożliwe, projektowany układ powinien być na tyle elastyczny, aby w późniejszym okresie możliwe było zastosowanie środków zabezpieczających, takich jak urządzenie ochronne, środki ostrzegawcze, procedury bezpiecznej pracy.

Każdy układ zrobotyzowany powinien spełniać szereg funkcji bezpieczeństwa, z których najważniejsze dotyczą ograniczenia zakresów ruchów i redukcji prędkości, wyposażenia w stop bezpieczeństwa i stop awaryjny oraz blokadę urządzenia ochronnego. Funkcje te nie powinny zostać naruszone pomimo ewentualnych uszkodzeń poszczególnych elementów układów elektrycznych, elektronicznych, mechanicznych, pneumatycznych lub hydraulicznych. Jednak w sytuacji, gdy realizacja jakiegokolwiek z funkcji bezpieczeństwa zostanie zakłócona, układ

bezpieczeństwa powinien pozostać w bezpiecznym stanie.

Prawidłowe podejście do problemu bezpieczeństwa w otoczeniu robota przemysłowego powinno rozpatrywać kilka aspektów dotyczących m.in. ergonomii, mechaniki, sterowania, zasilania itd.

Pierwszy z wymienionych aspektów dotyczy ergonomii pracy, co może znacząco wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa. Wiąże się to z ułatwieniem wykonywania zadań, a także minimalizacją błędów człowieka, które mogą zostać popełnione podczas naprawy, konserwacji



Rys. 1. Przykład robota przemysłowego

czy, programowania itp. Stosuje się tu trzy podstawowe zasady.

Pierwsza z nich dotyczy tego, że wszystkie elementy składowe robota, szczególnie zaś te, które wymagają interwencji człowieka w fazie eksploatacji, powinny uwzględniać cechy charakterystyczne dla budowy człowieka. Są to, np. wzrost, postawa, siła, ruchy itp. (szczegółowo w ISO 6385 czy też PN-EN 547-1, PN-EN 547-2, PN-EN 547-3 oraz PN-EN 614-1).

Druga z zasad związana jest z zastosowanym interfejsem, do którego zalicza się tutaj wszelkie urządzenia programujące i operatorskie, przekaźniki sygnałów, panele sterowania, terminale komputerowe, a także wykorzystane oprogramowanie. Wszystkie wymienione

składniki interfejsu powinny zostać tak zaprojektowane i wykonane, aby sprawiły możliwie jak najmniej trudności personelowi obsługującemu.

Ostatnia z zasad dotyczy przejrzystego przekazu niezbędnych danych, takich jak wskazywanie trybów czy też sposobów pracy na panelu sterowania lub sygnalizowanie nie programowanych wcześniej zatrzymań oraz ruchów robota i wskazanie ich ewentualnych źródeł.

Mechaniczne aspekty projektowania robota przemysłowego należy rozpocząć od ograniczenia możliwości zbędnych ruchów wykonywanych przez jego elementy. Jeżeli nie można wyeliminować tych ruchów, czyli takich, które nie są związane z wykonywaniem zadania, należy zapoznać twórczą jednostkę w urządzeniu ochronne na odpowiednim poziomie lub przynajmniej pozostawić taką możliwość w projekcie, aby można zastosować takie urządzenia w dalszej fazie projektowania lub wykonawstwa. Teoretycznie projekt nie powinien ograniczać ruchów robota w jego osiach podstawowych, jeżeli jednak specyfika zastosowania wymaga ograniczenia tych ruchów, to powinno być one realizowane poprzez ograniczniki mechaniczne, które pozwalają na zatrzymanie robota w danej pozycji, przy maksymalnych wartościach obciążenia i prędkości. Ten sam cel można uzyskać również w inny sposób, np. poprzez wykorzystanie sterownika robota i wyłączników krańcowych, pamięta należy jednak, że alternatywy w stosunku do ograniczników mechanicznych można stosować tylko wtedy, gdy są one równie skuteczne. Ponadto dostęp do wszelkich składowych układów elektrycznych, hydraulicznych lub pneumatycznych, jako źródeł zagrożeń, powinien być ograniczony zastosowaniem obudowy lub specjalnych pokryw, których usunięcie powinno wymagać użycia narzędzi, co powinno znacznie ograniczyć dostęp do nieupoważnionych osób.

Mechaniczny aspekt projektowania robotów wiąże się także z przystosowaniem do transportu. W tym przypadku należy pamiętać o wyposażeniu robota

we wszelkie wymagane haki, śruby oczkowe i inne niezbędne elementy, takie, które przy prawidłowym zastosowaniu uniemożliwiają niezamierzone ruchy robota podczas jego przemieszczania. Na widocznym miejscu konstrukcji robota powinien też zostać umieszczony jego całkowity ciężar.

Kolejnym aspektem są zagadnienia związane z sterowaniem. Ogólnie wymaga się, aby wszelkie elementy aktywujące na panelu sterowania były identyfikowalne oraz zabezpieczone przed niezamierzonym uruchomieniem. Bardzo istotną i niezbędną kwestią jest również zastosowanie urządzeń stopu awaryjnego oraz stopu bezpieczeństwa. Urządzenie stopu awaryjnego (rys. 2) umożliwia natychmiastowe zatrzymanie pracy urządzenia i odcięcie źródeł zasilania w przypadku zaistnienia sytuacji niebezpiecznej. Przed ponownym uruchomieniem konieczne powinno być ponowne, ręczne lub automatyczne załączenie układu stopu awaryjnego. Jednakże w przypadku załączenia samoistnego, nie powinno ono powodować zainicjowania ruchu, który jest możliwy dopiero po ponownym uruchomieniu maszyny. W tym miejscu należy zaznaczyć, że jeżeli nagłe odcięcie zasilania w wyniku działania układu stopu awaryjnego lub jakiegokolwiek uszkodzenia nastąpi utrata zawartości pamięci i stanów logicznych, musi istnieć sekwencja ponownego ich załączenia przed ponownym rozpoczęciem pracy. Natomiast urządzenie stopu bezpieczeństwa służy do zapobiegania powstaniu sytuacji niebezpiecznej, gdy do jednej z przestrzeni pracy robota (najczęściej jest to już przestrzeń chroniona – patrz [3]) dostanie się człowiek lub jakikolwiek obiekt. Urządzenie bezpieczeństwa współpracuje najczęściej z urządzeniem ochronnym i wszelkiego rodzaju blokadami i ogranicznikami. Podobnie, jak w przypadku urządzenia stopu awaryjnego, tak i tutaj ponowne uruchomienie stopu bezpieczeństwa (po uprzednim zatrzymaniu nim maszyny) nie powinno inicjować żadnego ruchu, a ponowienie pracy następuje dopiero po uruchomieniu urządzenia z panelu sterowania.

W robotach przemysłowych możemy mieć do czynienia z różnymi rodzajami programatorów, z których bardzo popularną i jednocześnie specyficzną grupę stanowią ręczne programatory podwieszane. Jeżeli w projektowanym robocie przewidziano zastosowanie takiego pro-

gramatora, musi on spełniać kilka podstawowych wymagań i tak:

- programator powinien spełniać opisywane wcześniej zasady ergonomii
- podczas używania ręcznego programatora nie powinno być możliwości załączenia automatycznej pracy robota
- programator musi posiadać urządzenie stopu awaryjnego
- programator stosowany do inicjowania ruchów robota przez operatora znajdującego się wewnątrz przestrzeni chronionej powinien posiadać urządzenie do sterowania tym ruchem
- jeżeli sterowanie robotem odbywa się z poziomu ręcznego programatora, nie powinno być w tym czasie innej możliwości inicjacji ruchu robota
- jeżeli sterowanie odbywa się z pozio-



Rys. 2. Panel sterowania wyposażony w urządzenie awaryjne

mu ręcznego programatora, ruchy powinny być wykonywane maksymalnie z prędkością zredukowaną (określona przez producenta robota prędkość, której wartość zapewnia człowiekowi dość czasu do wycofania się z przestrzeni, w której występuje niebezpieczny ruch lub do zatrzymania robota (definicja na podstawie [1]); wartość prędkości zredukowanej zależy od parametrów technicznych robota i nie powinna przekraczać 250 mm/s.

Często ręczne programatory podwieszane wyposażane są w tzw. urządzenie zezwalające, które umożliwia na wykonywanie przez robota specyficznych, często niebezpiecznych ruchów (np. z prędkością powyżej zredukowanej). Urządzenie tego typu powinno być wykonane w taki sposób, aby niebezpieczne ruchy robota mogły być wykonywane tylko przy jednej określonej nastawie. Jeżeli urządzenie zezwalające nie będzie ustawione w tej pozycji, robot nie może wykonywać niebezpiecznych ruchów i będzie funkcjono-

wał zgodnie z przyjętymi zasadami bezpieczeństwa.

Specyficznym przypadkiem są roboty programowane uczeniem. Obok ogólnych zasad związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa na tym etapie obsługi robota, należy również pamiętać o zapewnieniu możliwości bezpiecznego włączania i wyłączania zasilania podczas „uczenia”, a także umożliwieniem ręcznego sterowania ramieniem.

Ponieważ podczas pracy robota mogą zaistnieć sytuacje niebezpieczne lub awarie, należy przewidzieć możliwość poruszenia elementami robota w takich sytuacjach. Można do tego celu zastosować środki dwójakiego rodzaju:

- podczas wyłączonego zasilania – zawory nadmiarowe do obniżenia ciśnienia w układzie ciśnieniowym oraz urządzenie do ręcznego zwalniania hamulców
- podczas włączonego zasilania – urządzenia do ręcznego sterowania zaworami oraz urządzenia do włączania ruchu wstecznego.

W fazach projektowania i wykonawstwa robota przemysłowego powinno się zwrócić uwagę także na możliwość wystąpienia wszelkiego rodzaju zakłóceń, które mogą wpływać na poziom bezpieczeństwa podczas pracy robota. Zakłócenia te mogą mieć różnoraki charakter, a do najważniejszych można zaliczyć:

- zakłócenia elektromagnetyczne EMI (*electromagnetic interference*)
- wyładowania elektryczności statycznej ESD (*electrostatic discharge*)
- zakłócenia o częstotliwościach radiowych RFI (*radio frequency interference*)
- zakłócenia będące wynikiem działania ciepła, światła, drgań itp.

W trzeciej części artykułu zaprezentowane zostaną informacje dotyczące projektowania i wykonawstwa pozostałych elementów układu zrobotyzowanego, a także wytyczne dotyczące prawidłowego użytkowania i utrzymania takiego układu.

Literatura

- 1] PN – EN 775 „Roboty przemysłowe – bezpieczeństwo”
- 2] EN 415 – 4 “Packaging machines safety – Part 4: Palletisers and depalletisers”
- 3] Wojciechowski Ł., „Bezpieczeństwo w otoczeniu robota przemysłowego (cz. 1)”, „Logistyka” 1/2003, str. 51 – 52
- 4] www.piap.waw.pl
- 5] Katalog firmy Soco