

SUR Służby Utrzymanie Ruchu 1(45)/2014

Autor: Mgr inż. Mariusz Głowicki

Zastępca Dyrektora Działu Bezpieczeństwa Maszyn

Wymagania bezpieczeństwa dotyczące hydraulicznych i pneumatycznych układów i elementów maszyn.

Podstawowym, europejskim dokumentem opisującym zasadnicze wymagania bezpieczeństwa dla obecnie wprowadzanych do obrotu lub oddawanych do użytku maszyn na terenie Wspólnoty jest Dyrektywa 2006/42/WE. W Polsce została ona wdrożona do prawa krajowego poprzez Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn. Dyrektywa wyznacza cele i przedstawia ogólne wytyczne w zakresie konstruowania maszyn, tak aby były one bezpieczne dla ludzi i środowiska. Praktyczne wdrożenie jej zaleceń wymaga wykorzystania odpowiednich narzędzi, którymi w tym wypadku mogą być normy zharmonizowane z dyrektywą. Stosowanie norm jest obligatoryjne, natomiast niewątpliwą zaletą ich używania jest zasada domniemania zgodności. Dzięki niej spełnienie zaleceń norm jest równoważne z wdrożeniem zaleceń dyrektywy.

W zakresie hydraulicznych i pneumatycznych układów i elementów maszyn obecnie aktualnymi normami zharmonizowanymi z Dyrektywą 2006/42/WE są odpowiednio PN-EN ISO 4413 (Napędy i sterowania hydrauliczne -- Ogólne zasady i wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów i ich elementów) oraz PN-EN ISO 4414 (Napędy i sterowania pneumatyczne -- Ogólne zasady i wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów i ich elementów). Zgodnie z typologią przedstawioną w podstawowej normie bezpieczeństwa maszynowego – PN-EN ISO 12100 (Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka), wyżej wymienione normy zaliczają się do typu B, czyli tzw. „tematycznych”. Oznacza to, że dotyczą wybranych aspektów bezpieczeństwa. Normy tego typu stanowią punkt wyjścia do ustalania wymagań szczegółowych dla wybranych rodzajów maszyn zawartych w normach typu C. Jeżeli dla danej maszyny nie istnieje norma szczegółowa, wówczas jej instalacja hydrauliczna czy pneumatyczna powinna być zgodna z zaleceniami PN-EN ISO 4413 lub PN-EN ISO 4414. W dalszej części artykułu przedstawiono najważniejsze wymagania tych norm.

Znaczące zagrożenia i wymagania na układy sterowania

Jedną z istotnych funkcji norm jest uświadomienie producentom maszyn, osobom modernizującym maszyny itp. jakie zagrożenia wiążą się z wykorzystaniem instalacji hydraulicznych i pneumatycznych. Do najbardziej znaczących można zaliczyć m.in. te o pochodzeniu typowo mechanicznym, np. związane z poruszaniem się elementów wykonawczych, nieodpowiednią wytrzymałością materiałową komponentów czy akumulacją energii. Drugą istotną grupę stanowią te wynikające z zawodności systemu sterowania maszyny, np. objawiające się nietypowymi reakcjami maszyn i układów w wyniku zaniku zasilania energią czy nieoczekiwanymi wyrzutami części maszyn lub substancji. W obu normach przedstawiono szersze listy zagrożeń, jakie należy rozważyć podczas wykorzystywania aparatury hydraulicznej i pneumatycznej na maszynach.

Należy zwrócić szczególną uwagę, że bezpieczeństwo tych instalacji niejednokrotnie zależy od niezawodności obwodów sterowania. W tym celu przy ich konstruowaniu konieczne jest uwzględnienie wymagań normy PN-EN ISO 13849-1 - Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem -- Część 1: Ogólne zasady projektowania. Podczas oceny ryzyka na etapie projektowania maszyny należy określić z jaką niezawodnością powinny być kontrolowane dane elementy wykonawcze maszyn (jaki powinien być parametr Performance Level dla obwodów funkcji bezpieczeństwa). Okaze się bowiem, że np. w danym miejscu na maszynie wybrany siłownik hydrauliczny będzie musiał być sterowany przez zawór zdwojony z kontrolą położenia podczas gdy dla innego zupełnie wystarczający będzie standardowy dwupołożeniowy rozdzielacz. Dobór aparatury ze względu na potrzeby technologiczne maszyny powinien być więc zawsze poprzedzony oceną ryzyka z ustaleniem wymagań na układy sterowania.

Dobór komponentów

Jeżeli już znane są wytyczne bezpieczeństwa stawiane aparaturze z punktu widzenia układu sterowania maszyny, w dalszym kroku należy określić czy będzie ona mogła być użytkowana niezawodnie - zgodnie z przeznaczeniem w zakresie swoich ograniczeń czy przedziałów pracy. Zaleca się aby była ona zawsze wybierana i instalowana zgodnie z rekomendacjami i instrukcjami producentów. Dla komponentów hydraulicznych dopuszcza się odstępstwa od tej zasady, pod warunkiem, że testy lub wcześniejsze doświadczenia implementacyjne wskazują na zastosowanie innych niż te teoretycznie dedykowane, bądź zastosowanie określonych komponentów sprawdza się z pozytywnym skutkiem w aplikacjach do których nie były one nominalnie przewidziane przez producenta. Warto zaznaczyć, że wszelkiego rodzaju odstępstwa powinny być zawsze uzasadnione w dokumentacji maszyny. Dodatkowo w ogólnym przypadku, zawsze gdy jest to możliwe do przeprowadzenia, należy wybierać komponenty wytworzone zgodnie z uznanymi normami międzynarodowymi.

Kontrola niezamierzonych ciśnień

Jeżeli w danej instalacji przewidywane wzrosty ciśnienia powyżej maksymalnych wartości pracy lub wartości nominalnych może doprowadzić do wystąpienia zagrożeń, należy przewidzieć środki zabezpieczające przed takimi przekroczeniami. Preferowanymi rozwiązaniami są zawory bezpieczeństwa ograniczające maksymalne ciśnienie, umieszczane we wszystkich punktach instalacji, gdzie taki wzrost może być niebezpieczny. Inne środki, takie jak kompensatory ciśnienia, zawory różnicowe umieszczane przy pompach mogą być również stosowane, tak długo jak gwarantują bezpieczeństwo we wszystkich warunkach pracy. Podobne zalecenia odnoszą się do ciśnienia w zakresie: skoków, wahań, zaników i wzrostów pod wpływem dużych obciążeń zewnętrznych (np. na siłownikach). Jeżeli kiedykolwiek mogą one prowadzić do zagrożeń, w instalacji należy koniecznie umieścić różnego rodzaju środki zabezpieczające.

W ramach wymagań szczegółowych jedynie dla instalacji hydraulicznych, jeżeli w jej dowolnym punkcie możliwe jest odłączenie konkretnego elementu i uszczelnienie punktów odłączenia, co może doprowadzić do zamknięcia medium w danym obszarze, należy przewidzieć środki, które ograniczą w nim wzrost ciśnienia np. wyniku zamian temperatury czy obciążeń

zewnątrznych. W odniesieniu do instalacji pneumatycznych konieczne jest natomiast zapewnienie jej odpowietrzania do obszarów gdzie nie wywoła to zagrożenia. Miejsca takie powinny być połączone z atmosferą.

Wymagania eksploatacyjne i funkcjonalne

Naturalnie zarówno dla instalacji hydraulicznych, jak i pneumatycznych konieczne jest ustalenie znacznie większej ilości czynników zasadniczo wpływających na bezpieczeństwo użytkownika maszyn. Należy zawsze pamiętać, że dobór tych bezpiecznych wartości powinien być spójny z potrzebami wynikającymi z technologii i założeniem o stosowaniu maszyny zgodnie z przeznaczeniem. Pośród wspólnych dla obu technik niezbędne do wyspecyfikowania są m.in.: przedziały ciśnień i temperatur roboczych, rodzaj wykorzystywanych cieczy/gazów, wymagania co do pracy w sytuacjach awaryjnych czy metody odcinania źródeł energii. Liczba aspektów do uwzględnienia jest dłuższa, natomiast różni się w dalszym zakresie, w zależności od tego czy mamy do czynienia z hydrauliką lub pneumatyką.

Wymagania dodatkowe

Dodatkowe wymagania opisane w normach, niezbędne do określenia i uwzględnienia w instalacjach można podzielić na cztery grupy: pierwszą mówiącą o warunkach jakie powinny panować w środowisku pracy, następną dotyczącą metod montażu, użytkowania i utrzymania ruchu komponentów i systemów, kolejną poruszającą kwestie czyszczenia i malowania oraz ostatnią obejmującą sposoby transportu.

W zakresie warunków środowiskowych w jakich może pracować instalacja, które muszą być uwzględnione podczas konstruowania obu typów instalacji, a następnie utrzymane w miejscu ich pracy na uwagę zasługują: temperatura i wilgotność panujące w otoczeniu, ciśnienie atmosferyczne, zanieczyszczenie otoczenia, parametry sieci elektrycznej itp. Tutaj podobnie jak w przypadku wymagań eksploatacyjnych i funkcjonalnych samych systemów liczba czynników jest również dłuższa i zróżnicowana w zależności od tego czy dotyczy ona instalacji hydraulicznej lub pneumatycznej.

W normach PN-EN ISO 4413 i PN-EN ISO 4414 w założeniu ułatwienia konstruktorom zebrania i zapisania **wszelkich** wymagań eksploatacyjnych, funkcjonalnych oraz środowiskowych przewidziano dodatkowe formularze przygotowane specjalnie do tego celu.

Wśród aspektów związanych z montażem, użytkowaniem i utrzymaniem instalacji w ruchu zwrócono uwagę m.in. na zagadnienie wymiany podzespołów. Dla systemów hydraulicznych przewiduje się ich taką konstrukcję aby podczas zamiany zminimalizować straty cieczy roboczej, wyeliminować konieczność opróżniania zbiorników i demontażu dużej liczby sąsiadujących części. W przypadku instalacji pneumatycznych mówi się natomiast o zapewnieniu łatwości wymiany bez konieczności demontażu innych części maszyny. Z punktu widzenia służb utrzymania ruchu oraz wymagań produkcyjnych są to niewątpliwie bardzo istotne wymagania jakich należy oczekiwać od maszyn bowiem ograniczają one czasy przestoju podnosząc ich produktywność. Niezależnie od typu czy techniki każdy z komponentów o masie własnej przekraczającej 15 kg powinien być przystosowany do obsługiwanego przez urządzenia służące do podnoszenia (suwnice, dźwigi itp.). Dla

komponentów hydraulicznych dodatkowo powinny być przewidziane takie umiejscowienia, aby dostęp do nich był zawsze możliwy z zachowaniem bezpiecznej pozycji pracy, np. z poziomu ziemi lub ze specjalnych podestów roboczych.

W odniesieniu do zadań związanych z czyszczeniem i malowaniem, zasadnicze jest jasne określenie, które z wrażliwych materiałów lub fragmentów komponentów powinny być dostatecznie zabezpieczone, tak aby nie uległy uszkodzeniu.

W przypadku gdy maszyna i jej instalacja jest przewidziana do przetransportowywania, a jednocześnie może to wymagać demontażu określonych podzespołów (w tym rur, przewodów) hydraulicznych bądź pneumatycznych należy zapewnić, aby były one łatwo identyfikowalne i oznaczone zgodnie z dokumentacją – odpowiednimi w tym zakresie rysunkami. Co więcej, wszelkie otwory i przyłącza powinny być skutecznie zabezpieczone przed zanieczyszczeniem.

Wymagania dla podzespołów instalacji hydraulicznych

W normie PN-EN ISO 4413 przedstawiono charakterystyczne wymagania dla takich podzespołów jak: pompy, siłowniki, akumulatory, zawory, przewody sztywne i giętkie, cechy cieczy oraz aspektów działania systemu sterowania. W dalszej części artykułu wyróżniono wybrane zalecenia dotyczące siłowników oraz zaworów hydraulicznych.

Zalecenia dla siłowników hydraulicznych:

- skoki tłoczynek siłowników powinny być tak dobrane, aby w dowolnej pozycji nie następowało ich wyboczenie;
- siłowniki i ich elementy mocujące powinny być odpowiednio przewymiarowane, tak aby mogły przenieść spodziewane maksymalne obciążenia jakim mogą być poddane w danej aplikacji;
- wszelkie elementy mocowane lub przyłączane do siłowników powinny być tak zamontowane, aby były odporne na poluzowanie w wyniku drgań itp. podczas ruchu;
- jeżeli skok siłownika ma być określony zewnętrznymi ogranicznikami, należy zapewnić blokowanie ograniczników nastawialnych;
- siłownik powinien być tak zainstalowany, aby podczas jego pracy nie powstawały obciążenia boczne (zachowana współosiowość);
- siłowniki powinny zapewniać samoczynne odpowietrzanie lub być wyposażone w zewnętrzne łatwo dostępne odpowietrzniki.

Zalecenia dla zaworów hydraulicznych:

- zawory powinny być dobrane z uwzględnieniem wymaganej od nich funkcji, szczelności, możliwości przestawiania i odporności na dające się przewidzieć czynniki mechaniczne oraz środowiskowe;

- podczas mocowania zaworów należy uwzględnić ich masę oraz wpływ uderzeń i drgań na ich główne zespoły;

- jeżeli zawory umożliwiają zmianę parametrów, w zależności od aplikacji należy przewidzieć jedno z rozwiązań zabezpieczających – środki zabezpieczające nastawy, środki blokujące nastawy w danym położeniu, środki ograniczające zmianę nastaw poza obszar bezpieczeństwa;

- dla elektrozaworów należy dodatkowo zadbać o to aby połączenia elektryczne były wykonane zgodnie z zleceniami normy PN-EN 60204-1 - Bezpieczeństwo maszyn - Wyposażenie elektryczne maszyn - Część 1: Wymagania ogólne, cewki zaworów były dobrane aby umożliwiała pracę zaworów w różnych warunkach, a jeżeli istnieje konieczność ich przesterowania przy braku zasilania elektrycznego środki do takich działań powinny być zapewnione.

Wymagania dla podzespołów instalacji pneumatycznych

W normie PN-EN ISO 4414 przedstawiono charakterystyczne wymagania dla takich podzespołów jak: silniki pneumatyczne, siłowniki, akumulatory, zawory, zespoły przygotowania powietrza, węże, tłumiki, uszczelnienia, zbiorniki wyrównawcze oraz aspektów działania systemu sterowania. W dalszej części artykułu wyróżniono wybrane zalecenia dotyczące zespołów przygotowania powietrza oraz węży pneumatycznych.

Zalecenia dla zespołów przygotowania powietrza:

- w celu zapewnienia właściwej jakości powietrza, jednostka powinna być umieszczona na wejściu instalacji pneumatycznej, a w określonych aplikacjach zaleca się stosowanie ich również dodatkowo w wybranych obszarach instalacji;

- zespół powinien być umieszczony tak blisko jak to możliwe maszyny której dotyczy i powinien być łatwo dostępny w celu utrzymania ruchu;

- w zakresie filtracji m.in. należy zadbać o możliwość usuwania z instalacji substancji szkodliwych, stopień filtracji powinien być dobrany odpowiednio do wymagań komponentów w instalacji oraz środowisku;

- jeżeli w instalacji wymagane jest stosowanie smarowania, smarownice powinny być umieszczone tak, aby konserwować tylko stosowane elementy, a substancja dobrana do smarowania powinna być bezpieczna dla wszystkich podzespołów, węży i przewodów z którymi może być w kontakcie;

Zalecenia dla węży pneumatycznych:

- w instalacjach powinny być stosowane takie węże, które nie były wcześniej stosowane;

- powinien być określony dla nich maksymalny czas i środowiskowe warunki przechowywania;

- należy stosować je jedynie w zalecanych przedziałach ciśnień;

- powinny być one dobrane z uwzględnieniem ich zdolności w zakresie przewodności elektrycznej, tak aby nie doprowadzać do zagrożenia;
- długość węży powinna być tak dobrana, aby uniknąć ostrego zginania oraz rozciągania, jeżeli są podłączone do elementów wykonujących ruchy;
- węże nie powinny być gięte z promieniem mniejszym niż dopuszczalny przez jego parametry;
- należy unikać skręcania węży podczas instalacji i pracy;
- wąż powinien być tak umieszczony lub zabezpieczony, aby zminimalizować ścieranie jego warstwy wierzchniej;
- węże powinny być podparte, jeżeli ich waga może spowodować niepożądane naprężenia;

Podsumowanie

Stosowanie norm PN-EN ISO 4413 i PN-EN ISO 4414 dla doświadczonych konstruktorów instalacji pneumatycznych i hydraulicznych maszyn nie powinno stanowić większej trudności. W normach zawarto, przedstawione w ogólny sposób znane od lat zasady dobrej praktyki inżynierskiej w zakresie doboru cech własnych i sposobu montażu najczęściej używanych komponentów.

Więszą trudność może stanowić poprawne zaprojektowanie instalacji z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa wynikających z wymagań na układy sterowania opisanych w normie PN-EN ISO 13849-1. Poprawna realizacja funkcji bezpieczeństwa określonych elementów wykonawczych w zakresie pneumatyki i hydrauliki wymaga bowiem często uwzględnienia algorytmu sterowania maszyny, jak i zrozumienia działania podzespołów instalacji elektrycznej wykorzystanych na maszynie. Poprawna realizacja takich obwodów będzie tematem przewodnim kolejnego artykułu z dziedziny bezpieczeństwa maszynowego.

