

II/3.4.1.3.2

Nadzorowanie procesu instalacji

Tomasz Otrębski

Proces instalacji i uruchomienia maszyn – w tym systemów sterowania – wymaga nadzorowania. Przy budowie systemu sterowania dla maszyny pojedynczej, producent wykonuje system sterowania na podstawie wcześniej przygotowanego projektu. W celu nadzorowania prac instalacyjnych, jak i uruchomieniowych powołuje się zespoły inżynierów, które realizują funkcje nadzorcze i weryfikujące poszczególne etapy instalacji. Zespoły mogą być podzielone ze względu na kompetencje, np. nadzorowanie prac elektrycznych, instalacji pneumatycznych, hydraulicznych i innych. Należy pamiętać również o weryfikacji prac związanych z oprogramowaniem.

Bardzo często korzysta się z wcześniej przygotowanych list kontrolnych, które w usystematyzowany sposób pozwalają krok po kroku zweryfikować, czy proces uruchomienia przebiega poprawnie.

Listy kontrolne

W przypadku kiedy mamy do czynienia z maszynami nieukończonymi, czyli integrujemy maszyny w linię z udziałem maszyn nieukończonych, należy pamiętać, aby spełnić wymagania producenta maszyny nieukończonej, które znajdują się w instrukcji montażu dostarczonej wraz z maszyną nieukończoną. W praktyce zdarza się, że producent maszyny nieukończonej nie dostarcza wystarczających informacji niezbędnych do poprawnego włączenia maszyny lub nie dołącza odpowiedniej instrukcji montażu – tym samym należy to weryfikować na etapie przygotowania do instalacji i uruchomienia.

Instrukcja montażu maszyny nieukończonej musi zostać sporządzona przez producenta maszyny nieukończonej lub upoważnionego przez niego przedstawiciela i dostarczona producentowi maszyny finalnej. Instrukcja montażu powinna wówczas zostać dołączona do dokumentacji technicznej maszyny finalnej.

Instrukcja montażu

Instrukcja montażu powinna dotyczyć wszystkich kwestii związanych z bezpieczeństwem użytkownika maszyny nieukończonej i oddziaływaniem między maszyną nieukończoną a maszyną finalną, które monter ma mieć na uwadze przy wbudowywaniu maszyny nieukończonej w maszynę finalną.

Instrukcja montażu powinna wskazywać na potrzebę podjęcia niezbędnych środków w odniesieniu do zasadniczych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, mających zastosowanie do maszyn nieukończonych,

do których producent maszyny nieukończonej nie zastosował się i których nie spełnił lub spełnił tylko częściowo.

W niektórych przypadkach producent maszyny nieukończonej może spełnić określone w załączniku 1 dyrektywy maszynowej zasadnicze wymagania w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa, dotyczących instrukcji i zastosować się do nich oraz poinformować o tym w swojej deklaracji włączenia. Producent silnika przeznaczonego do wbudowania do maszyny samojezdnej może np. dostarczyć instrukcję. W pozostałych przypadkach instrukcja montażu maszyny nieukończonej powinna stanowić źródło niezbędnych informacji dotyczących tej maszyny, by umożliwić producentowi maszyny finalnej sporządzenie projektu tych części instrukcji, które dotyczą maszyny nieukończonej.

Adresat instrukcji

Instrukcja montażu jest adresowana do producenta maszyny finalnej i w związku z tym musi być dla niego zrozumiała. Zgodnie z akapitem drugim załącznika VI dyrektywy maszynowej instrukcja montażu musi być napisana w jednym z języków urzędowych UE, zaaprobowanym przez producenta maszyny finalnej.

Oznacza to, że w przypadku, gdy producent maszyny finalnej jest znany producentowi maszyny nieukończonej, obie strony mogą uzgodnić między sobą, np. w umowie sprzedaży, kwestię tego, w jakim języku instrukcja montażu dostarczana wraz z maszyną nieukończoną ma zostać sporządzona. W przypadku braku takiej umowy, instrukcja montażu musi zostać sporządzona w języku urzędowym UE państwa członkowskiego, w którym producent maszyny finalnej ma swoją siedzibę, ponieważ nie można zakładać, że inny język będzie zrozumiały dla tego producenta.

Ważnymi wymaganiami, które powinny być weryfikowane na etapie wykonywania instalacji i uruchomienia są wytyczne dotyczące instalacji i wyposażenia elektrycznego, pneumatycznego, hydraulicznego czy też oprogramowania. Oczywiście, warunki pracy maszyny powinny być zweryfikowane i sprawdzone wcześniej – już na etapie projektowania – natomiast potwierdzenie tych warunków należy przeprowadzić jeszcze na etapie realizacji procesu instalacji i uruchomienia.

Co należy sprawdzić?

Dla instalacji i wyposażenia elektrycznego musimy m.in. sprawdzić:

- warunki specjalne związane z pracą na zewnątrz,
- warunki specjalne związane z przetwarzaniem lub używaniem materiałów wybuchowych,
- warunki specjalne związane z pracą w atmosferze wybuchowej,

- warunki specjalne związane z pracą z materiałami które same w sobie mogą stwarzać zagrożenie,
- praca w kopalni,
- warunki zasilania elektrycznego maszyny, przewidywane wahania napięcia,
- warunki zasilania elektrycznego maszyny, przewidywane wahania częstotliwości,
- przewidywane rozbudowy, które mogą wpłynąć na zmianę warunków zasilania maszyny i jej wyposażenia,
- środowisko pracy maszyny ze względu na zakłócenia elektromagnetyczne,
- zakres temperatury otoczenia i wilgotności,
- warunki środowiska otoczenia takie jak pył, atmosfera korozyjna, duża wilgotność, promieniowanie, wibracje, udary,
- wymagania instalacyjne w zakresie np. specjalnych kabli o zmniejszonej palności, wymagania dla branży spożywczej itp.,
- zewnętrzne źródło zasilania i jego parametry techniczne (napięcie, liczba faz dla zasilania AC, prąd zwarcia w punkcie zasilania, sposób wykonania uziemienia w punkcie zasilania TN, TT, IT),
- podłączenie przewodu neutralnego, czy wymagane odłączanie przewodu neutralnego,
- ochronę przed porażeniem elektrycznym (jakie osoby będą miały dostęp do wyposażenia elektrycznego, sposób zamykania rozdzielnic zasilających i sterowniczych),
- zabezpieczenie wyposażenia od strony zasilania zewnętrznego (rodzaj zabezpieczenia, kto jest odpowiedzialny za instalację zabezpieczenia, punkt zasilania, granica mocy źródła zasilania),
- sterowanie bezprzewodowe – warunki pracy, jeśli ma zastosowanie,
- interfejs operatora, zgodność barw, specjalne preferencje użytkownika,
- interfejs operatora, usuwanie awarii,
- aparatura sterownicza – stopień ochrony obudów, warunki specjalne,
- oznakowanie przewodów i kabli, wymagania specjalne dla znakowania,
- wymagane wyposażenie pomocnicze i oświetlenie,
- specjalne zespoły wtyczka – gniazdo,

- wymagania w zakresie tras kablowych i prowadzenia instalacji,
- dokumentacja techniczna powykonawcza wraz z informacjami dotyczącymi eksploatacji i konserwacji instalacji.

Budowa systemów pneumatycznych

Poprawność budowy systemów pneumatycznych i hydraulicznych możemy zweryfikować za pomocą przykładowych list kontrolnych i wymagań, wynikających z norm odpowiednio PN EN 4414 i PN EN 4413. Poniżej lista dla pneumatyki i hydrauliki.

Tabela 1. Lista kontrolna dla instalacji pneumatyki

Lp.	Poz. w PN-EN 4414	Wymaganie	Tak	Nie	Nie dotyczy	Uwagi
1.	Pkt 5.2.8	Czy układ pneumatyczny wyposażony jest w zawór główny z możliwością zaryglowania w pozycji zamkniętej?				
2.	Pkt 5.2.9	Czy elementy regulacyjne wyposażenia pneumatycznego są łatwo dostępne?				
3.	Pkt 5.2.1.2	Czy elementy i przewody układu pneumatycznego są odpowiednio dobrane i zainstalowane wg zaleceń producenta?				
4.	Pkt 5.4.3.5	Czy zawory bezpieczeństwa znajdują się możliwie blisko elementów układu pneumatycznego w celu szybkiego odcięcia przepływu powietrza?				
5.	Pkt 5.4.3.6	Czy zawór szybkiego spustu ulokowany jest tak, aby spuszczone powietrze nie stanowiło zagrożenia dla pracowników?				
6.	Pkt 5.4.3.7	Czy zawory sterujące przepływem zlokalizowane są w pobliżu portów elementów układu pneumatycznego?				
7.	Pkt 5.4.4.1	Czy zespół przygotowania powietrza zlokalizowany jest w punkcie wejścia układu pneumatycznego?				
8.	Pkt 5.4.4.1	Czy zespół przygotowania powietrza jest łatwo dostępny?				
9. (1)	Pkt 5.4.4.2	Czy układ pneumatyczny wyposażony jest w filtroreduktor?				
10. (2)	Pkt 5.4.6.11	Czy układ wyposażony jest w manometr i inne urządzenie monitoringu parametrów systemów?				

Lp.	Poz. w PN-EN 4414	Wymaganie	Tak	Nie	Nie doty- czy	Uwagi
11. (3)	Pkt 5.4.8	Czy układ pneumatyczny wyposażony jest w tłumik hałasu w celu obniżenia hałasu?				
12.	Pkt 7.2	Czy do układu pneumatycznego dołączone są schematy pneumatyczne?				
13. (4)	Pkt 7.4.1.1	Czy elementy układu pneumatycznego są odpowiednio oznakowane?				
14.	Pkt 7.4.1.3	Czy kierunek obrotów silnika/ów pneumatycznego/ych są oznakowane?				
15.	Pkt 7.4.1.3	Czy na elementach układu pneumatycznego takich jak filtr, smarownica, regulator, oznakowany jest kierunek przepływu powietrza?				
16.	Pkt 7.4.3.1	Czy porty w układzie pneumatycznym są oznakowane?				
17.	Pkt 5.4.5.5	Czy przewody pneumatyczne są wsparte?				
18.	Pkt 5.4.5.9.1	Czy długość przewodów giętkich w układzie pneumatycznym jest tak dobrana, aby nie powstawały zapętlenia przewodu?				
19.	Pkt 5.1.2	Czy układ sterowania zaprojektowany jest zgodnie z oceną ryzyka?				
20.	Pkt 5.2.12	Czy układ pneumatyczny zaprojektowany jest tak, aby zminimalizować wpływ substancji niebezpiecznych w otoczeniu?				
21.	Pkt 5.3.2.1	Czy elementy i przewody układu pneumatycznego są zaprojektowane i zainstalowane w taki sposób, aby można było je łatwo wymienić bez konieczności demontażu innych elementów układu?				
22.	Pkt 5.4.6.1	Czy przewody giętkie zastosowane w układzie pneumatycznym były wcześniej używane?				
23.	Pkt 5.4.6.6	Czy kierunek obrotu ręcznych dźwigni sterujących nie jest koligujący z innymi elementami układu?				
24.	Pkt 7.3.1	Czy instrukcja obsługi dołączona jest do układu pneumatycznego?				

Lp.	Poz. w PN-EN 4414	Wymaganie	Tak	Nie	Nie dotyczy	Uwagi
25.	Pkt 5.4.3.4.2.1	Czy w układzie pneumatycznym połączenia elektryczne odpowiadają odpowiednim normom (np. PN-EN 60204-1)?				
26.	Pkt 5.2.1.1	Czy projektując układ pneumatyczny, wzięto pod uwagę niezawodność elementów i przewodów układu pneumatycznego?				
27.	Pkt 5.2.2.4	Czy układ pneumatyczny zaprojektowany jest tak, aby utrata ciśnienia (bądź jego spadek) nie spowodował zagrożenia dla pracowników?				
28.	Pkt 5.2.2.6	Czy w układzie pneumatycznym przewidziano środki, aby uniknąć wzrostu ciśnienia?				
29.	Pkt 5.4.5.1.4	Czy w celu optymalizacji czasu reakcji, długość przewodów pomiędzy zaworem sterującym kierunkiem przepływu a siłownikiem pneumatycznym została zmniejszona do minimum?				
30.	Pkt 5.4.5.1.5	Czy liczba portów w elementach układu pneumatycznego została ograniczona do minimalnej ilości, w celu zminimalizowania strat energii?				
31.	Pkt 5.4.5.2.1	Czy przewody pneumatyczne zaprojektowane są tak, aby uniemożliwić wykorzystanie ich jako stopni, drabinek?				
32.	Pkt 5.4.5.4	Czy w elementach układu pneumatycznego otwory wolne są od zadziórów, ciał obcych, które pogarszają przepływ powietrza?				
33.	Pkt 5.4.5.5.2	Czy podpory przewodów pneumatycznych zaprojektowane są tak, aby nie uszkadzały przewodów oraz nie pogarszały przepływu powietrza?				
34.	Pkt 5.2.2.2	Czy układ pneumatyczny wyposażony jest w zawór ograniczający ciśnienie?				
35.	Pkt 5.2.4	Czy układ pneumatyczny zaprojektowany jest tak, aby zmniejszyć hałas do wartości najmniejszej?				

Tabela 2. Lista kontrolna dla instalacji hydrauliki

Lp.	Poz. w PN-EN 4414	Wymaganie	Tak	Nie	Nie dotyczy	Uwagi
1.	Pkt 5.2.1.2	Czy elementy i przewody układu hydraulicznego są odpowiednio dobrane i zainstalowane wg zaleceń producenta?				
2.	Pkt 5.3.2.4	Czy elementy układu hydraulicznego zainstalowane są w taki sposób, aby zapewniały łatwy dostęp?				
3.	Pkt 5.3.2.5.2	Czy w układzie hydraulicznym elementy takie jak porty, łączniki itd. ograniczone są do minimalnej ilości?				
4.	Pkt 5.4.1.1	Czy silniki i pompy hydrauliczne są zamontowane tak, aby zapewniały łatwy dostęp?				
5.	Pkt 5.4.3	Czy układ hydrauliczny posiada akumulator?				
6.	Pkt 5.4.3.1	Czy akumulator znajdujący się w układzie hydraulicznym jest odpowiednio oznakowany i posiada manometr?				
7.	Pkt 5.4.5.2.3.1	Czy zbiornik w układzie hydraulicznym wyposażony jest we wskaźnik poziomu cieczy?				
8. (1)	Pkt 5.4.5.3.1	Czy układ hydrauliczny wyposażony jest w filtr?				
9.	Pkt 5.4.5.3.2.3	Czy filtr zainstalowany jest w łatwo dostępnym miejscu, zapewniający łatwość wymiany elementów filtrujących?				
10.	Pkt 5.4.6.1.2	Czy ilość połączeń w układzie hydraulicznym ograniczona jest do minimalnej ilości?				
11.	Pkt. 5.4.7.5.1	Czy układ hydrauliczny posiada monitoring parametrów systemu?				
12. (2)	Pkt. 5.4.8.2	Czy układ hydrauliczny posiada manometr?				
13. (3)	Pkt. 5.4.8.4	Czy układ hydrauliczny posiada termometr?				
14.	Pkt. 7.2	Czy do układu hydraulicznego dołączone są schematy hydrauliczne?				

Lp.	Poz. w PN-EN 4414	Wymaganie	Tak	Nie	Nie doty- czy	Uwagi
15.	Pkt. 7.4.1.1	Czy elementy układu hydraulicznego są oznakowane?				
16.	Pkt. 7.4.3.1	Czy porty w układzie hydraulicznym są oznakowane?				
17.	Pkt. 5.4.6.3	Czy przewody hydrauliczne są podparte?				
18.	Pkt. 5.4.6.5.2	Czy długość przewodów giętkich w układzie hydraulicznym jest tak dobrana, aby nie powstawały zapętlenia przewodu?				
19. (5)	Pkt. 5.4.7.2.1	Czy układ hydrauliczny posiada zawór służący do rozproszenia ciśnienia i odciążenia energii?				

II/3.4.1.3.3

Walidacja po instalacji – testy

Tomasz Otrębski

Instalacja, czyli budowa maszyny czy też tworzenie systemu sterowania, w tym systemu sterowania odpowiedzialnego za bezpieczeństwo, to proces, który może trwać od kilkunastu dni do kilku miesięcy, a przy dużych aplikacjach (duże linie produkcyjne) nawet rok i dłużej. Finalne powodzenie uzależnione jest od tego, jak cały proces pod względem kierowania projektem, ale również weryfikowania poszczególnych etapów instalacji zostanie zaplanowany. Pomocne w nadzorowaniu procesu instalacji są z całą pewnością różnego rodzaju listy kontrolne. W podobny sposób możemy je wykorzystać do walidacji po instalacji. Takie wypełnione listy pozostaną w dokumentacji jako protokoły walidacyjne odbioru instalacji po testach.

O pełnej walidacji systemu możemy mówić dopiero wtedy, kiedy cały system będzie gotowy do testów funkcjonalnych. Jako całość należy rozumieć pełną funkcjonalność maszyny lub linii produkcyjnej. Oczywiście, w przypadku linii produkcyjnej możemy sprawdzać i testować poszczególne jej obszary w sposób niezależny. W wyjątkowych sytuacjach, ze względu na działanie linii, może to nie być możliwe, np. wtedy, gdy linia produkcyjna posiada wiele wspólnych stref, gdzie systemy sterowania odpowiedzialne za bezpieczeństwo są mocno od siebie zależne logicznie.

Pełna walidacja systemu

Przykładowe listy kontrolne do weryfikacji funkcji bezpieczeństwa osłony blokującej i skanera bezpieczeństwa poniżej.

Weryfikacja funkcji bezpieczeństwa

Tabela 1. Lista kontrolna – walidacja osłony blokującej

1.	Czy blokada i klucz pasują do siebie. Czy klucz porusza się swobodnie bez zacięć?
2.	Czy użyto bezpiecznych mocowań blokady i klucza, aby zapobiegać modyfikacjom lub zdjęciu bez konieczności użycia narzędzia? Jeżeli łączniki tego typu zostały dostarczone wraz z urządzeniem, czy wykorzystano je do dokręcenia pokryw dostępu do zespołu styków?
3.	Czy klucz przesuwa się swobodnie do zamka?
4.	Czy blokada nie jest wykorzystywana jako ogranicznik ruchu dla klucza blokady, zasuw – rygla lub ruchomej osłony?
5.	Czy następuje zatrzymanie maszyny przez otwarcie blokady osłony oraz czy nie następuje samoczynny restart po jej zamknięciu?
6.	Jeżeli jest użyta osłona ruchoma (zawiasy), czy następuje całkowite zatrzymanie zanim możliwe jest sięganie do strefy niebezpiecznej?

7.	Czy chronione elementy niebezpieczne maszyny nie są uruchomione przy otwartej osłonie blokującej?
8.	Czy ruch maszyny lub wyposażenia dodatkowego wzajemnie połączonego/sąsiadującego jest samoczynnie inicjowany po zamknięciu osłony blokującej?
9.	Czy przewody sterujące są prawidłowo przymocowane do maszyny i/lub osłon i nie są uszkodzone?
10.	Czy ruch maszyny nie może być zainicjowany (na przykład na początku cyklu), jeżeli osłony blokujące są otwarte oraz czy ruch nie rozpoczyna się bezpośrednio po zamknięciu osłony? Procedura sprawdzenia: Otwórz osłonę, wciśnij przycisk START, zamknij osłonę. Nie powinien nastąpić żaden ruch.

Tabela 2. Lista kontrolna – walidacja skanera bezpieczeństwa

1.	Czy strefy bezpieczeństwa oraz ostrzegania (jeśli obecne) skanerów bezpieczeństwa są poprawne pod kątem oprogramowania? Zwrócić uwagę na diody informujące o statusie skanerów.
2.	Czy zweryfikowano czas zatrzymania ruchów niebezpiecznych poprzez zastosowane urządzenia ochronne (czas dobiegu)?
3.	Czy wszystkie elementy niebezpieczne zatrzymują się całkowicie przy naruszeniu strefy nadzorowanej przez skaner?
4.	Czy nie ma możliwości załączenia elementów niebezpiecznych w strefie nadzorowanej przez skaner, podczas przebywania w polu detekcji tego urządzenia?
5.	Czy kable (przewody) sygnałowe urządzeń bezpieczeństwa są właściwie zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi?
6.	Czy miejsce instalacji skanera uniemożliwia dostęp do strefy niebezpiecznej poprzez sięganie powyżej, poniżej i wokół pola detekcji urządzenia optoelektrycznego?
7.	Czy wykonano niezbędne pomiary dobiegu, a kopia protokołu z wynikami pomiarów jest zarchiwizowana i dostępna do wglądu?
8.	Czy skaner jest zamontowany z zachowaniem wyznaczonej odległości bezpiecznej, wyznaczonej na podstawie pomiarów dobiegu?
9.	Czy zweryfikowano zaprogramowane pole detekcji skanera oraz sposób jego montażu pod kątem możliwości oszukania urządzenia?
10.	Czy jest uniemożliwione wejście na skaner/uchwyt mocujący przez osoby fizyczne?
11.	Czy program skanera jest zabezpieczony przed edycją przez niepowołane osoby?
12.	Czy nie ma możliwości zdemontowania/przestawienia skanera bez użycia odpowiednich narzędzi?
13.	Czy wtyczki przewodu zasilającego oraz szeregowego są odpowiednio podłączone do urządzenia, a także zabezpieczone?

14.	Czy jest wykonana kopia zapasowa programu skanera oraz czy jest on zarchiwizowany i dostępny do wglądu?
15.	Czy strefy bezpieczeństwa są odpowiednio oznaczone (najczęściej poprzez zaznaczenie na posadzce za pomocą farby lub taśmy przyklejanej do podłoża)?
16.	Czy wymagana dokumentacja eksploatacyjna jest dostępna i czytelna?