

440

BE 1

OSRODEK MECHATRONIKI

.....
Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

mgr inż. Maciej Oleksiuk
.....

Wykonawcy:

mgr inż. Małgorzata Miłosiewicz
..........
Andrzej Kramarz
.....
.....

Analiza sposobów minimalizacji cyklu pracy urządzeń sterowanych sterownikiem przemysłowym, wyposażonych w manipulatory z napędami pneumatycznymi i elektrycznymi na przykładzie linii automatycznego szlifowania stożków ".

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

PIAP
.....
.....

Kierownik Ośrodka Mechatroniki

mgr inż. *Maciej Oleksiuk*
.....ZASTĘPCA DYREKTORA
d/s Badań i Rozwojowych
.....

dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 31.10.1995

Nr arch. 7237

Nr zlecenia 9639

Analiza deskryptorowa

projektowanie + manipulatory

Abstrakt

Praca zawiera opis automatycznego przenośnika stożków obsługującego linię szlifierek szklanych stożków oraz wskazania i zalecenia a także metody prowadzące do minimalizacji czasu pracy manipulatorów wchodzących w skład tego przenośnika.

Tytuły poprzednich sprawozdań

nie było

Rozdzielnik

Egz. 1. OIN

Egz. 2. OME

Egz. 3. -

Spis Treści

1. Wstęp
2. Opis obiektu
3. Źródła minimalizacji czasu trwania cyklu
4. Wnioski w praktycznego wdrożenia metod

1. Wstęp.

Automatyzacja procesów produkcyjnych prowadzi do znacznego wzrostu wartości środków produkcji. Ich efektywne wykorzystanie wymaga między innymi wysokiej wydajności, którą uzyskuje się dzięki minimalizacji cyklu pracy urządzenia. Przy pracy trzymianowej każdy zaoszczędzony ułamek sekundy ma wymierną w złotówkach, często wielką wartość. Dlatego minimalizacja czasu trwania cyklu pracy urządzenia ma dla inwestorów duże znaczenie i decyduje niekiedy o całym przedsięwzięciu.

Sprawozdanie stanowi próbę opisu i systematyzacji doświadczeń z wdrażania zautomatyzowanych zespołów manipulatorów ze szczególnym uwzględnieniem automatycznego przenośnika stożków.

2. Opis obiektu

Jedną z pierwszych operacji technologicznych wykonywanych na szklanych stożkach lamp kineskopów po ich uformowaniu jest szlifowanie. Cele tego procesu są dwa:

- 1 szlifowanie i polerowanie płaszczyzny łączenia stożka z ekranem, jej krawędzi oraz szlifowania baz,
- 2 usunięcie z dalszego procesu stożków z ukrytą wadą (stożki takie w procesie szlifowania pękają),

Stożek na każdą z maszyn szlifierskich zakładany jest w takiej samej pozycji- szyjką do góry. Po włożeniu stożek automatycznie opuszcza się na wirujące tarcze szlifierskie. Trzy z maszyn posiadają elementy centrujące wewnętrzną powierzchnię gardzieli stożka względem osi maszyny, co zapewnia dokładne pozycjonowanie stożka względem tarcz wirujących i nie wymaga dokładnego pozycjonowania stożka przy jego zakładaniu. Natomiast szlifierka baz posiada trzpień centrujący szyjkę stożka, którego średnica zewnętrzna jest jedynie o kilka dziesiątych części milimetra mniejsza od średnicy wewnętrznej szyjki. Założenie stożka na tę maszynę wymaga więc dokładnego pozycjonowania go względem osi maszyny oraz założenia go na ponad 150-co milimetrowej długości trzpień ruchem pionowym.

Ręczna obsługa szlifierek jest bardzo uciążliwa ze względu na:

- krótki cykl pracy wymagający szybkiego i częstego przenoszenia stożków pomiędzy szlifierkami,
- znaczny sumaryczny ciężar, który podczas jednej zmiany przenosi obsługa,
- dużą wilgotność spowodowaną mgłą wodną powstałą podczas intensywnego chłodzenia wodą szlifowanych powierzchni,
- realne niebezpieczeństwo upuszczenia mokrego stożka.

Dla poprawy warunków bhp oraz zwiększenia wydajności szlifierni powstała koncepcja automatyzacji przenoszenia stożków. Przy opracowaniu koncepcji wykorzystano to, że czas pracy poszczególnych szlifierek jest bardzo zbliżony.

Automatyczny przenośnik stożków przeznaczony jest do przenoszenia stożków o różnej wielkości pomiędzy sześcioma maszynami technologicznymi ustawionymi w osi z dokładnością ± 1 mm, w odstępach co 2000 mm. Szlifierki są tak ustawione, że dla każdej z nich powierzchnia, na którą odkładane są stożki, znajduje się na tej samej wysokości. Konieczność zapewnienia tak dokładnego ustawienia maszyn wynika z konstrukcji szlifierek oraz sposobu pozycjonowania na nich stożków. Zakładanie i zdejmowanie stożków odbywa się z otwartych maszyn po zakończeniu na nich operacji technologicznych, ruchem pionowym za pomocą chwytaka podciśnieniowego wyposażonego w cztery ssawki.

Po odłożeniu stożków na kolejne maszyny i wycofaniu się do pozycji bezkolizyjnej sterownik przenośnika wysyła sygnał zezwolenia na rozpoczęcie procesu szlifowania, po czym przenośnik powraca do pozycji początkowej i oczekuje na zezwolenie na wykonanie kolejnego cyklu.

Konstrukcję nośną automatycznego przenośnika stożków stanowi trawers umieszczony na trzech podporach, do którego przymocowane są prowadnice. Po prowadnicach przemieszczają się na łożyskach wzdłużnych połączone sztywno wózki. Na trawersie jest pięć wózków. Na każdym z nich zamocowane są manipulatory. Każdy z manipulatorów składa się ze spawanej konstrukcji nośnej, w której zainstalowane są dwa równolegle połączone cylindry o skoku 250 mm oraz jeden szeregowo połączony cylinder o skoku 500 mm. Cylindry o skoku 250 mm przeznaczone są dla wykonywania ruchów jałowych (bez stożka). Cylindry wyposażone są w dwa czujniki potwierdzające zajęcie pozycji krańcowej oraz w dławiki ruchu krańcowego. Prostoliniowość ruchu zapewniają prowadnice ślizgowe wykonane ze stali nierdzewnej i ułożyskowane w łożyskach ślizgowych. W korpusach prowadnic umieszczono amortyzatory. Dla zabezpieczenia manipulatora przed opadaniem w przypadku braku zasilania pneumatycznego, na prowadnicy umieszczono hamulec samoczynnie zaciskający się przy ciśnieniu zasilania niższym niż 4 bary. Manipulator ze skrzynką pneumatyczno- elektryczną połączony jest za pomocą przewodów umieszczonych w elastycznym przewodniku kabli.

Każdy z manipulatorów wyposażony jest w chwytak podciśnieniowy z czterema ssawkami. W chwytaku znajduje się prowadnica ślizgowa zapewniająca pionową kompensację ustawienia chwytaka względem stożka w zakresie ok. 5 mm. Chwytak wykonany jest ze stali nierdzewnej a elementy posiadające bezpośredni kontakt ze stożkiem z tarmamidu i gumy. Konstrukcja chwytaka zapewnia możliwość chwytania stożków różnej wielkości po dokonaniu odpowiedniej regulacji ustawienia prowadnic oraz ssawek.

Ponadto nad szlifierką baz znajduje się zespół napędu zatrasku zapewniający precyzyjne pozycjonowanie wózków nad tą szlifierką.

Przejazd wózków zapewnia silnik z magnesami z trwałymi napędzający jeden z wózków przez przekładnię planetarną o przełożeniu 1:12 oraz pas zębaty. Pas posiada zespół napinania. Ponieważ wózki związane są ze sobą w sposób trwały, napęd jednego z nich powoduje ruch wszystkich. Przemieszczana masa wynosi około 350 kg. Pozycje krańcową sygnalizują czujniki umieszczone na belce trawersu. Dla zapewnienia łagodnego, powtarzalnego zatrzymania się całego zestawu manipulatorów w pozycji skrajnej zastosowano amortyzator hydrauliczny.

Układ sterowania umieszczony jest w szafie połączonej z szafami układu sterowania maszynami obsługiwanymi przez przenośnik. Sterownik przenośnika komunikuje się ze sterownikiem maszyn za pomocą magistrali. W szafie umieszczony jest sterownik PLC oraz sterownik silnika wraz z rezystorem rozpraszającym energię hamowania.

Obsługa przenośnika następuje z pulpitu. Stan przenośnika sygnalizowany jest lampami sygnalizacyjnymi umieszczonymi na słupie od strony obsługi.

Przenośnik może pracować w kilku trybach pracy wybranych przez obsługę: AUTO, PRZENOŚNIK, RĘCZNA i KROKowa. Minimalizacja cyklu dotyczy oczywiście jedynie trybu pracy AUTO. Cykl pracy w tym trybie jest następujący:

1. Zwolnienie hamulca manipulatora.
2. Opuszczenie się manipulatorami do tych maszyn, w których są stożki.
3. Otrzymanie zezwolenia na chwyt ze sterownika maszyn po zakończeniu pracy przez szlifierkę baz.
4. Włączenie próżni.

5. Kontrola próżni w każdym z chwytaków. Jej brak może oznaczać pęknięcie stożka. Następuje przejście w stan awarii sygnalizowanej operatorowi.
6. Uniesienie stożków do pozycji transferu.
7. Zaciśnięcie hamulca manipulatora.
8. Otwarcie zatrzasku trawersu.
9. Przejazd trawersem na pozycję PRAWO.
10. Zablokowanie zatrzasku.
11. Zwolnienie hamulca manipulatora.
12. Odłożenie stożków.
13. Odcięcie próżni.
14. Przedmuchiwanie ssawek.
15. Podniesienie się manipulatorów w położenie górne.
16. Po osiągnięciu pozycji górnej, wysłanie sygnału zezwolenia dla rozpoczęcia cyklu szlifowania.
17. Zaciśnięcie hamulca manipulatora.
18. Otwarcie zatrzasku trawersu.
19. Przejazd trawersem na pozycję LEWO.
20. Zablokowanie zatrzasku.

Przenośnik oczekuje na wykonanie kolejnego cyklu. Start następuje po uzyskaniu zezwolenia na rozpoczęcie cyklu ze sterownika maszyn.

Podczas pracy kontrolowane są warunki bezpiecznej pracy: prawidłowe ciśnienia, oraz brak sygnału wyłączenia awaryjnego. Podczas przenoszenia stożka kontrolowana jest też próżnia w każdym z chwytaków. Jej brak oznacza wypuszczenie stożka lub jego pęknięcie i powoduje natychmiastowe odcięcie chwytaka od instalacji próżni, dla zabezpieczenia pozostałych stożków przed wypuszczeniem przez chwytaki.

Prawidłowość wykonania poszczególnych czynności potwierdzana jest przez odpowiednie czujniki. Jednocześnie kontrolowany jest czas wykonania czynności. Jeśli jest on dłuższy niż zakładano następuje sygnalizacja.

Układ pneumatyczny.

Ruch manipulatorów, chwytanie stożków oraz dokładne pozycjonowanie przenośnika realizowane są przez układ pneumatyczny, którego schemat przedstawiony jest na Rys 1.

Sprężone powietrze doprowadzone do dwu zaworów redukcyjnych dla zasilania obwodu głównego i obwodu hamulców. Obwód hamulców posiada niezależne zasilanie dla zapewnienia nieprzerwanego zasilania powietrzem o ciśnieniu powyżej 4,5 bar, niezależnie od chwilowych wartości ciśnień w cylindrach roboczych. Wartości ciśnienia zasilania kontrolowana jest przez czujnik ciśnienia sygnalizujący spadek ciśnienia poniżej wartości minimalnej.

Sprężone powietrze podawane jest do sześciu zespołów odbiorników: pięciu identycznych manipulatorów oraz napędu zatrzasku.

Napęd zatrzasku sterowany jest zaworem dwupołożeniowym. Położenia skrajne cylindra sygnalizowane są czujnikami położenia umieszczonymi na cylindrze. Na stronie beztłoczkowej zainstalowany jest regulowany dławik zapewniający łagodny dosuw łożyska zamontowanego na prowadnicy do gniazda umieszczonego na wózkach. Zadaniem tego układu jest dokładne pozycjonowanie manipulatorów nad szlifierkami a w szczególności nad szlifierką baz.

Zespół zaworów sterujących każdym z manipulatorów połączony jest w jeden blok umieszczony w skrzynce pneumatyczno- elektrycznej. Manipulator utrzymywany jest w pozycji górnej hamulcem zaciśniętym na prowadnicy. Hamulec w stanie bezciśnieniowym jest

zaciśnięty a zwalnia go zawór pod warunkiem, że ciśnienie zasilania jest większe niż 4 bary. Położenia krańcowe cylindrów potwierdzane są czujnikami położenia.

Procedurę chwytu i puszczenia stożka realizują układy sprężonego powietrza oraz próżni. Sterowanie próżnią podawaną do czterech ssawek umieszczonych w chwytaku następuje poprzez zawór ceramiczny. Pod przyłączką na korpusie doprowadzającym powietrze do zaworu realizującego przedmuch znajduje się kryza dławiąca przepływ sprężonego powietrza do poziomu zapewniającego łagodny przedmuch.

Pewność chwytu kontroluje umieszczony w skrzynce pneumatyczno- elektrycznej czujnik próżni.

Czystość instalacji próżni zabezpieczona jest przez filtr umieszczony na chwytaku.

3. Źródła minimalizacji czasu trwania cyklu

Czas pracy urządzeń załadowczo- wyładowczych, tym głównie różnorodnych manipulatorów, z punktu widzenia pracy całego układu technologicznego stanowi czas martwy. Minimalizację cyklu pracy tych urządzeń realizuje się na różnych etapach, począwszy od opracowywania założeń przez projekt, wykonanie, montaż aż po uruchomienie.

Założenia

Na tym etapie pracy należy w pierwszej kolejności odpowiedzieć na trzy poniższe pytania:

- 1) Jakich czynności nie można wykonać równoległe z procesem technologicznym?
- 2) Jakie są rzeczywiste uwarunkowania poszczególnych czynności, czyli jaka jest droga krytyczna?
- 3) Czy można w trakcie postoju (oczekiwania) maszyn pewne czynności wykonać równoległe?

Jednocześnie należy dokonać wstępnego doboru napędów biorąc pod uwagę ich prędkości maksymalne i zasięgi a także charakter i wielkość obciążeń, w tym napędzanych mas i momentów bezwładności.

Oprócz analizy trajektorii należy rozważyć sposoby chwytu i odkładania z punktu widzenia czasu trwania tych czynności.

Projekt

Na tym etapie skrócenie czasu czynności za- wyładowczych uzyskać można w następujących segmentach:

1. procedur cyklu pracy,
2. oprogramowania,
3. konstrukcji mechanicznej.

Ad 1. Skrócenie cyklu pracy w wyniku optymalizacji procedur nastąpić może po przeanalizowaniu cyklu pracy wszystkich współpracujących urządzeń oraz niezbędnych uwarunkowań dla wykonania poszczególnych kroków cyklu. Pozwolić to może na częściowe wykonywanie pewnych operacji równoległe i skrócenie najdłuższej drogi.

Ad 2. Oszczędności czasu w tym zakresie wyniknąć mogą przede wszystkim z krytycznej analizy niezbędnych opóźnień programowych. Ze względu na dynamikę procesów mechanicznych i konieczność stabilizacji niektórych sygnałów w programie sterownika przemysłowego zakłada się pewne niezbędne opóźnienia, których wartość należy odpowiednio dobrać.

Należy też rozważyć celowość wypracowywania zbiorczych sygnałów w przypadku konieczności spełnienia wielu warunków dla wykonywania kolejnych kroków procedury. Takie zbiorcze sygnały są wygodne przy programowaniu a także przy jego modyfikacji i zwiększają jego przejrzystość. Niestety w przypadku, gdy czas generowania tych sygnałów

bywa różny w kolejnych cyklach, nałożenie jednego czasu dla zebrania tej informacji może prowadzić do znacznego wydłużenia czasu trwania procedury.

Analizie poddać należy także warunki realizacji kolejnych cykli. Doprowadzić to może rozpoczęcie niektórych czynności wcześniej i ich równoległe wykonywanie, co spowoduje skrócenie krytycznej drogi całego cyklu. Dla przykładu, w manipulatorach zastosowanych w automatycznym przenośniku stożków, ze względu na znaczne przenoszone masy, zastosowano amortyzatory hydrauliczne. Spowodowało to znaczne wydłużenie czasu ruchu w jego ostatniej fazie. Dla skrócenia czasu cyklu zainstalowano czujniki potwierdzające wejście manipulatora w ostatnią fazę ruchu. Na podstawie tego sygnału sterownik powoduje rozpoczęcie kolejnego kroku. Ze względu na istniejące opóźnienia poprzednik krok zakończy się zanim wystąpi możliwość kolizji. W celu zabezpieczenia się przed wystąpieniem kolizji w przypadku, gdyby z jakichkolwiek przyczyn manipulator nie osiągnął pozycji końcowej, sterownik po pewnym czasie sprawdza jej osiągnięcie. Gdyby nie uzyskał potwierdzenia nastąpi wyłączenie w trybie alarmowym. Sprawdzenia tego dokonuje się jeszcze przed możliwą kolizją. Dzięki temu nałożona na siebie czasy hamowania jednej osi i rozpędzania innej.

W przypadku jednoczesnej pracy wielu cylindrów pneumatycznych (w przypadku przenośnika stożków w niektórych cyklach jednocześnie pracuje 15 cylindrów o średnicy $\phi 40$ lub $\phi 50$ mm i skoku 250 lub 500 mm) zapotrzebowanie na energię pneumatyczną może być tak duże, że spowoduje spadek ciśnienia zasilania. Dla eliminacji tego zjawiska należy dążyć do przesunięcia w czasie wykonywania ruchów przez poszczególne cylindry i wykonywanie ruchu, gdy tylko jest to możliwe nie czekając na zbiorcze sygnały zezwolenia. Prowadzi to do rozbudowy oprogramowania ale daje efekt w postaci utrzymania optymalnych warunków zasilania.

Rozbudowywanie oprogramowania ma swoje reperkusje w postaci wzrostu czasu obiegu cyklu przez sterownik. Jego nadmierne wydłużenie może doprowadzić do niekorzystnych skutków, np. do „niezauważenia” przez sterownik stanu astabilnego czujnika.

Ad 3. Działania w tym zakresie polegają na:

- poszukiwaniu odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, pod kątem minimalizacji długości trajektorii,
- dbałości o eliminowanie zbędnych mas,
- doborze odpowiednich tolerancji i technologii pod kątem minimalizacji tarcia,
- doborze elementów, głównie napędów oraz rozwiązań przełożenia ruchu.

W przenośniku zastosowano dwie techniki napędowe:

- elektryczny silnik z serwosterowaniem z magnesami z ziem rzadkich,
- cylindry pneumatyczne.

W przypadku silnika minimalizację czasu ruchu osiągnięto dzięki:

- zastosowaniu przekładni o dużym przełożeniu. Zmniejszyło to zredukowany do osi silnika moment bezwładności i, mimo dużej wartości rzeczywistej masy, pozwoliło skrócić czas rozpędzania i hamowania,
- wykorzystaniu znacznego momentu użytego silnika. Ze względu na przerywany charakter pracy (czas trwania ruchu stanowi około 50% czasu trwania całego cyklu) możliwe jest chwilowe przeciążenie silnika bez obawy o jego przegrzanie,
- takiemu dobraniu parametrów sterujących silnikiem, aby zminimalizować ruch jednostajny-trawers rozpędza się do prędkości maksymalnej z dopuszczalną dynamiką, po czym po czasie ok. 0,15 sek. następuje rozpoczęcie hamowania, również z maksymalną dynamiką.

W przypadku cylindrów szczególnie starannie zaprojektowano i wykonano obwody wydechowe, co pozwoliło minimalizować ciśnienie po tej stronie i zapewnić możliwie dużą

różnicą ciśnień w cylindrach podczas ruchu. Ponadto układ sterowania tak zaprojektowano, że w stanie bezsygnałowym obie komory cylindrów połączone są z zasilaniem. Cylindry mają wsunięte tłoczyska dzięki zastosowaniu hamulców, których siła zacisku jest wielokrotnie większa od maksymalnej siły rozwijanej przez cylinder. Dzięki temu start następuje znacznie szybciej (szybciej powiększa się różnica ciśnień). Ze względu na pionowy układ cylindrów oraz znaczne masy niemożliwe było niestety zastosowanie zaworów szybkiego wydechu.

Drugim elementem instalacji pneumatycznej mającym duży wpływ na szybkość ruchu jest dobór odpowiednio dużego reduktora a także zapewnienie odpowiednich średnic przewodów zasilających reduktor. Ważne jest też sprawdzenie, czy w pobliżu nie ma dużych odbiorników energii pneumatycznej.

Wykonanie i montaż

Na tym etapie działania mające na celu minimalizację czasu trwania cyklu pracy polegają na dotrzymaniu reżimu technologicznego, zachowaniu czystości i staranności przy montażu oraz właściwemu smarowaniu ruchomych części.

Uruchomienie

Poszukiwanie możliwości przyspieszenia działania urządzenia na etapie uruchomienia jest ograniczone do niewielkich modyfikacji. W zakresie napędów i sterowań pneumatycznych polegać to może na poprawie instalacji pneumatycznej (oprzewodowania), modyfikacji wydechów itp, co obniży ciśnienie po stronie wydechowej.

Inną grupą możliwości jest zastosowanie amortyzatorów, które pozwalają na szybkie wyhamowanie ruchu, szczególnie w przypadku ruchu dużych mas. Może to przybliżyć przebieg prędkości w czasie do postaci zbliżonej do trójkąta, co daje minimalny czas ruchu przy danej bezwładności i dysponowanej mocy.

W przypadku stosowania silników bezszczotkowych możliwa jest korekta parametrów sterowania. Przy pracy przyrywanej przeciążenie silników momentem nie musi prowadzić do przeciążenia cieplnego, co w efekcie da dodatkowe możliwości zapewnienia wyższych niż nominalne parametrów.

Jednak największe możliwości kryją się w optymalizacji oprogramowania, przy czym weryfikacja dotyczy zarówno procedur i uwarunkowań jak i parametrów.

Instalacja automatycznego przenośnika stożków na linii szlifierek spowodowała konieczność zapewnienia współpracy trzech obiektów połączonych magistralą DH+. Obiekty te stanowiły produkty jednej firmy, co umożliwiło ich bezpośrednią współpracę. Przenośnik sterowany jest sterownikiem SLC 500 wyposażonym w moduły WE/WY dwustanowych przeznaczone głównie do sterowania manipulatorami pneumatycznymi, moduł analogowy do sterowania silnikiem bezszczotkowym oraz moduł komunikacyjny. Podobnie linia szlifierek sterowana jest sterownikiem SLC 500 z modułem komunikacyjnym. Trzecim węzłem sieci jest PanelView służący do zapewnienia możliwości korekty nastaw technologicznych parametrów pracy szlifierek oraz wizualizacji stanu maszyn i przenośnika, w tym także stanów awaryjnych, ze wskazaniem miejsca i przyczyny wystąpienia awarii.

Powyzsza konfiguracja okazała się niestety niewłaściwa z punktu widzenia szybkości działania. Ze względu na złożoność obiektu sterowania, oprogramowanie PanelView obejmowało około 50 ekranów i zapewniało ustawienie ponad stu parametrów. Z tego względu obsługa przez sieć PanelView znacznie zwalniała komunikacje sterowników, które mimo posobnej pracy szlifierek i przenośnika musiały wielokrotnie komunikować się wzajemnie. W przypadku, gdy podczas uaktualniania przez Panel View informacji o stanie obiektu następowało przesyłanie między sterownikami sygnału zezwalającego na pracę szlifierek lub przenośnika stożków, widać było wyraźne spowalnianie cyklu pracy całej linii.

Dla porównania, na linii grafitowania sterowanie odbywało się również za pomocą trzech obiektów: sterownika PLC sterującego głównie manipulatorami i transporterem, sterownika robota przemysłowego oraz panelu operatora. Wprawdzie panel ten posiada znacznie mniejszą ilość ekranów, jak również mniej było parametrów regulacji, ale komunikacja pomiędzy sterownikiem linii i robota odbywała się bezpośrednio za pomocą modułów WE/WY, natomiast komunikacja z panelem odbywała się za pomocą niezależnego modułu. W tym przypadku obsługa panelu nie wpływała na szybkość komunikacji pomiędzy sterownikami.

4. Wnioski w praktycznego wdrożenia metod

1. Zapewnienie minimalizacji czasu prac manipulacyjnych może być osiągnięte jedynie w przypadku podejmowania odpowiednich działań na wszystkich etapach pracy, przy czym na etapie wykonania i montażu urządzenia działania te mają charakter nadzoru nad utrzymaniem odpowiedniego poziomu kultury technicznej. Praca ma charakter iteracyjny, wg schematu

□ koncepcja rozwiązania - dobór napędu - konstrukcja □

2. W przypadku współpracy jednego panelu operatora z kilkoma sterownikami przemysłowymi, z których conajmniej jeden steruje ruchem manipulatorów, należy dążyć do zapewnienia komunikacji między sterownikami za pomocą modułów dwustanowych WE/WY.
3. Wdrożenie powyżej opisanych przedsięwzięć umożliwiło, przy przenoszeniu pięciu stożków, osiągnięcie czasu 7,2 sek. ruchu po trajektorii o długości 4m. W czasie tym następuje też chwyt i puszczenie stożka.