

Wojciech Szulc,

specjalista ds. automatyki i robotyki, EMT-Systems Sp. z o.o.

BEZPIECZEŃSTWO W PRACY NA LINII CZŁOWIEK - ROBOT

Jakie należy powziąć środki ostrożności?

W styczniu 1979 roku w USA 25-letni Robert Williams w sposób tragiczny przeszedł do historii. W zakładach Henry'ego Forda doszło do pierwszego wypadku, w którym zginął człowiek uderzony przez robota.

Pisząc komunikat prasowy, lokalna prasa jako powód wypadku podała brak wystarczających środków ochronnych.

Dlaczego doszło do tego wypadku i wciąż dochodzi do innych wypadków z udziałem robotów? Kto ponosi odpowiedzialność? Kiedy i jak należy się przed

wypadkami zabezpieczać? Jaki jest obecny poziom bezpieczeństwa pracy z robotami?

Każdorazowo przy wprowadzaniu urządzenia do produkcji maszyna podlega ocenie ryzyka opisanej w normie ISO 12100. Na tym etapie identyfikuje się zagrożenia, szacuje ryzyko i odpowiednio je zmniejsza. Działania podejmowane na skutek tej normy prowadzą się do prostego algorytmu powtarzanego do momentu zabezpieczenia maszyny w wystarczający sposób. Warto podejść do sprawy bezpieczeństwa pracy z robotami oraz wszelkich nowinek rynkowych przez pryzmat właśnie tego algorytmu, który dzieli proces zmniejszania ryzyka na trzy zasadnicze etapy: bezpieczny projekt, techniczne środki ochronne, informacje dla użytkownika [1, 2].

Bezpieczny robot

Bezpieczny robot to narzędzie stworzone od początku procesu projektowo-konstrukcyjnego do produktu wyposażonego

w systemy zapewniające bezpieczną pracę. Przemysłowe roboty, które były wprowadzane do przemysłu jako pierwsze, to roboty pierwszej generacji. Roboty pierwszej generacji są zdolne do odzwierciedlenia zaprogramowanej ścieżki bez jakiegokolwiek wiedzy na temat rzeczywistego położenia układu. Znakując jedynie wartości macierzy położenia każdej osi, układ sterowania nie miał więcej informacji. W przypadku kolizji, o ile wartość siły wynikającej z działania III zasady dynamiki Newtona nie przekroczyła wartości udźwigu napędów, obiekt ulegał zmięczeniu lub mocnemu uderzeniu przez robota. Kolosalnym krokiem naprzód było wprowadzenie pętli sprzężenia zwrotnego, co dało początek robotom drugiej generacji. Kontroler miał już świadomość, gdzie powinien się znaleźć w danym momencie oraz jakie jest rzeczywiste położenie każdej osi. W przypadku pojawienia się obiektu, który zablokowałby ścieżkę robota, kontroler był w stanie to wykryć i zatrzymać proces. Kolejna generacja to kolejny przełom, dlatego że układ robota jest wyposażony w zewnętrzne układy sensoryczne, w tym układ wizyjny.

Na tym etapie mógłby zakończyć się rozwój robotów przemysłowych, jeżeli brać pod uwagę największy obszar ich obecnych zastosowań. W tych aplikacjach główną rolę odgrywa powtarzalność ścieżki robota z ewentualną korektą o przesunięcia rozpoznane przez wizję. Jeżeli jednak spojrzeć się nieco szerzej, zauważymy, że obecny rynek odchodzi od produkcji wielkoseryjnych znanych sprzed 20-30 lat. Elastyczność produkcji zwiększa się z roku na rok, a serie produktów są coraz krótsze. Najlepszym przykładem jest branża *automotive* i produkcja powszechnie znanego przedstawiciela niemieckiego Volkswagena [3]:

- Golf I, 1974-1983 – 10 lat produkcji, 6,8 miliona szt.,
- Golf II, 1983-1991 – 9 lat produkcji, 6,3 miliona szt.,
- Golf III, 1991-1997 – 7 lat produkcji, 4,8 miliona szt.,

- Golf IV, 1997-2003 – 7 lat produkcji, 4,3 miliona szt.,
- Golf V, 2003-2008 – 6 lat produkcji, 3,3 miliona szt.,
- Golf VI, 2008-2011 – 5 lat produkcji, 3 miliony szt.,
- Golf VII, 2012 – nadal, 5 lat produkcji.

W 2018 r. przewiduje się wprowadzenie kolejnego modelu. Jeżeli do tego wszystkiego dodamy wersje liftingowe, które wymagają częściowej modyfikacji linii produkcyjnych, to właśnie tutaj pojawia się miejsce dla kolejnych generacji robotów. Elastyczność linii musi równać się adaptacyjności robotów do ciągle zmieniających się warunków. Odpowiedzią na takie zapotrzebowanie są coraz głośniejsze pojawiające się na rynku roboty o sterowaniu adaptacyjnym określane jako IV generacja robotów. Sterowanie adaptacyjne jest odpowiedzią na potrzebę dostosowywania się robota do realizowanego zadania, dzięki czemu umożliwia wykorzystanie robotów w miejscach i sytuacjach, gdzie środowisko zewnętrzne jest niejednoznacznie określone i dotąd wymagało wykonywania pracy przez człowieka lub każdorazowego dostosowania do wymagań robota. W efekcie, odwołując się ponownie do normy ISO 12100, poprzez projekt maszyny zdolnej do bezpiecznej pracy z człowiekiem minimalizuje się ryzyko kolizji, a przyszłość staje się dzisiaj. Dlaczego jednak nie można jeszcze spotkać się z takim rozwiązaniem zbyt często? Obecnie wymaga to dość dużych nakładów finansowych oraz wysoce wykwalifikowanej kadry pracowniczej, której na rynku ciągle brakuje [2, 4].

Techniczne środki ochronne

Zmniejszenie ryzyka poprzez techniczne środki ochronne następuje w kolejnym kroku. Jeżeli środek techniczny, jakim jest robot, którego wprowadzamy do naszej linii produkcyjnej nie jest jeszcze wystarczająco bezpieczny i istnieje ryzyko wystąpienia relatywnych zagrożeń, należy określić funkcję środków ochronnych oraz ustalić wymagany poziom bezpieczeństwa. Sporządzenie koncepcji działania układu, a następnie wybór urządzeń ochronnych to już tylko konsekwencja podjętych decyzji dotyczących funkcji środka ochronnego. Czy środek ochronny ma zabezpieczać człowieka w sposób uniemożliwiający dostęp do maszyny? Czy może wystarczą środki czasowo uniemożliwiające dostęp do maszyny lub tylko zatrzymujące maszynę, gdy człowiek znajdzie się w strefie zagrożenia? Ten etap jest najważniejszy podczas procesu zmniejszania ryzyka, a zabezpieczenie stacji zrobotyzowanej często łączy się z zabezpieczeniem przed zagrożeniami wynikającymi z procesu obsługiwanego przez maszynę. Stosowane techniczne środki ochronne można podzielić na etapy procesu ochrony bezpieczeństwa, w których występują. Należą do nich: bariery trwałe, czujniki rejestrujące zdarzenie oraz moduły logiczne, które otrzymują sygnał od czujnika i wysyłają stosownie zmodyfikowaną informację do narzędzia sterującego mocą elementu napędowego. Do barier zaliczyć można: ściany, klatki, ogrodzenia, obudowy zabezpieczające człowieka przed wejściem w obszar roboczy maszyny. Takie klasyczne rozwiązania są najbardziej znane, sprawdzone i najczęściej stosowane, jednak uniemożliwiają jakąkolwiek ingerencję w realizowany proces. Dużo bardziej rozbudowane spektrum urządzeń stosowanych do ochrony obejmuje obszar czujników. W każdej gałęzi przemysłu są powszechne obecnie mechaniczne rozwiązania: wyłączniki awaryjne, wyłączniki krańcowe, linki bezpieczeństwa, maty naciskowe. Sprawdzone i niezawodne od lat, coraz częściej ustępują jednak miejsca nowszym rozwiązaniom

opierającym się na urządzeniach ESPE (*Electro-Sensitive Protective Device*). Przewagą tych urządzeń w dzisiejszym przemyśle jest już wcześniej wspomniana elastyczność. Dzięki rezygnacji z osłon mechanicznych skraca się czas dostępu do maszyny przez operatora, zwiększa się produktywność i poprawia się ergonomia pracy operatora przy stanowisku. Typowymi przykładami urządzeń ESPE są optoelektroniczne urządzenia ochronne, począwszy od najprostszych urządzeń, tj. kurtyny bezpieczeństwa, czujniki ruchu, skończywszy na skanerach bezpieczeństwa. Urządzenia te mają jednak swoje wady i np. nie mogą być stosowane w przypadkach, gdy zagrożenia wynikające z pracy układu są związane z odpryskami stopionego materiału lub gdy mocno zapyłone otoczenie na nie pozwoli na użycie któregoś czujnika. Jeżeli zabezpieczona przestrzeń zostanie naruszona, czujnik ma za zadanie wysłać sygnał i na tym etapie jego funkcja się kończy. W większości sytuacji wystarczy wysłać ten sygnał do przekaźnika zatrzymującego maszynę, której obszar został naruszony. Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę trend, jaki narzuca m.in. Industry 4.0, coraz częściej wprowadza się rozwiązania dodatkowych czujników, które mają jeszcze wcześniej zarejestrować naruszenie i zasygnalizować strefę ostrzegawczą oraz wysłać informację do rejestru maszyny. Coraz większa liczba zmiennych, coraz większa liczba pożądaných różnych reakcji układu. W efekcie pojawiają się kolejne informacje z obszaru danych tzw. „big data”, które muszą zostać poddawane obsłudze przez logikę układu. Pierwszym krokiem funkcjonującym na rynku już od kilku lat są sterowniki bezpieczeństwa stanowiące o logice podejmowanych działań. W ramach odpowiedniej procedury na bazie otrzymanych sygnałów podejmują decyzję w ciągu ułamków sekundy o tym, czy układ należy zatrzymać, pozwolić mu pracować dalej, czy może wystarczy tylko zmniejszyć prędkość pracy robota i odpowiednio wysterować przez główny sterownik maszyny [5].

Informacje dla użytkownika pracującego z robotem

Zmniejszenie ryzyka poprzez informację dla użytkownika to ostatni etap zmniejszania ryzyka pracy człowieka z maszyną. Jeżeli przy zastosowaniu bezpiecznej konstrukcji oraz technicznych środków ochronnych stanowisko nadal stanowi jakiegokolwiek zagrożenie lub pomimo zabezpieczenia okoliczni pracownicy mogą nie zdawać sobie sprawy z realnych zagrożeń związanych z pracą w pobliżu stanowiska, należy udzielić stosownych informacji ostrzegawczych. Dźwiękowe i optyczne sygnały ostrzegawcze, informacje ostrzegawcze na maszynie, ostrzeżenia w instrukcjach eksploatacji i dozoru maszyn, a także instrukcje dotyczące stosowania środków ochrony indywidualnej są koniecznym środkiem, który stanowić ma ostatnią barierę bezpieczeństwa pracy. Proste procedury informacyjne pozwalają zapewnić coś więcej niż tylko ochronę, ale co ważniejsze – świadomość zagrożeń przy pracy [6]. W 2015 roku sprzedaż nowych robotów sięgnęła niemal 250 tys. sztuk, co stanowiło 12-proc. wzrost względem poprzedzającego roku. Taka tendencja wzrostowa utrzymuje się nadal i w branży robotyki nie zanoś się na zmiany. Czwarta rewolucja przemysłowa pierwsze kroki ma już za sobą, internet rzeczy i przetwarzanie danych w chmurze stają się codziennością w fabrykach, a nawet w życiu codziennym. Roboty stają się coraz bardziej elastycznymi narzędziami implementowanymi w kolejnych branżach przemysłowo-

wych krajów wysoko, ale też średnio rozwiniętych. Już jutro roboty nie tylko będą pełnić funkcję zamkniętych układów wykonujących powtarzalną pracę w niebezpiecznym środowisku, ale również będą pracować z człowiekiem ramię w ramię. Świat dochodzi do etapu, w którym robot jako maszyna zaczyna spełniać warunki pierwszego etapu normy ISO. Gdy mówi się o V generacji robotów, pojawia się już tylko pojęcie sztucznej inteligencji maszyny. Czy należy podążać obecnym trendem rozwoju robotyki? Czy przemysł jest gotowy na wprowadzanie tak elastycznych rozwiązań? Niewątpliwie zapotrzebowanie na takie rozwiązania rośnie, a świat biegnie naprzód. Jeżeli przy obecnym tempie rozwoju producent pozwoli sobie na chwilowy postój, może już nie zdążyć dogonić peletonu zmian. Jak poradzić sobie z bezpieczeństwem wśród tak szybko zmieniającego się otoczenia? Pomimo zastosowania wszystkich możliwych środków bezpieczeństwa oraz najnowocześniejszych bezpiecznych narzędzi należy być świadomym, że tak naprawdę ludzkie bezpieczeństwo leży tylko w ludzkich rękach [7]. □

Piśmiennictwo

1. Kravets D.: *Jan. 25, 1979: Robot Kills Human*. [dostęp: 13.04.2017 t.,7 <https://www.wired.com/2010/01/0125robot-kills-worker/>].
2. *PN-EN ISO 12100:2012 Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka*.
3. Andreev N.: *A brief history of the Volkswagen Golf* [dostęp: 13.04.2017 r., <https://www.confused.com/on-the-road/driving/volkswagen-golf-brief-history>].
4. Honczarenko J.: *Roboty przemysłowe. Budowa i zastosowanie*. Warszawa 2010.



Daniel Niepsuj,
specjalista ds. marketingu
Comau Poland

WZROST ZNACZENIA ROBOTÓW WSPÓŁPRACUJĄCYCH

Coraz częściej na rynku pojawiają się aplikacje budowane w oparciu o roboty, które mogą pracować w bezpośredniej bliskości z człowiekiem. Tzw. Coboty wspierają ludzi w czynnościach monottonnych i powtarzalnych, które wymagają m.in. dokładności czy wydajności. Roboty współpracujące wyposażone są w szereg czujników, które mają zapewnić najwyższe bezpieczeństwo pracy na stanowisku. W przypadku robotów Comau stosowanych jest 6 poziomów bezpieczeństwa, wśród których są: skanery laserowe, pianka zabezpieczająca ramię robota z sensorami czułości, czujnik zbliżeniowy, piezoelektryczny, czujnik siły oraz systemy wizyjne monitorujące obszar pracy. Coboty pracują ramię w ramię z operatorem, poprawiając wydajność stanowiska pracy. Wśród zastosowań robotów współpracujących z całą pewnością znajdują się aplikacje montażowe, przenoszenia, zadań pomiarowych czy inspekcji detali. Czy Coboty wyprą standardowe roboty z przemysłu? Uważam, że nie. Szczególnie w trudnych środowiskach, takich jak np. tłocznie pras, gdzie praca ludzi nie jest wskazana ze względów bezpieczeństwa, a standardowe roboty w tradycyjnych konfiguracjach odnajdują się doskonale.

5. Pentek H.: *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. Otto 2015.
6. *Przewodnik bezpieczne maszyny – Bezpieczna maszyna w sześciu krokach*. SICK 2015.
7. *Rośnie popyt na roboty – najnowszy raport ekspertów IFR*. 2015 [dostęp: 21.03.2016 r., <http://roboforum.pl/artukul/rosnie-popyt-na-roboty-najnowszy-raport-ekspertow-ifr-30-wrzesnia-2015>].