

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OSRODEK AUTOMATYKI ELEKTRYCZNEJ

074

Zespół Budowy Robotów i Serwomechanizmów

A

~~Wykonawca~~ mgr inż. Tomasz Wański

Wykonawcy mgr inż. Wojciech Klimasara

Konsultant

Nr zlecenia
RP-100

Metody i środki zapewnienia
bezpiecznej pracy robotów
przemysłowych.

Zadanie 1.1. Rozpoznanie stanu techniki
w zakresie norm i zaleceń dotyczących
bezpieczeństwa pracy robotów
przemysłowych.

Zleceniodawca CPBR 7..1

Pracę rozpoczęto dnia 86.10.01

zakończono dnia 86.12.15

Kierownik Zespołu

Z-ca Dyrektora
d/s Automatyki

Kierownik Ośrodka

dr inż. P. Jabłoński

dr inż. T. Gałązka

prof. dr inż. T. Missala

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 12

Egz. 1 BOINTE

rysunków —

Egz. 2 OAE

fotografii —

Egz. 3 OBN

tabel —

Egz. 4 OAR

tablic —

Egz. 5 BON

załączników —

Egz. 6 OEP

Nr rejestr. 5733

1

Analiza deskryptorowa

Roboty przemysłowe. Bezpieczeństwo pracy

Analiza dokumentacyjna

Sprawozdanie zawiera przegląd zaleceń i norm międzynarodowych dotyczących bezpieczeństwa pracy robotów przemysłowych.

Tytuły poprzednich sprawozdań

gawid

1972

UKD

PIAP-252/02-6000

Spis treści

1. Zakres pracy
2. Wstęp
3. Podstawowe zagadnienia bezpieczeństwa
pracy robotów przemysłowych
4. Specyfika zagadnień bezpieczeństwa
pracy robotów przemysłowych
5. Stan normalizacji
6. Podsumowanie
7. Spis literatury

1. Zakres pracy

Niniejsze opracowanie zawiera zestawienie dokumentów i materiałów poświęconych bezpieczeństwu użytkowania robotów przemysłowych.

Zestawienie to jest wstępną przygotowawczą fazą prac nad metodami i środkami zapewnienia bezpiecznej pracy robota przemysłowego. Celem całości pracy jest opracowanie koncepcji robota zapewniającego w maksymalnym stopniu bezpieczeństwo użytkowania. Główny nacisk położony zostanie na taką konstrukcję zespołów, sposobów programowania itp. aby zapewnić bezpieczną pracę operatora w trakcie różnych czynności obsługowych oraz bezpieczeństwo całości stanowiska. W sprawozdaniu zestawiono dokumenty normalizacyjne, zalecenia, dane katalogowe i publikacje dotyczące omawianego zagadnienia. Ze względu na wstępny charakter niniejszego opracowania nie przedstawiono wszystkich dokumentów, a szerzej omówiono jedynie najważniejsze z nich. Dalsze rozpoznanie literaturowe i normalizacyjne będzie prowadzone w sposób ciągły w kolejnych etapach pracy. Będzie ono kierunkowane na zagadnienia, które będą przedmiotem poszczególnych etapów.

2. Wstęp

Zagadnienie zapewnienia bezpieczeństwa pracy i użytkowania robotów przemysłowych nabiera coraz większego znaczenia. Rosnąca liczba instalacji przemysłowych zmusza do opracowywania zasad bezpiecznego stosowania tych urządzeń.

To z kolei wymusza podjęcie prac badawczych mających na celu rozpoznanie zagrożeń stwarzanych przez pracę robota przemysłowego. Wiele ośrodków naukowych, firm oraz organizacji normalizacyjnych prowadzi od kilku lat prace w tym zakresie.

Ich efektem są normy i zalecenia dotyczące konstrukcji i zastosowań robotów przemysłowych, organizowane seminaria, a także liczne publikacje w czasopiśmie fachowych.

Szczególnie intensywnie prace w tym zakresie podjęto w Japonii /Japońskie Stowarzyszenie Normalizacyjne/, W. Brytanii /Uniwersytet w Nottingham, Stowarzyszenie Handlu Obrabiarkami, Republice Federalnej Niemiec /Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung/ oraz w ISO Komitecie Techniczny 184.

4

3, Podstawowe zagadnienia bezpieczeństwa pracy robotów przemysłowych.

Zrobotyzowane stanowiska produkcyjne ze względu na złożoność oraz zakres wykonywanych przez robot ruchów znacznie różnią się charakterem pracy od konwencjonalnych maszyn i urządzeń. Stwarza to zupełnie specyficzne problemy bezpieczeństwa pracy zrobotyzowanych stanowisk ze względu na:

- różnorodność konstrukcji robotów,
- możliwość programowego zmieniania przebiegu wykonywanych czynności,
- różnorodność zastosowań robotów.

Możliwość różnorodnego zastosowania danego typu robota sprawia, że zagadnienie bezpieczeństwa pracy robotów przemysłowych nie może być rozpatrywane w oderwaniu od stanowiska na którym pracuje dany robot. Inne problemy bezpieczeństwa występują na stanowisku zrobotyzowanym badania detali promieniami Röntgena niż np. na stanowisku czyszczenia odlewów. W każdym przypadku nieco inne wymagania innormy należy brać pod uwagę.

Podstawą do opracowania norm i zaleceń bezpieczeństwa pracy zrobotyzowanych stanowisk /w tym również zaleceń dotyczących konstrukcji samych robotów/ powinno być szczegółowe rozeznanie zagrożeń występujących na następujących zrobotyzowanych stanowiskach pracy [8]:

- Obsługa obrabiarek /podawanie detali w przestrzeń roboczą oraz odbieranie detali po obróbce/
- Paletyzacja,
- Zgrzewanie,
- Montaż,
- Natryskiwanie form,
- Piaskowanie odlewów,
- Czyszczenie parą wodną,
- Kontrola promieniami X,
- Hartowanie,
- Malowanie /nanoszenie powłok/,
- Szlifowanie,
- Polerowanie,
- Gratowanie,
- Czyszczenie odlewów,
- Cięcie palnikiem,

- Spawanie łukowe,
- Odlewanie.

Analiza występujących zagrożeń powinna obejmować:

- bezpieczeństwo obsługi z uwzględnieniem bliskości personelu obsługi, programistów, serwisu w trakcie ich pracy i równoczesnej pracy robota /np. przy testowaniu programu/,
- bezpieczeństwo osób postronnych,
- wzajemne bezpieczeństwo robota i urządzeń współpracujących,
- wpływ środowiska /temperatura, zapylenie, wilgotność, szkodliwe opary substancji chemicznych/ na pracę robota oraz innych urządzeń współpracujących.

Należy podkreślić, że zagadnienie bezpieczeństwa pracy zrobotyzowanych stanowisk posiada również aspekt ekonomiczny. Oznacza to, że środki bezpieczeństwa powinny uwzględniać specyfikę pracy stanowiska i być adekwatne do występujących zagrożeń.

4. Specyfika zagadnień bezpieczeństwa pracy robotów przemysłowych.

Współczesne roboty znacznie różnią się charakterem i sposobem wykonywania zadań od konwencjonalnych maszyn i urządzeń. Podstawową różnicą jest kilka stopni swobody zapewniających duże możliwości ruchów, co stwarza specyficzne problemy zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania robotów. Dodatkowym utrudnieniem jest duża różnorodność zastosowań robotów i poszczególnych instalacji utrudniająca opracowanie ścisłych, jednoznacznych wymogów w tym zakresie. Znane i stosowane zasady bezpieczeństwa pracy w przemyśle powinny zostać, w przypadku robotów, wzbogacone lub rozszerzone o następujące zagadnienia:

- bezpieczeństwo osób postronnych,
- zabezpieczenie znajdujących się w przestrzeni roboczej przeszkód stałych,
- uwzględnienie bezpośredniej bliskości programistów personelu obsługi, serwisu w trakcie ich pracy i równoczesnej pracy robota,
- wzajemne bezpieczeństwo robota i urządzeń współpracujących.

Ogólne zasady bezpieczeństwa użytkowania robotów przemysłowych opierają się na dotychczas obowiązujących generalnych normach i zaleceniach z tego zakresu.

Normy te obejmują zarówno proces projektowania jak i instalowania oraz użytkowania tych urządzeń. W każdej z tych faz powstawania i pracy robota spełnione muszą być różnorodne wymagania, których efektem będzie wysokie bezpieczeństwo instalacji. Wymagania obejmują dobór elementów konstrukcyjnych i sposób realizacji funkcji użytkowych, zasadę budowy i zagadnienia ergonomii użytkowania, rozplanowanie przestrzenne stanowiska pracy i ogrodzenie go oraz wyposażenie w środki alarmowe, zapewnienie właściwego zachowania robota przy zaniku zasilania i staranne wyszkolenie personelu.

Różnorodność tych wymagań nie oznacza, że wszystkie one powinny i mają być wykorzystane w każdym przypadku instalacji robota. W odmienny sposób będzie traktowany robot malarski pracujący w zamkniętym pomieszczeniu lakierni zautomatyzowanej, a inaczej robot gratujący detale na stanowisku w hali fabrycznej gdzie pracuje wielu robotników. W każdym przypadku nieco inne normy i wymagania będą brane pod uwagę.

W pierwszym przypadku instalacji dotyczyć będą przede wszystkim przepisy regulujące pracę urządzeń w atmosferze wybuchowej i agresywnej, a w drugim najistotniejsze będzie zapewnienie bezpieczeństwa osobom postronnym /ze względu na ruchy robota i wyposażenie go w szlifierkę/.

Bezpieczeństwem pracy i użytkowania robotów są żywotnie zainteresowani zarówno producenci jak i użytkownicy tych urządzeń. Obie strony wywierają naciski na organizacje normalizacyjne mając na celu szybkie opracowanie norm i zaleceń bezpieczeństwa.

Obecnie istnieją już w kilku krajach normy dotyczące tych zagadnień. Oprócz nich organizacje odpowiedzialne za bezpieczeństwo pracy opracowują wytyczne /lub metodykę/ oceny stanowiska z robotem dla zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa.

Interesującym opracowaniem tego typu jest lista pytań opracowana w Wielkiej Brytanii przez Urząd Królewskich Inspektorów Zdrowia i Bezpieczeństwa [1]. Dokument ten ma na celu ułatwienie analizy instalacji z robotem pod kątem bezpieczeństwa pracy i obejmuje pytania o środowisko pracy, lokalizację, personel obsługujący, typ robota i jego wyposażenie, rodzaj programowania, przewidywalne uszkodzenia i ich efekty itp.

7

Pytania zwracają uwagę użytkownikowi i firmie instalującej robota /nie zawsze jest nią producent/ na szereg aspektów, jakie powinny być wzięte pod uwagę.

W pracach wymienionego urzędu dotyczących robotów podstawę stanowią ogólne normy dotyczące bezpieczeństwa maszyn, wyposażenia elektrycznego itp. Na podstawie tych norm modyfikuje się definicje, wymagania uwzględniając specyfikę robotów. Warty zauważyć w publikacjach urzędu jest często stosowana formuła: w zakresie rozsądnie możliwym do zastosowania /reasonably practicable/. Formuły tej używa się dla zwrócenia uwagi na adekwatność środków ochrony do realnie istniejącego /lub przewidywanego/ zagrożenia. Miarą adekwatności jest choćby szóstotliwość występowania niebezpiecznych sytuacji lub przebywanie ludzi w warunkach zagrożenia, rodzaj zagrożenia lub przewidywane skutki awarii robota.

5. Stan normalizacji.

W miarę rozwoju każdej nowej technologii konieczne jest określenie niebezpieczeństw wynikających z jej stosowania i opracowania metod przeciwdziałania tym niebezpieczeństwom. Metody takie, w postaci zaleceń i norm zostały już opracowane w wielu krajach oraz przez organizacje międzynarodowe.

Krajem przykładającym ogromne znaczenie do tych zagadnień i mającym spore osiągnięcia jest Wielka Brytania. Szczególnie aktywne na tym polu jest Stowarzyszenie Handlu Obrabiarkami i Inspektorat Zdrowia i Bezpieczeństwa. Pierwszym opublikowanym dokumentem były zalecenia "Bezpieczeństwo stosowania robotów przemysłowych" opublikowane w 1982r. [7]. W chwili opublikowania był to pierwszy dokument na ten temat.

Koncentrował się on głównie na bezpieczeństwie pracy podczas programowania i przeglądów. Zwrócono w nim uwagę na konieczność właściwego szkolenia personelu obsługującego robot, na celowość wprowadzenia zabezpieczeń realizowanych drogą programową i układową oraz zalecono szereg rozwiązań szczegółowych w zakresie stopu awaryjnego, procedur programowania itp. Obecnie prace nad tą tematyką prowadzi Brytyjski Urząd Normalizacyjny, który powołał zespół specjalistów dla opracowania stosowanych dokumentów.

Poza Wielką Brytanią również inne kraje europejskie prowadziły i prowadzą działalność normalizacyjną w zakresie bezpieczeństwa pracy. Pierwsze projekty norm opracowane zostały w Republice Federalnej Niemiec w 1980r. /projekt VDI/, a następnie w NRD - norma MGL [2] i w ZSRR [3] .

Dwa poważne wypadki w przemyśle japońskim znacznie przyspieszyły prace w tym zakresie; w ich wyniku opublikowano w 1983r. normę z zakresu bezpieczeństwa robotów [4] . Obecnie przygotowywane są podobne normy we Francji i Stanach Zjednoczonych.

Interesujące jest, że Szwecja i Włochy mimo, że są znaczącymi producentami robotów nie przygotowują specjalnych dokumentów z zakresu bezpieczeństwa. W Szwecji opracowano jedynie bardzo dokładną analizę wypadków z robotami mogącą być podstawą różnorodnych prac z zakresu bezpieczeństwa.

Również organizacje międzynarodowe podjęły prace w tym zakresie. Własne opracowanie przygotowuje specjalna komisja ISO, IEC, EEC /EWG/, RWPG. Zaawansowane są prace nad dokumentami ISO [5] /będzie on omówiony w następnym rozdziale/ oraz RWPG [6].

Projekt normy RWPG nr 17.027.13-86 pod nazwą "Bezpieczeństwo pracy. Roboty przemysłowe. Ogólne wymagania bezpieczeństwa" jest obecnie opiniowany i mimo pewnych ewidentnych braków może być podstawą dalszych prac.

Podstawową wadą normy RWPG jest brak części wstępnej definiującej użyte terminy. Wiele sformułowań jest z tego względu nieprecyzyjnych lub wręcz niejasnych. Norma nie uwzględnia lub nie precyzuje szeregu wymagań, powszechnie przyjmowanych przez inne normy lub w praktyce przemysłowej. Dotyczy to wymagań działania stopu awaryjnego, sposobu zatrzymania stanowiska w przypadku obniżenia zasilania, właściwego i pewnego odizolowania stanowiska zrobotyzowanego od otaczających maszyn i dróg transportowych. Norma RWPG zbyt szeroko traktuje wymagania bezpieczeństwa robota w stosunku do wszelkich możliwych zagrożeń środowiskowych; z dotychczasowej praktyki przemysłowej wiadomo, że na każdym konkretnym stanowisku pracy występują tylko niektóre zagrożenia i robot powinien być odporny na ich działanie. Dodatkowo należy omawianą normę uzupełnić o zalecenia dotyczące konstrukcji podzespołów mechanicznych i elektronicznych pod względem bezpieczeństwa i pewność pracy, wymagania dotyczące dokumentacji dostarczanej przez producenta, zalecenia instalacyjne.

Wszystkie wymienione normy lub ich projekty mają na celu określenie wymagań dotyczących ochrony człowieka obsługującego robota. Wiele z nich zawiera rozbudowaną część wstępną zawierającą klasyfikacje niebezpieczeństw oraz ich źródeł, zalecenia dotyczące budowy robotów i podzespołów, wymagań dotyczących sposobu programowania i innych.

Publikacją pod wieloma względami najpełniejszą jest projekt normy ISO [9]. Oparty jest na propozycji japońskiej, a więc kraju o największej liczbie zastosowanych robotów przemysłowych i największym doświadczeniu w ich użytkowaniu. Z tych względów stan normalizacji w dziedzinie bezpieczeństwa stosowania robotów przemysłowych przedstawiony zostanie na przykładzie tego dokumentu.

Norma składa się z rozdziałów poświęconych określeniu jej zakresu, rodzajach niebezpieczeństw, konstrukcji robota, instalacji, zabezpieczeniom stanowiska pracy, użytkowaniu, szkoleniu personelu. Norma obejmuje wszystkie istotne fazy tworzenia bezpiecznego robota przemysłowego, od projektowania do instalacji i użytkowania. Na szczególną uwagę zasługuje dość dokładne przedstawienie wpływu konstrukcji podzespołów robota na uzyskiwane bezpieczeństwo obsługi oraz zwrócenie uwagi na takie sprawy jak szkolenie personelu i zawartość dokumentacji dla użytkownika. W pierwszych rozdziałach norma definiuje zagrożenia jakie stwarza robot i ich źródło. Za zagrożenia uznano zarówno nieprzewidziane jak i zaprogramowane ruchy robota. Strefa zagrożeń obejmuje całą przestrzeń jaką może osiągnąć narzędzie, w którą wyposażony jest robot.

Zagrożenie może wystąpić zarówno w czasie normalnej pracy jak i obsługi serwisowej czy instalacji. Źródłem zagrożenia są wszelkie awarie robota, błędy układu sterowania, pomyłki operatora, a także źródła zmagazynowanej energii i inne czynniki środowiskowe występujące w miejscu pracy robota.

Jest rzeczą oczywistą, że bezpieczeństwo użytkowania robota jest w istotnej części określone na etapie projektowania.

Z tego względu istotne i korzystne jest opracowanie zaleceń dotyczących konstrukcji robota. Tego typu zalecenia zawiera przedstawiona norma w rozdziale trzecim. Zalecenia te dotyczą mechanicznej konstrukcji części wykonawczej oraz układu sterowania.

Jeśli chodzi o konstrukcję mechaniczną zaleca się zwrócenie uwagi na usunięcie części wystających oraz ostrych krawędzi, ograniczenie zakresu ruchów, osłonięcie części ruchomych, blokowanie ruchów w sytuacjach awaryjnych. Wymagania dotyczące układu sterowania dotyczą przede wszystkim niezawodności pracy i łatwości obsługi. Wysoki stopień niezawodności pracy uzyskuje się przez zastosowanie podzespołów wysokiej jakości, wyposażenie układu w obwody rezerwowe, zapewnienie niezawodności oprogramowania oraz wykrywania sytuacji awaryjnych. Pod pojęciem łatwości obsługi należy rozumieć łatwość identyfikacji i rozpoznawania znaczenia przycisków i elementów sygnalizacji. prostotę metody programowania, łatwość ręcznego operowania robotem. Układ sterowania powinien zapewniać ponadto stosowne zabezpieczenia /np. ograniczenie prędkości/ przy pracy ręcznej oraz zawierać obwody kontroli i zabezpieczeń. Dalsze wymagania konstrukcyjne przedstawione w normie dotyczą układów zasilających. Powinny one odpowiadać ogólnym wymaganiom ISO oraz IEC pod względem bezpieczeństwa, odporności na zakłócenia, odporności na zmiany parametrów źródła energii.

Układ zasilania powinien być wyposażony w elementy wyłączające w razie awarii, powinny one zapewniać pełne wyłączenie zasilania, nie powinny załączać się automatycznie lub przez drgania i wibracje itp.

Norma uznaje, że dokumentacja przeznaczona dla klienta jest również istotnym składnikiem zapewniającym bezpieczeństwo użytkownika robota. Oprócz powszechnie zamieszczonych informacji dokumentacja ta powinna zawierać wymagania dotyczące osłon i zabezpieczeń stanowiska pracy, dokładny opis obsługi zerowej, wymagania dotyczące środowiska pracy, opis obsługi serwisowej zasady instalowania i uruchamiania.

Kolejny rozdział normy zawiera wymagania dotyczące instalacji robota. Wymagania dotyczą zarówno przygotowania środowiska pracy robota pod względem zapewnienia właściwych warunków pracy jak i sposobu i przebiegu montażu robota, podłączenia zasilania, zabezpieczenia przestrzeni roboczej przed wejściem człowieka. Dodatkowe wymagania dotyczą stanowisk z wieloma robotami.

Rozdział 5 przedstawionej normy poświęcony jest metodom i urządzeniom mającym na celu zapewnienie bezpieczeństwa użytkownika robota.

11

Urządzeniami takimi są bariery, siatki, szyny, blokady. Mają one na celu uniemożliwić wstęp człowiekowi do przestrzeni roboczej oraz/lub spowodować zatrzymanie pracy lub zwolnienie ruchów robota w razie wejścia człowieka w obszar pracy robota. Oprócz zapór mogą i powinny być użyte czujniki fotoelektryczne, pneumatyczne i inne, a także urządzenia ostrzegające.

Bezpieczeństwo użytkowania robota powinno być również zapewnione w czasie programowania robota. W trakcie programowania operator jest narażony na niebezpieczeństwo ze względu na przebywanie w przestrzeni roboczej i ze względu na możliwość popełnienia błędu w trakcie uczenia robota. Z tego względu należy przewidzieć specjalne zabezpieczenia aktywne w czasie programowania. Są to zarówno wymogi, aby tej czynności dokonywał wyszkolony personel, aby poprzedzona była dokładną wizualną kontrolą robota i stanowiska, a także aby robot pracował ze zmniejszoną prędkością aby nie reagował na sygnały inne niż od operatora, aby praca wszelkich urządzeń towarzyszących odbywała się pod kontrolą operatora. Ostatnią fazą programowania jest kontrola uruchomienia programu w celu jego sprawdzenia. Odbywać się to powinno również pod kontrolą operatora, ze względu na to, że może on przebywać w przestrzeni roboczej. W trakcie sprawdzenia programu należy również sprawdzić działanie zabezpieczeń stopu awaryjnego itp. Podobne wymagania jak przy programowaniu obowiązują również przy pracach konserwacyjnych. Norma zaleca, aby w trakcie takich prac obecny był drugi operator przy pulpicie sterowniczym układu sterowania. Zadaniem jego jest szybka realizacja np. włączenie stopu awaryjnego w przypadku zagrożenia pracownika przeprowadzającego przegląd.

Ostatni rozdział normy poświęcony jest szkoleniu personelu. Zawiera on wymaganie pełnego szkolenia każdego pracownika, który ma styczność z robotem. Szkolenie takie powinno obejmować zarówno informacje o konstrukcji i użytkowaniu robota jak i pełną wiedzę w zakresie bezpieczeństwa użytkowania.

6. Podsumowanie

Zagadnienie zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania jest przedmiotem rosnącej ilości prac różnorodnych gremiów i organizacji i zyskuje coraz większe znaczenie w ramach robotyki. Powstały lub przygotowywane są różnorodne normy i zalecenia mające na celu ułatwić osiągnięcie wysokiego bezpieczeństwa użytkowania robotów. Bezpieczeństwo to rozumiane jest przede wszystkim jako chronienie człowieka obsługującego robota od wszelkich możliwych niebezpieczeństw jakie mogą powstać przy pracy robota, ale także jako wzajemne bezpieczeństwo robota i urządzeń współpracujących oraz zabezpieczenie robota przed szkodliwymi wpływami środowiska w jakim pracuje. Przedstawione powyżej dokumenty wskazują, że do zagadnienia zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania robotów włączane są różnorodne dziedziny robotyki. Bezpieczeństwo nie polega na prostym odizolowaniu robota od otaczającego środowiska fabrycznego, lecz powstaje ono również w fazie konstruowania, programowania czy szkolenia personelu. To spostrzeżenie nasuwające się na wstępnym rozpoznaniu literaturowym tematu wydaje się najistotniejsze.

7. Spis literatury

1. Barrett R.J.: Robot Safety and the Law; w pracy
Robot Safety, IFS /Publications/ Ltd, 1985
2. Norma TGL 30267/01, 1982. Roboty przemysłowe dla
obrabiaerek. Definicje. Wymagania. Poziomy bezpieczeństwa.
3. Norma GOST-SSBT, 1982. Roboty przemysłowe. Zrobotyzowane
instalacje i stanowiska pracy.
4. Norma JIS.B 8433-1983. Ogólne wymagania bezpieczeństwa
robotów przemysłowych.
5. Norma /projekt/ ISO/TC 184/SC 2/WG 3 listopad 1984.
Norma bezpieczeństwa robotów przemysłowych.
6. Norma /projekt/ RWPG nr 17.027.13-86. Lipiec 1986.
Bezpieczeństwo pracy. Roboty przemysłowe. Ogólne
wymagania bezpieczeństwa.
7. Machine Tool Trade Association 1982. Safeguarding
Industrial Robots. Part 1: Basic Principles.
8. Volmer J. Industrieroboter VEB Verlag Technik
Berlin 1981.