

442
PRZEMYSIOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02 486 Warszawa

Telefon 23 70 81

Zespół Zastosowań Robotów Przemysłowych ZZR

Główny wykonawca: mgr inż. Zbigniew Rudnicki

Wykonawcy: mgr inż. Małgorzata Bielecka
mgr inż. Maciej Oleksiuk

Konsultant: mgr inż. Tadeusz Walasek, Thomson-Polkolor
prof.inż. Tadeusz Sołtyk, PIAP

Nr zlecenia: S 1457

Opracowanie wstępnej koncepcji pozycjonowania
elementu osiowo-symetrycznego o 6 stopniach
swobody przy automatycznym montażu.

Zleceniodawca:
Komitet Badań Naukowych
ul. Wspólna 1/3, 00 529 Warszawa

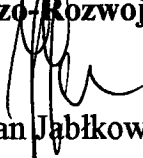
Pracę rozpoczęto dnia: 94.01.01

zakończono dnia: 94.04.30

Kierownik Zespołu


mgr inż. Maciej Oleksiuk

**Z-ca Dyrektora
d/s Badawczo-Rozwojowych**


dr inż. Jan Jabłkowski

Praca zawiera:

stron: 28
rysunków: 11
fotografii
tabel
tablic
załączników: 5

Rozdzielnik - ilość egz.

Egz. 1 BOINTE
Egz. 2 ZZR
Egz. 3
Egz. 4
Egz. 5
Egz. 6

Nr. rejestr. 7077

Spis treści

| | | |
|--------|---|---------|
| 1. | Wstęp |3 |
| 2. | Krótką charakterystyka typowego stanowiska YAM, wykorzystywanego obecnie w Zakładach Thomson-Polkolor. |3 |
| 3. | Opis procesu strojenia lampy kineskopowej na stanowisku YAM, (stan obecny). |5 |
| 4. | Zautomatyzowane stanowisko testowania lamp kineskopowych firmy MECC Co. Ltd.; |7 |
| 5. | Zestawienie wymagań (i oczekiwań) związanych z automatyzacją działania stanowiska YAM w Zakładach Thomson-Polkolor; |9 |
| 5.1. | Zestawienie podstawowych zadań, do spełnienia przez automatyczne stanowisko YAM |9 |
| 6. | Przegląd koncepcji rozwiązań zautomatyzowanego stanowiska YAM. |10 |
| 6.1. | Opis koncepcji działania i obsługi zautomatyzowanego stanowiska YAM. |10 |
| 6.2. | Opis koncepcji budowy zautomatyzowanego stanowiska YAM. |12 |
| 6.2.1. | Wariant z obrotowym transportem paletek (rys..2 i 3). |12 |
| 6.2.2. | Wariant z liniowym transportem paletek (rys. 4). |18 |
| 6.3. | Koncepcja budowy paletki transportowej lampy. |19 |
| 6.3.1. | Podstawa paletki. |19 |
| 6.3.2. | Uchylny uchwyt lampy. |20 |
| 6.3.3. | Gniazdo przyłącza kablowego paletki. |21 |
| 6.3.4. | Wsporniki przewodu anodowego i przewodu cewki. |23 |
| 6.4. | Opis wariantów koncepcji budowy przyrządu do chwytania i regulacji położenia cewki odchylającej względem kineskopu, dla potrzeb zautomatyzowanego stanowiska YAM. |23 |
| 6.4.1. | Wariant "robot ARIA-Delta" |25 |
| 6.4.2. | Wariant "robot Tricept" |25 |
| 6.4.3. | Wariant "robot Multicraft" |26 |
| 6.4.4. | Wariant bezpośredni I |26 |
| 6.4.5. | Wariant bezpośredni II |27 |
| 7. | Zakończenie |28 |
| Zał.1. | Typy lamp kineskopowych, produkowanych przez Zakłady Thomson-Polkolor. | |
| Zał.2. | Cewka odchylająca z wkretami ustalającymi. | |
| Zał.3. | "Day of the Tripod" - informacja o robocie ARIA-Delta | |
| Zał.4. | Robot Tricept | |
| Zał.5. | Robot Multicraft MC560 | |

1. Wstęp

W Zakładach Thomson-Polkolor pracuje wiele stanowisk do ręcznego strojenia lamp kineskopowych, tzw. YAM. Rozważamy możliwość zaoferowania temu przedsiębiorstwu rozwiązania zagadnienia zautomatyzowania tego procesu.

Z wstępnego rozeznania zagadnienia wiadomo już, że kluczowym dla tego zagadnienia będzie zrealizowanie automatycznego układu regulacji przestrzennego położenia cewki odchylającej na szyjce kineskopu w uzależnieniu od obserwowanego na ekranie obrazu kontrolnego. Z kolei w tym układzie, głównym problemem będzie opracowanie i wykonanie urządzenia do uchwycenia i swobodnego manipulowania przestrzennego cewką odchylającą.

Ponieważ problem zautomatyzowania pracy stanowiska YAM jest złożony, o splatających się wymaganiach z różnych dziedzin, uważamy za konieczne jest wprowadzenie się w zagadnienie strojenia lamp na stanowisku YAM oraz opracowanie zestawienia wstępnych informacji i założeń wyjściowych dla zautomatyzowanego stanowiska tak, by było ono możliwe w realizacji, a zarazem w znacznym stopniu spełniało oczekiwania przyszłego użytkownika.

Zagadnieniem pozycjonowania regulacyjnego o sześciu stopniach swobody dla elementu osiowo-symetrycznego, jakim jest cewka odchylająca, zajmować się będziemy w ramach rozważania kolejnych problemów, związanych z zagadnieniem automatyzacji całego stanowiska.

Całość postawionego tutaj zadania automatyzacyjnego jest dość nietypowa i trudno było znaleźć informacje i opisy zrealizowanych już rozwiązań zbliżonych problemów.

Poniżej zamieszczono:

- opis typowego stanowiska YAM, wykorzystywanego obecnie przy strojeniu lamp kineskopowych w Thomson-Polkolor, wraz z pewnymi uwagami nt. tej technologii;
- opis części mechanicznej zautomatyzowanego stanowiska testowania lamp kineskopowych japońskiej firmy MECC Co. Ltd.;
- zestawienie wymagań (i oczekiwań) związanych z działaniem zautomatyzowanego stanowiska YAM w Zakładach Thomson-Polkolor;
- wstępną koncepcję rozwiązania zautomatyzowanego stanowiska strojenia lamp kineskopowych YAM wraz z koncepcjami rozwiązania problemu pozycjonowania, z możliwością regulacji, w sześciu stopniach swobody, położenia cewki odchylającej na kineskopie.

2. Krótka charakterystyka typowego stanowiska YAM, wykorzystywanego obecnie w Zakładach Thomson-Polkolor.

W Zakładach Thomson-Polkolor wykorzystywane jest obecnie kilka rodzajów stanowisk YAM, o bardzo zbliżonej konstrukcji i różniących się między sobą, z punktu widzenia swojej budowy mechanicznej, przede wszystkim wymiarami oraz gniazdem kineskopu i uchwytem cewki odchylającej, dostosowanymi do typu strojonej lampy. Poszczególne stanowiska YAM przystosowane są bowiem

do strojenia określonego, jednego tylko typu lampy kineskopowej, wyposażonej w określony typ cewki odchylającej.

Zależnie od rozwiązania, stanowiska YAM zapewniają obecnie, przy procesie prowadzonym szeregowo, wydajność ok. 45 lub 90 dobrych lamp, ustawianych w ciągu godziny,

Stanowiska YAM ustawione są w dwóch rzędach wzdłuż przenośnika zawieszkowego typu półkowego, którym dosyłane są surowe lampy. Każde stanowisko jest ustawiane indywidualnie i orientowanie względem linii pola magnetycznego ziemskiego, gdyż tylko właściwe położenie lampy kineskopowej względem linii tego pola gwarantuje odpowiednio wysoką jakość zestrojenia lampy.

Stanowisko YAM ma kształt prostopadłościanu o wymiarach (szer./głęb./wys.) ok. 900x1300x2000mm. Można w nim wyróżnić pięć zasadniczych części:

- podstawę,
- gniazdo - uchwyt lampy kineskopowej,
- zespół uchwyty cewki wraz z mechanizmami ustawczymi,
- pulpit operacyjny stanowiska oraz
- przyłącza elektryczne.

Obudowana część dolna stanowi podstawę stanowiska, a zarazem mieści w sobie całą aparaturę elektryczną i elektroniczną, niezbędną dla prawidłowego działania YAM. Na tej podstawie umieszczone pozostałe części stanowiska. Dla zapewnienia dogodnego dostępu do gniazda lampy kineskopowej, wszystkie stanowiska YAM obsługiwane są z podestu, uniesionego ok. 350mm nad poziom podłogi, na której ustawiono YAM-y.

Gniazdo - uchwyt lampy kineskopowej wymaga załadowania lampy od przodu stanowiska, szyjką do przodu (ekranem na zewnątrz) i po obróceniu lampy tak, że jej oś jest w położeniu poziomym, zaś miejsce przyłączenia anody znajduje się u góry. Gniazdo jest przystosowane do dokładnego pozycjonowania lampy na uszach jej opaski antyimplozyjnej. Do zamocowania lampy, po jej ułożeniu w gnieździe, służą cztery ręczne zaciski szybkococujące, chwytające za naroża ekranu i dociskające lampę do bazy gniazda. Tylne ścianki umieszczonego w uchwycie kineskopu jest osłona, z uformowaną w niej specjalną cewką do demagnesowania lampy.

Z tyłu, za gniazdem lampy, znajduje się zespół uchwyty cewki odchylającej wraz z mechanizmami ustawczymi. Złożona budowa tego zespołu wynika z wielu funkcji, jakie ma on do spełnienia w stanowisku. Przede wszystkim musi on jednoznacznie uchwycić cewkę odchylającą. Ponieważ cewka ta, nasadzona już na szyjkę lampy kineskopowej we wcześniejszej fazie montażu, znajduje się w dość dowolnej (obrotowo) pozycji, do zadań obsługi należy właściwe wstępne ułożenie cewki w uchwycie, a następnie unieruchomienie jej w nim przy pomocy obrotowego zacisku dźwigniowego. W ten sposób cewka jest pewnie i jednoznacznie ustawiona w stanowisku i przygotowana do niewielkiego przemieszczania względem lampy kineskopowej w ramach procesu regulacji lampy. Uchwyty cewki są dwu- i trzyszczękowe, zależnie od rodzaju cewki i sposobu jej wstępnego unieruchamiania względem kineskopu. Uchwyty

dwuszczkowe stosowane są dla cewek osadzanych przy pomocy klinów, zaś trzyszczkowe - dla cewek, których położenie ustalane jest przy pomocy wkrętów specjalnych. W tym ostatnim przypadku, w uchwycie cewki osadzone są trzy wkrętaki elektryczne ze sprzęgłem przeciążeniowym, dla wykręcenia i dociskania do kineskopu wkrętów ustalających. Dzięki kształtowemu ustalaniu położenia cewki w uchwycie, osadzone wstępnie w jej oprawie wkręty ustawiają się współliniowo z wkrętakami.

Bardzo ważne zadanie stoi przed mechanizmami ustawczymi, umożliwiającymi regulację położenia rzeczywistej osi działania cewki odchylającej względem osi kineskopu. Mechanizmy te pozwalają na przesuwanie cewki wzdłuż osi Z kineskopu (patrz rys. 1), na obrót cewki wokół tej osi oraz na jej pionowe i poziome odchylenia (w kierunkach krawędzi ekranu). Ręczne pokrętła tych mechanizmów ustawczych znajdują się na pulpicy operacyjnym, z przodu stanowiska YAM. W konstrukcji tej zastosowano dokładne napędy śrubowe, w wykonaniu bezluzowym, ze specjalnie dobieranymi parami śrubą-nakrętka. Rozwiązania konstrukcyjne mechanizmów odchylenia zapewniają obracanie się cewki względem osi w płaszczyźnie opaski zaciskowej, która po zaciśnięciu ustala położenie cewki na szyjce kineskopu. Wkręt, ściągający tę opaskę, dokręcany jest ręcznie przez operatora wkrętakiem elektrycznym, w trakcie strojenia lampy. Wkrętak ten nie jest wbudowany ani w uchwyt cewki ani w uchwyt lampy, a ze stanowiskiem połączony jest jedynie przewodem zasilającym.

Z przodu stanowiska, w miejscu dogodnym dla obsługi, znajduje się pulpit operacyjny. Poza wspomnianymi wyżej pokrętłami mechanizmów ustawczych, na pulpicy tym znajdują się przyciski, służące do wywoływania kolejnych obrazów kontrolnych i testów, a przez to umożliwiające obsłudze strojenie lampy i obserwowanie skutków zmiany położenia cewki odchylającej względem lampy kineskopowej.

Dla przeprowadzenia strojenia lampy, poza jej mechanicznym zamocowaniem w stanowisku, konieczne jest również podłączenie do niej odpowiednich zasilających elektrycznych, sterowań oraz przewodów sygnalizacyjnych. W każdym stanowisku YAM przewidziano w tym celu odpowiedni zestaw przewodów zakończonych wtyczkami, które pracownik łączy ręcznie z odpowiednimi gniazdami cewki odchylającej i lampy kineskopowej. Wyjątkiem jest jedynie podłączanie przewodu do anody lampy kineskopowej, które w kilku stanowiskach YAM odbywa się samoczynnie podczas wstawiania lampy do jej uchwytu (odpowiednia końcówka przewodu, ślizgając się po powierzchni kineskopu, sama trafia na otwór anody). W pozostałych stanowiskach jest to wykonywane ręcznie przez operatora.

3. Opis procesu strojenia lampy kineskopowej na stanowisku YAM, (stan obecny).

Proces strojenia każdej lampy kineskopowej w Zakładach Lamp Kineskopowych Thomson-Polkolor realizowany jest ręcznie, na jednym z wielu stanowisk YAM. Program produkcyjny fabryki obejmuje wykonywanie kilku

typów lamp kineskopowych (zał. 1), wyposażonych w cewki odchylające ustalone na stożku kineskopu klinami lub specjalnymi wkrętami z tworzywa sztucznego.

Surowe lampy dosyłane są do stanowisk YAM przenośnikiem zawieszkowym typu półkowego, ułożone na półkach ekranem do dołu. Na przenośniku tym znajdują się lampy odkładane zupełnie dowolnie, bez zachowania jakiegokolwiek uporządkowania wg typów. Na szyjce każdej lampy założona jest już jej cewka odchylająca. W oprawy tych cewek które tego wymagają, wkręcone są odpowiednie wkręty, do wykorzystania przy ustalaniu cewki na stożku kineskopu w procesie strojenia lampy. Już na tym etapie, ruch poosiowy cewki ograniczony jest samoprzylepną taśmą z materiału magnetycznego, owiniętą dookoła szyjki lampy.

Lampy, przez całą drogę na przenośniku podłączone są do zasilania, dzięki czemu skrócony zostaje czas wygrzewania lampy na stanowisku YAM, niezbędny do doprowadzenia jej parametrów do wartości roboczych, wymaganych przed rozpoczęciem strojenia.

Każde stanowisko YAM obsługiwane jest przez jednego pracownika. Pracownik ten, po wybraniu sobie na przenośniku wejściowym lampy kineskopowej, odpowiedniej dla obsługiwanego przez siebie stanowiska, odłącza ją od zasilania, zabiera z przenośnika i umieszcza w gnieździe swojego stanowiska YAM. Po zamocowaniu lampy w gnieździe, od przodu stanowiska, pracownik przechodzi do tylnej jego części, gdzie najpierw wstawia cewkę odchylającą do jej uchwytu, odpowiednio ją w niej pozycjonując i mocując zaciskiem dźwigniowym, a następnie zakłada przyłącza kablowe na odpowiednie gniazda lampy i cewki odchylającej, co kończy etap instalowania lampy w stanowisku.

Rozpoczyna się etap strojenia lampy. Proces ten odbywa się szeregowo, operacja za operacją, z możliwością powtarzania niektórych z nich, w zależności od potrzeby. W jego ramach operator kolejno, zgodnie z wymaganiami procedury procesu technologicznego, inicjuje przyciskami na pulpicie operacyjnym kolejne fazy działania stanowiska.

Pierwszą fazą procesu na stanowisku YAM jest przygotowanie lampy do procesu strojenia, rozpoczynające się od sprawdzenia poświaty, a następnie wznowienia grzania lampy oraz aktywacji cewki demagnesującej kineskop. Czas trwania tej fazy wynosi ok. 20 sek.

Po zakończeniu tych operacji, gdy parametry lampy osiągnęły wymagane wartości pracy, rozpoczyna się proces strojenia lampy, a jego pierwszym zadaniem jest wykonanie ogniskowania cewki, czyli ustalenie odległości cewki od ekranu (ruch liniowy po osi Z i obroty wokół tej osi). Operator kręci odpowiednimi pokrętłami nastawczymi, obserwując jednocześnie wielkości plamki świetlnej wyświetlanej na ekranie. W ten sposób obracając i odsuwając, bądź przysuwając cewkę do ekranu, ustawia odpowiednią wielkość plamki świetlnej na ekranie. Proces ten powtarzany jest kilkakrotnie, kolejno dla trzech podstawowych kolorów. Po ustaleniu ostatecznego, optymalnego dla wszystkich kolorów położenia cewki, operator ponownie udaje się za stanowisko YAM, by ręcznym wkrętkiem elektrycznym dociągnąć wkręt opaski zaciskowej. Od tej chwili cewka nie może się już przesuwać po szyjce kineskopu.

Kolejny etap strojenia wymaga dobrania odpowiednich kątów odchylenia cewki od osi (już bez jej przesuwania). Podobnie jak poprzednio, odbywa się to

przez pokręcanie przez operatora elementami nastawczymi z pulpitu, z jednoczesną obserwacją obrazów kontrolnych na ekranie tak, jak są one przywoływane przyciskami z pulpitu. W trakcie procesu strojenia lampy, zostaje namagnesowana taśma z materiału magnetycznego, naklejona na szyjce kineskopu za cewką.

Po ustaleniu właściwego położenia cewki, operator uruchamia wkrętaki elektryczne, które wkręcają wkręty ustawcze, dociskając je do kineskopu i ustalając w ten sposób położenie cewki względem lampy. Dla cewek, wymagających ustalenia ich położenia na kineskopie przy pomocy klinów, operator, po raz kolejny przechodzi za stanowisko i ręcznie wsuwa kliny pod cewkę. W obu przypadkach, równomierność siły dociśnięcia elementów ustawczych ma zasadnicze znaczenie dla jakości ostatecznego nastrojenia lampy.

Następnie, niezależnie od sposobu ustalania położenia cewki na kineskopie, operator otwiera uchwyt trzymający cewkę podczas procesu regulacji (operacja ręczna, wykonywana z tyłu stanowiska). Po otworzeniu uchwytu i zwolnieniu z niego cewki, jej pozycja na kineskopie nie powinna się zmienić. Dla potwierdzenia tego, przeprowadza się ponowną degaussację lampy, a następnie pełny test sprawdzający prawidłowość strojenia i ustawienia cewki na kineskopie. Tak jak poprzednio podczas strojenia, tak i teraz kolejne obrazy kontrolne i wysterowania plamki na ekranie lampy wywoływane są przez operatora przyciskami z pulpitu.

Negatywny wynik tego testu wymaga powtórzenia całej procedury strojenia lampy.

Natomiast, gdy wynik testu jest pozytywny, operator usuwa podłączenia kablowe lampy, otwiera szybkomocujące zaciski ręczne, trzymające lampę w gnieździe, wyjmując lampę i odkłada ją na zawieszkowy transporter wyjściowy.

Cykl strojenia jest zakończony i stanowisko jest już gotowe do strojenia następnej lampy.

4. Zautomatyzowane stanowisko testowania lamp kineskopowych firmy MECC Co. Ltd.;

W ramach zapoznawania się z problemem i poszukiwaniem możliwych rozwiązań, natknęliśmy się na ofertę japońskiej firmy MECC Co. Ltd., specjalizującej się m.in. w produkcji aparatury dla potrzeb przemysłu elektronicznego. Jednym z urządzeń, oferowanych przez tego producenta, jest stanowisko Serii A-CTS do automatycznego testowania lamp kineskopowych. Ponieważ pewne rozwiązania, zastosowane w tym stanowisku, mogłyby zostać wykorzystane również w stanowisku do automatycznego strojenia lamp dla potrzeb Zakładów Thomson-Polkolor, podajemy krótką charakterystykę tego urządzenia.

Uniwersalne stanowisko A-CTS jest przeznaczone dla sześciu typów lamp, zapewniając ich samoczynne ustawienie w położeniu roboczym, podłączenie odpowiednich zasilających i obwodów kontrolno-sygnałowych oraz automatyczne przeprowadzenie testów z rejestracją otrzymanych wyników. Odpowiednie informacje wstępne mogą być zadawane przyciskami z pulpitu operacyjnego lub

bezpośrednio, ze współpracującego ze stanowiskiem komputera klasy PC. Dla naszych potrzeb istotny jest opis części mechanicznej tego stanowiska.

Jego podstawa ma podobne zadanie do opisanej wyżej postawy stanowiska YAM - jest obudową i konstrukcją nośną dla sterownika mikroprocesorowego (zarządzającego pracą stanowiska) oraz szeregu zasilaczy, wzmacniaczy, stabilizatorów, generatorów itp. sprzętu, niezbędnego do przeprowadzania testów lamp. Przy zbliżonych wymiarach poprzecznych, podstawa ta jest znacznie niższa od tej w YAM.

Na podstawie znajdują się:

- uchylny uchwyt lampy kineskopowej;
- głowica rewolwerowa cewek odchylających;
- głowica rewolwerowa wtyków lampowych;
- ramię wtyku anodowego;
- panel programowania;
- panel operacyjny z monitorem i dużym blokiem przycisków podświetlanych.

Dla przeprowadzenia testów, lampa kineskopowa odkładana jest ekranem do dołu na odchylony do poziomu i znajdujący się na dogodnej wysokości uchwyt uchylny stanowiska. Rozpoczyna to test automatyczny. Po zamocowaniu lampy przez dociśnięcie jej od tyłu zaciskami do gniazda w uchwycie, podnosi się on i wraz z lampą ustawia się pionowo, w pozycji roboczej. Równocześnie obracają się obie głowice rewolwerowe, ustawiając w położeniu roboczym cewkę i wtyk lampowy, odpowiednio dla wstawionej lampy. Z kolei następuje załączenie wtyku anodowego oraz nasunięcie cewki odchylającej na szyjkę kineskopu i załączenie lampy. Powyższe czynności realizowane są odpowiednio przez ramię wtyku anodowego i przemieszczające się liniowo głowice rewolwerowe. W ten sposób lampa i stanowisko przygotowane zostają mechanicznie do wypełnienia testów. Po zakończeniu programu testów, opisane wyżej czynności wykonywane są w odwrotnej kolejności tak, że na zakończenie lampa leży ponownie ekranem w dół, odblokowana i na wysokości dogodnej do odbioru, gotowa do zabrania i odłożenia do palety bądź na transporter wyjściowy.

Ruchy, położenia i prędkości przemieszczania się wszystkich elementów ruchomych stanowiska, związanych z przyjęciem i podłączeniem lampy, są programowane indywidualnie dla każdego typu lampy przy pomocy panelu programowania. Dzięki temu, dla każdej lampy można zaprogramować położenie końcowe wtyku anodowego (programowane są ruchy przód - tył oraz góra - dół ramienia manipulującego wtykiem), wybrać odpowiednią cewkę odchylającą i gniazdo wtykowe (obroty wielopozycyjnych głowic rewolwerowych) oraz ich położenie względem kineskopu, zależnie od długości jego szyjki (przesunięcie liniowe głowic, z możliwością zatrzymania w dowolnym miejscu).

Panel programowania wykonany jest jako lekkie, przenośne urządzenie ręczne z przyciskami sterującymi, połączone kablowo ze stanowiskiem.

Wydaje się, iż charakter prowadzonych na tym stanowisku testów i ew. czynności regulacyjnych nie wymaga przestrzennych manipulacji cewką

odchylającą i stąd każda z typowych cewek może zostać umieszczona na stałe w swoim gnieździe w głowicy rewolwerowej, do wielokrotnego wykorzystywania.

Pulpit operacyjny, zamocowany jest obrotowo na pionowej osi wsporczej, przez co może być ustawiony w położeniu najdogodniejszym dla operatora.

5. Zestawienie wymagań (i oczekiwań) związanych z automatyzacją działania stanowiska YAM w Zakładach Thomson-Polkolor;

Na podstawie rozmów, przeprowadzonych z technologami zakładowymi, oraz analizy przebiegu procesu ręcznego strojenia lamp na stanowiskach YAM, można zestawić wstępną listę wymagań i oczekiwań, związanych z automatyzacją tego procesu, czyli automatyzacją stanowisk YAM.

W poniższym zestawieniu pominięto zagadnienia związane bezpośrednio z programem testów i sterowaniem przebiegiem strojenia, skupiając się przede wszystkim na zagadnieniach związanych z rozwiązaniami mechanicznymi i organizacją pracy stanowiska. Przyjęto bowiem, iż układ mikroprocesorowego sterowania przebiegiem strojenia, działający w oparciu o obrazowe sprzężenie zwrotne otrzymywane z systemu wizyjnego obserwującego sytuację na ekranie badanej lampy, zostanie zakupiony w specjalistycznej firmie wraz z odpowiednim sprzętem i oprogramowaniem.

Wywołanie programu strojenia/testowania lampy, odpowiedniego dla danej lampy, realizowane będzie w trybie półautomatycznym, z automatycznym układem identyfikacji typu lampy nadsyłanej przENOŚNIKIEM oraz wyborem zestawu i konfiguracji testów, ustalanego przez program komputerowy. Wybór ten można uzupełnić, zmienić lub całkowicie zastąpić zestawem testów wybranych wg uznania operatora przyciskami ręcznymi z pulpitu operacyjnego stanowiska, zarówno dla przypadków typowych jak i dla wymagań specjalnych.

5.1. Zestawienie podstawowych zadań, do spełnienia przez automatyczne stanowisko YAM

- Zapewnienie wydajności stanowiska: ok. 200 lamp/godz (18" takt roboczy stanowiska).
- Uniwersalność stosowania do strojenia kilku (2 ÷ 4) typów lamp.
- Uniwersalność stosowania dla cewek odchylających o kilku typowych impedancjach oraz z różnymi sposobami ustalania na kineskopie: przy pomocy 3 lub 4 wkrętów z tworzywa, specjalnych kołków karbowanych, wyciskanych z opraw cewki oraz klinów (co jest tylko metodą pożądaną, a nie zalecaną).
- Półautomatyczny system załadunku/rozładunku lamp.
- Automatyzacja przygotowania parametrów wyjściowych lampy wraz z potwierdzeniem jej gotowości do strojenia.
- Automatyzacja strojenia lampy, wraz z ustalaniem ogniskowania i położenia cewki odchylającej na szyjce kineskopu oraz zaciśnięciem kołnierza cewki i zamocowaniem cewki na kineskopie albo wkrętami albo kołkami (zależnie od typu cewki); automatyczne mocowanie klinami jest pożądaną, w miarę możliwości.

- Automatyczny odczyt indywidualnych oznaczeń lampy (ekranu) i cewki odchylającej, wykonanych kodem paskowym.
- Jeden zbiorczy system zbierania danych i sterowania stanowiskiem.
- Możliwość przeprowadzenia testu sprawdzającego poprawność nastrojenia lampy w trybie półautomatycznym, w którym obrazy wizyjne na ekranie kontrolowane są przez operatora.
- Możliwość powtórzenia procesu strojenia lampy, bez konieczności jej wyjmowania z urządzenia.

6. Przegląd koncepcji rozwiązań zautomatyzowanego stanowiska YAM.

6.1. Opis koncepcji działania i obsługi zautomatyzowanego stanowiska YAM.

- * Typ nowej lampy kineskopowej, nadsyłanej na przenośniku podwieszonym do strojenia na stanowisku YAM jest identyfikowany przez automatyczny system, zdalnie i bezdotykowo odczytujący oznaczenie lampy, zakodowane kodem paskowym.
- * Stanowisko YAM przygotowuje się do przyjęcia nowej lampy:
 - na pozycji wejściowej podstawią się paletka transportowa lampy, pusta lub przygotowana do rozładowania po poprzednim cyklu;
 - bazy pozycjonujące uchwytu lampy ustawiają się do wymiaru rozstawienia uszu typu lampy rozpoznanej na przenośniku;
 - uchylny uchwyt lampy kineskopowej w paletce otwiera się i ustawia poziomo;
- * Pracownik obsługujący stanowisko zabiera lampę z przenośnika, po uprzednim odłączeniu jej od zasilania, przenosi ją do stanowiska YAM i układa w otwartym uchwycie, po czym zgrubnie ustala położenie cewki odchylającej, obracając ją wokół szyjki kineskopu i ustawiając jej łączówkę w kierunku ku sobie. Przy przenoszeniu, lampa nie zmienia swojego położenia, tzn. cały czas jest w pozycji ekranem do dołu.

Uwaga 1: Zależnie od rozwiązania sposobu automatycznego chwytania cewki przez uchwyt przyrządu manipulującego na pozycji strojenia, podczas załadunku lampy, cewka odchylająca może być wstępnie osadzana ręcznie przez operatora w pomocniczym uchwycie ustalającym.

Uwaga 2: Zależnie od rozwiązania sposobu automatycznego chwytania cewki przez uchwyt przyrządu manipulującego na pozycji strojenia, operator na tym etapie może ręcznie załączać wtyk przewodu zasilającego cewkę.

- * Po tych czynnościach, pracownik przyciskiem START na pulpicie operacyjnym stanowiska potwierdza ich zakończenie, a zarazem inicjuje cykl strojenia lampy. Od tej chwili pracownik ten jest wolny i może zająć się innymi czynnościami (np. rozładunkiem sąsiedniego stanowiska YAM).
- * Sygnał START z pulpitu operacyjnego powoduje rozpoczęcie automatycznego cyklu strojenia lampy;
 - w pierwszej fazie tego cyklu, z lampą cały czas na pierwszej pozycji stanowiska, następuje:
 - odczytanie, wykonanego kodem paskowym, indywidualnego oznaczenia ułożonej w uchwycie lampy i ew. weryfikacja jej typu;
 - samoczynne zamocowanie lampy w uchwycie;

- podniesienie się i ustawienie do pionu uchylnego uchwyty lampy kineskopowej;
- ew. wznowienie podgrzewania lampy.
- * Gdy upłynie czas trwania taktu stanowiska, następuje odłączenie lampy od zasilania i wymiana paletki transportowych na pierwszej, wejściowej pozycji stanowiska YAM; paletka transportowa z zamocowaną w niej lampą zostaje przemieszczona na drugą pozycję, a jej miejsce zajmuje inna, opróżniona paletka, pusta lub z gotową lampą po zakończonym cyklu strojenia.
- * Druga pozycja stanowiska YAM jest przeznaczona dla przeprowadzenia sprawdzenia poświaty i dokończenia procesu doprowadzania parametrów lampy do wartości roboczych, wymaganych przez proces strojenia (przede wszystkim kontynuacja programowanego podgrzewania lampy) oraz przeprowadzenia demagnesacji (degausacji) lampy. Wymaga to:
 - ustawienia w pozycji roboczej osłony z cewką demagnesującą, właściwej dla danej lampy;
 - nasunięcie na lampę, na czas trwania cyklu, cewki demagnesującej, z jednoczesnym podłączeniem lampy do odpowiednich zasilania i obwodów sygnałowych;
- * Na trzeciej pozycji stanowiska, po kolejnej wymianie paletki, realizowany jest proces strojenia lampy. Proces ten rozpoczyna się od ponownego podłączenia zasilania lampy i anody. Ponadto, specjalny przyrząd chwytający, dokładnie pozycjonuje i unieruchamia w sobie cewkę odchylającą, przy czym podłączane są do niej niezbędne przewody zasilająco-sygnałowe. Na tej pozycji, ekran kineskopu obserwowany jest przez system wizyjnego sprzężenia zwrotnego. Układ sterowania stanowiskiem YAM kolejno uruchamia programy strojenia poszczególnych parametrów lampy kineskopowej. Zgodnie z wymaganiami tych programów, na ekranie lampy ukazują się różne obrazy kontrolne oraz plamka świetlna wiązki, wysterowanej przez cewkę odchylającą. Sytuację na ekranie obserwuje system wizyjnego sprzężenia zwrotnego, a na tej podstawie generowane są odpowiednie sygnały ustawcze do mechanizmów regulacyjnego przemieszczania cewki. Ponadto, w odpowiednich chwilach, również na polecenie układu sterowania, uruchamiane zostają automatycznie:
 - klucz obrotowy, dociągający wkręt opaski zaciskowej, przez co cewka zostaje unieruchomiona na szyjce kineskopu, oraz
 - klucze obrotowe lub siłowniki, utrwalające wkrętami lub kołkami położenie tej cewki względem stożka kineskopu.
 Po zakończeniu strojenia, rejestrowane jest oznaczenie cewki odchylającej, odłączane są wszystkie zasilania od lampy i cewki, otwiera się przyrząd trzymający cewkę podczas regulacji. Następuje kolejna wymiana paletki.
- * Na czwartej pozycji stanowiska wykonywany jest test poprawności automatycznego nastrojenia lampy, który musi być poprzedzony ponownym demagnesowaniem lampy. W tym celu:
 - w pozycji roboczej ustawiana jest odpowiednia osłona z cewką demagnesującą, właściwą dla danej lampy;
 - cewka demagnesująca nasuwana jest na lampę, z jednoczesnym podłączeniem lampy do odpowiednich zasilania i obwodów sygnałowych; Kineskop i cewka zostają ponownie podłączone do odpowiednich zasilania, ale

ekran obserwowany już jest przez operatora, odpowiadającego za jakość wykonanego strojenia. Zasadniczo, test ten uruchamiany jest przez operatora przyciskiem z pulpitu operacyjnego i prowadzony jest automatycznie, jednak na życzenie operatora, pewne elementy tego testu mogą być powtarzane lub też do standardowego programu testu mogą być dodawane procedury dodatkowe. Na podstawie obserwowanych wyników testu, jak też jego poszczególnych procedur, operator kwalifikuje lampę jako dobrą lub złą do ponownej regulacji lub jako brak.

- * Ostatnia, piąta pozycja służy do rozładowania paletki transportowej. Na pozycji tej uchwyt z lampą kineskopową odchyła się i ustawia poziomo, po czym następuje samoczynne odblokowanie lampy tak, że może być ona zabrana i odłożona na przenośnik wyjściowy. Zależnie od rezerwy czasowej oraz rozwiązania stanowiska, funkcje tej pozycji może przejąć pozycja czwarta lub pozycja pierwsza. W przypadku zakwalifikowania lampy do powtórnej regulacji, uchwyt lampy nie odchyła się ani nie otwiera, a cała załadowana paletka transportowa włącza się ponownie do obiegu regulacyjnego od pierwszej pozycji.

Ze względu na koszt i skomplikowaną budowę urządzeń regulacyjnych, cały proces strojenia lampy powinien być wykonany na jednej pozycji, zaś czas jego trwania, wyznaczający czas taktu roboczego całego stanowiska, nie powinien przekroczyć podanego na początku. Po upływie tego czasu następuje wymiana paetek transportowych na wszystkich pozycjach. Możliwe jest jednak dopuszczenie rozdzielania wykonania tego zadania na dwie pozycje, o ile jest to uzasadnione czasowo i konstrukcyjnie.

6.2. Opis koncepcji budowy zautomatyzowanego stanowiska YAM.

6.2.1. Wariant z obrotowym transportem paetek (rys. 2. i 3.).

Dzięki temu, że pewne etapy tego procesu mogą być wykonywane równolegle na kolejnych lampach, na kilku pozycjach roboczych stanowiska YAM, rozwiązanie to umożliwia efektywne skrócenie czasu strojenia pojedynczej lampy. Ze względów funkcjonalnych przyjęto cztery takie pozycje robocze, jednak nic nie stoi na przeszkodzie, by ilość tych pozycji zwiększyć, o ile zajdzie uzasadniona potrzeba.

Jak wynika z powyższej koncepcji, w warunkach pełnego obciążenia, w stanowisku znajdować się może jednocześnie 4 lampy. Ze względu na problem splatania się kabli, w omawianym wariantcie zrezygnowano z jednorazowego podłączenia wszystkich przewodów zasilająco-sygnałowych do lampy i cewki, zastępując to nieco bardziej czas- i materiałochłonnym, lecz pewniejszym w działaniu wielokrotnym ich podłączaniem i odłączaniem na każdej pozycji.

Jest to pewną niedogodnością, gdyż konieczność załączania i rozłączania wtyków kablowych na każdej pozycji pociąga za sobą wymaganie dokładnego pozycjonowania paetek po każdym zatrzymaniu. Wyeliminowanie tej niedogodności byłoby możliwe, gdyby zdecydowano się na stałe okablowanie wszystkich paetek w "klatce", co wymagałoby tylko jednorazowego podłączenia lampy podczas załadunku, na czas aż do odłączenia jej przy wyładunku. Niezbędne jednak przy takim wariantcie byłoby rozwiązanie przekazywania

zasilania i sygnałów pomiędzy paletkami a układem sterowania stanowiska poprzez zamontowany na osi obrotu "klatki" zespół pierścieni ślizgowych ze szczotkami.

W proponowanym rozwiązaniu, paletki są podwieszane w "klatce", obracającej się dookoła osi poziomej i równoległej do osi kineskopu, zaś ilość paetek jest równa ilości pozycji roboczych stanowiska. Dzięki proponowanemu rozwiązaniu lampy, przy przejściu z pozycji strojenia do pozycji kontroli, nie zmieniają swojego położenia względem linii pola magnetycznego ziemskiego, co eliminuje wpływ zmiany pozycji na wynik kontroli.

Na pozycji 1 następuje zakończenie cyklu strojenia przez wyjęcie gotowej lampy z jej gniazda na paletce transportowej oraz rozpoczęcie kolejnego cyklu przez załadunek nowej lampy na paletkę. Pomocnicza pozycja 2 służy do przygotowywania lampy do zasadniczego procesu strojenia, tzn. przeprowadzana tam jest sprawdzenie poświaty, demagnesacja lampy oraz jej podgrzanie do wymaganej temperatury roboczej. Zasadniczy proces strojenia przeprowadzany jest na pozycji 3. Lampa opuszcza tę pozycję już z cewką odchylającą prawidłowo ustawioną i ustaloną w wymaganej pozycji. Wizualna kontrola zestrojenia lampy następuje na pozycji 4, po czym paletka dosyłana jest do pozycji wyjściowej 1, do rozładowania.

Pozycje 1 i 4 są obsługiwane bezpośrednio przez ludzi. Z tego powodu lampy muszą się na nich znajdować na odpowiedniej wysokości. Otworzony uchwyt paletki, gotowy do przyjęcia nowej lampy, powinien znajdować się na wysokości ok. 750mm (rys.2), co umożliwi wygodny załadunek, bez konieczności specjalnego unoszenia czy opuszczania lampy. Z kolei środek ekranu kontrolowanej lampy na pozycji 4 powinien znajdować się na wysokości ok. $1000 \div 1200$ mm (przy kontroli prowadzonej przez operatora w pozycji siedzącej) lub $1500 \div 1700$ mm (dla osoby stojącej). Wymaganą różnicę poziomów można uzyskać albo przez zastosowanie podestów (rys.3) albo innego rozstawienia kąтового pozycji "klatki" (rys.2).

Jak to widać z powyższej charakterystyki, zadania przypisane pozycjom 2 i 3 stanowiska nie wymagają ciągłej obsługi ręcznej, dzięki czemu nic nie stoi na przeszkodzie, by były one umieszczone wyżej, poza zasięgiem pracownika.

Na każdej pozycji lampa kineskopowa musi być podłączona do układu zasilania i kontrolno-sterującego. Dla uniknięcia splatania się przewodów, spowodowanych dookólnym przemieszczaniem się paetek przyjęto, iż na każdej pozycji będzie następowało każdorazowe podłączanie, a następnie odłączanie lampy (paetki) do tych układów.

Ponieważ "klatka" zapewnia tylko transport i jedynie zgrubne ustawienie paetek na pozycjach, konieczne jest lokalne pozycjonowanie paetek na każdej pozycji. Nie tylko ułatwi to współdziałanie każdej paetki z urządzeniami znajdującymi się na danej pozycji, ale rozwiązanie takie umożliwi także czasowe odseparowanie się od systemu transportowego. Tym samym wyeliminowany zostanie np. wpływ drgań, jakie mogą powstawać podczas rozładunku/załadunku paetki na poz.1, na jakość ustawienia cewki względem lampy na pozycji 3.

Jak już wspomniano, na każdej pozycji stanowiska znajdują się jakieś urządzenia, współpracujące z paetką i lampą kineskopową.

Urządzenia do pozycjonowania paletki znajdują się na każdej pozycji. Zaczynają one działać natychmiast po zatrzymaniu się głównego napędu "klatki", dokładnie ustalając położenia paletki względem pozostałych urządzeń danej pozycji i sprzęgając je z nimi.

Pozycja nr 1.

Na pozycji tej znajdują się następujące urządzenia, przeznaczone do:

- manipulowania wtykiem przyłącza anodowego;
- manipulowania wtykiem przyłącza cokołu lampy oraz
- czytnik kodu oznaczenia lampy kineskopowej.

Ponadto, w zależności od rozwiązania paletki transportowej, mogą się tu również znajdować mechanizmy:

- otwierania i zamykania uchylnego uchwytu lampy kineskopowej oraz
- blokowania i odblokowania lampy w tym uchwycie.

Oba manipulatory wtyków uruchamiają się bezpośrednio po wypozycjonowaniu paletki.

Liniowy manipulator cokołu lampy wysuwa się na odległość odpowiednią dla danego typu lampy, chwytając za wtyk przewodu cokołowego i razem z nim wycofuje się na pozycję wyjściową. O ile będzie istniała taka potrzeba, manipulator ten może być wyposażony w obrotową głowicę dla ew. zmiany i dopasowania typu przyłącza przewodu cokołowego paletki do rodzaju cokołu lampy.

Równocześnie pracuje ramię manipulatora wtyku anodowego. Jego dwudzielna budowa umożliwia programowanie wielkości ruchów w poziomie i w pionie. Najpierw ramię to pochyla się, chwytając wtyk cewki i odkłada go na wspornik. Następnie przemieszcza się po przyłączy anodowe, chwytając je i razem z nim wycofuje się do położenia wyjściowego, co kończy odłączanie lampy od przewodów elektrycznych.

Zakończenie czynności odłączania przewodów elektrycznych inicjuje procedurę odblokowania lampy. Następuje więc otworzenie uchylnego uchwytu lampy kineskopowej, obracanie się go aż do położenia poziomego i ustawienia kineskopu szybką do góry. Po zakończeniu tego ruchu, otwierają się zaciski blokujące i lampa jest gotowa do zabrania.

Po ułożeniu nowej lampy w uchwycie, znajdujący się na tej pozycji czytnik kodu oznaczenia lampy kineskopowej ostatecznie potwierdza typ lampy dla systemu sterowania stanowiska YAM.

Po załadowaniu nowej lampy do pustego uchwytu, opisany wyżej cykl powtarza się, ale w odwrotnej kolejności: najpierw zamykają się zaciski lampy, potem uchwyt unosi się do położenia pionowego, a ramię podłącza wtyk anodowy (wtyk cewki pozostaje na swoim wsporniku). Cykl ten kończy wysunięcie się manipulatora liniowego, połączenie cokołu lampy z wtykiem przewodu cokołowego paletki i wycofanie się manipulatorów na pozycje wyjściowe. W efekcie tych działań, w uchwycie jest zamocowana nowa lampa, ustawiona poziomo i podłączona wtykami do obwodów paletki. Dzięki temu, na następnych pozycjach wszelkie podłączenia zewnętrzne doprowadzane są już tylko do gniazda paletki.

O ile na pozycji tej ma się już rozpocząć podgrzewanie lampy, musi się na niej znajdować jeszcze dodatkowy manipulator liniowy, dla podłączenia odpowiedniego zasilania do gniazda paletki.

Niezbędne parametry ruchu manipulatorów (oraz ew. wybór ustawienia typu gniazda cokołowego) zadawane są automatycznie z układu sterowania stanowiska, na podstawie identyfikacji typu nadesłanej lampy.

Na zakończenie, paletka jest zwalniana przez układ pozycjonujący, a gotowość do zmiany pozycji zostaje zasygnalizowana do sterownika stanowiska.

Uwaga: Automatyzacja czynności chwytania cewki odchylającej, z powodu jej złożonego kształtu i dość dowolnego położenia na szyjce kineskopu, może nastęrczać dużych kłopotów na pozycji strojenia i być źródłem zwiększenia się awaryjności działania stanowiska. Aby poprawić warunki automatycznego chwytania na poz.3, być może warto będzie wprowadzić pomocniczy uchwyt, w którym cewka byłaby osadzana ręcznie podczas załadunku lampy na poz.1. Uchwyt ten pozwalałby na dobre zorientowanie cewki, zarówno w płaszczyźnie X - Y (prostopadłej do osi szyjki) jak i w obrocie wokół tej osi. Ponadto, operator na tej pozycji mógłby ręcznie załączać wtyk przewodu zasilającego cewkę, co pozwoliłoby wyeliminować dodatkowy manipulator wtyku, przewidywany na poz.3.

Pozycja nr 2.

Na tej pozycji znajdują się:

- manipulator podstawiający osłonę z cewką do demagnesowania, odpowiednią dla danego typu lampy;
- manipulator ze stałym wtykiem do załączania obwodu podgrzewania lampy;
- czujnik (kamera video) do sprawdzania poświaty.

Odpowiednia cewka ustawiana jest za \uparrow wczasu w położeniu wyjściowym. Wypozycjonowanie paletki na tej pozycji powoduje uruchomienie ruchu liniowego obu manipulatorów, które odpowiednio ustawią cewkę demagnesującą w położeniu roboczym i załączą zasilanie do gniazda paletki.

Przebieg testu poświaty oraz programowego podgrzewania lampy na tym stanowisku nadzorowane są przez układ sterowania całego stanowiska. Po zakończeniu zadań, manipulatory odsuwają się do położenia spoczynkowego (odłącza się wtyk gniazda paletki i zdejmowana jest cewka demagnesująca) po czym układ pozycjonujący zwalnia paletkę i zostaje zasygnalizowana gotowość do zmiany pozycji.

Pozycja nr 3.

Na pozycji tej znajdują się następujące urządzenia, przeznaczone do:

- załączenia obwodów zasilających i sygnałowych paletki;
- uchwycenia cewki odchylającej;
- manipulowania wtykiem przyłącza cewki odchylającej;
- dociągania wkrętu opaski zaciskowej cewki;
- unieruchomienia cewki na kineskopie;
- odczytania kodu oznaczenia cewki odchylającej;
- wizyjnego sprzężenia zwrotnego.

Liniowy manipulator ze stałym wtykiem do załączenia obwodów paletki jest taki sam jak poprzednio. Jest on uruchamiany sygnałem zakończenia pozycjonowania paletki na tej pozycji.

Bezpośrednio po nim wysuwa się suport z przyrządem do uchwycenia i regulacji położenia cewki. Długość skoku roboczego tego wysunięcia zadawana jest przez układ sterowania, w zależności od typu lampy znajdującej się na paletce. Cewka odchylająca, przed jej uchwyceniem kształtowym za kołnier, jest centrowana, obracana i dociskana w uchwycie. (Być może, w wyniku prac projektowych, zajdzie potrzeba zrealizowania na paletce transportowej pomocniczego uchwytu, wstępnie pozycjonującego cewkę.)

Tę fazę przygotowań instalacji do przeprowadzenia zasadniczego strojenia lampy, kończy podłączenie wtyku przewodu sygnałowo-zasilającego do gniazda cewki, wykonywane przez dwuramienny manipulator, podobny do stosowanego na pozycji 1 do podłączania wtyku anodowego. Po założeniu wtyku, manipulator ten wycofuje się i nie jest już więcej wykorzystywany w danym cyklu. (Manipulator ten może zostać wyeliminowany, o ile załączanie wtyku cewki wykonywane będzie ręcznie przez operatora, podczas załadunku lampy na paletkę.)

Na suporcie uchwytu cewki umieszczony jest klucz obrotowy, ze sprzęgłem przeciążeniowym i z własnym napędem posuwisto-zwrotnym, do dociągania wkrętu opaski zaciskowej, unieruchamiającej cewkę na szyjce kineskopu po zakończeniu procesu ogniskowania. Klucz ten, dla ułatwienia sprzęgnięcia z łbem wkręta, zakończony jest końcówką z gniazdem sześciokątnym i o niewielkiej samonastawności.

Na uchwycie cewki znajdują się trzy klucze obrotowe ze sprzęgłami przeciążeniowymi do wykręcania i dociskania z odpowiednią siłą wkrętów plastikowych, służących do ostatecznego ustalania położenia cewki odchylającej względem kineskopu. W wersji z kołkami ustawczymi, klucze te mogą być zastąpione siłownikami do wciskania tych kołków.

Wszystkie te klucze, po spełnieniu zadania, wycofują się samoczynnie do położenia wyjściowego

Zadaniem znajdującego się również na tej pozycji czytnika kodu oznaczenia cewki odchylającej jest przede wszystkim identyfikacja oznaczenia tej cewki i przesłanie odpowiedniej informacji do układu sterowania dla połączenia w raportach już na stałe, w jeden zespół tej cewki z daną lampą.

Na tej pozycji, z przodu stanowiska, przed ekranem zamocowane są kamery wizyjnego sprzężenia zwrotnego. W zależności od wybranego systemu, może to być jedna kamera (system japoński), obserwująca cały ekran i przeznaczona dla wszystkich testów, bądź też może to być zestaw pięciu kamer (system włoski), obserwujących centrum i poszczególne ćwiartki ekranu. Sygnały ustawcze, wypracowane przez układ wizyjnego sprzężenia zwrotnego oraz odpowiednie algorytmy układu sterowania, za pośrednictwem mechanizmów nastawczych uchwytu cewki, powodują automatyczne manipulacje cewką podczas procesu strojenia lampy.

Po zakończeniu strojenia, otwiera się uchwyt cewki, po czym suport z przyrządem regulacyjnym wycofuje się do położenia spoczynkowego, a układ pozycjonujący zwalnia paletkę i zostaje zasygnalizowana gotowość do zmiany pozycji.

Pozycja nr 4.

Jest to pozycja podobna do poz.2, różniąc się od niej tylko brakiem zbędnego tu czujnika do sprawdzania poświaty oraz ilością zasilających i sygnałowych, doprowadzonych do gniazda paletki.

Analogicznie, jak na tamtej pozycji przeprowadzane jest podłączenie paletki i demagnesacja lampy. Po podłączeniu, można rozpoczynać testy wizualne, sprawdzające jakość wykonanego strojenia lampy. Testy odbywają się pod ścisłą kontrolą operatora, który je inicjuje, ma wpływ na ich przebieg i program oraz cały czas obserwuje ekran, gdyż to on odpowiada za ostateczną kwalifikację lampy.

Po zakończeniu testowania lampy przez operatora, na jego sygnał manipulatory odłączają wtyk i odsuwają się do położenia spoczynkowego, po czym układ pozycjonujący zwalnia paletkę i zostaje zasygnalizowana gotowość do zmiany pozycji.

W stanowisku wykorzystywanych jest wiele elementów ruchomych, o ruchach liniowych lub obrotowych. Proponuje się rozwiązanie wszystkich napędów (także liniowych) z wykorzystaniem elektrycznych silników krokowych, pracujących bezpośrednio lub z przekładniami z paskiem zębatym. Tego rodzaju napędy są predysponowane do tworzenia nieskomplikowanych układów programowanej regulacji położenia, są lekkie i niewielkie gabarytowo oraz wygodne do bezpośredniego sterowania i programowania z wykorzystaniem PLC, a przy tym zapewniają dostateczną dla tego zastosowania dokładność działania.

Mniej wygodną alternatywą dla tej propozycji byłoby stworzenie mieszanego układu pneumo-elektrycznego, z wykorzystaniem pneumatycznych siłowników liniowych i obrotowych oraz pneumatycznych osi liniowych. Tego rodzaju rozwiązanie, mniej dogodne ze względów mechanicznych, instalacyjnych (okablowanie pneumatyczne) i BHP (hałas), będzie nie do uniknięcia w sytuacji, w której obecność i praca silników elektrycznych w stanowisku będzie miała ujemny wpływ na proces i wyniki strojenia lamp. Nawet jednak w takim przypadku, napęd główny obrotu "klatki" realizowany byłby z wykorzystaniem elektrycznego silnika krokowego.

Podsumowując, opisane powyżej rozwiązanie ma następujące zalety, istotne ze względów użytkowych i lokalizacyjnych:

- zachowanie niezmienności położenia lampy względem linii pola magnetycznego, co ma specjalne znaczenie zwłaszcza przy ocenie wyników strojenia;
- relatywnie krótki czas przemieszczania paletek pomiędzy pozycjami;
- względnie mała powierzchnia instalacyjna, dzięki rozbudowaniu stanowiska wzwyż;
- dobra dostępność do urządzeń stanowiska, np. dla potrzeb serwisowo-konserwacyjnych.

6.2.2. Wariant z liniowym transportem paletek (rys. 4).

Funkcjonalnie jest to rozwiązanie bardzo zbliżone do poprzedniego i posiadające większość jego zalet. Zasadniczą różnicą jest proponowany tu sposób liniowego, nieco bardziej od poprzedniego złożonego i rozbudowanego transportu do wymiany paletek na pozycjach.

Do zalet tego rozwiązania należy możliwość łatwiejszego ewentualnego rozdzielenia pewnych zadań w procesie właściwego strojenia lamp pomiędzy dwie kolejne pozycje stanowiska (a tym samym skrócenie czasu trwania taktu roboczego) bez konieczności rozłączania przyrządu ustawczego cewki. Wystarczyłoby w tym celu zdwojenie układu wizyjnego (w całości bądź we fragmentach) oraz wykonanie dwóch przyrządów ustawczych cewki wraz z nieco bardziej rozbudowanym układem przemieszczania tych przyrządów. Przy takim rozwiązaniu nie zachodziłaby obawa o możliwe splątanie się kabli związanych z tymi przyrządami.

Inną zaletą takiego rozwiązania byłoby wyeliminowanie konieczności wykonania dość dużej i wymagającej dokładnej obróbki "klatki" do transportu paletek i zastąpienie jej modułowymi elementami transportu liniowego.

Ponadto, rozbudowanie koncepcji tak pomyślanego stanowiska YAM może doprowadzić do stworzenia automatycznej linii strojenia lamp kineskopowych, być może wydajniejszej i bardziej opłacalnej od zespołu kilku osobnych, automatycznych stanowisk YAM. Liniowe rozwinięcie odpowiednio wyposażonych stanowiska roboczych, w połączeniu z właściwą gospodarką i rozdziałem paletek transportowych, mogłoby uprościć zarówno budowę zarówno paletek jak i poszczególnych stanowisk, prowadząc do większej ich specjalizacji. ✓

Przyjęcie takiego rozwiązania transportu eliminuje jednak możliwość odejścia od koncepcji każdorazowego podłączania i rozłączania gniazda paletki na każdej pozycji.

6.3. Koncepcja budowy paletki transportowej lampy.

Jest to specjalizowane urządzenie, przystosowane do zamocowania w nim lampy kineskopowej i przemieszczania jej pomiędzy pozycjami technologicznymi stanowiska w całym procesie strojenia.

Zależnie od przyjętej koncepcji wykonania samego stanowiska strojenia YAM, paletka może być wykonana albo w formie gondoli, podwieszanej w obracającej się "klatce", albo w formie dopasowanej do transportu liniowego w pionie i w poziomie, przy pomocy wind i przenośników.

Niezależnie od przyjętego rozwiązania, konstrukcja zarówno całego stanowiska YAM jak i paletki transportowej musi gwarantować zachowanie przez lampę odpowiedniej pozycji roboczej podczas całego procesu strojenia lampy. W pozycji tej, oś wzdłużna lampy ma być pozioma, ekran skierowany do przodu, tj. do operatora, zaś otwór przyłącza anodowego na balonie lampy - ku górze.

Także niezależnie od ostatecznego rozwiązania stanowiska, w konstrukcji paletki powinno się wyróżnić kilka następujących podzespołów funkcjonalnych:

- podstawa;
- uchylny uchwyt lampy;
- gniazdo przyłącza kablowego paletki;
- wspornik wtyczki przewodu anodowego oraz
- wspornik wtyczki przewodu cewki oraz, ewentualnie
- pomocniczy uchwyt do wstępnego pozycjonowania cewki.

6.3.1. Podstawa paletki.

Zasadniczym zadaniem podstawy paletki jest stworzenie bazy dla umieszczenia na niej pozostałych podzespołów. Zależnie od rozwiązania całości stanowiska YAM, podstawa ta w formie gondoli może mieć podwieszenie u góry (dla wersji transportu w stanowisku z "klatką" obrotową), lub mieć urządzenia do współpracy z bieżniami i odpowiednie zaczepy dla transporterów i ew. dla wind (w przypadku przyjęcia rozwiązania YAM z liniowym przemieszczaniem paetek).

Ponadto, również w uzależnieniu od przyjętego ostatecznie rozwiązania całego stanowiska, paletki mogą być wyposażone w gniazda lub innego rodzaju bazy pozycjonujące dla dokładnego ustawienia na każdej lub tylko na wybranych pozycjach technologicznych (przede wszystkim na pozycji właściwego strojenia).

Niezależnie jednak od przyjętego ostatecznie rozwiązania YAM, należy zapewnić odpowiednią separację paletki na pozycjach strojenia oraz kontroli wizualnej tak, aby była ona tam posadowiona bardzo pewnie i jednoznacznie, z jednoczesną eliminacją wpływu wszelkich drgań, jakie mogłyby powstawać na innych pozycjach stanowiska, zwłaszcza podczas załadunku/rozładunku. Powyższe względy należy uwzględnić przede wszystkim przy opracowaniu sposobu zawieszenia/sprzężenia transportowego paletki oraz jej pozycjonowania na pozycji.

O ile pojawią się kłopoty w takim rozwiązaniu automatycznego uchwytu cewki na pozycji 3 stanowiska, który nie gwarantowałby właściwego i pewnego, a zarazem bezawaryjnego zamocowania cewki, konieczne będzie umieszczenie

na podstawie paletki pomocniczego uchwytu do wstępnego pozycjonowania cewki. Pożądane byłoby, gdyby ten uchwyt pomocniczy:

- samoczynnie ustawiał się w odpowiedniej odległości od ekranu na pozycji 1, przy załadunku;
- odsuwał się do bezkolizyjnego położenia po zamocowaniu cewki w uchwycie zasadniczym na pozycji 3 oraz
- odsuwał się do innego bezkolizyjnego położenia umożliwiającego rozładunek paletki na pozycji 1.

6.3.2. Uchylny uchwyt lampy.

Z przodu podstawy paletki należy umieścić zespół przeznaczony do dokładnego i pewnego uchwycenia lampy i jednoznacznego ustawienia jej na paletce.

Położenie lampy w uchwycie powinno być ustalone z wykorzystaniem uszu opaski antyimplozyjnej.

Przyrząd ustawczy lampy powinien być uniwersalny, tzn. powinien zapewniać możliwość zamocowania w nim każdego typu z kineskopów, dopuszczonych do stosowania w stanowisku YAM. Z tego powodu proponuje się, by cokoły baz pozycjonujących, wraz z urządzeniami mocującymi, były zamocowane ruchliwie, na precyzyjnych napędach śrubowych z silnikami krokowymi, z centrowaniem wg środka ekranu. Bezpośrednio przed załadowaniem i w oparciu o informację o typie nadsyłanej lampy, silniki te rozsuwałyby bazy, ustawiając ich rozstawienie odpowiednio dla danej lampy.

Powierzchnie bazowe powinny być przystosowane do pozycjonowania lampy od przodu, od strony ekranu. Ponadto, każdy cokół, poza fragmentem do bazowania, powinien być wyposażony w sprzęgnięty z nim uniwersalny zacisk samoblokujący się, dostosowany do dociskania od tyłu naroży lamp wszystkich typów.

Zalecane jest takie rozwiązanie napędów dla zacisków, aby możliwe było ich równoczesne zadziałanie na wszystkich narożach, na sygnał z przycisku pedałowego lub z przycisku ręcznego, uruchamianego przez operatora po załadowaniu lampy. Preferowane jest zastosowanie w tym celu napędów elektrycznych, zaś pneumatycznych w dalszej kolejności. Dla obniżenia kosztów stanowiska, dopuszczalne jest zastosowanie zacisków zamykanych ręcznie.

Dla zapewnienia poprawności działania zespołu pozycjonująco-mocującego lampę na paletce, konieczne jest wbudowanie weń zestawu czujników, sygnalizujących:

- pozycję ustawienia baz;
- obecność lampy w bazach;
- zbiorczo obie pozycje zespołu zacisków (otwarty/zamknięty)

Połączenie tych czujników w odpowiednie zespoły, w ramach układu autodiagnostyki stanowiska, zapewni jego prawidłowe działanie w tym zakresie. Jako czujniki mogą tu być zastosowane bezdotykowe czujniki zbliżeniowe indukcyjne, świetlne oraz pojemnościowe.

Dla ułatwienia pracy obsługi, uchwyt lampy powinien odchyłać się i na czas załadunku i rozładunku paletek być w położeniu poziomym, na wysokości ok. 750mm nad poziomem podłogi lub podestu.

Mechanizm odchyłania/zamykania uchwyty można przewidzieć na każdej paletce lub też może on być jedynie na pierwszej pozycji, do obsługi każdej paletki. Niezależnie od przyjętego rozwiązania, uchwyt po odchyleniu lub stanowisko zakładania lamp powinno być wyposażone w odpowiednie zabezpieczenia mechaniczne, uniemożliwiające upadek i uszkodzenie lampy w razie pomyłki operatora bądź systemu przy próbie wstawienia małej lampy w otwór uchwyty, z bazami rozstawionymi dla lampy dużej (sygnalizację takiej pomyłki zapewnia czytnik kodu oznaczenia lampy kineskopowej, znajdujący się w odpowiednim miejscu na pozycji 1 stanowiska). Ponadto, konieczne jest zapewnienie blokady roboczego (pionowego) ustawienia uchwyty w czasie całego cyklu po załadowaniu aż do rozładunku. Byłoby wskazane, gdyby mechaniczne odblokowanie tego zabezpieczenia było możliwe jedynie na pozycji 1.

Mechanizm odchyłania/zamykania uchwyty powinien działać płynnie, z możliwie jak najlepszym tłumieniem szarpnięć, wstrząsów itp. zjawisk, które mogłyby przenosić się na konstrukcję całego stanowiska i mieć ujemny wpływ na procesy zachodzące na innych jego pozycjach.

Preferencje napędów - takie jak wymieniono powyżej.

Oczywiście, położenie uchwyty powinno być sygnalizowane, podobnie jak w przypadku ustawienia baz.

6.3.3. Gniazdo przyłącza kablowego paletki.

Każda lampa ma dwa gniazda, do których trzeba dołączyć odpowiednie wtyki kabli zasilających i sygnałowych. Są to cokolwiek na zakończeniu szyjki lampy i gniazdo anodowe na skośnej ścianie balonu, za ekranem. Ponadto, dla przeprowadzenia strojenia lampy, konieczne jest podłączenie się do gniazda cewki odchyłającej.

Najłatwiejsze do lokalizacji w przestrzeni jest pierwsze z tych gniazd, zawsze bowiem znajduje się ono w osi lampy i w zależności od typu zmienia się tylko jeden wymiar jego położenia - odległość od powierzchni bazowych lampy.

Położenie drugiego z tych gniazd charakteryzuje się już zmiennością dwóch wymiarów względem środka ekranu. Dlatego zaproponowano zastosowanie dwuramiennego manipulatora, w którym oba te wymiary byłyby programowane indywidualnie dla każdego typu lampy.

Jeszcze mniej dokładnie określone jest położenie trzeciego ze wspomnianych gniazd. Można tu jednak założyć, że po uchwyceniu cewki odchyłającej przez uchwyt przyrządu na pozycji strojenia (pozycja 3), można zażądać automatycznego już ustawienia tej cewki w jakimś dogodnym położeniu wyjściowym, charakterystycznym dla każdego typu cewki. Osiągnięty więc zostanie w ten sposób stan analogiczny do przedstawionego już w związku z podłączaniem wtyku anodowego.

Dla uproszczenia podłączenia lampy i cewki na kolejnych pozycjach stanowiska, proponuje się zastosowanie pomocniczego, stałego okablowania paletki trzema przewodami, zakończonymi z jednej strony wtykiem, odpowiednim do podłączenia do gniazda anodowego lampy, cokołu bądź do gniazda cewki. Przewody te doprowadzone byłyby do gniazda paletki, umieszczonego na stałe na jej podstawie. Na każdej pozycji stanowiska, następowałoby załączenie wtyku gniazda paletki przez odpowiedni manipulator

liniowy, który dosuwałby się zawsze na stałą odległość, niezależną od typu przenoszonej lampy. Przy tym ruch wtykania/podłączania gniazda paletki mógłby być sprzężony z działaniem mechanizmu blokowania i pozycjonowania paletki na pozycji roboczej.

Wolne końce obu kabli zawsze, przez cały czas trwania procesu jak również w czasie przerw produkcyjnych, znajdowałyby się w określonym miejscu, łatwym do identyfikacji przez system sterowania stanowiska.

Gdy na pozycję 1 dosyłana zostaje paletka z poleceniem rozładowania, lampa ma jeszcze podłączone do siebie wtyki cokołu, cewki i anody. Odłączenie tych wtyków, od razu na początku procesu rozładowania paletki, będzie zadaniem manipulatorów liniowego i dwuramiennego, pracujących na tej pozycji.

Układ sterowania stanowiska, znając typ lampy, wyśle najpierw oba te manipulatory w określone miejsca po wtyki. Manipulator liniowy wysunie się na odpowiednią odległość, uchwyci wtyk cokołu i wycofa się z nim do położenia neutralnego. Manipulator dwuramienny natomiast zostanie najpierw wysłany po wtyk cewki. Położenie tego wtyku może być określone jedynie w przybliżeniu z tego powodu, że położenie każdej cewki jest dobierane indywidualnie dla każdej lampy w procesie jej strojenia. Dlatego chwytak tego manipulatora powinien być dość podatny i "przemiatą" całą przestrzeń, w której może znajdować się wtyk. Można też przewidzieć pewną adaptowalność pozycji chwytania manipulatora, w zależności od sygnałów otrzymywanych z chwytaka (wymagałoby to jednak zastosowania odpowiednich czujników taktylnych w chwytaku). Można wreszcie tak rozwiązać układ sterowania stanowiska, by sygnały ustawcze, wykorzystywane podczas strojenia lampy na pozycji 3, były jednocześnie użyte do odpowiedniej modyfikacji współrzędnych określających położenie gniazda/wtyku cewki. W tym ostatnim przypadku, manipulator na pozycji 1, od razu pewnie i jednoznacznie zabierałby wtyk z gniazda cewki.

W każdym z powyższych przypadków, manipulator odkładałby ten koniec przewodu w określonym miejscu paletki, na specjalny wspornik. Dzięki temu inny manipulator, na pozycji 3 nie miałby kłopotu z odnalezieniem i pobraniem tego wtyku dla podłączenia go do cewki, już po jej zamocowaniu i ustaleniu w uchwycie przyrządu.

Z kolei, ten sam manipulator, znając typ dostanej lampy, nie będzie miał żadnych kłopotów z identyfikacją położenia i uchwyceniem wtyku anodowego na ścianie kineskopu. Po odłączeniu od lampy tego wtyku, manipulator odejdzie z nim w położenie neutralne i dotąd będzie go tam trzymał, aż dostanie polecenie wetknięcia go w gniazdo anodowe nowej lampy (po jej zamocowaniu w uchwycie i po uniesieniu się uchwytu). Typ tej lampy będzie znany, więc ruchy manipulatora będą odpowiednio wybrane programowo przez układ sterowania.

6.3.4. Wsporniki przewodu anodowego i przewodu cewki.

Na podstawie paletki koniecznie musi się znaleźć wspornik dla wtyku przewodu cewki. Dzięki niemu, wtyk ten będzie mógł być zawsze umieszczony w ściśle określonym miejscu, łatwym do osiągnięcia przez dwuramiennie manipulatory na pozycjach 1 i 3.

Ponadto, warto przewidzieć miejsca dla zamocowania spoczynkowego wtyków przewodów cokołowego i anodowego w czasie, gdy stanowisko nie będzie używane. W czasie normalnej pracy stanowiska, jak również w czasie przerw w tej pracy, oba te wtyki powinny znajdować się w uchwytach odpowiednich manipulatorów.

6.4. Opis wariantów koncepcji budowy przyrządu do chwytania i regulacji położenia cewki odchylającej względem kineskopu dla potrzeb zautomatyzowanego stanowiska YAM.

Przy opisie koncepcji działania zautomatyzowanego stanowiska YAM (p.6.1, s.11) zwrócono uwagę na podstawowe funkcje, jakie powinien spełnić specjalny uchwyt, w którym będzie mocowana cewka odchylająca podczas procesu strojenia lampy (na poz.3). Wydaje się jednak, że ze względu na złożony kształt cewki odchylającej, z jej wieloma występami i niejednorodnie rozłożoną masą, zagadnienie samoczynnego uchwylenia, zorientowania i zamocowania cewki w przyrządzie będzie zagadnieniem bardzo trudnym, a ponadto wprowadzającym bardzo duży element ryzyka do działania automatycznego stanowiska YAM.

Z tego powodu proponuje się rozdzielenie funkcji pozycjonowania i chwytania cewki na dwa etapy, co wymaga zarazem podzielenia przyrządu mocującego.

W pierwszym etapie, cewka byłaby chwytana i mocowana w uchwycie wstępnym. Byłoby to wykonywane ręcznie przez operatora podczas załadunku kineskopu na paletkę. Zawieszenie tego uchwytu na paletce umożliwiłoby jego łatwy przesuw wzdłuż osi Z oraz pewną podatność zawieszenia w kierunkach pozostałych osi. Uchwyt ten zapewniałby poosiowe wycentrowanie cewki, w płaszczyźnie prostopadłej do osi Z oraz lekkie jej trzymanie. Ponadto, uchwyt ten miałby przygotowane odpowiednie występy prowadzące i pozycjonujące, do wykorzystania podczas sprzęgnięcia się z przyrządem zasadniczym na poz. 3.

Na tej właśnie pozycji, nasuwający się zespół zasadniczego przyrządu pozycjonującego, napotykałby wówczas dobrze zorientowany zespół cewki w uchwycie wstępnym. Zadanie zamocowania w sobie cewki ograniczałoby się już tylko do naciągnięcia na siebie uchwytu wstępnego, z wykorzystaniem elementów prowadzących, i sprzęgnięcia się z tym uchwycem na stałe lub też na przejściu cewki z uchwytu pomocniczego. W tym drugim przypadku, uchwyt pomocniczy usuwałby się do położenia neutralnego.

Uchwyt wstępny przemieszczałby się z kineskopem, aż do chwili rozładunku paletki po strojeniu.

Takie rozwiązanie, chociaż bardziej absorbujące dla obsługi, dawałoby większą pewność automatycznego przebiegu procesu manipulowania cewką podczas strojenia.

Zgodnie z wymaganiami użytkowymi, opracowanymi przez Thomson-Polkolor dla projektantów stanowisk YAM, dokładność pomiarów nastaw poszczególnych parametrów, jakie powinny być zarejestrowane i zapamiętane w raporcie, są następujące:

1. Odczyt czystości do 0,05 mil (tysięcznej);
2. Odczyt zbieżności do 0,02mm;
3. Odczyt obrotu siatki tła do 0,1mm;
4. Odczyt przesunięcia siatki tła do 0,1mm;
5. Odczyt odchylenia wiązki promienia do 0,1mm;

Na obecnym etapie, kiedy nic jeszcze nie wiadomo o rodzaju, sposobie działania i możliwościach wizyjnego układu sprzężenia zwrotnego, wytypowanego do zastosowania w stanowisku, trudno jest analizować szczegółowo potrzeby metrologiczne, a w tym dokładności działania mechanicznego układu manipulacyjnego cewki podczas strojenia. Wiadomo tylko, że należy starać się dobrać mechanizmy zapewniające możliwie wysoką dokładność i powtarzalność pozycjonowania oraz umożliwiające automatyczne ustawienie ostatniego członu (w tym przypadku uchwytu cewki) w dowolnym położeniu kątowym oraz liniowym, w zakresie regulacji w sześciu stopniach swobody. Przy tym zakresy regulacji odmierzone są od położenia wyjściowego przyrządu mocującego cewkę, ustalane osobnym mechanizmem ustawczym, indywidualnie dla każdego typu lampy kineskopowej wzdłuż osi Z. Początek układu współrzędnych dla regulacji odchylen i przesunięć przyjęto na osi Z, w płaszczyźnie osi wkrętu opaski zaciskowej (rys.1 oraz zał.2).

Wstępnie przyjęto następujące zakresy ruchów regulacyjnych (rys. 5):

1. Ruchy liniowe w kier. osi X i Y: $\pm 2\text{mm}$
2. Ruchy liniowe w kier. osi Z: $\pm 5\text{mm}$
3. Odchylenia β i α (ruchy obrotowe wokół osi X i Y): $\pm 2^\circ$
4. Ruchy obrotowe φ (wokół osi Z): $\pm 5^\circ$

Osobnym problemem jest rodzaj napędu, jaki można będzie zainstalować w regulacyjnych układach napędowych pozycjonowania cewki odchylającej. Jest to problem znacznie ostrzejszy od sygnalizowanego uprzednio (na str.17), w odniesieniu do napędów transportowych w stanowisku, gdyż praca silników układu regulacyjnego odbywa się podczas analizy obrazu kontrolnego, a zatem może bezpośrednio wpływać na analizowany obraz, obserwowany na ekranie przez układ wizyjny. Również na to pytanie, sygnalizowane z wyprzedzeniem, użytkownicy nie mogli wiele powiedzieć poza zaleceniem, by wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, stosować materiały niemagnetyczne, magnesy jak najłabsze, magnesy nie wirujące, itp. Na obecnym etapie, dopuszczają jednak stosowanie również takich rozwiązań i materiałów, o ile jest to rozwiązanie niezastąpione. Stąd, w dalszych rozważaniach, problem doboru układów napędowych pozostaje otwarty.

O ile zakłócenia, generowane przez pracujące silniki układów nastawczych, wyeliminują możliwość zastosowania w nich bezpośrednich napędów z silnikami elektrycznymi, konieczne będzie przeprowadzenie prób układów

napędu zdalnego z transmisją mechaniczną bądź też z napędami pneumatycznymi. Wyprzedzeniowo, rozesłano już zapytania do producentów dokładnych napędów pneumatycznych typu "oś liniowa" oraz "mięśniopodobnych". Nie otrzymano jeszcze żadnych odpowiedzi w tej sprawie.

Poniżej zamieszczono kilka przykładów możliwości rozwiązania kinematyki układu ustawczego, do ew. wykorzystania tych koncepcji przy rozwiązaniu układu regulacji położenia przyrządu cewki. Trwa jeszcze analiza zawartości biblioteki opisów patentowych w poszukiwaniu dalszych koncepcji rozwiązania tego układu. Termin zakończenia tej analizy przewidywany jest dopiero na połowę czerwca br.

6.4.1. Wariant "robot ARIA-Delta"

Interesującą koncepcję rozwiązania układu kinematyki przestrzennego, szybkiego i dokładnego pozycjonowania chwytaka z czterema stopniami swobody zaproponowano w konstrukcji robota przemysłowego, opracowanego na Politechnice w Lozannie, w Szwajcarii, we współpracy z firmą Demareux z tego samego miasta (rys. 6), zał. 3. Jest to tzw. robot równoległy, którego trójnożna konstrukcja z jednoosiowymi przegubami, δq zapewnia możliwość przemieszczania chwytaka w trzech osiach. Czwarty stopień swobody chwytak uzyskuje dzięki zastosowaniu dodatkowego silnika obrotu wokół pionowej osi. Takie rozwiązanie kinematyki umożliwiło stworzenie bardzo sztywnej, lekkiej i wytrzymałej konstrukcji manipulatora, dzięki której można było stworzyć bardzo szybkiego robota, napędzanego elektrycznymi silnikami obrotowymi. Ponadto, konstrukcja taka upraszcza zadanie układu sterowania robota.

6.4.2. Wariant "robot Tricept"

Zbliżone, na pierwszy rzut oka, rozwiązanie kinematyki manipulatora proponuje kilka innych firm, m.in. Seman TEC GmbH z RFN, i NEOS Robotics ze Szwecji (rys. 7,8 i zał.4). Zasadniczą zmianą, różniącą to rozwiązanie od poprzedniego, jest zastosowanie przegubów kulowych zamiast jednoosiowych w połączeniu popychaczy z podstawą chwytaka. Zasadę działania tego układu, na przykładzie płaskiego schematu z dwoma napędami liniowymi, wyjaśnia rys. 8. Te dwa napędy umożliwiają dowolne ustawienie cewki we współrzędnych X, Z i z uwzględnieniem kąta α . Rozbudowanie tej struktury o identyczny, trzeci napęd wraz z jego ramionami, umieszczony w innej płaszczyźnie (rys. 7), dodaje możliwość sterowania trzecią współrzędną liniową i drugim kątem. Uzupełnienie tej struktury silnikiem skokowym F umożliwia jeszcze obrót wokół osi Z.

6.4.3. Wariant "robot Multicraft"

Inne rozwinięcie koncepcji kinematycznej opisanego wyżej robota Delta, zrealizowano w robocie MC560 norweskiej firmy Multicraft (rys. 9, zał.5). W robocie tym zastosowano pięć napędów liniowych w dwóch grupach oraz jednoosiowe przeguby w połączeniach popychaczy z bazami. Dzięki temu uzyskano możliwość sterowania ruchliwością chwytaka w pięciu stopniach swobody. Szósty stopień, obrót chwytaka wokół osi Z, zrealizowano tak jak poprzednio przez umieszczenie go bezpośrednio na obrotowym silniku skokowym.

Wszystkie przedstawione struktury są do siebie podobne, zapewniające dużą sztywność układu kinematycznego przy stosunkowo niewielkiej jego masie własnej. To z kolei umożliwia zastosowanie w nich silnych napędów, zapewniających pracę z dużymi przyspieszeniami, a zatem szybkich w działaniu. Ponadto, z danych technicznych wymienionych wyżej robotów wynika, że taki układ, w seryjnym wykonaniu dla potrzeb przemysłowych i przy znacznym obciążeniu, zapewnia wysoką dokładność pozycjonowania, rzędu 0,1mm.

Ponadto, oparcie struktury kinematycznej układu o napędy liniowe umożliwia zastosowanie odpowiednich liniowych napędów pneumatycznych eliminujących, w razie potrzeby, nieporządany wpływ silników elektrycznych na przebieg procesu strojenia lamp.

Dodatkową zaletą powyższych rozwiązań jest istnienie gotowych programów sterujących dla tego rodzaju struktur, co eliminuje konieczność realizowania własnych opracowań w tym zakresie oraz umożliwia zakupienie gotowych, sprawdzonych już użytkowo, przemysłowych systemów sterowania (np. firmy COMAU).

6.4.4. Wariant bezpośredni I.

Analiza czynności, związanych z regulacją położenia cewki na kineskopie podczas procesu strojenia lampy narzuca pewne rozwiązanie intuicyjne, którego schemat przedstawiono na rys. 10.

Podczas strojenia, najpierw przeprowadzane ma być osiowanie cewki, czyli ustalenie jej położenia w kierunkach X i Y (obecnie nie jest to wykonywane). Następną czynnością jest ustalenie położenia cewki wzdłuż osi Z, ew. z równoczesnym jej obracaniem wokół tej osi (tzw. proces ogniskowania cewki). Proces strojenia kończy się dobieraniem odchyleń cewki wokół osi X i Y, czyli obracaniem o kąty α i β .

Dokładną realizację tego procesu umożliwia przedstawiony schemat. Dla rozpoczęcia procesu regulacji podstawa A, na której zamocowany jest cały zespół uchwytu cewki, zostaje ustawiona w pozycji wyjściowej, charakterystycznej dla danego typu kineskopu. Następnie, o ile potrzeba, dla przeprowadzenia osiowania uruchamiane zostają niezależne napędy, przemieszczające podstawę B wzdłuż osi X i Y względem całego stanowiska. Po zakończeniu osiowania, dalsze ruchy cewki realizowane są już tylko względem podstawy B. Dla ustalenia właściwego położenia uchwytu cewki C wzdłuż osi Z,

wszystkie trzy napędy liniowe (1, 2 i 3) pracują w jedną stronę. Ponadto, dla obracania cewki wokół osi Z w procesie jej ogniskowania, pracuje silnik obrotowy 4 (obrót φ). Dla ustalenia niezbędnego odchylenia cewki w obrocie dookoła osi Y (nastawa kąta β), silnik 1 pozostaje nieruchomy zaś silniki 2 i 3 pracują przeciwbieżnie. Natomiast dla ustalenia niezbędnego odchylenia cewki w obrocie dookoła osi X (nastawa kąta α), pracuje tylko silnik 1, przy stojących silnikach 2 i 3.

Zaproponowany układ wymaga zastosowania przegubów kulistych w połączeniu napędów 1÷3 z uchwytem cewki C. Wydaje się ponadto, że zastosowane tu dość daleko idące rozdzielenie działania napędów pozwoli na znaczne uproszczenie działania układu sterowania, zmniejszenie do minimum interakcji działań poszczególnych napędów i możliwie bezpośrednie powiązanie działania poszczególnych silników z oczekiwanymi regulacjami.

6.4.5. Wariant bezpośredni II.

Analiza możliwości otrzymania przyrządu do manipulowania uchwytem cewki o zwartej konstrukcji, a zarazem umożliwiającego bezpośrednio, jednonapędowe manewrowanie cewką dla wykonania pożądanej regulacji położenia, doprowadziło do stworzenia schematu, przedstawionego na rys. 11. W proponowanym rozwiązaniu, uchwyt cewki A zawieszony jest w oprawie B za pośrednictwem sprężyn płaskich SP_1 . Działający prostopadle i symetrycznie do nich napęd NAX powoduje uginanie się sprężyn i pionowe przemieszczenie uchwyty cewki. Odpowiednio podparty punktowo napęd $NA\varphi$ spowoduje skrócenie sprężyn SP_1 i obrót uchwyty wokół osi Z. Podobnie, działający poprzecznie napęd $NA\alpha$ spowoduje obrót tego uchwyty względem osi Y. Płaskość sprężyn SP_1 oraz pręt sprężysty P_1 zapobiegają niepożądanym przemieszczeniom poprzecznym oraz obrotom.

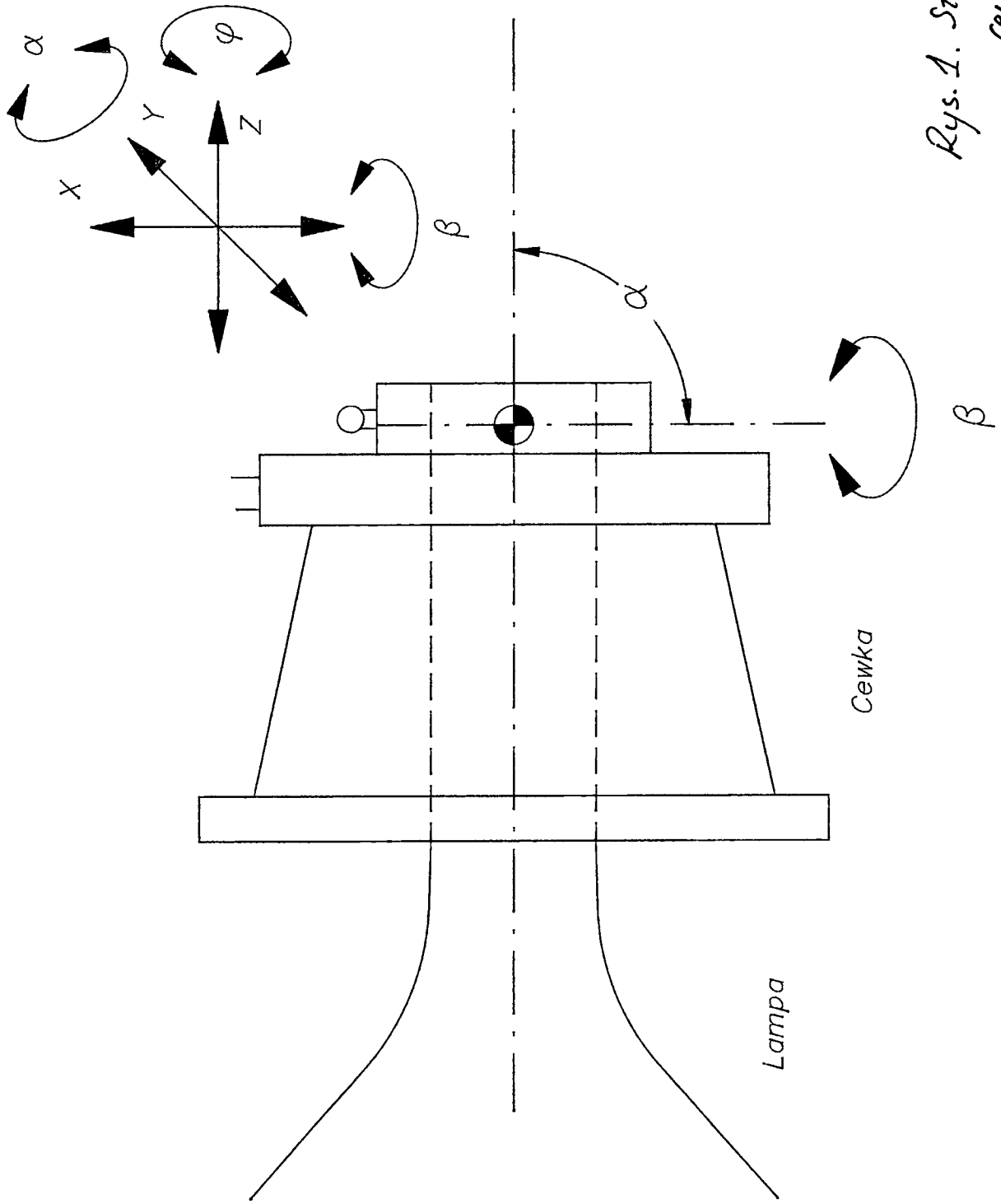
Oprawa B podwieszona jest do podstawy C na bloku sprężystym SP_2 i przecie sprężystym P_2 . Powiązane z tą oprawą i odpowiednio w niej zamocowane napędy NAY i $NA\beta$ umożliwiają odpowiednio przemieszczenia wzdłuż osi Y i obrót względem osi X. Miejsca podparcia sprężyn i napędów są tak dobrane konstrukcyjnie, że wszelkie obroty realizowane są względem pożądanego przekroju pod opaską zaciskową cewki. Podstawa C podparta jest na podstawie głównej D na bloku płaskich sprężyn SP_3 , umożliwiających bezinterakcyjny przesuw wzdłuż osi Z z wykorzystaniem napędu NAZ .

Rozwiązanie to, w zakresie niewielkich odchyłek regulacyjnych i przy przyjętych dużych wymiarach długościowych zastosowanych sprężyn (ze sztywnikami) zapewnia liniowość przemieszczeń oraz dużą niezależność działania poszczególnych napędów od siebie. Jest to jednak rozwiązanie dość skomplikowane, zarówno konstrukcyjnie jak i z punktu widzenia właściwego zestrojenia wszystkich zespołów dla zapewnienia prawidłowego i powtarzalnego działania stanowiska po przeprowadzeniu jakichkolwiek napraw w obrębie przyrządu, naruszających jego strukturę wymiarową.

7. Zakończenie.

Przedstawiono tu koncepcję możliwie pełnej automatyzacji całego procesu strojenia lampy, a w tym kilka propozycji rozwiązania układu regulacji położenia cewki odchylającej względem kineskopu. Daje to już pewien obraz skali tego przedsięwzięcia. Ewentualne dalsze prace w tym zakresie mogą być prowadzone dopiero po bliższym rozeznaniu możliwości działania układu sterowania pracą stanowiska YAM z wizyjnym układem sprzężenia zwrotnego, wybranego przez Thomson-Polkolor wśród ofert specjalistycznych firm.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że pełna automatyzacja działania stanowiska YAM komplikuje w dużym stopniu budowę tego stanowiska, a przez to wpływa na jego koszt. Uproszczenie budowy i obniżenie kosztów jest możliwe przy dopuszczeniu ręcznej realizacji niektórych czynności, np. zamykania/otwierania uchwytów, wstępnego pozycjonowania cewki w uchwycie pomocniczym, załączania niektórych wtyków itp.



Z – przesunięcie wzdłuż osi Z

a) robocze

b) ustalające w zależności od typu ekranu

X, Y przesunięcia w płaszczyźnie prostopadłej do osi lampy

poszukiwanie współosiowości magnetycznej lampy i cewki

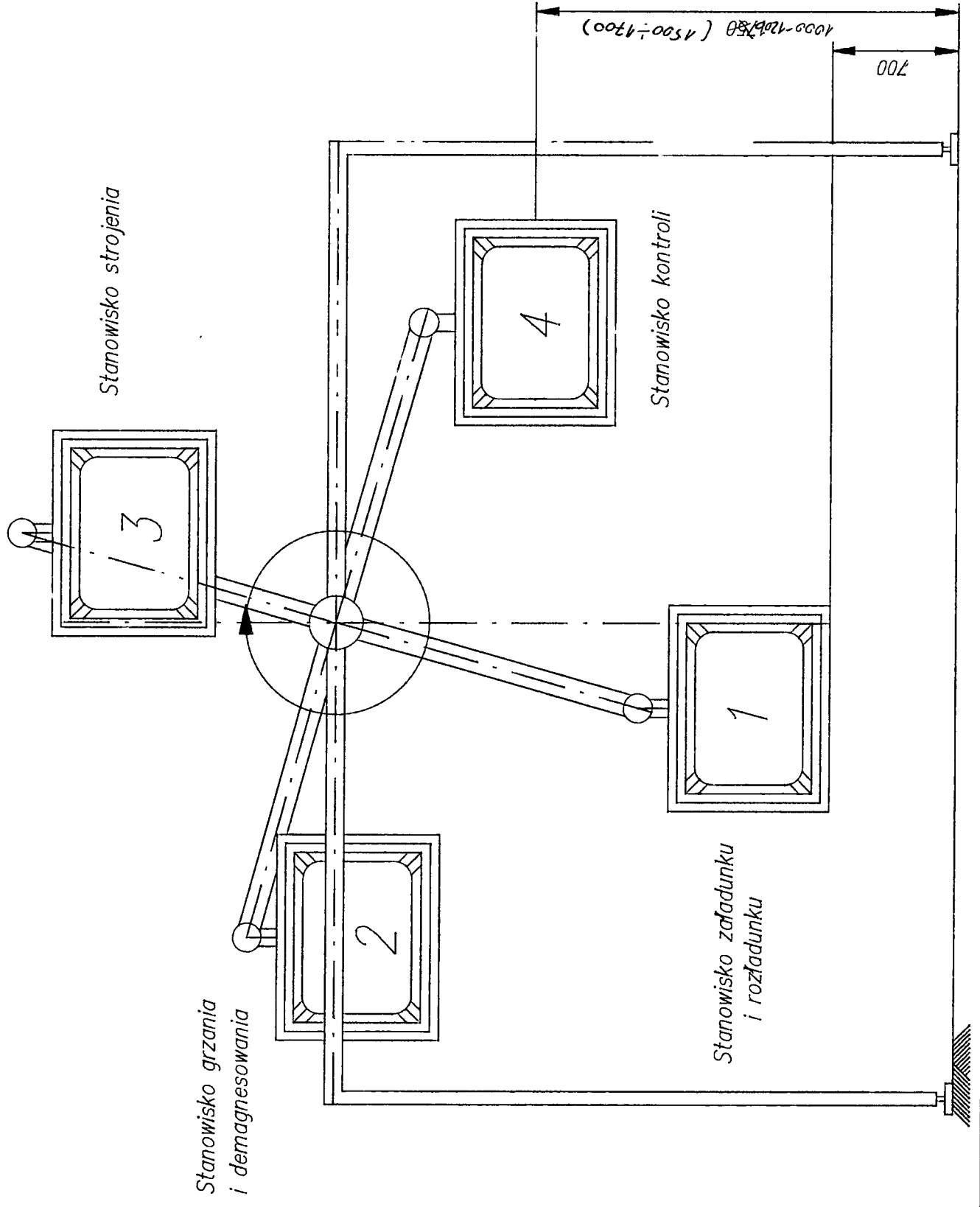
α – obrót wokół osi Y (tilt)

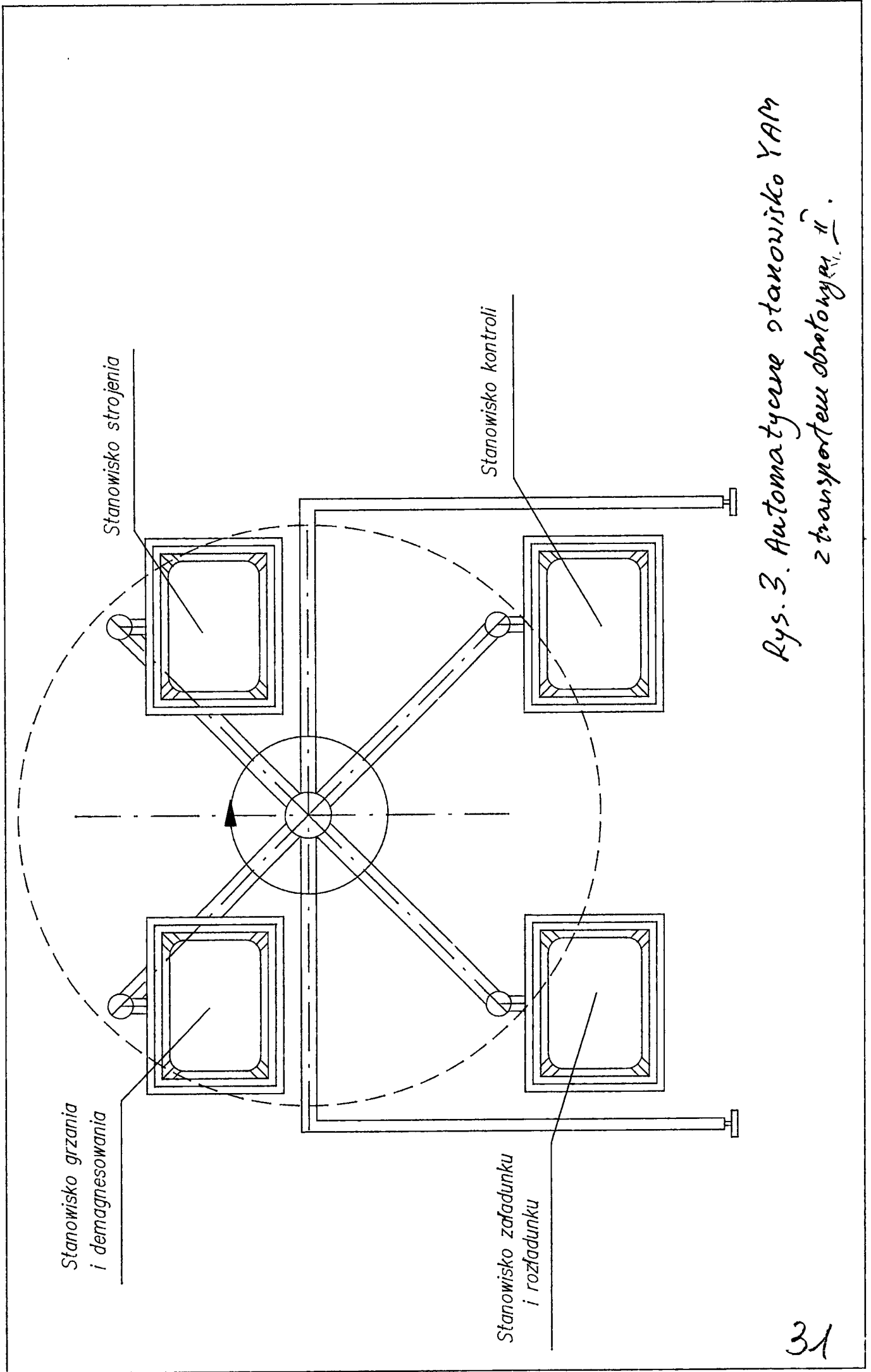
β – obrót wokół osi X (tilt)

φ – obrót wokół osi Z (poziomowanie)

Rys. 1. Stopnie swobody manipulacji cewką odchylającą me kinoskopie.

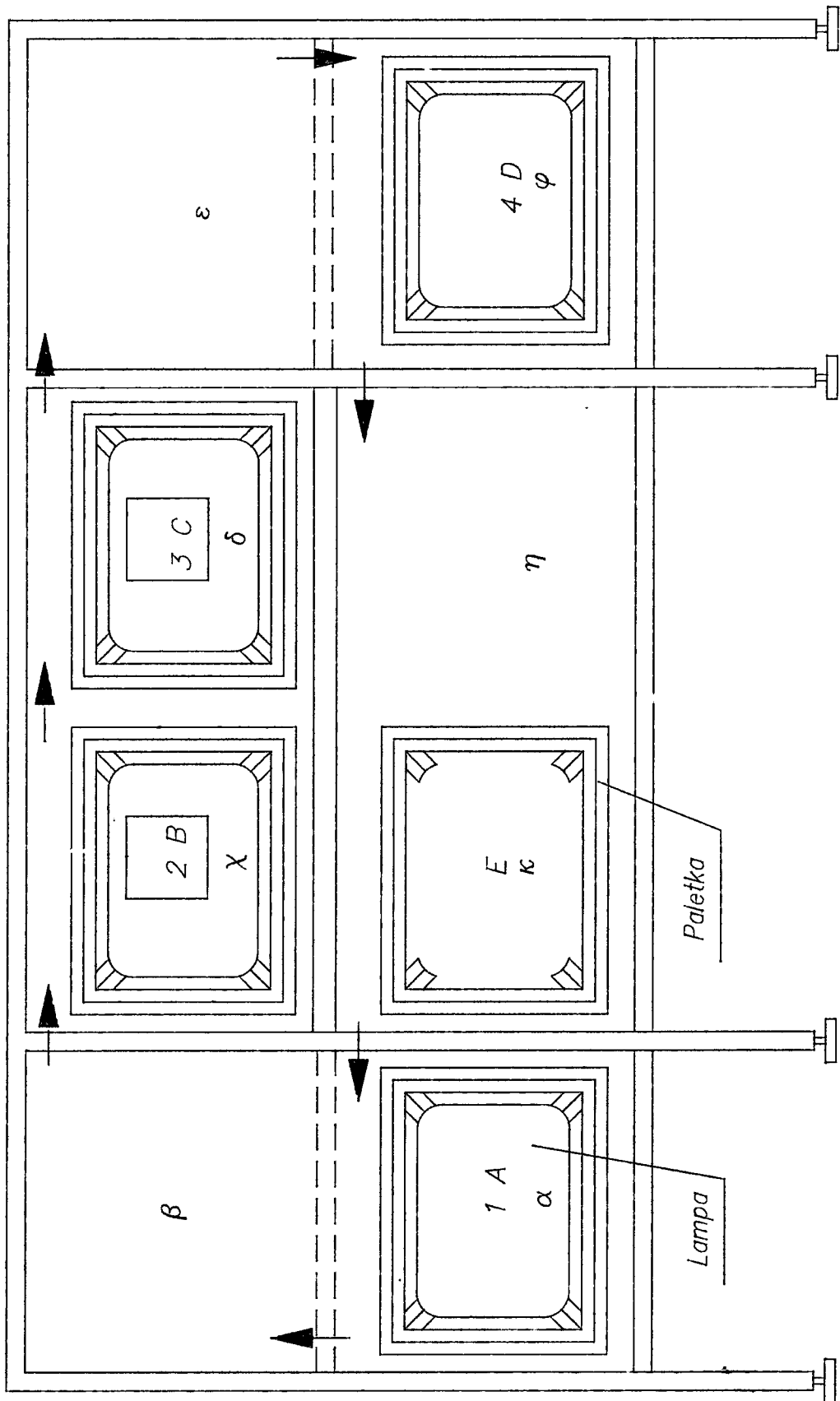
Rys. 2. Automaty-
czne stanowisko PAM
z transportem obroto-
wym I.





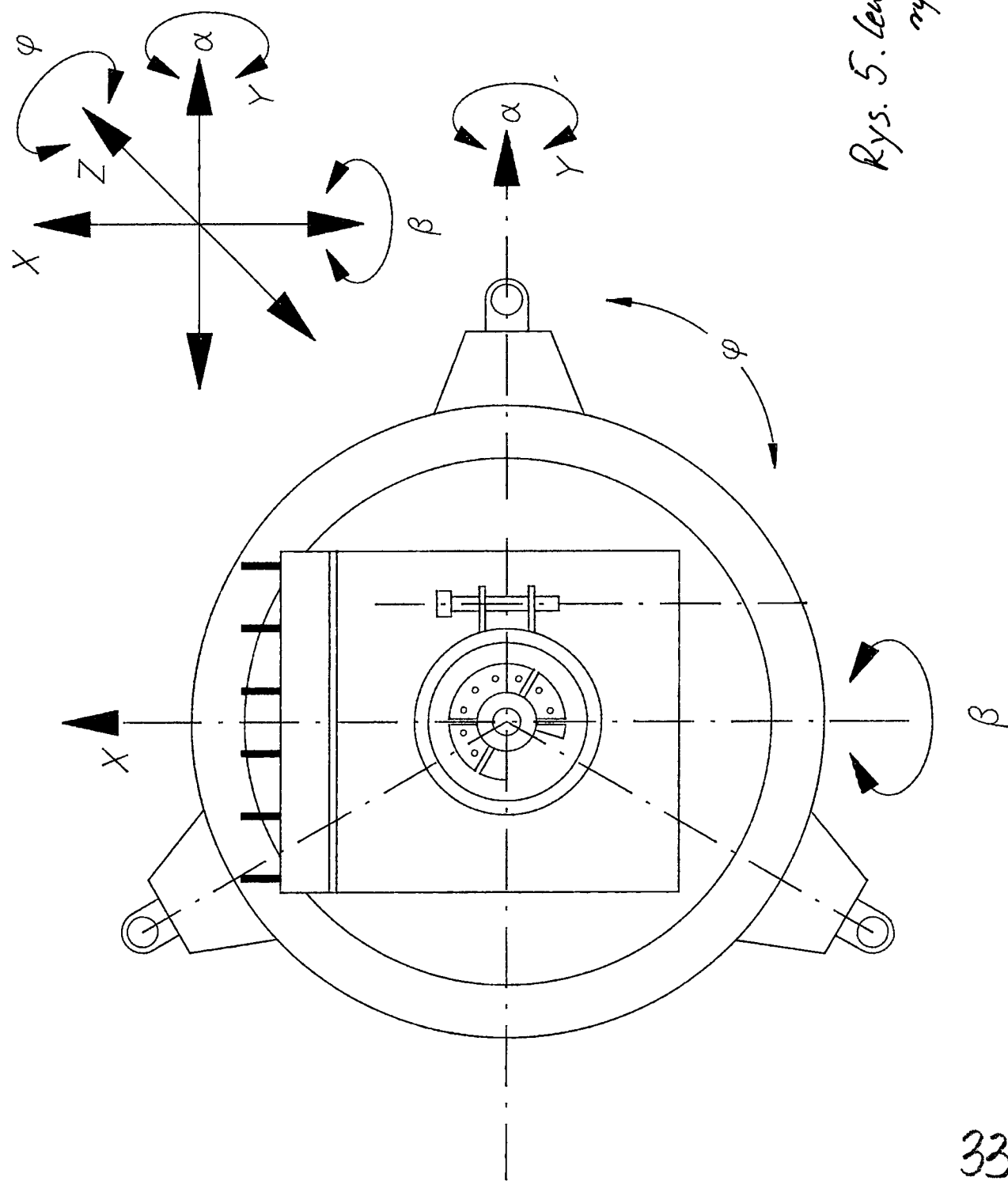
Rys. 3. Automatyczne stanowisko YAM z transportem obrotowym II.

Kamera pomiarowa



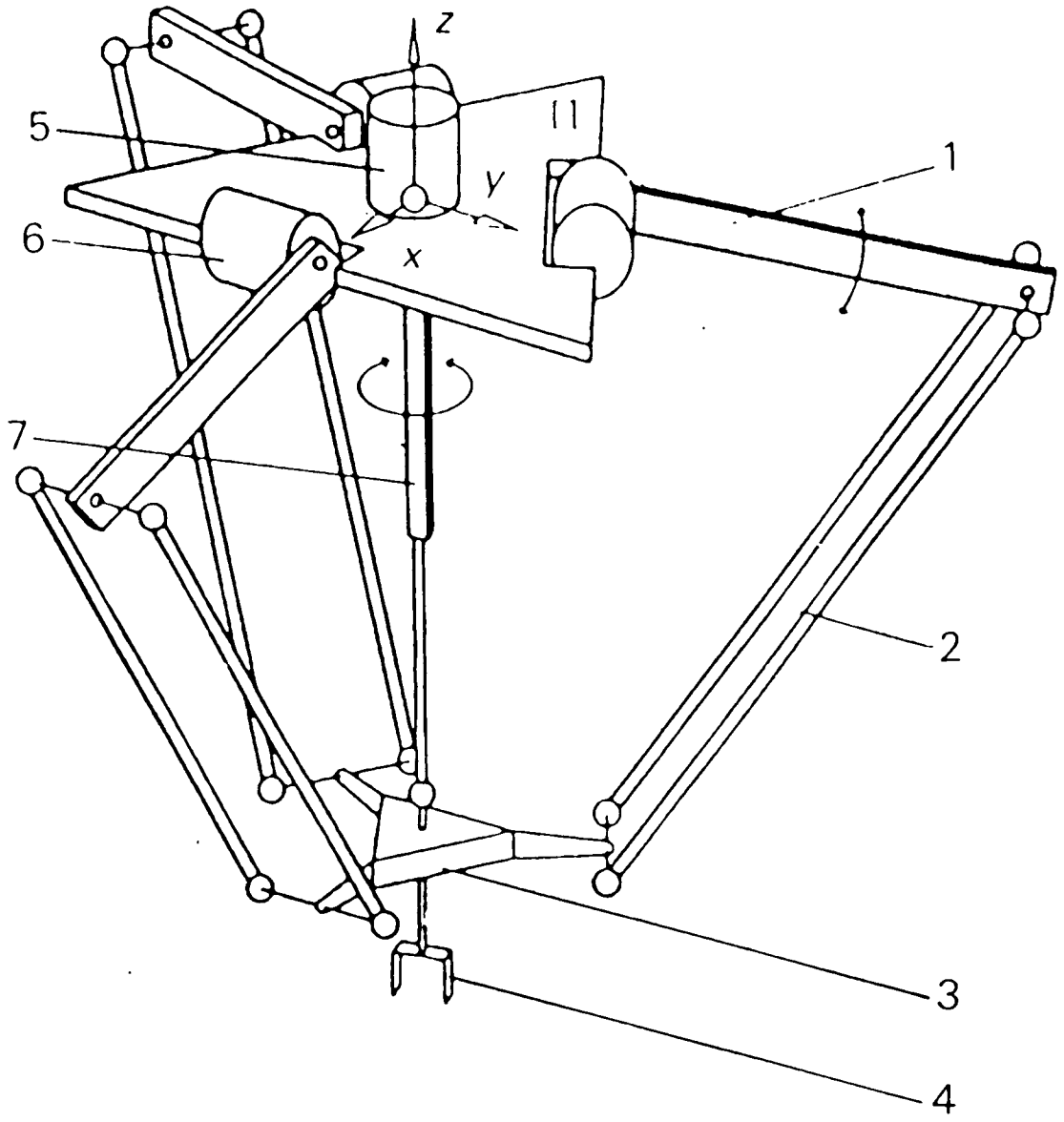
- 1-4 numery lamp
- A-E symbole palet
- α-κ symbole pozycji
- α - pozycja załadunku
- β - pozycja pośrednia uzyskana w wyniku ruchu windy w górę
- χ - pozycja strojenia
- δ - pozycja kontroli
- ε - pozycja pośrednia
- φ - pozycja rozładunku
- η - pozycja odkładcza pustej paletki przed wjazdem na windę
- χδ - pozycje dokładnie pozycjonowane przed kamerą

Rys. 4. Automatyczne stanowisko XAM z transportem liniowym



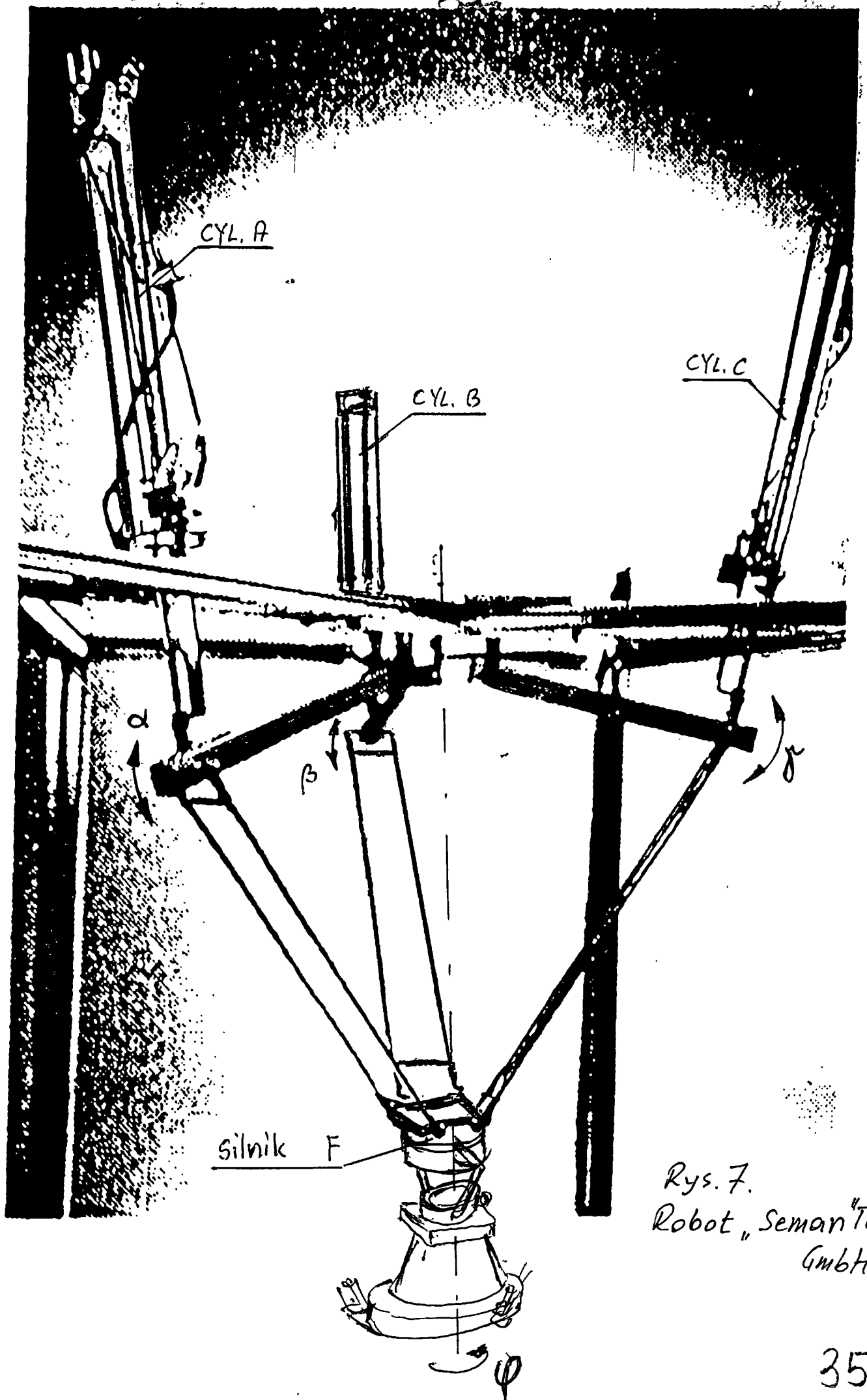
Z – przesunięcie wzdłuż osi Z
 a) robocze
 b) ustalające w zależności od typu ekranu α
 X, Y przesunięcia w płaszczyźnie prostopadłej do osi lampy
 poszukiwanie współosiowości magnetycznej lampy i cewki
 α – obrót wokół osi Y (tilt)
 β – obrót wokół osi X (tilt)
 φ – obrót wokół osi Z (poziomowanie)

Rys. 5. Lewka odchylająca
 rys. schematyczny

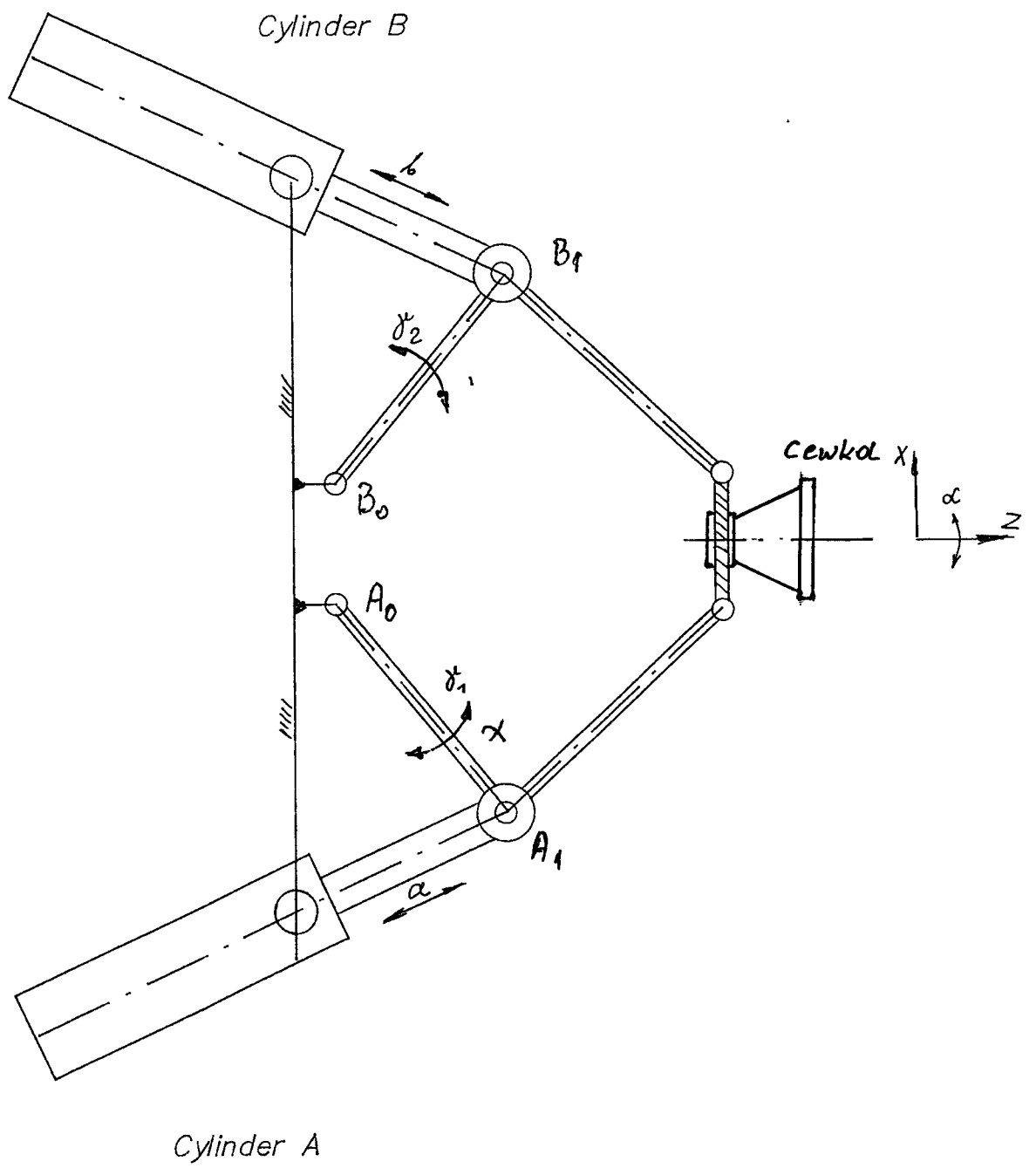


- 1. Robot shoulder
- 2. Robot arm
- 3. Gripper-carrier
- 4. Gripper
- 5. Motor
- 6. Motor
- 7. Telescopic arm

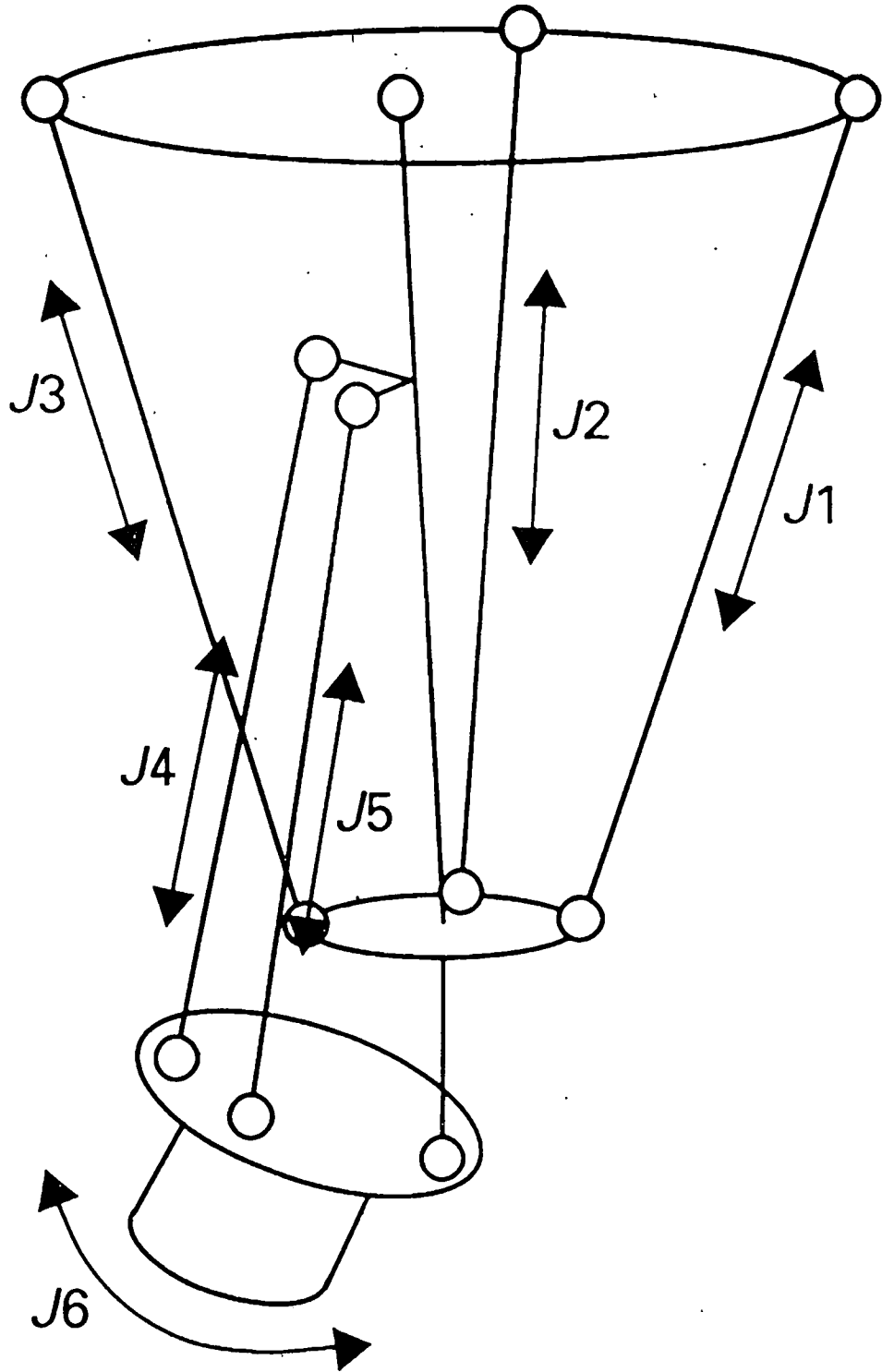
Rys. 6. Robot „Aria-Delta“



Rys. 7.
Robot „SemanTEC
GmbH.

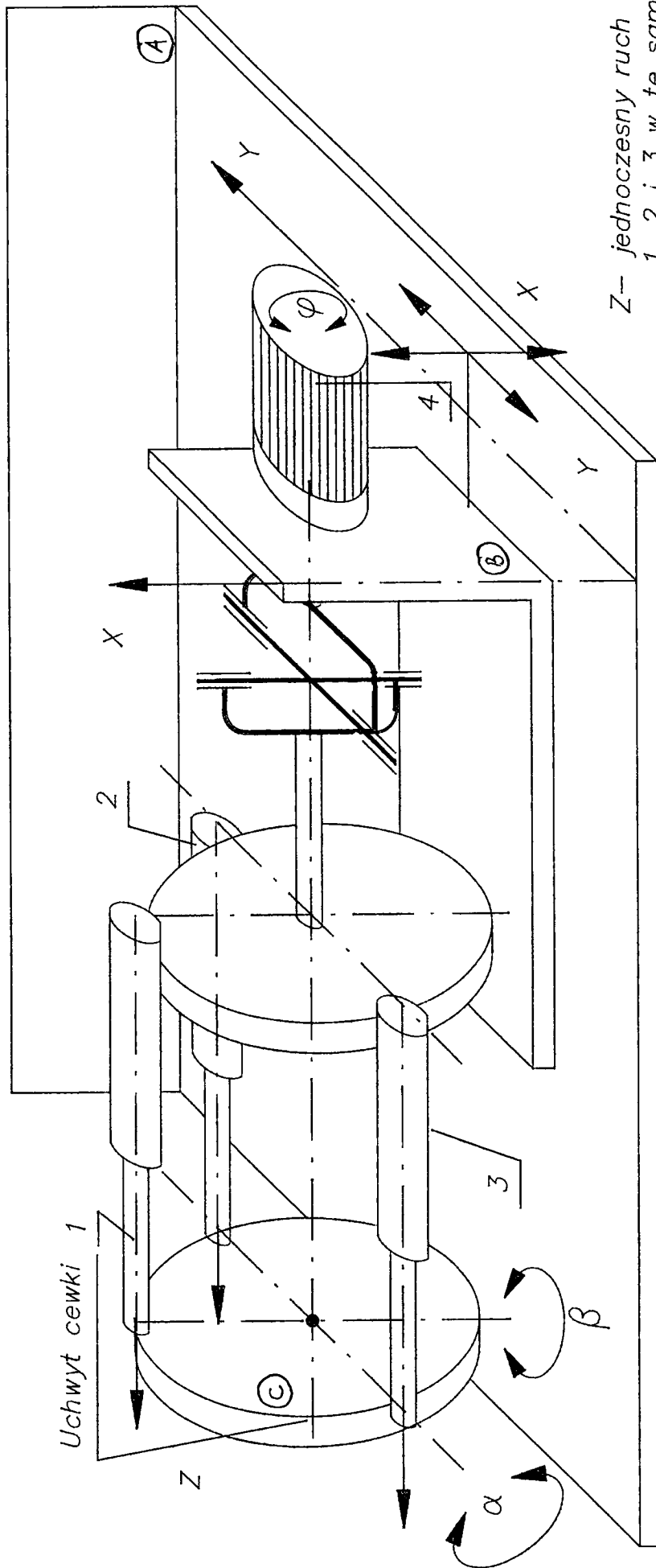


Rys. 8 Schema kinematyczny robota „Seman”



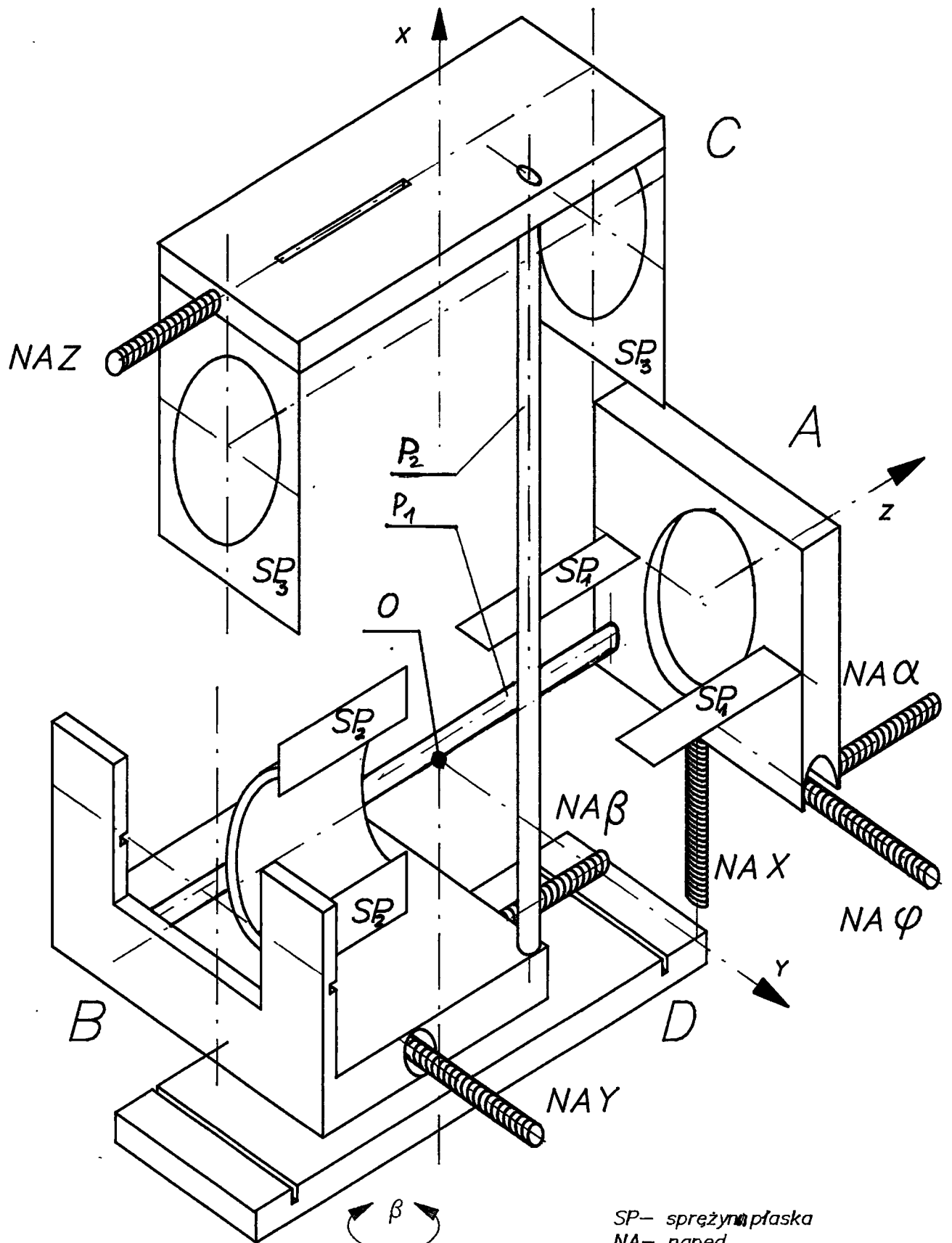
J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 : Prismatic joints
 J_6 : Rotational joint

Rys. 9. Robot MULTICRAFT MC560
 schemat kinematyczny.

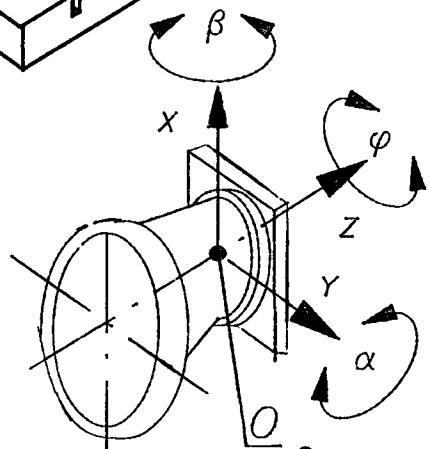


Z- jednoczesny ruch napędów
 1, 2 i 3 w tę samą stronę
 β - przeciwny ruch 2 i 3,
 1 pozostaje nieruchomo
 α - 1 porusza się, 2 i 3
 stoją
 φ - napęd 4
 X i Y - napędy niezależne

Rys. 10
 Wariant
 bezpojedni
 38



SP- sprężyna płaska
 NA- napęd
 Z- przesunięcie wzdłuż osi Z
 a) robocze
 b) ustalające w zależności od typu ekranu
 X, Y przesunięcia w płaszczyźnie prostopadłej do osi lampy
 poszukiwanie współosiowości magnetycznej lampy i cewki
 α - obrót wokół osi Y (tilt)
 β - obrót wokół osi X (tilt)
 φ - obrót wokół osi Z (poziomowanie)

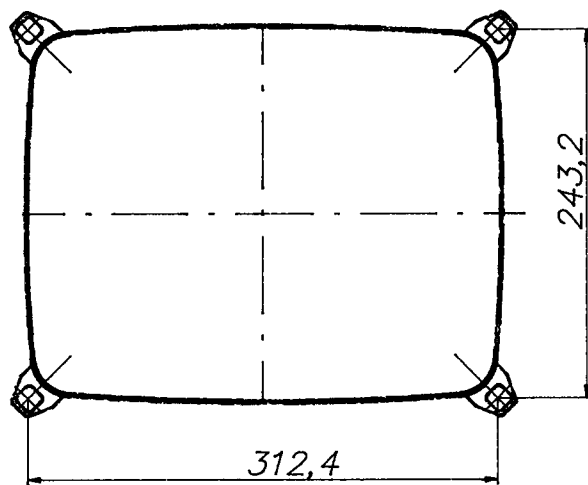
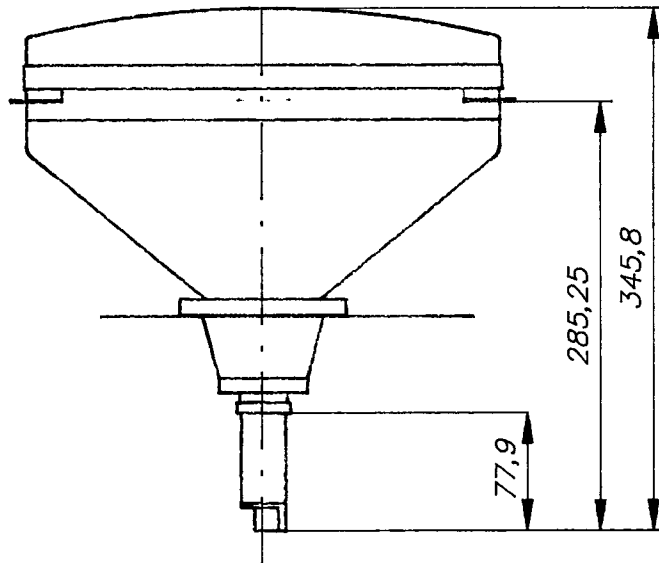


Rys. 11. Wariant bezpośredni II.

Zał.1.

Typy lamp kineskopowych, produkowanych przez
Zakłady Thomson-Polkolor.

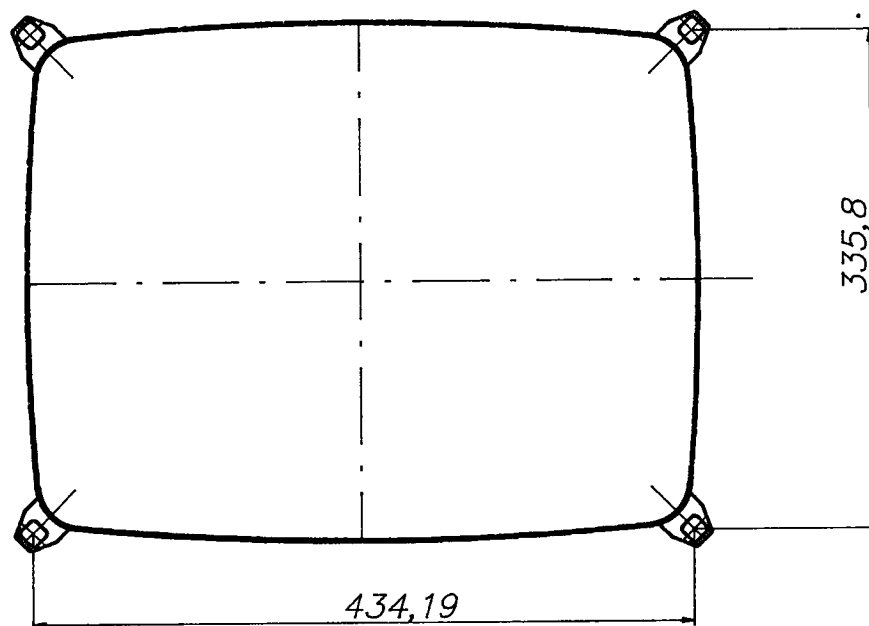
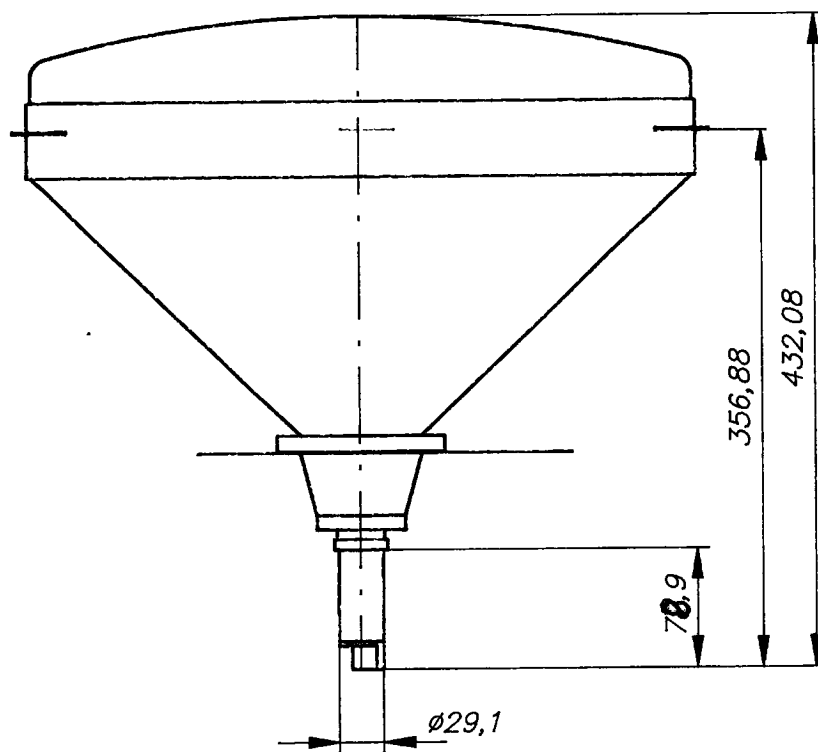
A33



Podz. 1:5

HA

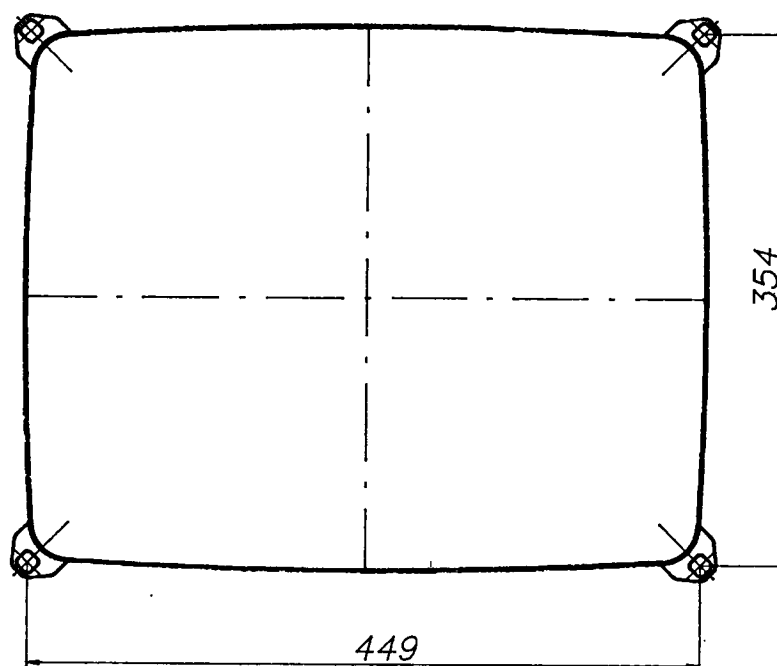
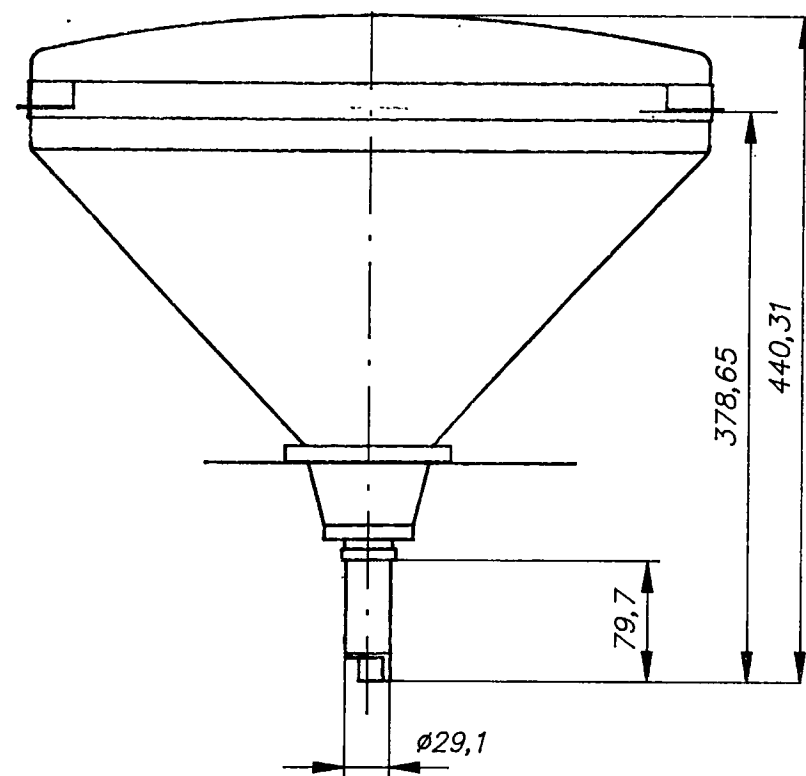
A48



Podz. 1:5

42

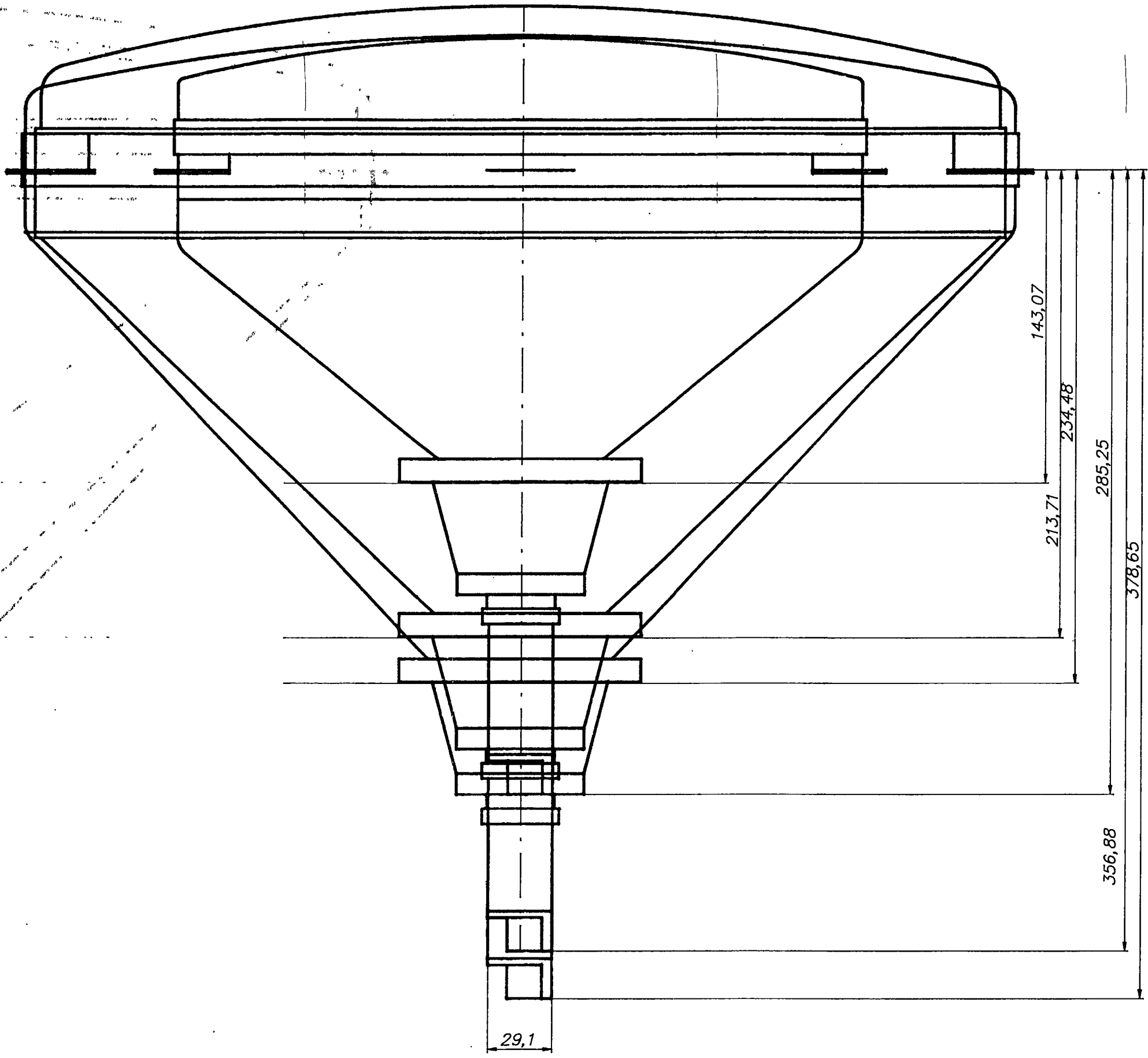
A51



Podz. 1:5

1:5

43



Podz. 1:2

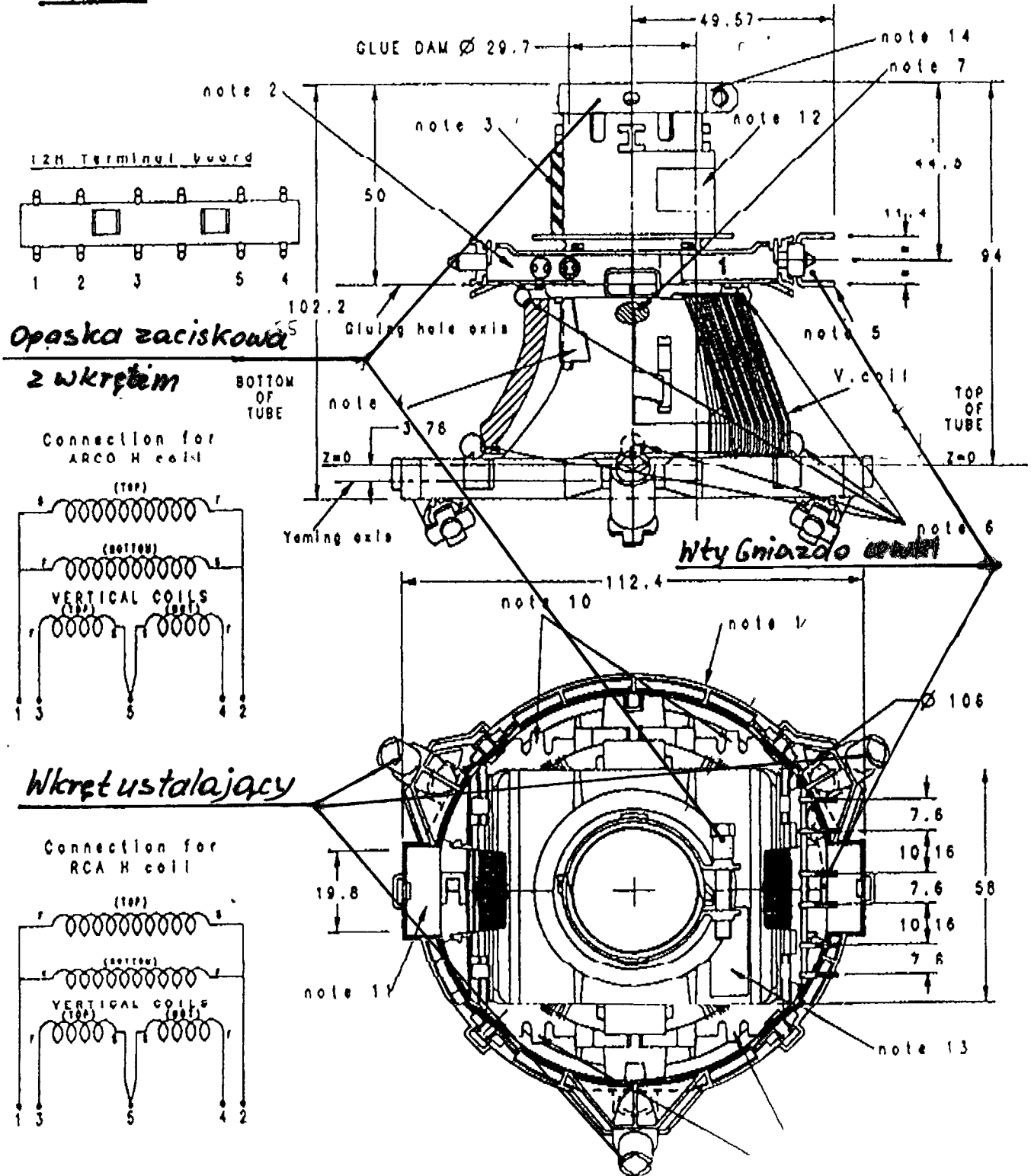
44

Zał.2.

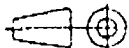
Cewka odchylająca z wkrętami ustalającymi.

Reference :

V. DRAWING



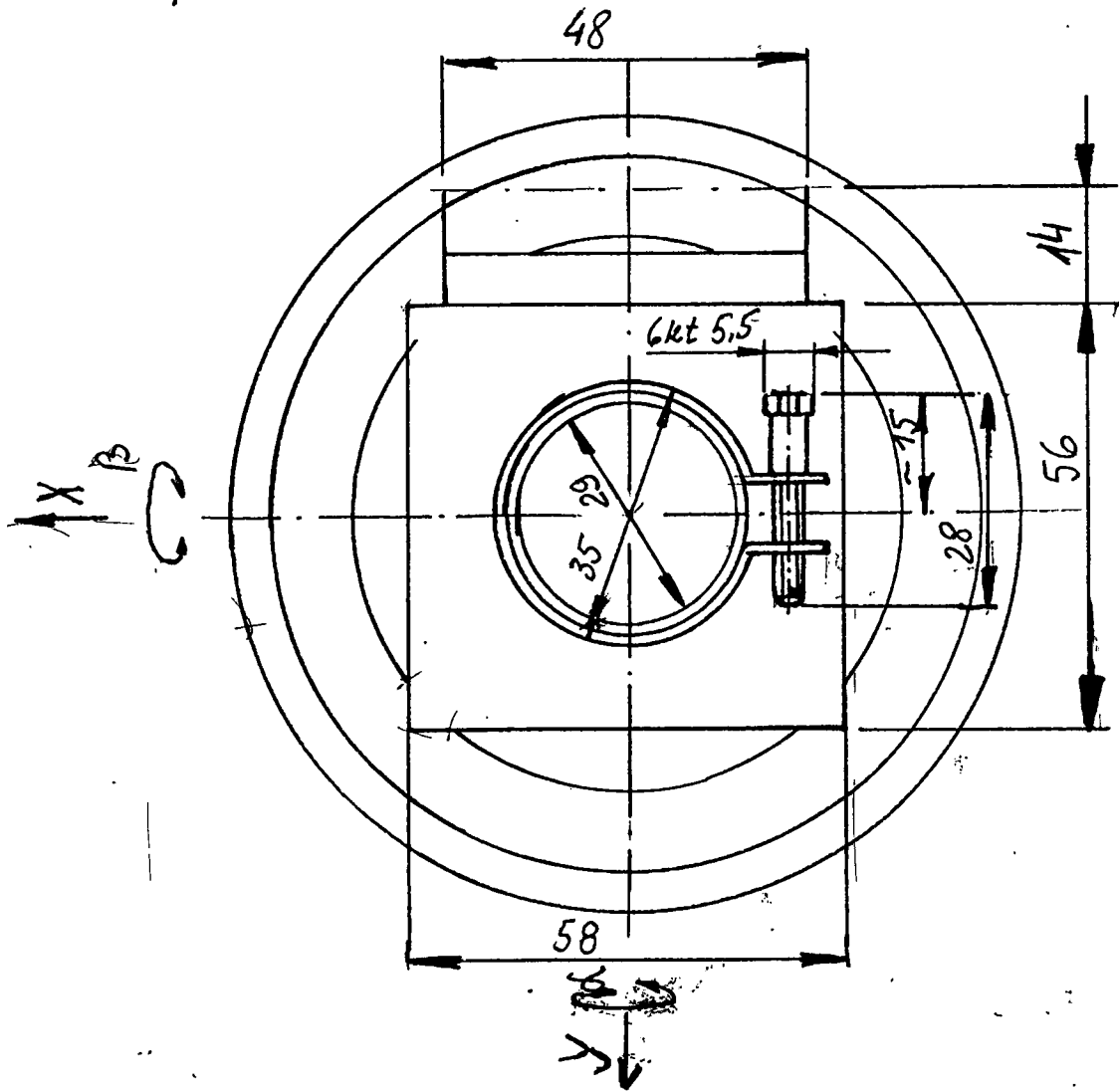
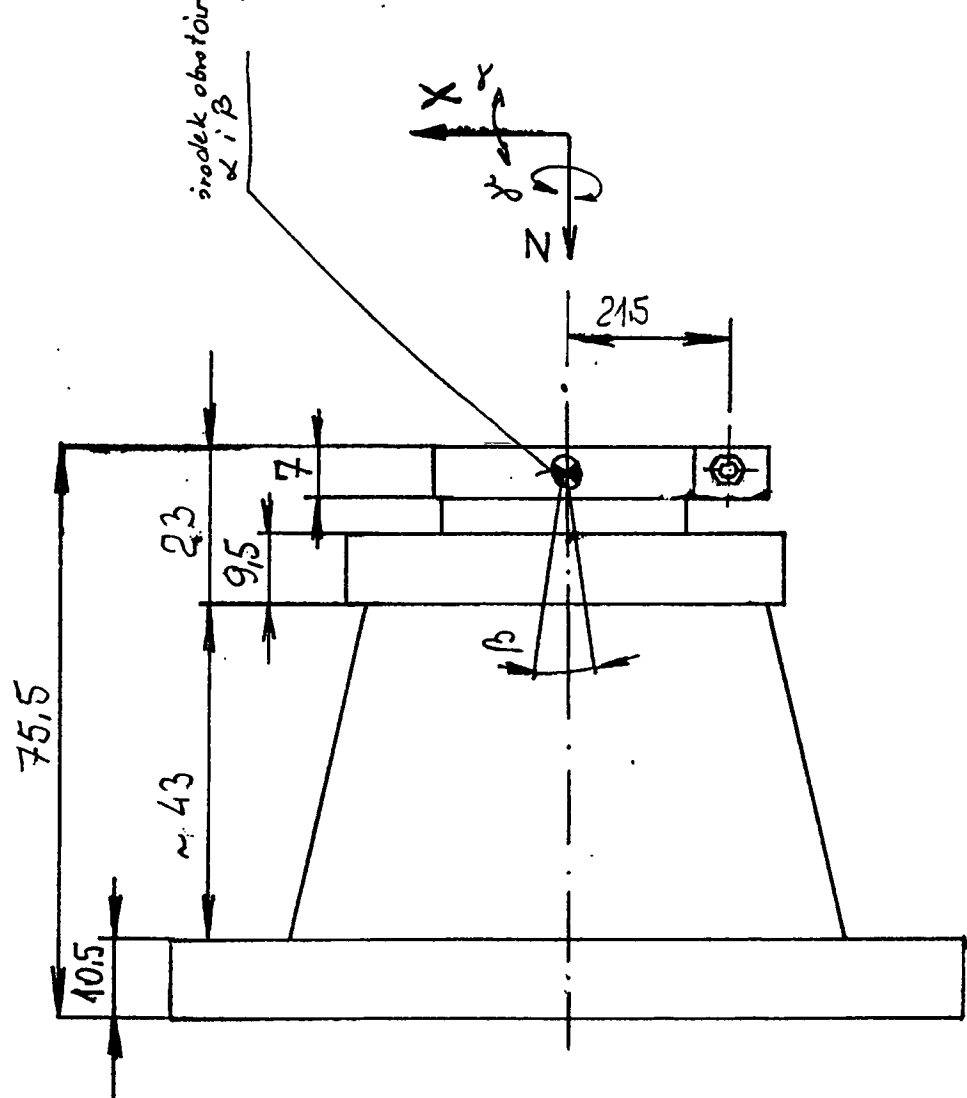
DIMENSIONS: MM



REV. C.

CHANGE These drawings and specifications are confidential and proprietary to THOMSON TUBES & DISPLAYS S.A. and shall not be reproduced or copied or used as the basis for the manufacture or sale of apparatus and/or devices without permission.

46



47

Załącznik 3.

"Day of the Tripod" - informacja o robocie ARIA-Delta.

DAY OF THE TRIPOD

DEMAUREX'S THREE-LEGGED ROBOT HAS THE SPEED AND AGILITY TO TACKLE A DEMANDING PACKAGING APPLICATION

Anna Kochan

The operators said it wouldn't last three months. But, one year later, the robot installed by Swiss company Sandherr Packaging is as fast and efficient as it was in the beginning.

It is not surprising that Sandherr's new robot did not attract a high confidence level. Quite unlike any other robot, and spindly and fragile in appearance, the robot supplied by Swiss company Demaurex is in stark contrast to the large and sturdy machinery with which it is integrated. But Sandherr engineers are in no doubt that they made the right choice in selecting this robot and now, 12 months later, the operators are in complete agreement.

Part of the Sandherr Holding group, Sandherr Packaging employs a workforce of about 350 on two sites in the north eastern corner of Switzerland, near the border with Austria. Its range includes cardboard, plastic and composite packaging products, mainly for the food industry.

The product on which the robot is employed is, in fact, one of Sandherr's most innovative. Designed to appeal to the environment-conscious Swiss, the K3 pot, mostly used for packaging yogurt, is made half and half from recycled paper and plastic, in such a way that the paper and plastic can be easily separated by the consumer — and the paper, at least, recycled again.

The production of such a cup involves two basic stages. First, the flat paper component (which can be printed on both sides should the manufacturer so desire) is wrapped into a cone shape and the ends glued together. It is then in the form of a paper cup without a base. In the second production stage, the upper and lower edges of the cup are folded over and the plastic interior is introduced by means of a heat-forming process.

The task of the robot is to take the

paper cones produced by the wrapping and glueing machine and to drop them into the groups of four cup-shaped tools on an indexing table which transfers them to the subsequent workstations. This is not an operation requiring extreme accuracy but the speed is exceptional for a robotic application as one machine is expected to produce 128 cups a minute.

Daniel Steimmüller, technical manager of systems company Samatech, says that most robots are designed to carry heavy loads but not to work at high speed. Each paper cone weighs only 4-10grm, depending on the size, so the load capacity required was minimal. And, when he began looking for a robotic solution two years ago, the machine offered by Demaurex was the only one available that could achieve the necessary production rate.

Samatech is also a Sandherr Holding group company. Formed just three years ago, the 11-man firm designs and builds production machinery both for Sandherr companies and external customers.

Working in collaboration with robot supplier Demaurex, Samatech developed a prototype solution which entered production one year ago. It is centred around the ARIA Delta robot, which was developed by the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) and commercialised by Demaurex. The Delta's major feature is that it is a parallel robot which means that movement on all axes can take place in parallel. It looks like an inverted tripod, at the lowest tip of which is the mechanism holding the end-effector. Each "leg" of the tripod consists of a parallelogram, the top end of which articulates with a "shoulder". The three shoulders are driven by fixed motors and provide the end-effector with three axes of movement. A fourth axis (rotation about the vertical axis) is possible by adding in a shaft linking up the end-effector with another motor fixed to the base.

In the Sandherr application, all four axes of movement are required. The end-effector takes the form of a small horizontal plate out of which have been cut two crescent shapes.



Demaurex parallel robot

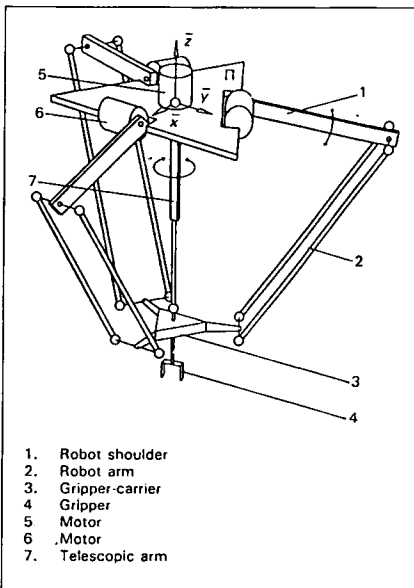


Figure 1. Diagram of the Delta 4 Robot

Equipped with two suction cups, the robot's end-effector is designed to handle two cups at once (see photograph and Figure 1.)

After the initial glueing operation, the paper cones are dropped onto a conveyor, which roughly locates the cones in an upright position on regularly spaced pegs. As the paper cones arrive at the robot pick-up point, the robot moves into position with the end-effector cupping two adjacent cones. Holding them by vacuum, the robot takes the cones, spins them round and moves them over to the indexing table feeding the second machine. It then shuts off the vacuum and the cones drop into the cup-shaped tools, ready for the final operations. As each set of tooling takes four cones, the robot has two cycles to perform. This means that, with a production output of 128 cups per minute, it performs 64 cycles a minute, i.e. more than one per second.

The Delta robot provides Sandherr with the possibility of producing the entire range of carton sizes on the same machine. The K3 cartons are made in several versions, varying from 60mm to 130mm in diameter and 40mm to 150mm in height. It would be possible for the robot to handle all types by a simple change of end-effector and corresponding modification to programmed path. However, so far Sandherr has sufficient demand for one size that it has not taken advantage of this feature.

This had been Sandherr

Packaging's first experience with robotics and when the robot was first introduced Steinmuller reports that the operators had no confidence in it. They blamed every problem with the manufacturing equipment on the robot but when the Samatech team investigated these problems, other aspects of the production equipment were always responsible. Now, 12 months later, the machine runs two or three shifts a day, five days a week and is the operators' preferred equipment.

According to Walter Benz, managing director of Samatech, the robotic part of the K3 production unit cost about SFr75,000 and the payback on the entire unit is two and a half years. Since developing the robotic handling solution, Samatech has also constructed a K3 production unit in which a mechanical manipulator performs the same handling task as the robot. Benz says that the price of the two solutions is much the same but the robotic solution offers many advantages. For example, the manipulator is rather large and cumbersome, compared to the robot, and does not allow such easy operator access to the working area. In addition, the manipulator does not offer the same flexibility as the robot.

Sandherr's robot is one of Demareux's very first models and, due to developments in the robot control, there would be further software development needed to incorporate the latest Delta products into the K3 handling application. But Steinmuller is certain that, time allowing, the robotic solution will always be the preferred one.

Demareux

Demareux was set up by Marc-Olivier Demareux in 1983. Focusing initially on microtechnics, the company moved into robotics in 1988. It had developed its own cartesian robot design, the ARIA-Quadra, and had also acquired a licence to industrialise the parallel robot developed at the nearby Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL). Then, in the spring of 1989, Demareux took over the Neuchatel firm Microbo, which provided the company with a range of cylindrical robots. Today, the 70-strong workforce realises a turnover of SFr6.5 million, a figure

which is growing at 30 per cent per annum.

The licence for the EPFL parallel robot concerns models up to an arm length of 700mm. Marketed under the name ARIA-Delta, the parallel design enables light loads to be handled very rapidly due to the fact that the total mass of moving parts is very low. The heaviest elements, the motors which drive the axes, are fixed and the moving paralleliped arms are made in a carbon fibre material. Demareux claims that the design is extremely rugged and that the first items to fail are the motors which are likely to break down after 6,000 working hours. Handling a maximum load of 100g, the Delta can achieve a top speed of 4m/s, acceleration of 40m/s² and accuracy of ± 0.1 mm. Due to the small number of moving parts, maintenance is easy and electricity consumption is very low.

More complex than the mechanics though, is the Delta's control system, which requires a phenomenal level of computation to provide full interpolation of all movements. Using transputer technology, Demareux claims to have developed a control unit with the equivalent processing power of 25 PCs with co-processors. It is programmed in TurboPascal. Demareux has also developed a vision system as part of the Delta package of products.

Two industrial working applications with the Delta are currently in operation (one at the Sandherr plant described above and another at a Japanese electronics manufacturer). Next year, however, several further installations will be made following the decision by a well-known Swiss chocolate manufacturer to introduce the Delta into its packaging operations on a worldwide scale. In these projects, the robot will be assisted by a vision system to pick up chocolates arriving randomly on a continuously moving belt and to place them in blister packs also on a continuously moving belt. In this way, the unit will be able to handle 1.3 chocolates every second.

The price of the most sophisticated Delta (with full interpolation and vision) is FFr370,000.

Further information from P. Lebet, Demareux, Chemin des Mesanges 3, 1032 Romanel, Lausanne, Switzerland.

PARALLEL ROBOTS TAKE GOLD IN BARCELONA

23RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ROBOTS, BARCELONA

Gareth Monkman

The Barcelona Olympic games may seem a hard act to follow for the 23rd International Symposium on Industrial Robots, but with over 260 authors and co-authors from 32 different countries, I am glad I made the right choice in attending the latter. It was pleasing to attend a symposium not dominated by any one country, or small group of countries. Though our Spanish hosts naturally fielded the largest number of contributions, more Central and Eastern European nations were represented than I have seen in many previous robotics conferences. Overall the 23rd ISIR was certainly a tournament where the taking part was truly more important than the winning.

With a selection of excellent papers, and two in particular, from the Ecole Polytechnique de Lausanne, I must confess that a good proportion of the gold medals at this event would go to the Swiss. The first, presented by Boris Stevens, concerned the recent improvements to Clavel's Delta robot. This was first unveiled at the 18th ISIR, held in Lausanne in 1988. Since then the Delta robot, a three-axis parallel configuration, intended for very fast palletization of low mass objects, has been improved in terms of both operating speed and accuracy. Unlike the original Delta controller, which used the 68000 range of Motorola microprocessors, the new version is transputer-based. In

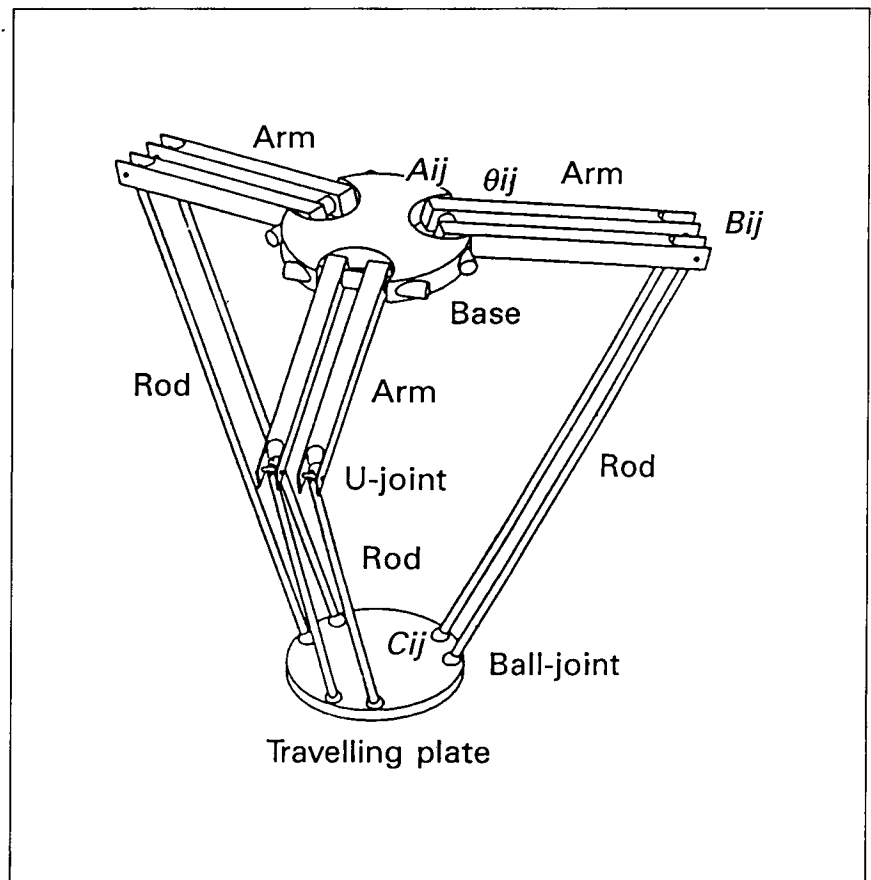


Figure 1. Positioning Accuracy vs Working Rhythms Currently Possible

addition to a threefold increase in processing power, hardware reconfiguration can be achieved simply by redistributing connectors. Coupled with direct drive motors, the robot now operates at such high speeds that the pick-and-place cycle

time, termed "working rhythm", is measured in Hz rather than seconds. The trade-off between working cycle rate and accuracy of placement is shown in the graph in Figure 1.

The speed of operation of the Delta robot is so fast that specially designed

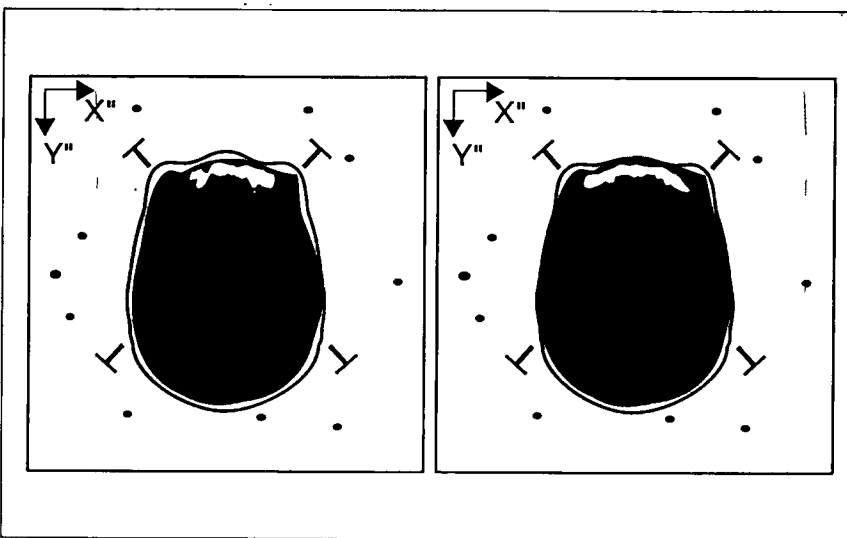


Figure 2. A HEXA Mechanism

end-effectors must be used. These are built to provide an astrictive hold within 30 milli-seconds and are required to maintain prehension during the considerable accelerations encountered during object removal. The grippers in question use vacuum suction which operates contiguously with the object. A positive pressure is activated from the robot controller to cut off the vacuum supply and provide a means of rapid ejection when object release is desired.

If emulation is the greatest form of compliment then this is well reflected in the Franco-Japanese paper by Uchiyama and colleagues, where a six degree of freedom version of the original Clavel design, called HEXA, was shown. Designed for a higher payload than Delta, but at a reduced speed, HEXA is still capable of unladen velocities in the region of 6m/s and accelerations approaching 22g. This also suggests that the parallel robot configuration is no longer a laboratory curiosity but may soon find its way on to the market. The second notable paper from EPFL concerned a more "necessity-driven" research project, where speed of motion is one of the least important parameters. Pierre Flury presented MINERVA, a robotic system intended for neurosurgery. Using the data obtained from a computerized tomographic scanner, MINERVA is designed to insert and manipulate a probe through a 2 or 3mm diameter hole drilled in the skull. This will allow a range of procedures to be carried out, such as hematoma and

abscess evacuation, radioactive implantation, biopsy, etc.

The scanner produces a 512×512 pixel X-ray image of the cranium, in which air, bone and brain tissue appear as different grey scale levels. Up to 16 images of different views may be stored to allow the surgeon accurately to locate the point of interest.

The patient's head is secured into a static position by means of metal pins. Nine carbon fibre bars used in the construction of the same framework also show up on the scanned image as small reference points. Using these points for calibration purposes, the co-ordinates for robot motion can be calculated. In an attempt to improve the accuracy of the robot a three-layer neural network, using a back propagation model, has been developed. Implemented in software on a Sun workstation, some 100,000 to 500,000 iterations are required to learn the joint angle corrections necessary to achieve an accuracy of 0.3mm.

Despite the low priority of robot speed requirements, it is hoped that operation times can be reduced to as little as one eighth of their present duration using this system. This would yield obvious benefits in terms of both patient comfort and overall medical costs. However, this work is by no means complete but, according to Flury, initial tests should commence early in 1993.

“Virtual reality could not help but capture the imagination”

However, by no means did the Swiss steal all the limelight. The video presentation given by the Fraunhofer Institute's Neugebauer was almost as convincing as the virtual reality it depicted. Though little information was given on the actual hardware used in its construction, the implementation of virtual reality, if only in its present state of wire frame models, could not help but capture the imagination.

The problems associated with moving in the real world, while observing the virtual are largely overcome by the combination of a data glove and trackerball. This

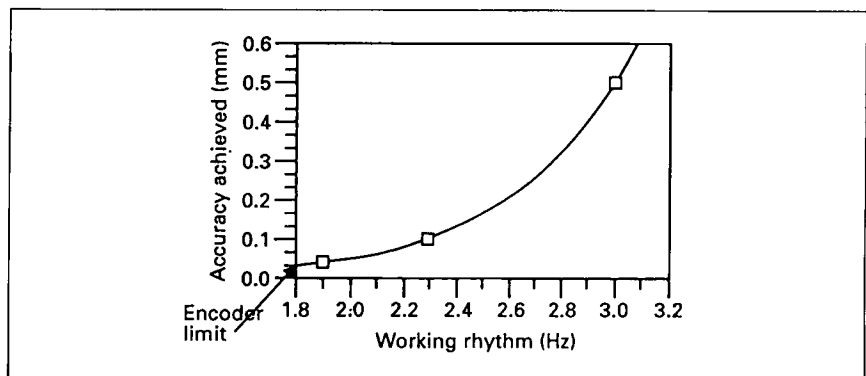


Figure 3. Ct Images Examples

allows the user to remain seated, thereby avoiding the dangers imposed by trailing leads, obstacles which exist in the real world but are apparently absent in the virtual, etc. The data glove, fitted with tactile and position sensors, permits the user to manipulate a virtual robot, while the trackerball allows him or her physically to move through the virtual environment in the same manner as it is possible to experience flight from within an aircraft simulator. Some problems were noted with the tactile glove, in that, after some time and movement of the hand, its position in real space did not correspond directly with that of the simulated robot's position in virtual space. This resulted in an increasingly visible offset between the two locations. The lack of available resolution from the data glove is blamed for this, though, without some form of closed loop control, periodic calibration or reset mechanism, it is difficult to see how this may be totally eliminated.

*“The
symposium was
predominantly
industry
application-
based”*

In addition to the obvious curiosity and amusement applications, robotic workcell simulation may be the most immediate benefactor of this technology. Any such application will, of course, be limited to the handling of solid objects of predictable and unchanging geometry. Until very sophisticated sensing and feedback are available, the ability to simulate and depict the position and orientation of flexible objects such as fabric or foodstuffs, as illustrated in some of the papers in the grippers

section of the symposium, is likely to remain outside the bounds of even the most sophisticated computer simulation, let alone virtual reality. Nevertheless, the ability to control and view any form of moving image in real-time three-dimensions, by means of stereo visual display, is an improvement over the conventional two-dimensional graphics with all the problems associated with attempting to analyse scenes which lack any tangible depth.

Though the symposium was predominantly industry application-based, a few slightly more innovative papers concerning concepts at a much earlier stage of development were also presented. A range of papers concerning sensor fusion, adaptive control and three-dimensional vision provided plenty of mental stimulation. One paper, which did catch my attention, again concerned the use of neural networks, not exclusively and in place of other control strategies, but in addition to and working in conjunction with them. Miyazaki and co-workers from Mitsubishi have combined a model-based compensator with a neural network. The compensator, based on a kinematic model, provides the basic Cartesian position and orientation data for the end-effector. The neural network then attempts to remove errors which cannot be easily represented in the mathematical model used by the compensator.

The seven degree of freedom, two-arm robot, presented in a paper by the research group from Fanuc Ltd, was also shown in a brief video at one of the plenary sessions. Though total two-arm precision co-operation is still under development, the integration of laser-illuminated three-dimensional vision and six-axis force sensing allows one arm to be used as a flexible jig holding an object, while the other arm manipulates a second object with which the first is to be mated. Few data were available relating to the cost of this type of robotic implementation, but it does show some of the more interesting ideas which emanated from what was yesterday's basic research and are now finding their way into applied research and development projects, and hopefully soon into industry.

The plenary sessions stimulated much interest and possibly some controversy, but with time at a premium questions and discussion were sadly minimized. The three Ds (Dirty, Dull and Dangerous), also mentioned at last year's ISIR in Detroit, were suggested as being currently the main motivation for installing robots. Many of the usual industry applications versus university research debates were fortunately avoided by a combination of astute chairmanship and lack of time.

*“A number of
new and
interesting ideas
seem to
be around”*

Despite some of the reservations as to the direction in which research seems to be heading, expressed at one of the plenary sessions, a number of new and interesting ideas in terms of both basic “interest-driven” and industrially applied research seem to be around. Necessity may be the mother of invention, but curiosity is surely the father — and two parents are needed for the birth and nurture of a brain child.

Reference

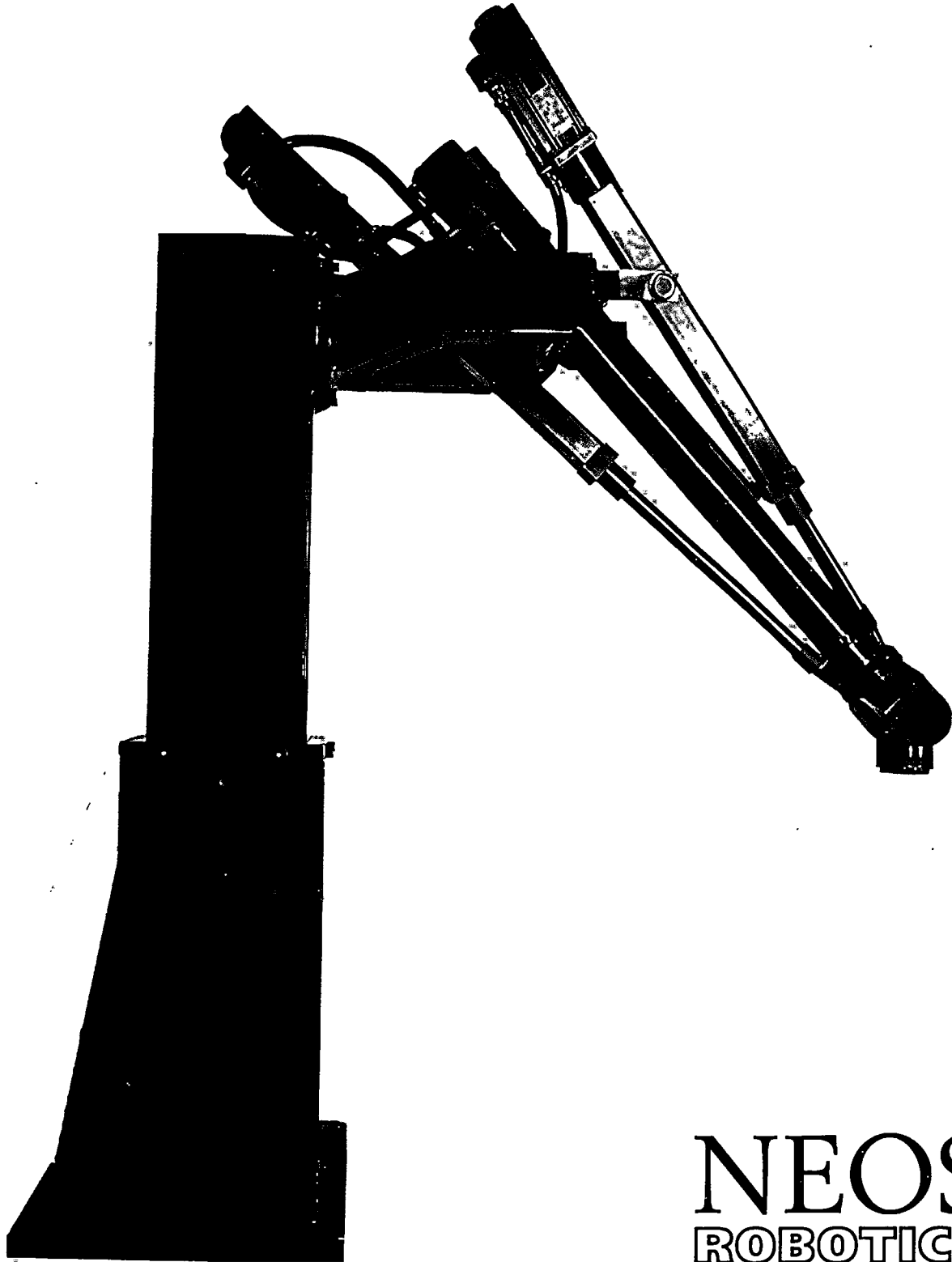
1. Codourey, A., Contribution à la Comande des Robots, Rapide et Précis (Application au Robot DELTA à Entraînement Directe), PhD dissertation (thesis no. 922), Ecole Polytechnique Fédéral Lausanne, Lausanne, Switzerland, 1991.

Gareth Monkman is at present on sabbatical from the University of Hull as Visiting Professor at the Fachbereich Elektrotechnik, Fachhochschule Regensburg, Prüfeningstraße, 8400 Regensburg, Germany. Tel: 49 941 943 2133; Fax: 49 941 21009.

Załącznik 4.
Robot Tricept.

TRICEPT

Der Roboter für
Montage und Bearbeitung



NEOS
ROBOTICS



TRICEPT Produktivität gleichzeitig die

Tricept ist ein neues Konzept was die üblichen Probleme mit den Bewegungskräften traditioneller Roboter beseitigt.

Tricept hat ein flexibles Fachwerk mit drei kraftvollen Stellvorrichtungen die statische und dynamische Kräfte aufnehmen. Dieser Aufbau garantiert hohe Last- und Presskapazität wie auch ausgezeichnete Stabilität und Genauigkeit bei Positionierung und Repetierung zur Folge. Dadurch ist Tricept äusserst gut geeignet für off-line Programmierung und gestaltet

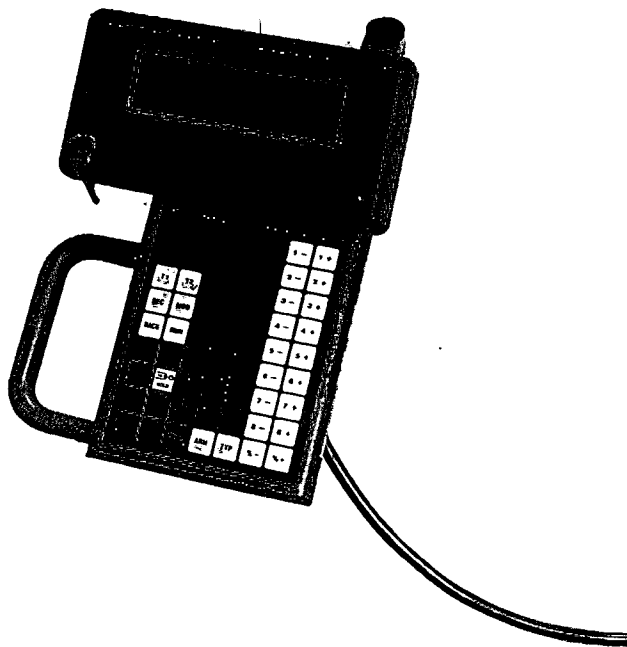
Tricept der Roboter mit folgenden Eigenschaften

- Flexibilität eines Roboters
- Taktzeiten wie eine Spezialmaschine
- Bearbeitungskapazität wie eine NC-Maschine
- Kraft einer Presse

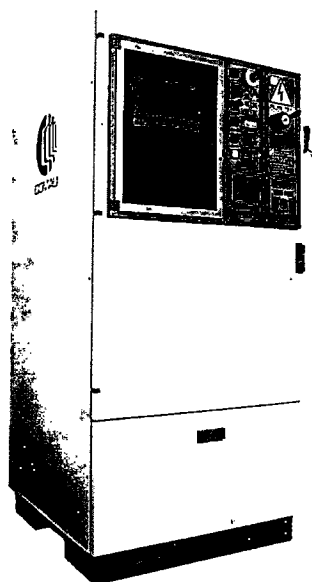
erstärkt die und verbilligt Kosten hierfür

diesen Roboter einzig in seiner Art
betrifft Bahnfolgung.

Die Fachwerkkonstruktion minimiert die Durchbiegung und Einschwenkung. Damit erreicht man extrem kurze Taktzeiten ohne von der Genauigkeit absehen zu müssen. Dank des Roboters hohen Präzisionseigenschaften sind die Möglichkeiten gegeben ihn als eine anpassungsfähige Spezialmaschine zu gebrauchen. Demwegen sind die Systemkosten niedrig weil die Menge Zurüstung reduziert werden kann. Der Roboter ist rationell aufgebaut und mit wenigen Konstruktionskomponenten verzehen, was für niedrige Unterhaltungskosten bürgt.

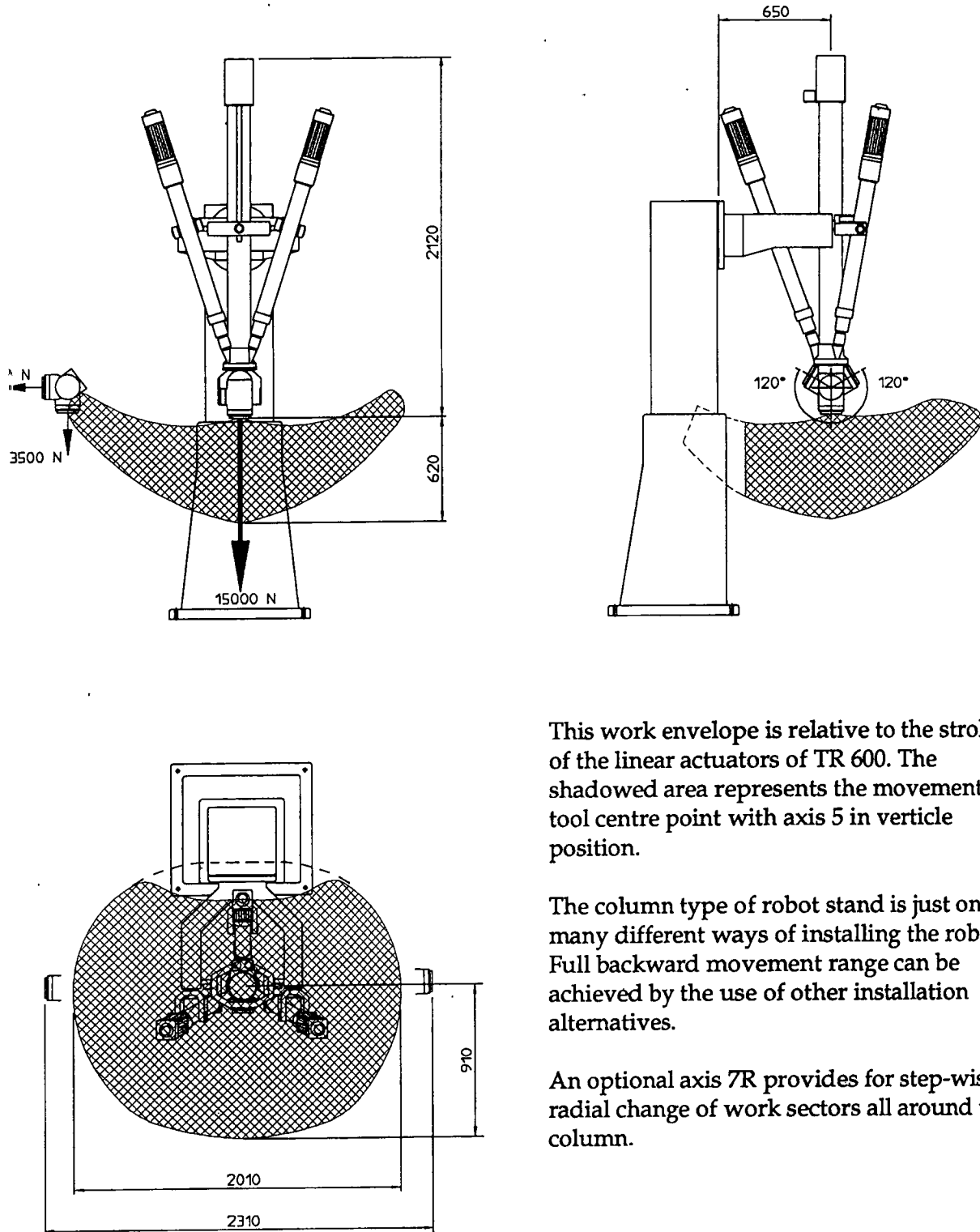


Avancierte Multiprozessor Steuereinheit



Tricept liefern wir mit stets neuester Multiprozessortechnik. SPS ist zwecks Steuerung von Zurüstungen ebenfalls darin integriert. Das steuereinheit wird in einer Pascal-synonymen Hochniveausprache programmiert und kommuniziert via Standardprotokoll. Die Möglichkeit zwei Roboter gleichzeitig zu steuern ist mit enthalten. Die Tricept Steuereinheit erfüllt die europäischen Sicherheitsnormen für ISO 10218.

Work envelope and pressing forces



This work envelope is relative to the stroke of the linear actuators of TR 600. The shadowed area represents the movement of tool centre point with axis 5 in verticle position.

The column type of robot stand is just one of many different ways of installing the robot. Full backward movement range can be achieved by the use of other installation alternatives.

An optional axis 7R provides for step-wise radial change of work sectors all around the column.

Tricept 6-axis industrial robot model TR 600

Main specifications

| | | | |
|-------------------------|---|-----------------|-----|
| Capacity | Handling payload | 150 | kg |
| | Turning torque axis 6 | 200 | Nm |
| | Pressing, max. | 15,000 | N |
| | Lifting, max. | 500 | kg |
| Accuracy | Repeatability (ISO 9283) | $\leq \pm 0.02$ | mm |
| | Positioning | $\leq \pm 0.20$ | mm |
| | Path following | $\leq \pm 0.10$ | mm |
| | Incremental motion | ≤ 0.01 | mm |
| | Static bending deflection (ISO 9283.10) | | |
| - X and Y directions | 0.0003 | mm/N | |
| - Z direction | 0.0001 | mm/N | |
| Cycle times | Point-to-point (PTP), A to B, 1000 mm | 0.7 | sec |
| | The "Neos-cycle" A-B-C-D-C-B-A 2800 mm; AB 200 vertical/up, BC 1000 horizontal, CD 200 vertical/down and return DC, CB, BA: | | |
| | - PTP, rounded corners (fly) | 2.2 | sec |
| | - PTP, sharp corners | 3.3 | sec |
| | - linear, rounded corners (fly) | 4.2 | sec |
| | - linear, sharp corners | 5.9 | sec |
| Speed | Max., with full handling payload | 5 | m/s |
| Control system | Comau C3G 900 (TR600C9) or C3G 9000 (TR600C90) | | |
| Protection class | Controller | IP 54 | |
| Operating range | Diameter (excl. range of wrist) | 2,000 | mm |
| | Height (-" -) | 600 | mm |

| Axis | Range of axis | Maximum speed |
|-------------|-------------------|--|
| 1 | 600 mm | 1.5 m/s |
| 2 | 600 mm | 1.5 m/s |
| 3 | 600 mm | 1.5 m/s |
| 4 | $\pm 300^\circ$ | 240 $^\circ/s$ |
| 5 | $\pm 120^\circ$ | 240 $^\circ/s$ |
| 6 | $\pm 3.600^\circ$ | 240 $^\circ/s$ |
| 7R (option) | $\pm 180^\circ$ | Radial change of work sectors in 48 steps. |

Vielseitigere Produktion zu niedrigeren Kosten

Die Entwicklung des Tricept-Modells fand den Ursprung im Bedarf eines Industrieroboters fähig zu präzisen Montage- und Bearbeitungsaufgaben mit niedrigeren totalen Systemkosten für den Endverbraucher als Folge. Neos zielt hierdurch auf verschiedene Applikationen die den Bedarf von Hochprästandarobotern mit einzigartiger Präzision fordern. Die Neotechnologie fördert im höchsten Grad kosteneffektive Robotersysteme in Vereinigung mit kurzen Produktionszeiten.

Typische Aufgaben die auf Grund der sonderartigen Triceptkonstruktion erledigt werden können.

- Flexible Montagen mit höchster Präzision, kurzen Taktzeiten und Pressmomenten
- Hochgeschwindigkeits Bahnfolgung
- Fräsen, bohren, polieren
- Entgraden, schleifen, Gewinde bohren

Preisgewinnende Technologie

Ein auf Tricept basiertes System für automatische Schlussmontage von elektrischen Motoren wurde 1992 der Schwedische Preis für die beste neue Entwicklung auf dem Gebiet der Herstellungsautomatization zugeteilt.

Der Wettbewerb wurde von folgenden Institutionen veranlasst: Schwedisches Institut für produktionstechnische Forschung, Königliche Technische Hochschule und Schwedisches Zentralamt für industrielle und technische Entwicklung. Das Entscheidungskomitee bestand aus Vertretern der technischen Leitung von führenden schwedischen Unternehmen auf diesen Gebieten.

Design und Technologie des Tricept-Roboters sind durch internationalen Patenten geschützt. Neos entwickelt, testet und baut Tricept-Roboter in Schweden. Unser Unternehmen mit Kontor, Abteilung für Applikationsentwicklung und Vorführungsgegenständen liegt in Täby, unweit von Stockholm.

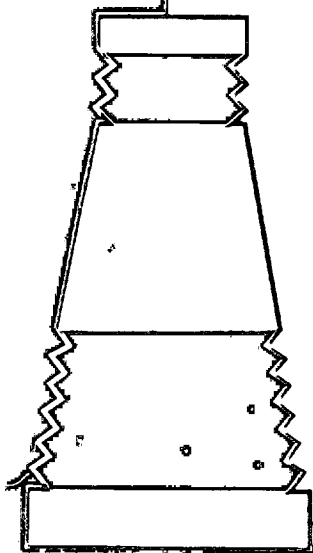
NEOS
ROBOTICS

Neos Robotics AB
Nytorpsvägen 2C
S-183 53 TÄBY
Sweden
Tel: +46 8 768 08 20
Fax: +46 8 768 08 21

Załącznik 5.
Robot Multicraft MC560.

MultiCraft a.s

The "MultiCraft 560" Industrial Robot



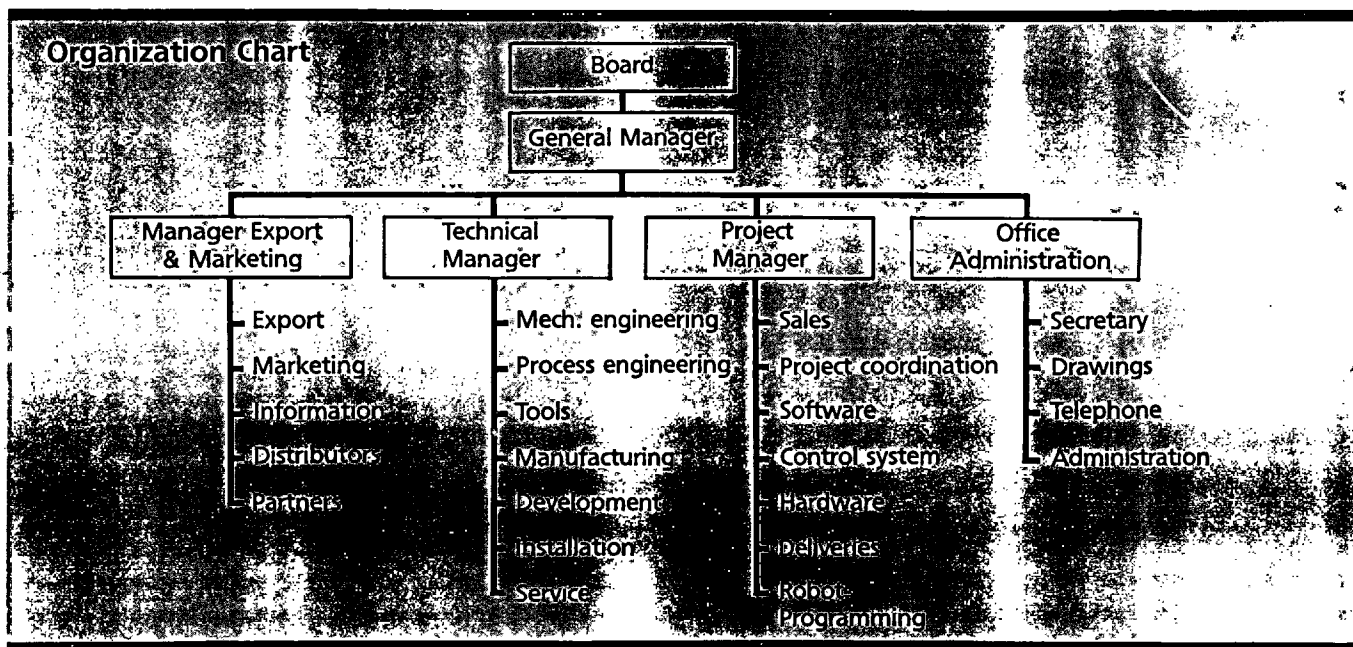
112

MultiCraft a.s

MultiCraft a.s was established on August 10, 1983 with the object of developing industrial robots based on a patented mechanical concept.

Development of the MultiCraft 560 robot was completed in 1986. It was first publicly demonstrated at the 1986 Scan Automatic fair in Gothenburg, where it was a first prize winner.

The MultiCraft 560 is a Norwegian product.



MultiCraft a.s. is a system vendor, the firm has experience with industrial processes, tools, electronics, and computers, and can deliver complete robotic solutions to manufacturing problems.

The MultiCraft 560 fills a special niche in the market. Because of its unique design it is especially applicable to the processing of metal goods and heavy assembly.

MultiCraft a.s is committed to developing advanced surface processing techniques in grinding and polishing. Research and development includes a cooperative project with the Center of Industrial Research (Oslo) and participation in Eureka.

Stockholders:

Selmer-Sande
 Kværner Group
 Integer ANS
 Arne Austad
 Vahl & Høibakk A/S
 Jon Aage Sørensen
 NEVI A/S
 Others

The MultiCraft 560 Industrial Robot

The MultiCraft 560 distinguishes itself from conventional robots by its mechanical construction. The robot consists of 5 linear actuators and one rotating element, giving the robot six degrees of freedom.

The linear actuators are coupled in parallel, as opposed to a conventional robot arm, where they are in series.

This unique, patented design provides the following attributes:

- Great rigidity
- Great strength

The robot is characterized by the following specifications:

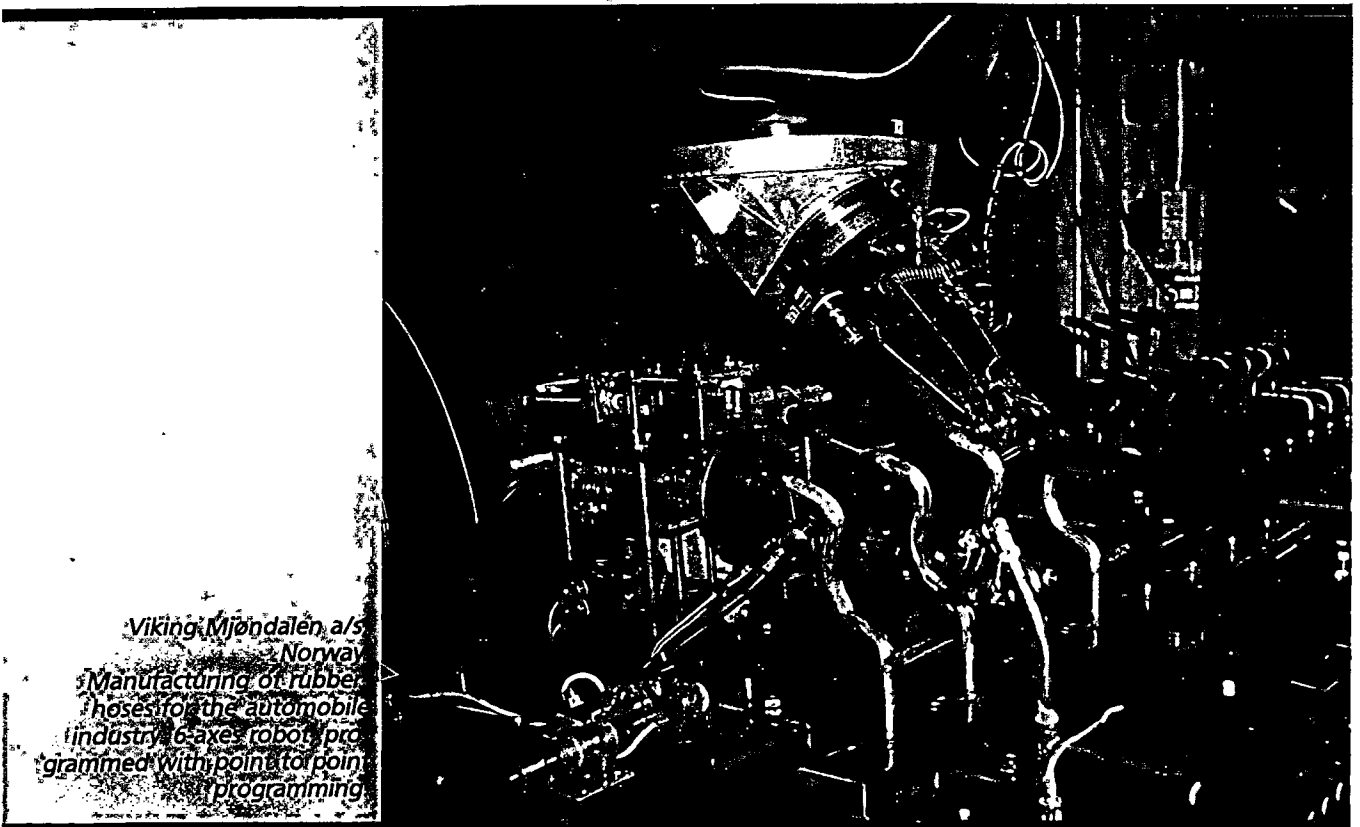
- Handles up to 75 kg.
- Controls up to 8 axes.
- Accurate and stable under heavy loads.
- Good repeatability.
- Limited vibration.
- An open control system-parameters redefinable by user, providing great flexibility.
- Programmable via point to point programming and CAD.
- Up to 32 digital signals in and out.
- Simple mechanics providing high reliability and serviceability.

Typical Applications for the MultiCraft 560

- Grinding, deburring, fettling, filing, machining.
- Buffing and polishing.
- Heavy assembly and handling.
- Cutting.
- Other applications that require great strength, stability, and accuracy.

The main question in connection with automation is often: **Why use a Robot?**

- Shorter cycle time per workpiece.
- Reduce downtime.
- Better and more uniform quality.
- Less scrap.
- Great amounts of force can be used.
- Save floorspace.
- Environmental improvement.
- Reduce training costs.
- Reduce personnel turnover.
- Reduce absenteeism.
- Reduce recruiting problems.



Viking Mjøndalen, a/s
Norway
Manufacturing of rubber
hoses for the automobile
industry. 6-axis robot pro-
grammed with point to point
programming.

The MultiCraft 560 Design

The MultiCraft 560 is built up from relatively few and similar components. The main parts are.

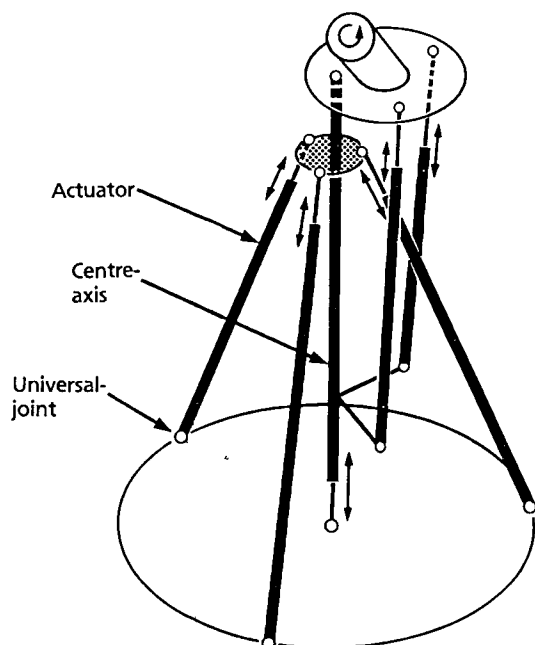
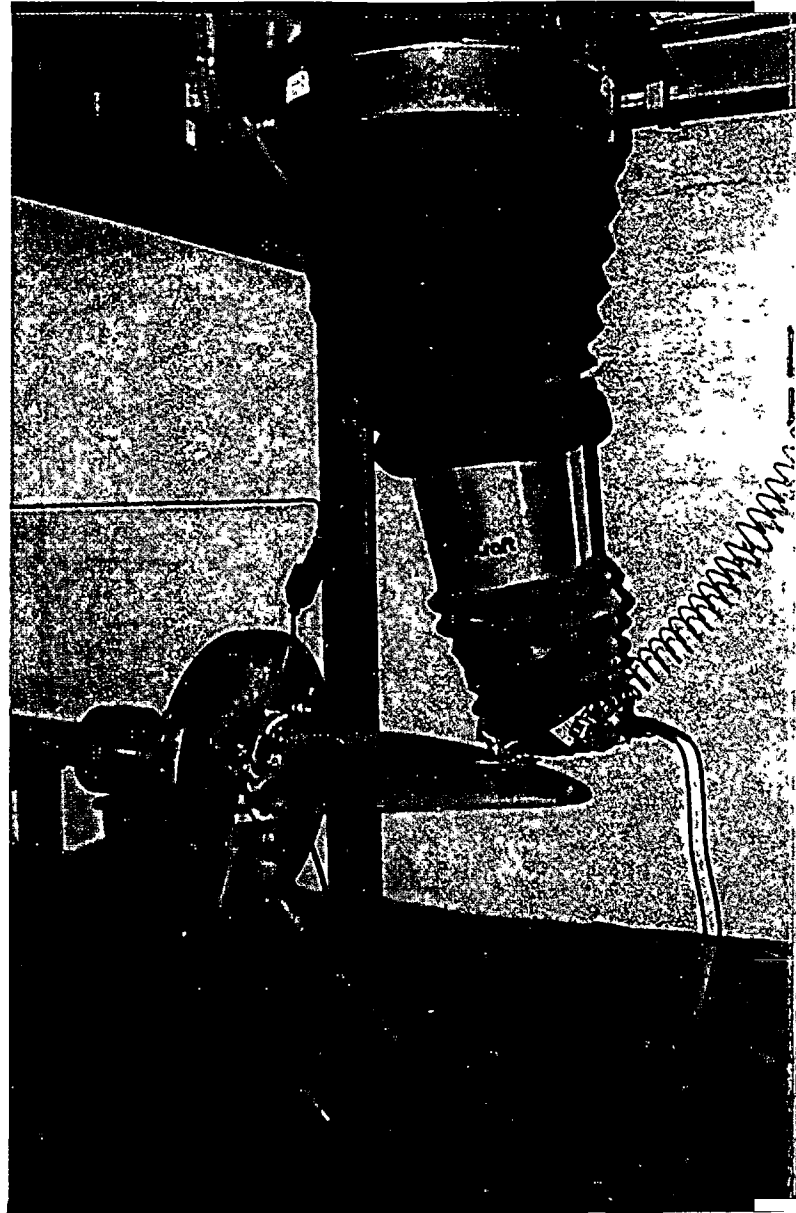
- 5 Linear actuators with DC motors drive ballscrews.

- Centre axis is a preloaded ball spline torsional shaft extending and contracting with the three main linear actuators. These actuators are at the one end connected to the base and at the other to the centre axis.

- Rotational actuator with a DC-motordrive. A concentric gear transmits the rotation to the output drive to which the workpiece or robot-tool is attached

- Base Made of steel in a cylindrical form. May be fastened to the floor or ceiling with three bolts.

- Cover the robot is covered with two bellows and a steel cone. The inside of the robot may be pressurised to prevent contamination.



Hultsfred Pressgjuten a.b., Sweden
 Complete surface treatment, ready to paint, (by grinding and deburring) of pressure-moulded aluminium chair foot. A complete manufacturing cell with a 6-axis robot programmed with point to point programming.

Control System

The MultiCraft 560's controller was developed in cooperation with the Centre for Industrial Research.

The control cabinet contains the control logic and power supplies. The control system is comprised of the following elements:

- IBM compatible PC

man-machine communication and storage of robot programs.

- Robot controller

executes commands from the PC. Computes the robot's position and orientation in real time.

- Servo controller

regulates the positions as determined by the robot controller using a PID algorithm.

- Servo amplifier

with one separate amplifier per motor. An analog signal from the servo controller is converted to a PWM-signal which controls the speed of the DC motors.

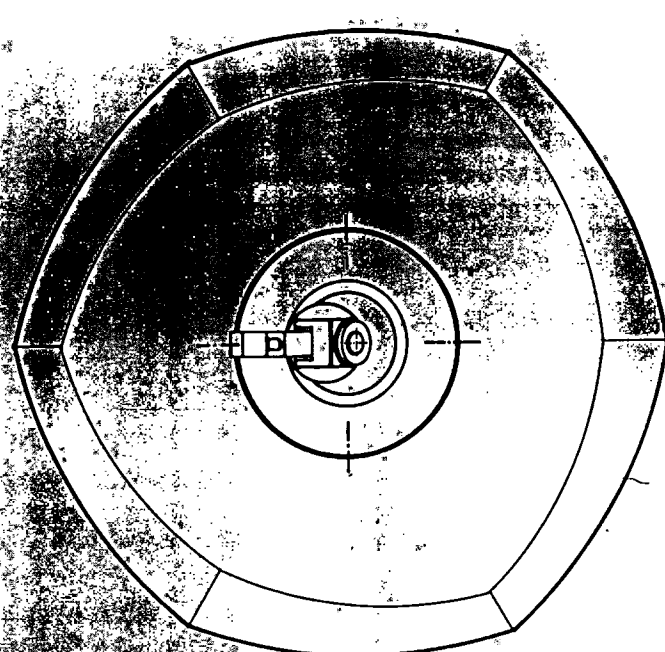
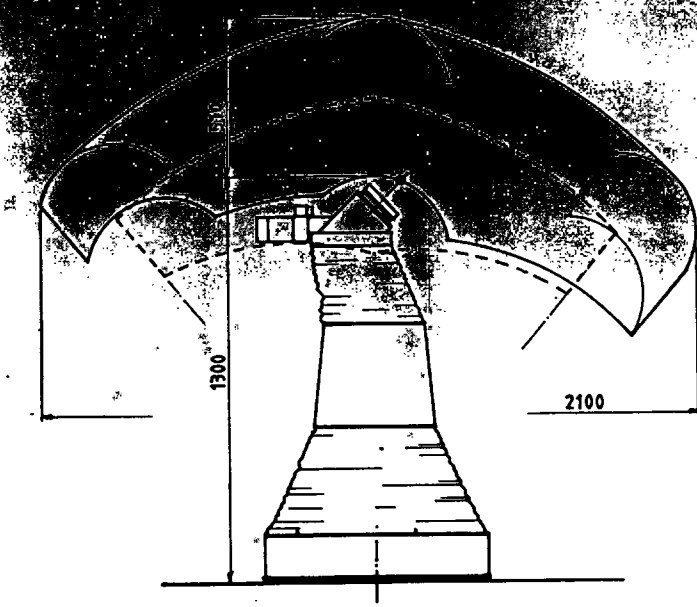
*Kværner Eureka a/s, Norway
Grinding of controllable pitch propeller blades using a 5-axis robot hanging from a servo controlled rail. The robot is programmed with CAD-programming.*

Operating the robot

The operator controls the robot by means of the key-board of a PC-computer, or by a specially developed control-box

From the menus appearing on the screen you can, by a step by step-procedure, communicate information and give commands to the robot

If you choose to use the control box, the robot is controlled and communicated with by means of a set of function keys, joy-stick and LCD-display.



Robot

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| Speed: horizontal: | 1.0 m/s |
| vertical: | 0.3 m/s |
| Payload: | 75.0 kg |
| Wrist, torque: | 10.0 kpm |
| Repetition accuracy: | +/-0.02 mm |
| Smallest programmable increment: | 0.06 mm |
| Weight: | 90 kg |
| Working envelope: | 3.2 m ² |
| Relative humidity: | 5-95 % |
| Operating temperature: | +5°C to +45°C |

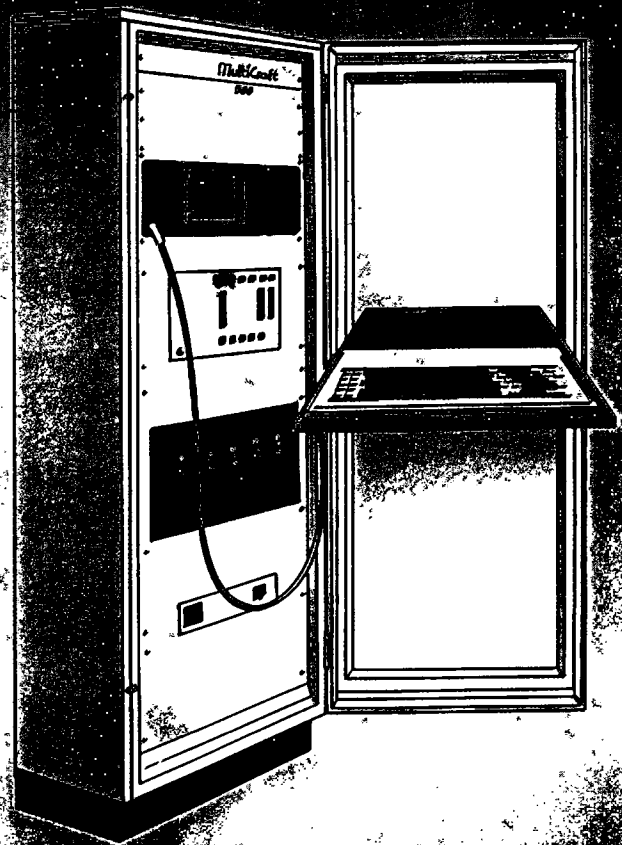
Technical specifications

Control system

| | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Digital in-/outputs: | 32 (64) (24 V d.c., 500 mA) |
| Number of axes: robot: | 6 (5) |
| external: | 2 (3) |
| Memory capacity: | 500 kbyte (4000 kbyte) |
| Number of programlines: | 3000 (65000) |
| Mass-storage/back-up: | floppy 360 kbyte (Hard-Disk 30 Mb) |
| Point to point programming | |
| CAD/CAM programming (offline) | |

Control cabinet

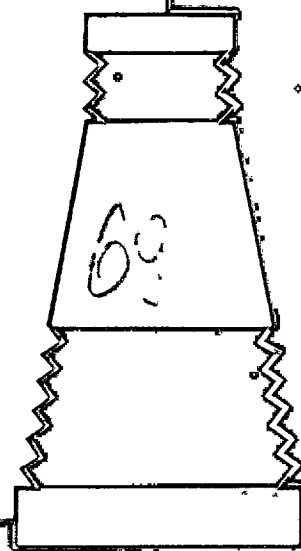
| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Dimension (W×D×H): | 599×500×1904 mm |
| Weight: | 210 kg |
| Cable to robot (standard): | 8.0 m |
| Cable to control-box: | 8.0 m |
| Relative humidity: | 5-95 % |
| Operating temperature: | +5°C to +45°C |
| Power supply: | 220 V/380 V 50 HZ 3-phase |



MultiCraft a.s

Drammensveien 302-304
Postboks 341
1324 Lysaker, Norway

Tel. (02) 59 01 80
Telex 71901 (MGNAV N)
Telefax 53 33 47



AUTOMATIC FETTLING CELL — AN EXAMPLE FOR APPLYING COMPUTER- AIDED ROBOTICS

K.-H. Häfele, H. Haffner and Peter Spencer

Automated Fettling of Castings

Fettling is the removal of flashes and feeders from castings. It is desirable to automate the fettling process as manual fettling is a very dirty, noisy, laborious and dangerous task. At present, approximately 30,000 people in Germany alone are employed to fettle castings. The days lost to illness among these workers runs at some 15 per cent[1].

As part of the Eureka Project, an automatic fettling cell (AFC) was built up at the beginning of 1992 by the partners GREIF of Germany, suppliers of the robot cell and grinding tools, LOVINK of The Netherlands, the foundry for which the first AFC is destined, MULTICRAFT of Norway, maker of the MC560 robot, and the Nuclear Research Centre of Karlsruhe (KfK), Germany, which has much experience of fettling with industrial robots within a previous fettling project, COMETOS.

The main aim of the AFC is to provide a complete low cost (DM 500,000 approximately) robot cell for fettling small castings of a certain batch size. A more specific aim is to reduce programming times between changing over workpieces.

Supplying the operator with effective programming methods and tools is how this will be achieved.

Examined are strategies and methods for both simplifying the possibilities for the "teach in" process

and for the off-line programming of the cell. ROBCAD, a robot off-line programming and simulation system, has been in use at KfK since 1988, being applied in COMETOS[2].



Figure 1. The Complete Robot Cell Built up in KfK

40

Since commencing AFC, ROBCAD has been used to support the cell's development and to verify basic concepts. As all the components of the cell were relatively new, none had been previously modelled in ROBCAD or any other external CAD systems. Most of the cell components were straightforward to model in the CAD module of ROBCAD, the exception being the MULTICRAFT MC560 robot used in the cell.

The Fettling Cell

For safety, as the robotcell contains high speed and powerful grinding machines, it is surrounded by a box approximately 2.5m³. Inside this box an MC560 robot is suspended from the roof and stationary tools for the fettling process, one for milling, one for cutting and one for grinding, are attached to the floor.

The cell has to be flexible, so that many different shapes and sizes of workpieces can be fettled. Figure 2 shows the four workpieces, currently in use to test the cell.

The cell conveyors were decided on after testing several proposals, using working models made in ROBCAD. The conveyor chosen has one prismatic and one rotational joint. The motion of the rotational joint is linked to that of the prismatic joint, using mathematical functions in the ROBCAD model and a guide rail in the actual cell. The mechanism of the conveyor is shown in Figure 3.

Modelling the Robot

The robot used in the cell is a Multicraft MC560. It has five linear joints and an additional rotary joint at the end of its arm. This kinematics structure among robots is unique (see Figure 4). This makes the MC560 rigid, enabling it to handle objects up to its own mass of 85kg, but also makes the robot's kinematic structure exceedingly difficult to model accurately[3].

The first stage of modelling involved making an extremely accurate static representation of the robot (see Figure 5(a)). This was used for creating pictures of the robot cell and as a reference model for future updates of the MC560 to include kinematics.

With the help of Tecnomatix (creators of ROBCAD), a simplified version of the MC560 was designed for use in a rough robot simulation. The result was a kinematics structure based on a standard six-axis robot with one prismatic and five rotational joints (see Figure 5(b)). These kinematics allow the operator to modify the orientation and length of the robot's central piston.

The Tecnomatix model was useful for making simulations, demonstrating the operation of the cell and testing cell periphery but unsuitable

for off-line programming, as its movement and joint limits were different from those of the real robot.

A robot model which could be used for the off-line programming of the robot cell was needed. This task was made appreciably harder as ROBCAD allows only limited scope for the formation of kinematics loops, making it impossible to link the robots' platforms directly to their drive cylinders.

Two approaches to solve this problem are being embarked on at present:

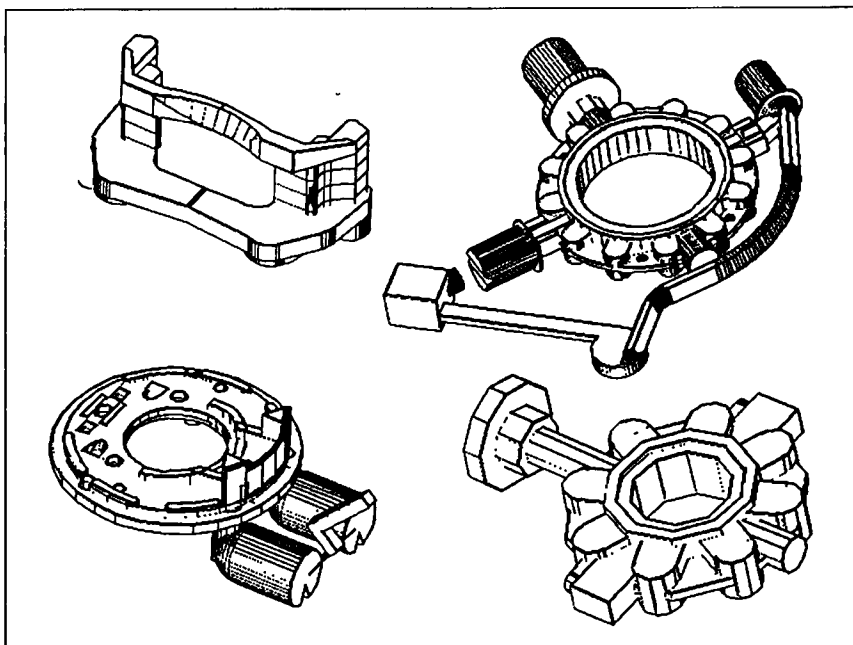


Figure 2. Workpieces Currently in Use

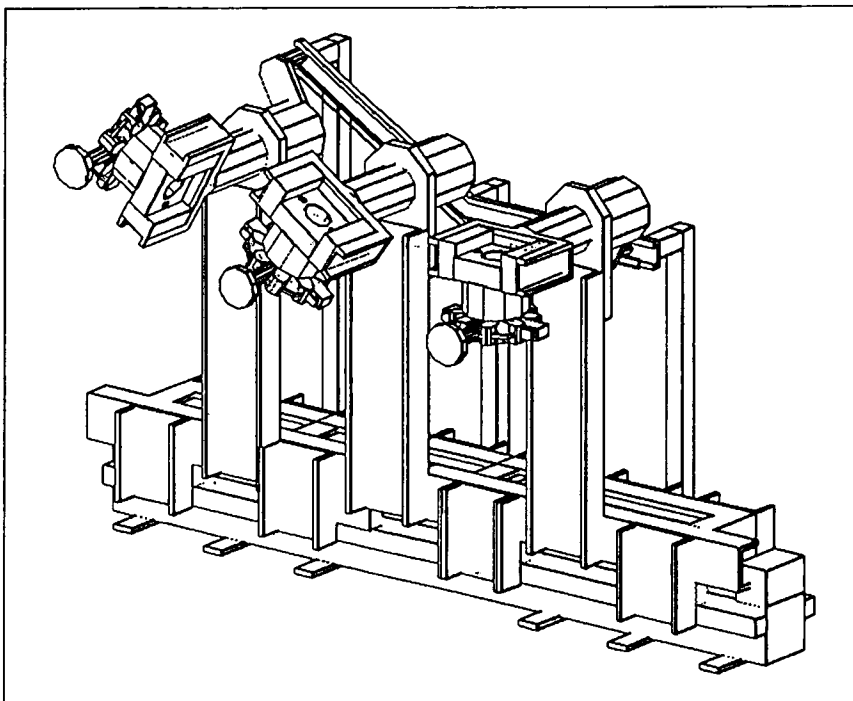


Figure 3. Conveyor in Different Positions

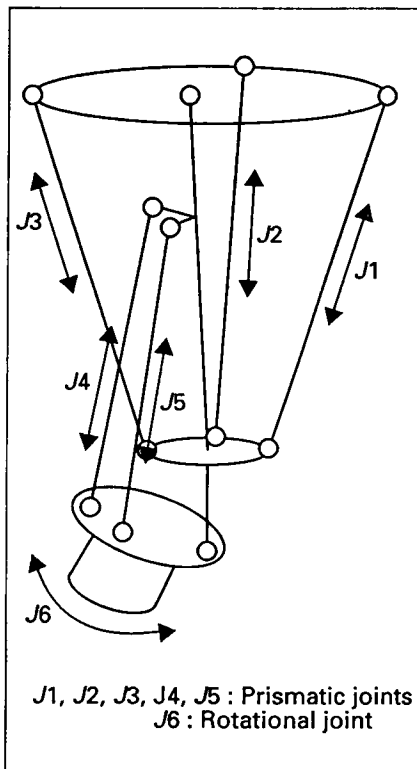


Figure 4. Kinematics Structure of the MC560

- (1) To design the robot in ROBCAD with the drive cylinders' motion linked to that of the centre piston using mathematical functions. At present, following much number crunching, a working model of the base structure with its three linear joints of the robot has been completed (see Figure 5(c)). To realize a correct movement of this model complex mathematical functions for each joint link have to be implemented by using ROBCAD internal command lines[4].
- (2) Using another three-dimensional CAD system, CATIA, for modelling the robot with kinematics, because it has more facilities for kinematics loops. Then trying to adapt the functions generated by CATIA and apply them to the ROBCAD model. However, problems with the CATIA's three-dimensional kinematics loops have been encountered, making the model's motion accurate during only the first 10 per cent to 20 per cent of its joint limits (see Figure 5(d))[5].

Future activities will be concentrated around completing the MULTICRAFT robot model, using

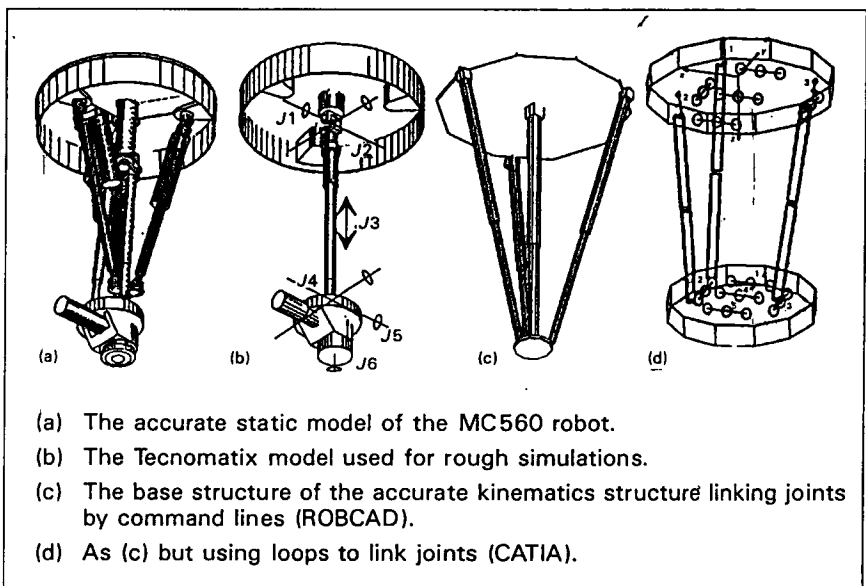


Figure 5. The Different Approaches to Modelling the MULTICRAFT MC560 Robot

mathematical command lines linking corresponding joints. After calculating the missing mathematical functions the joint ranges have to be established and tested. In order to create a complete robot the inverse solution of the robot's kinematics has to be calculated and implemented. For this the new ROBCAD module, "OPENKIN", will be used[4].

Programming the Cell

In the future, ROBCAD is to be used as an off-line programming tool for the AFC. However, several problems must be addressed before this can happen.

The first problem is in the marketplace, at this time three-dimensional CAD systems are virtually non-existent in foundries. Hence there are no three-dimensional CAD models of the components to be fettled by the cell. This problem should solve itself within several years, as these systems steadily start to appear in foundries and in the short term the group responsible for off-line programming the cell can also model the workpieces[6].

Accurate calibration of the cell is needed for contact operations such as fettling. Calibration is measuring the layout of the cell and the accuracy of the robot. Errors made in calibration tend to be cumulative and much damage may be caused by small differences in positional data. Having

each workcell calibrated accurately is very expensive, requiring specialist equipment and experts to operate it.

The positioning of the robot model's Tool Centre Point (TCP) poses another problem. The TCP is situated at a tool's work point and enables the robot to move the tool end to any location (within the robot mechanism's movement envelope) specified by the user.

In operations like arc welding this works well, as conventionally robots handle tools around static workpieces. So the TCP is always attached to the same point at the end of the tool. However, in the AFC the robot handles a workpiece around a static tool. Various different parts of this workpiece therefore come into contact with the tool. It is favourable for the TCP to be attached to the part of the workpiece which is in contact. Which means the TCP must be moved around the workpiece, while the simulation is running.

The final major problem is one of communication, or rather lack of it. At present ROBCAD and the robot controller are incompatible.

The Robot Controller

The present robot controller is not a very user-friendly design. A new way to communicate with the robot must be incorporated into the cell design. Three options are available for developing an improved user interface with the controller:



The accurate ROBCAD model and the real robot

Hence, solution 3 is most likely to be adopted for this project.

Conclusions

The ROBCAD tool has been used in two projects at KfK and has proved itself excellent for the planning and simulating of the robotcell. In the case of the AFC, ROBCAD was used extensively in demonstrating the action of the cell before it had been fitted and altering the design and positioning of components for smoother running of the cell simulations.

It saved time and money by allowing the design and proving of components from scratch (e.g. the cell's conveyors). They could then be tailor-made to the exact requirements of the cell without having first to make full-size models.

- (1) Developing a processor to translate simulation programs written in ROBCAD using Task Description Language (TDL), so they can be deciphered by the Multicraft robot controller. KfK has some experience in developing TDL translators, having previously developed both TDL to IRDATA[7] and TDL to DOROB[8] translators.
- (2) To build up a compiler enables ROBCAD to simulate programs written in the robot controller's native language. This would have to be written with the help of Tecnomatix, as many aspects about compiling TDL are known only to them.
- (3) A purpose-built interface for the robot controller which uses the same commands as TDL. This eliminates the need for any sort of translator and would allow the operator merely to enter TDL commands into the robot's control PC for the robot to execute. Again KfK have previous experience in this field, having developed a purpose-built interface for an AEG r500 robot controller during the COMETOS project[6].

Neither method (1) nor (2) would solve the problem of the unfriendly design of the original robot controller.

*“The
tool has
proved
itself
excellent”*

But in applying the whole ROBCAD system some problems especially concerning the off-line programming have been detected.

The first challenging situation was producing an accurate robot model. Tecnomatix could not offer an accurate working robot model and the robot's complex 3D kinematics loops were impossible to model in ROBCAD. This means that the only way to link the robot's joints is using mathematical functions. Not particularly user-friendly, as the functions are very lengthy (see Figure 2).

Neither is it possible for ROBCAD to support the robot handling a workpiece which makes contact with

tools at many different points on its surface.

The final obstacle to be overcome is finding a way ROBCAD-generated programs can be deciphered by the robot controller, as currently there is no known translator or compiler on the market.

For the cell to reach completion, MC560's kinematics structure must be modelled completely along with an inverse solution, so that it can be defined as a robot. A link between the robot controller and ROBCAD must be built and a way to handle workpieces with robots in ROBCAD devised.

The new version of ROBCAD (Version 2.3.1.) just released by Tecnomatix helps solve some of these problems. It allows users to make entries directly into the kinematics definition, using the new module “OPENKIN”.

References

1. Lawo, M. et al., “COMETOS A Highly Flexible Handling System for the Tooling of Medium-sized Castings”, *KfK Nachrichten*, Jg. 22, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 3640, Karlsruhe, Germany, February 1990.
2. Häfele, K.H., “Off-line Programming of Industrial Robots”, *Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung*, ZWF 85, Carl Hanser Verlag, München, Germany, November 1990.
3. Eureka Project EU456, *Prospectus*.
4. ROBCAD Manual Bank 1-5, Version 2.2.
5. CATIA, *Manual*.
6. Isele, J., “Realization of a Manufacturing System for Fettling with Task-oriented Programming”, Dissertation, Universität Karlsruhe, Germany, 1992.
7. Kattermann, K., “TDL-IRDATA, Translator”, Diplomarbeit, Fachhochschule Karlsruhe, Germany, 1991.
8. Coy, M., “TDL-DOROB Translator”, Diplomarbeit, Fachhochschule Karlsruhe, Germany, 1990.

For further information contact K.-H. Häfele, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Institut für Angewandte Informatik, Postfach 3640, 7500 Karlsruhe, Germany. Tel: 01049 7247 825745, Fax: 01049 7247 825786.