

Bezpieczne konstrukcje napędów i instalacji maszyn

Europejska koncepcja kształtowania bezpieczeństwa maszyn w zakresie ich projektowania zakłada, że projektanci, konstruktorzy i firmy budujące maszyny muszą kierować się tzw. triadą bezpieczeństwa.

Dyrektywa maszynowa 2006/42/WE triadę bezpieczeństwa opisuje jako metodę trzech kroków, nakazując projektantom i budującym maszyny:

- eliminowanie i minimalizowanie ryzyka na tyle na ile to możliwe w obszarze konstrukcji maszyny – takie zaprojektowanie maszyny, aby poprzez samą jej konstrukcję było zapewnione maksymalne bezpieczeństwo,
- redukcję pozostałego ryzyka poprzez stosowanie środków ochronnych,
- informowanie użytkowników o ryzyku resztkowym, szkolenia użytkowników, określenie konieczności stosowania środków ochrony indywidualnej.

Jak widać, pierwszym i najważniejszym krokiem w procesie zmniejszania ryzyka przy projektowaniu i budowie maszyn jest stosowanie konstrukcji, które same w sobie są bezpieczne. Zastosowanie takich konstrukcji daje największą pewność, że maszyna będzie bezpieczna. Stosowanie technicznych środków ochronnych czy też uzupełniających środków ochronnych nigdy nie zapewni tak wysokiego bezpieczeństwa, chociażby ze względu na zawsze istniejącą możliwość obchodzenia czy też skończoną niezawodność i możliwe zużywanie się w trakcie użytkowania. Najslabszą metodą – opisaną w kroku trzecim triady bezpieczeństwa – jest informowanie użytkowników, którzy mogą nie stosować zarówno procedur bezpieczeństwa, jak i soi.

Chcąc **zaprojektować i zbudować maszynę o konstrukcji bezpiecznej samej w sobie** należy w fazie projektowania wziąć pod uwagę następujące zagadnienia:

- uwzględnienie czynników geometrycznych i aspektów fizycznych,

- uwzględnienie ogólnej wiedzy technicznej w projektowaniu maszyn (dobra praktyka inżynierska),
- dobór odpowiedniej techniki do określonych zastosowań,
- stosowanie sprawdzonych zasad, takich jak np. mechanicznie wymuszone oddziaływanie,
- uwzględnienie wymaganej stateczności maszyny,
- łatwość obsługi,
- zasady ergonomii,
- zagrożenia elektryczne,
- zagrożenia wynikające z użycia sprzętu pneumatycznego i hydraulicznego,
- projektowanie systemów sterowania w sposób zapewniający ich odpowiednią konstrukcję,
- zmniejszanie prawdopodobieństwa wadliwej realizacji funkcji bezpieczeństwa,
- redukcja ryzyka poprzez wyposażanie systemów maszyny w wystarczająco odporne (nieuszkodzające się) części składowe,
- redukcja ryzyka poprzez automatyzację,
- minimalizacja narażenia na zagrożenie podczas czynności nastawczych, serwisowych i konserwacyjnych.

Projektując maszynę musimy wziąć pod uwagę zaprojektowanie w taki sposób konstrukcji mechanicznej, aby ograniczyć możliwość wystąpienia sytuacji niebezpiecznych, a tym samym minimalizować ryzyko urazów. Kształt maszyny powinien umożliwiać, na ile to możliwe, wgląd we wszystkie strefy maszyny, aby operator mógł łatwo zweryfikować, czy w strefach niebezpiecznych znajdują się inne osoby. W zbudowanej w taki sposób maszynie nie trzeba będzie instalować dodatkowego środka ochronnego w postaci systemu prestart (informowanie dźwiękowe i/

Tomasz Otrębski

specjalista ds. inżynierii bezpieczeństwa maszyn i procesów, Elokon Polska

lub świetlne przed startem, wymagane – zgodnie z dyrektywami 2006/42/WE oraz 2009/104/WE – gdy z miejsca sterowania maszyną nie widać wszystkich stref maszyny, w których mogą pozostać osoby narażone na zagrożenie po uruchomieniu maszyny). Środek ochronny w postaci systemu prestart jest bardziej zawodny od rozwiązania konstrukcyjnego, umożliwiającego pełną widoczność stref maszyny. Kolejnym aspektem w obszarze projektowania konstrukcji mechanicznej jest kształt i umiejscowienie elementów mechanicznych przemieszczających się i zagrażających osobie eksploatującej maszynę. W trakcie projektowania powinno uwzględniać się minimalne odstępstwa zapobiegające zgnieceniu części ciała człowieka – wymagania w tym zakresie zawarte są w normie PN-EN 349.

Kolejnym ważnym aspektem podczas projektowania części mechanicznej, związanym z napędami, są **wartości wymaganych do procesu technologicznego energii i sił**. Tam gdzie tylko można, powinniśmy dobierać takie napędy, aby ich siły i energie były najmniejsze jak to technicznie możliwe. Czasami da się osiągnąć poziomy, które będą bezpieczne dla człowieka, więc nie będą wymagane inne środki ochronne. To samo dotyczy dostępnych mas, emisji hałasu czy też emisji substancji szkodliwych oraz promieniowania.

Projektując **należy uwzględnić dostępną wiedzę techniczną**, opisaną w normach czy też publikacjach technicznych. Należy stosować sprawdzone techniki obliczeń np. wytrzymałości materiałów i stosować takie materiały, które są (na podstawie

wymagań technicznych przedstawianych np. w normach) uważane za właściwe w danym środowisku otoczenia czy też środowisku pracy. Ważny jest też dobór odpowiedniej techniki do określonych zastosowań. Przykładowo w strefach narażonych na dużą wilgotność czy też częsty kontakt ze strumieniem wody należy stosować komponenty, które zapewniają odpowiednią szczelność, podobnie wygląda sytuacja w środowisku zagrożonym wybuchem, gdzie należy stosować aparaty spełniające wymagania dla wyznaczonych stref wybuchowych. Dobierając komponenty, które będą składowymi częściami maszyny należy zwracać uwagę na ich działanie i sposób, w jaki mogą się uszkodzić. Dobra analiza w tym zakresie również może podnieść poziom bezpieczeństwa maszyny na etapie pierwszego kroku triady, czyli konstrukcji wewnętrznie bezpiecznej.

Na bezpieczeństwo ma również wpływ ergonomia pracy. **W projektowaniu należy uwzględnić zasady ergonomii** pozwalające zmniejszyć obciążenie psychiczne, fizyczne oraz wysiłek osoby obsługującej. Pod uwagę należy brać wymiary ciała ludzkiego, rodzaj i zakres wykonywanych ruchów oraz ich częstotliwość.

Każda maszyna musi być wyposażona w instalację związaną ze sterowaniem, przynajmniej elektryczną. Należy wspomnieć, że zdarzają się maszyny, w których procesem technologicznym sterują wyłącznie systemy pneumatyczne. Najczęściej jednak w maszynach występują jednocześnie różne rodzaje mediów, napędów – elektrycznych, pneumatycznych czy też hydraulicznych. Z każdym rodzajem napędów i tym samym instalacji z nim związanych wiążą się energie, które są niezbędne do realizacji procesu technologicznego. Właśnie te energie stwarzają również zagrożenia. Z jednej strony są one niezbędne, aby maszyna mogła wykonać pracę, z drugiej strony są niebezpieczne dla człowieka, który obsługuje maszynę.

Szczegółowe wytyczne dotyczące wyposażenia elektrycznego można znaleźć w normie PN-EN IEC 60204-1. Są w niej informacje na temat ogólnego projektowania wyposażenia elektrycznego, w tym sposobów ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym. Techniczne informacje dotyczące wyposażenia pneumatycznego i hydraulicznego zawarte są w normach odpowiednio PN-EN ISO 4414 i PN-EN ISO 4413. →

ELMAR | Artykuły BHP
Automaty vendingowe

ELMAR®

Dystrybucja
artykułów BHP
w usłudze **CribSpot**®
to sposób na prostą
optymalizację
ich zużycia i kosztów!

OSZCZĘDNOŚCI BHP ↗

Kontroluj zużycie środków BHP

ZUŻYCIE BHP ↘

Wstawiamy solidne automaty, uruchamiamy magazyny konsygnacyjne – **zaopatrujemy Twoich pracowników w produkty BHP.**

Udostępniamy doskonałe narzędzia analityczne, dzięki którym, otrzymasz pełną kontrolę zużycia artykułów BHP w Twoim zakładzie!

W ramach usługi CribSpot® dostarczamy środki ochrony osobistej wykorzystując do tego automaty vendingowe. Współpracujemy z każdym ważnym producentem artykułów BHP. W naszej ofercie na pewno znajdziesz produkty, które zaspokoją Twoje potrzeby!

Automaty vendingowe, konsygnata, system zarządzania przydziałami artykułów BHP, analizy BI – to nasze narzędzia, które przynoszą pozytywne efekty wszędzie tam, gdzie zużycie artykułów BHP budzi Twoje zastrzeżenia.



DOSTAWY Z AUTOMATÓW
CRIBSPOT

ELMAR®, Specjaliści doboru i nowoczesnej dystrybucji środków BHP
Nowy Dwór 53, 55-100 Trzebnica, tel. +48 71 312 44 48, elmar@elmar-bhp.pl

Po więcej, bardziej szczegółowych informacji zapraszamy na naszą stronę www.elmar-bhp.pl

→ Analizując budowę współczesnych maszyn czy też całych zintegrowanych systemów produkcyjnych, można dojść do wniosku, że **w wielu przypadkach całe bezpieczeństwo „siedzi” w systemach sterowania**. Dlatego tak bardzo ważną kwestią jest odpowiedni dobór elementów, z których zbudowany jest cały system sterowania, w szczególności system sterowania odpowiedzialny za bezpieczeństwo. Budując systemy sterowania również należy kierować się triadą bezpieczeństwa i konstrukcję stawiać na pierwszym miejscu.

W praktyce możemy się spotkać z wieloma sytuacjami niebezpiecznymi związanymi z działaniem maszyny, do których doszło właśnie z powodu złej konstrukcji systemu sterowania, czyli błędów popełnionych w fazie projektowania tego systemu. I tak np. dla układów czysto sprzętowych (hardware), opartych na elementach elektromechanicznych, błędy w zaprojektowanej logice mogą prowadzić do na tyle błędnego działania maszyny, że niektóre funkcje (np. załączenie napędów) nie będą mogły być w normalnym trybie wyłączane z powodu np. stałego zasterowania cewki stycznika czy styczników. Odłączenie takiego sterowania przy błędnie zaprojektowanej i wykonanej logice możliwe jest dopiero po zdjęciu całego napięcia sterowniczego z maszyny. Czasami zdarzają się też przypadki, że maszyna z błędnie zaprojektowaną logiką w niektórych sytuacjach będzie uruchamiać się samoczynnie od razu po podaniu napięcia zasilającego. Systemy sterowania muszą być odporne również na zmianę warunków zasilania. Zaniki napięcia, obniżenie się napięcia bądź jego wzrost nie mogą powodować sytuacji niebezpiecznych. System musi być tak skonstruowany, aby był na nie odporny. Tę odporność można uzyskać odpowiednio projektując konstrukcję systemu oraz poprzez dobór skutecznych i niezawodnych komponentów.

Obecnie dostępna technika napędowa daje duże możliwości realizacji różnych funkcji technologicznych w taki sposób, aby już poprzez konstrukcję było zapewnione bezpieczeństwo w obszarze pracy tych napędów. W zakresie napędów elektrycznych dostępnych jest kilka użytecznych funkcji, które mogą poprawić bezpieczeństwo, jednak muszą zostać odpowiednio zaprojektowane i zastosowane w systemie sterowania maszyny. **Wybrane funkcje napędów elektrycznych, które pozwalają budować**

system sterowania bezpieczny poprzez konstrukcję to m.in.:

- STO – Safe Torque Off (bezpieczne zablokowanie uruchomienia),
- SS1 – Safe Stop 1 (bezpieczne zatrzymanie 1),
- SS2 – Safe Stop 2 (bezpieczne zatrzymanie 2),
- SOS – Safe Operating Stop (bezpieczna kontrola zatrzymania),
- SLS – Safety Limited Speed (bezpieczna prędkość ograniczona),
- SSR – Safe Speed Range (bezpieczny przedział prędkości),
- SDI – Safe Direction (bezpieczny kierunek wirowania),
- SBC – Safe Brake Control (bezpieczne sterowanie hamowaniem).

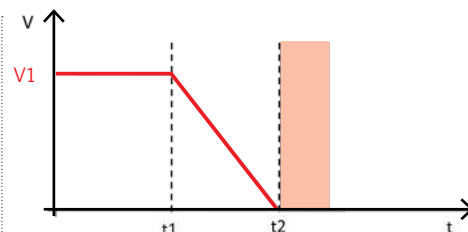
Poniżej, za pomocą wykresów, przedstawiono kilka funkcji napędów, które realizowane są w praktyce w celu poprawy bezpieczeństwa



Ryc. 1. Zależność zmiany prędkości w czasie po wywołaniu funkcji STO w napędzie elektrycznym

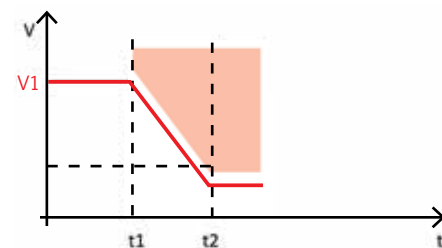
Jedną z najpopularniejszych funkcji stosowanych obecnie w technice napędów elektrycznych jest funkcja **STO – bezpieczne zablokowanie uruchomienia**. Funkcja realizuje bezpieczne odłączenie napędu poprzez wewnętrzną konstrukcję falownika zasilającego silnik, czy też drivera zasilającego serwonapęd. Aktywacja funkcji STO prowadzi do wyłączenia momentu obrotowego na wale silnika, tym samym wał silnika jest zluźwany. Przy realizacji tej funkcji należy pamiętać o czasie wybiegu silnika, jak również o zagrożeniach, które mogą się pojawiać w związku z np. zawieszonymi masami na silniku czy też dużą bezwładnością mas połączonych z wałem silnika.

W sytuacjach gdy np. duże bezwładności nie pozwalają na szybkie zatrzymanie ruchów niebezpiecznych po wywołaniu funkcji STO, konieczna jest minimalizacja ryzyka związanego z długo obracającym się niebezpiecznym elementem. Jedną z możliwości jest zastosowanie systemu napędowego z funkcją **SS1 – bezpieczne zatrzymanie 1**. Po załączeniu funkcji SS1 napęd w pierwszej fazie (patrz ryc. 2: czas od t1 do t2) wyhamowuje, a następnie odcina



Ryc. 2. Zależność zmiany prędkości w czasie po wywołaniu funkcji SS1 w napędzie elektrycznym

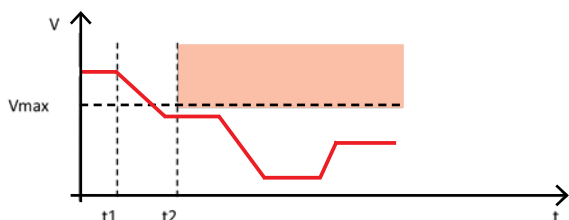
energię i tym samym moment (funkcja STO). Czas hamowania (t1-t2) pozwala na szybsze osiągnięcie stanu zatrzymania napędu, czyli stanu bezpiecznego. Funkcja SS1 odpowiada zatrzymaniu kategorii 1 wg PN-EN 60204-1.



Ryc. 3. Zależność zmiany prędkości w czasie po wywołaniu funkcji SS2 w napędzie elektrycznym

W praktyce zdarzają się sytuacje, w których trzeba dany napęd w sposób ciągły zasilać, pomimo np. otwarcia osłony. Sytuacja taka może wystąpić przy różnego rodzaju centrach obróbkowych, gdzie w fazie procesu technologicznego wymagana jest weryfikacja obróbki detalu przez człowieka. Operator musi fizycznie mierzyć detal – w ten sposób sprawdza jakość. Otwarcie osłony w takich sytuacjach mogłoby prowadzić do zwolnienia napędu i utraty pozycji, co może być niedopuszczalne. Dlatego w takich sytuacjach po otwarciu osłony napęd przez cały czas jest zasilany i podtrzymywany jest moment obrotowy w celu utrzymania pozycji. Funkcja **SS2 (bezpieczne zatrzymanie 2)** odpowiada zatrzymaniu kategorii 2 wg PN-EN 60204-1. Specjalna konstrukcja systemu napędowego zapewnia odpowiedni poziom bezpieczeństwa.

W sytuacjach, kiedy bezpieczeństwo osób z obsługi maszyn może być zapewnione tylko przy ograniczonych prędkościach przemieszczania się elementów stwarzających zagrożenie, można te prędkości kontrolować, wykorzystując funkcję **SLS – bezpieczna prędkość ograniczona**. Funkcja nadzoruje napęd pod względem nieprzekroczenia zdefiniowanej prędkości granicznej V_{max} . Przekroczenie prędkości zоста-



Ryc. 4. Zależność zmiany prędkości w czasie po wywołaniu funkcji SLS w napędzie elektrycznym

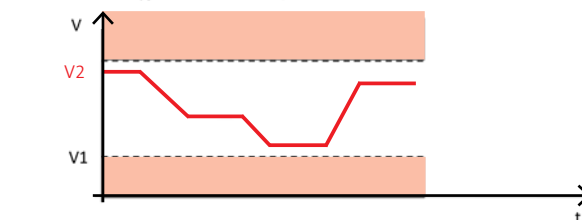
nie wykryte i spowoduje bezpieczne odłączenie napędu oraz wygenerowanie meldunku o błędzie.

W systemach transportu – np. przejazd kadzi z ciekłym aluminium lub przejazd windy z detalami z poziom 1 na poziom 2 – ograniczanie ryzyka może odbywać się przez ograniczenie prędkości lub też ograniczanie przyspieszeń. W systemach transportu często zwiększenie prędkości poza pewną wartość zwiększa ryzyko wystąpienia zagrożenia. W różnego rodzaju trybach nastawczych i regulacyjnych służby utrzymania ruchu muszą z wykorzystaniem urządzeń zezwolenia przeprowadzać czynności regulacyjne, które – aby mogły być realizowane przy ruchomych napędach – muszą być wyko-

nywane przy zmniejszonych energiach (patrz dyrektywa maszynowa 2006/42/WE załącznik 1 punkt 1.2.5). Pomocna w takich przypadkach może być funkcja **SSR – bezpieczny przedział prędkości** (ryc. 5). Funkcja nadzoruje napęd pod względem nieprzekroczenia zdefiniowanego przedziału prędkości ($V1$ - $V2$). Przekroczenie zadanego przedziału prędkości zostanie wykryte i spowoduje bezpieczne odłączenie napędu oraz wygenerowanie meldunku o błędzie.

Jak widać jest sporo możliwości takiego doboru konstrukcji napędu, aby już w fazie budowy – przez konstrukcję maszyny – zapewnić maksymalne bezpieczeństwo. Czasami wręcz niezaastosowanie napędu z odpowiednią

funkcją uniemożliwi realizację procesu technologicznego w sposób bezpieczny, gdyż żadne środki ochronne dobierane później w fazie ewaluacji ryzyka nie zapewnią obniżenia ryzyka do poziomu tolerowalnego. Bardzo ważne jest, aby projektanci systemów napędowych maszyn, jak również ogólnie pojętej automatyki podnosili swoją wiedzę w zakresie technicznych możliwości dostępnych na rynku aparatów, w tym napędów czy też systemów bezpieczeństwa. Będą mogli wtedy na etapie projektowania konstrukcji maszyny dobrać właściwy komponent czy też układ, który zgodnie z triadą bezpieczeństwa już poprzez konstrukcję zapewni bezpieczeństwo. ■



Ryc. 5. Zależność zmiany prędkości w czasie po wywołaniu funkcji SSR w napędzie elektrycznym



ATEST

OCHRONA PRACY

Prenumerata 2018



➤ Konferencja w Olsztynie



8 września w Olsztynie odbyła się konferencja „Bezpiecznie od początku” zorganizowana przez miejscowy oddział OSPSBHP. Tematy konferencji dotyczyły bezpieczeństwa pracy pracowników młodych i niedoświadczonych.

Poprzez prezentacje dobrych praktyk starano się znaleźć odpowiedzi na liczne pytania: Jak sprawić, by tematyka poprawy bezpieczeństwa pracy była ciekawa dla młodych pracowników? Czy działania na rzecz poprawy bezpieczeństwa pracy mogą być na tyle fascynujące, aby ich przyciągnąć i zaangażować? Jak projektować stanowiska pracy dla pracowników, którzy oczekują od pierwszej pracy nie tylko wyzwań, ale i odpowiedniego komfortu? Jak budować zespoły pracownicze z osób reprezentujących różne pokolenia i organizować ich pracę tak, aby nie stwarzała zagrożenia dla ich zdrowia i życia? W części wykładowej przedstawiono m.in. kampanię społeczną „Bezpiecznie od początku”, predyspozycje zdrowotne młodego pracownika, programy edukacyjne dla młodych pracowników. W drugiej części dobre praktyki w zakładach w zakresie zatrudniania młodych niedoświadczonych pracowników omówili m.in. członkowie oddziału OSPSBHP w Olsztynie: Marcin Kopera, Joanna Kołakowska, Krzysztof Jeleński, Krzysztof Zwierzyński. ■

➤ Bezpieczeństwo pracy w górnictwie w 2016 r.

Prezes WUG przygotował „Ocenę stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górnictwo-geologiczną w 2016 roku (porównanie od roku 2012)”. Zatrudnienie w górnictwie w 2016 r. wynosiło 180 213 osób, w 7338 zakładach górniczych różnego typu. W ub. roku doszło tam do 2074 wypadków, w tym do 27 śmiertelnych i 9 ciężkich. Najwięcej wypadków było w górnictwie węgla kamiennego (76%) oraz kopalniach rud miedzi (19%). Liczba wypadków od 2012 r. maleje – porównując rok 2012 z 2016 zmniejszyła się aż o 26,2%. Wzrosła natomiast liczba wypadków śmiertelnych – z 19 w 2015 r. do 27 w 2016 r. Wypadki w górnictwie mają przyczyny naturalne, takie jak zagrożenia metanowe, wybuchy pyłu węglowego, tąpnięcia, pożary, zagrożenia wodne oraz klimatyczne, wyrzuty gazów i skał. Przyczyną wypadków jest jednak również nieprzestrzeganie przepisów bhp, także niewłaściwa eksploatacja maszyn – w 2016 r. z tych powodów doszło do 69 wypadków, w tym do 7 wypadków śmiertelnych oraz 5 wypadków ciężkich. ■



Zamawiam po
każdego numeru ATEST – Ochrona Pracy na 2018 rok

Roczna prenumerata: 300,00 zł
(w tym 5% VAT + koszty dostawy 30,00 zł = łącznie 330,00 zł brutto)

Roczna prenumerata PLUS* brutto: 399,00 zł
(w tym 5% VAT na czasopismo i 23% VAT na dostęp do Portalu)
koszty dostawy pokrywa wydawca

* prenumerata PLUS to prenumerata w wersji papierowej plus roczny dostęp do Portalu Informacji Technicznej w ramach zaprenumerowanego tytułu, co dla prenumeratorów ATESTU oznacza bezpłatny dostęp do numerów archiwalnych ATESTU od 2004 roku

Proszę o wystawienie faktury VAT

 nazwa firmy

 adres firmy

 imię i nazwisko zamawiającego

 NIP

 telefon

 e-mail

 pieczęć firmy i podpis

ATEST
MIECZCZNIK

☎ 12 422 64 99

☎ 12 432 04 00

✉ poczta@atest.com.pl

🌐 www.atest.com.pl

nr konta: PKO BP

24 1020 1026 0000 1002 0250 0577



Wypełnij i wyślij faxem
lub pocztą pod adresem:

Zakład Kolportażu SIGMA-NOT sp. z o.o.

ul. Ku Wiśle 7, 00-707 Warszawa

☎ 22 891 13 74, 840 59 49

Więcej informacji na stronie

www.atest.com.pl

Prenumerata 2018