

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP

Al. Jerozolimskie 202

02-222 Warszawa

Telefon 23-70-81

Ośrodek Pomiarów Ruchu i Czasu

07H

A

Główny wykonawca

Wykonawcy mgr inż. M. Fabrycy

mgr inż. P. Kozak

Konsultant

Nr zlecenia RU 02.02.02 Opracowanie zastosowania adapta-  
cyjnego robota IRb-6 do spawania  
łukowego.

Etap 2. Projekt i wykonanie modelu  
czujnika korekcyjnego, komple-  
tacja stanowiska doświadczal-  
nego.

Zleceniodawca 06.6

Pracę rozpoczęto dnia luty 84

zakończono dnia 15.12.84

Kierownik Pracowni

Kierownik Ośrodka

*M. Fabrycy*  
mgr inż. M. Fabrycy

p.o. Z-cy Dyr.  
d/s Automatyki

*T. Gałązka*  
dr inż. T. Gałązka

*J. Winiecki*  
dr inż. J. Winiecki

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 45

Egz. 1 BOINTE

rysunków 5

Egz. 2 ORC-5

fotografii

Egz. 3 OAE

tabel

Egz. 4 OAM-R4

tablic

Egz. 5 ORC

załączników

Egz. 6 10

Nr rejestr. 5373

1

**Analiza deskrypcyjowa**

**Analiza dokumentacyjna**

**Tytuły poprzednich sprawozdań**

338.45:62/69].002.7/2

Roboty pomocnicze

UKD

MERA-PIAP/TW 331/78 5000

2

SPIS TREŚCI

	str.
1. SPRAWY FORMALNE .....	3
1.1 Przedmiot pracy .....	3
1.2 Podstawa wykonania pracy .....	3
1.3 Zakres pracy .....	3
2. KOMPLETACJA STANOWISKA DOŚWIADCZALNEGO .....	3
3. ANALIZA KONCEPCJI ROZWIĄZANIA CZUJNIKA .....	4
4. BUDOWA I DZIAŁANIE MODELU CZUJNIKA .....	8
4.1 Układ mechaniczny .....	8
4.2 Układ elektroniczny .....	9
5. BADANIA .....	11
5.1 Badania laboratoryjne .....	11
5.2 Badania na reboście IRb-6 .....	12
6. OCENA WYNIKÓW BADAŃ .....	14
7. WNIOSKI .....	15

V

1. SPRAWY FORMALNE

1.1. Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy wykonywanej w etapie 2 jest projekt i wykonanie modelu czujnika korekcyjnego dla spawania adaptacyjnego robotem IRb-6, oraz kompletacja stanowiska doświadczalnego. Przyjęto że działanie czujnika korekcyjnego będzie oparte na zjawiskach optycznych i elektrooptycznych przy oświetleniu łukiem spawalniczym.

1.2 Podstawa wykonania pracy.

Praca jest kontynuacją etapu 1 pt. "Opracowanie wymagań i koncepcji rozwiązań czujnika dla adaptacyjnego robota IRb-6 do spawania łukowego" zlec. UR.02.02.02 realizowanego w problemie węzłowym.

1.3 Zakres pracy.

Praca obejmuje kompletację stanowiska do spawania adaptacyjnego opracowanie i wykonanie modelu czujnika oraz sprawdzenie jego działania przy spawaniu adaptacyjnym, na skompletowanym stanowisku.

2. KOMPLETACJA STANOWISKA DOŚWIADCZALNEGO.

W skład stanowiska doświadczalnego wchodził: robot adaptacyjny IRb-6, źródło prądu z programatorem IEZ, podajnik drutu ZP-2 oraz stół obrotowy prod. Apator-Toruń.

Do spawania używano drutu o  $\varnothing$  1,2 mm, a  $CO_2$  jako gazu osłonowego.

Do napędu turbinki czujnika wykorzystano  $CO_2$  z innej butli.

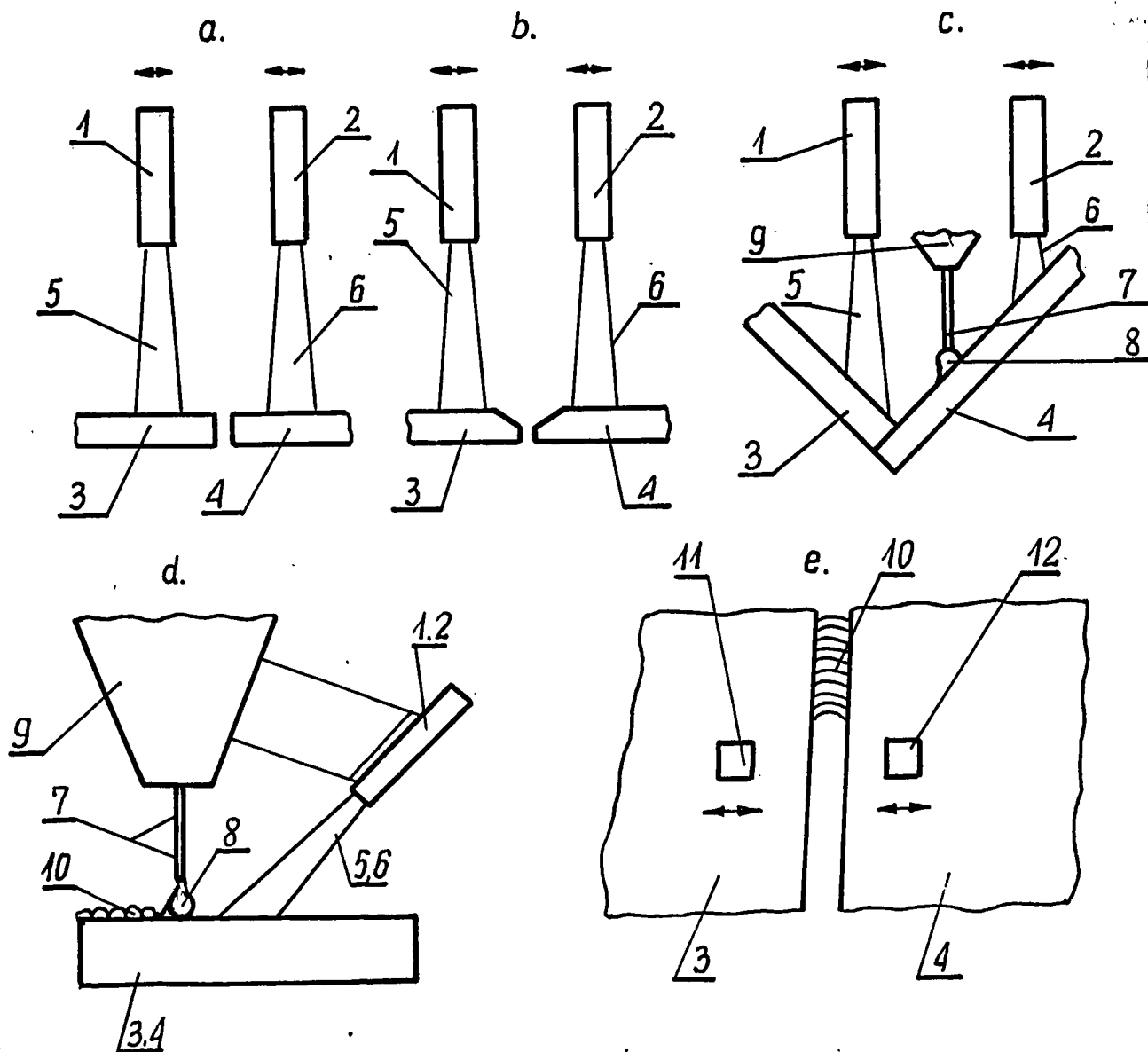
Spoiny - czołowe układano na blachach stalowych St3s 35  $\neq$  3 mm.

Jako źródła światła dodatkowego został użyty reflektor fotograficzny o mocy 500W.

Podczas spawania parametry były następujące I 0-110A,  
U 21-23V.

### 3. ANALIZA KONCEPCJI ROZWIĄZANIA CZUJNIKA.

Ogólna koncepcja rozwiązania czujnika opiera się na zgłoszeniu patentowym nr P251647. Istota tego rozwiązania polega na śledzeniu styku spawanych elementów bezpośrednio przed łukiem przez układ dwóch kanałów optoelektrycznych wykonujących ruchy oscylacyjne przeciwbieżne. Istota rozwiązania jest przedstawiona na rys. 1a,b,c,d,e.



Rys. 1. Warunki pracy czujnika.

- 1,2 - układy optoelektryczne
- 3,4 - przedmioty spawane
- 5,6 - wiązki optycznej obserwacji
- 7 - elektroda
- 8 - łuk
- 9 - głowica spawalnicza
- 10 - spoina
- 11,12 - pola obserwacji układów optoelektrycznych.

Rys. 1a przedstawia warunki pracy czujnika przy spawaniu czołowym blach niefazowanych. Rys. 1d przedstawia rzut boczny a rys. 1e widok z góry. W przypadku gdy tor ruchu głowicy spawalniczej nie pokrywa się z linią styku przedmiotów spawanych jak to przedstawiono na rys. 1c układ optoelektryczny 1 w swoim ruchu oscylacyjnym wcześniej zasygnalizuje miejsce styku przedmiotów spawanych jak układ optoelektryczny 2. W przypadku pokrywania się toru ruchu głowicy spawalniczej 9 z linią styku przedmiotów spawanych, sygnały w układach optoelektrycznych wystąpią jednocześnie i się zniósą nie dając sygnału korekcji. Rys. 1b przedstawia pracę czujnika dla spawania przy blachach fazowanych a rys. 1e przy spawaniu pachwinowym. Uwzględniając, że czujnik pracuje na oświetleniu od łuku spawalniczego istotą powstania sygnału korekcji przy spawaniu pachwinowym jest teoretycznie oczywista ze względu na różne warunki oświetlenia powierzchni przedmiotu 3 i 4 przyczym sygnały będą odwrotne, jak dla innych warunków spawania.

Przedstawiona koncepcja ma tę zaletę nad innymi rozwiązaniami, że jeden czujnik powinien pracować przy różnych warunkach spawania, dawać sygnał korekcji nawet przy dość dużych rozbieżnościach pomiędzy nastawionym torem ruchu głowicy spawania a rze-

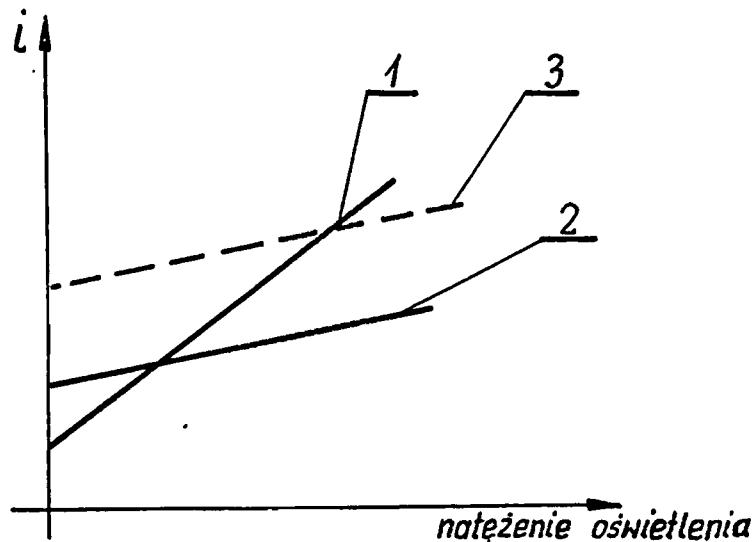
czywistą linią styku przedmiotów spawanych.

Dla realizacji tej ogólnej koncepcji rozpatrywano następujące rozwiązania konstrukcyjne:

- ruch oscylacyjny układów optoelektrycznych wymuszony silnikiem elektrycznym,
- ruch oscylacyjny układów optoelektrycznych wymuszony elektromagnesem,
- ruch oscylacyjny zastąpiony dziesięcioma układami optoelektrycznymi przełączanymi elektronicznie, naśladując przełącznikami ruch oscylacyjny,
- ruch oscylacyjny zastąpiony dziesięcioma układami optoelektrycznymi przyłączonymi na stałe,
- ruch oscylacyjny układów optoelektrycznych zastąpiony ruchem oscylacyjnym osi optycznych zrealizowany ruchomą przesłoną pracującą w układzie trubinki.

Rozwiązanie wymuszające ruch oscylacyjny silnikiem elektrycznym po konstrukcyjnych próbach rozwiązania zaniechano z powodu znacznej komplikacji czujnika i dość dużej jego masy. Rozwiązanie z wymuszeniem ruchu elektromagnesem było bardziej racjonalne jednak posiadało tę wadę, że zawieszenia układów optoelektrycznych powinny być na sztywnych zawieszkiach /dla uzyskania wystarczającej częstotliwości oscylacji/ co wprowadzało ograniczenia w trwałości czujnika ze względu na zmęczenie materiału zawieszek. Powyższe przyczyny spowodowały, że rozwiązania poszukiwane na drodze zwielokrotnionego układu optoelektrycznego, przełączonego dla uzyskania efektu oscylacji. Wykonano model mechaniczny i w czasie realizacji układu elektronicznego napotkano na zasadniczą trudność polegającą na różnych charakterystykach fototranzystorów co w efekcie dawało błędne sygnały.

Eliminacja tego zjawiska wymagała zastosowania dla każdego układu optoelektrycznego układu wzmacniacza operacyjnego dla ujednoczenia sygnałów. Problem ten przedstawiono na rys.2, na którym pokazano uproszczone wykresy czułości fototranzystorów i wymaganą ich korektę.



Rys.2 Uproszczony wykres czułości fototranzystorów 1 i 2, linia 3 przykładowa czułość skorygowana.

Ujednoczenia wymagał tak zwany prąd ciemny /przy braku oświetlenia fototranzystora/ oraz nachylenie charakterystyki w znacznym przedziale natężenia oświetlenia.

Powyzsza komplikacja eliminowała zalety tego rozwiązania w stosunku do wcześniej analizowanych układów mechanicznych, ze względu na złożoność układową oraz bardzo dużą pracochłonność.

W konsekwencji przeprowadzono próbę z zastosowaniem wielu układów optoelektrycznych przyłączonych na stałe. Wyniki nie były zachęcające ze względu na małą czułość układu.

Próba ta potwierdziła intuicyjnie określoną wadę takiego rozwiązania.

W wyniku powyższych analiz i badań modeli opracowano model



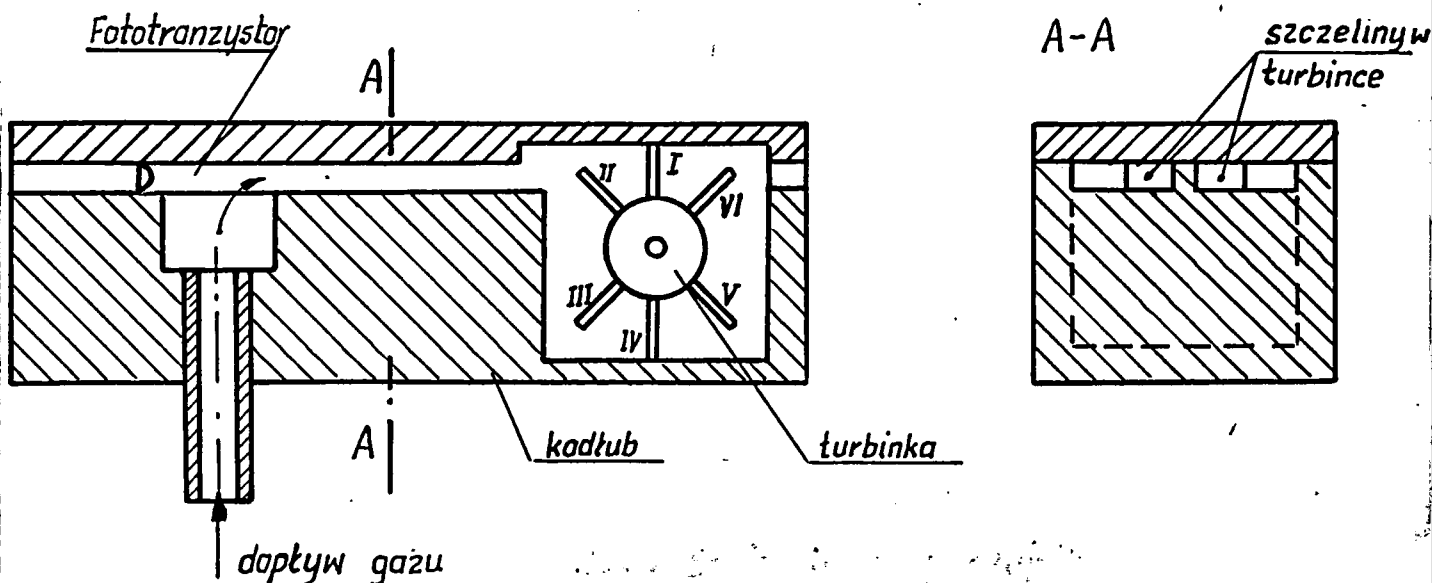
czujnika z ruchem oscylacyjnym osi optycznych zrealizowanym przesłoną szczelinową pracującą w układzie turbinki. Szczegółowy opis rozwiązania podano w punkcie 4.

#### 4. BUDOWA I DZIAŁANIE MODELU CZUJNIKA

##### 4.1 Układ mechaniczny.

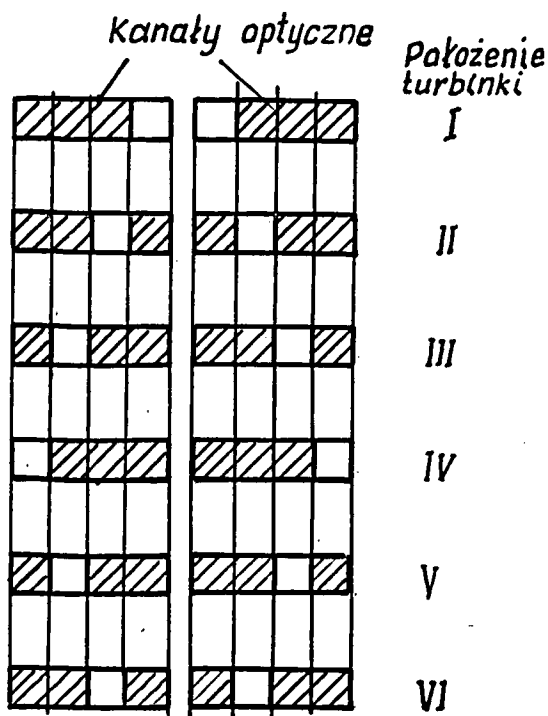
Układ mechaniczny posiada dwa płaskie kanały optyczne w których umieszczono po jednym fototranzystorze.

Przy wyjściu kanałów optycznych znajduje się turbinka z sześcioma łopatkami. Łopatki turbinki mają szczeliny tak rozłożone na kolejnych łopatkach, że przy obrocie turbinki pole widzenia przez fototranzystory wykazują ruchy oscylacyjne. Turbinaka napędzana jest gazem /dwutlenku węgla/ doprowadzonym do kanałów optycznych dla zapewnienia ochrony fototranzystorów przed zapyleniem. Szkicowo budowę czujnika przedstawiono na rys.3.



Rys. 3 Szkicowa budowa czujnika .

Kolejne położenia szczelin w turbince przy jej obrocie na tle kanałów optycznych przedstawia rys. 4.



Rys. 4 Położenia szczelin w kanałach optycznych dla sześciu położen turbinki.

Turbinka ułożyskowana jest na panewkach teflonowych.

Zakres prędkości obrotowej turbinki dla prawidłowej pracy czujnika jest bardzo duży. Prędkość minimalna jest ograniczona częstością potrzeby korekty, a prędkość maksymalna częstością przeniesioną przez układ elektroniczny. Prędkość obrotową turbinki reguluje się ciśnieniem doprowadzonego gazu.

#### 4.2 Układ elektroniczny.

Układ elektroniczny ma za zadanie wypracowanie sygnałów korekcyjnych i sygnału alarmu. Wymagane sygnały to:

00 - brak korekcyjnych /wyjścia zwarte/

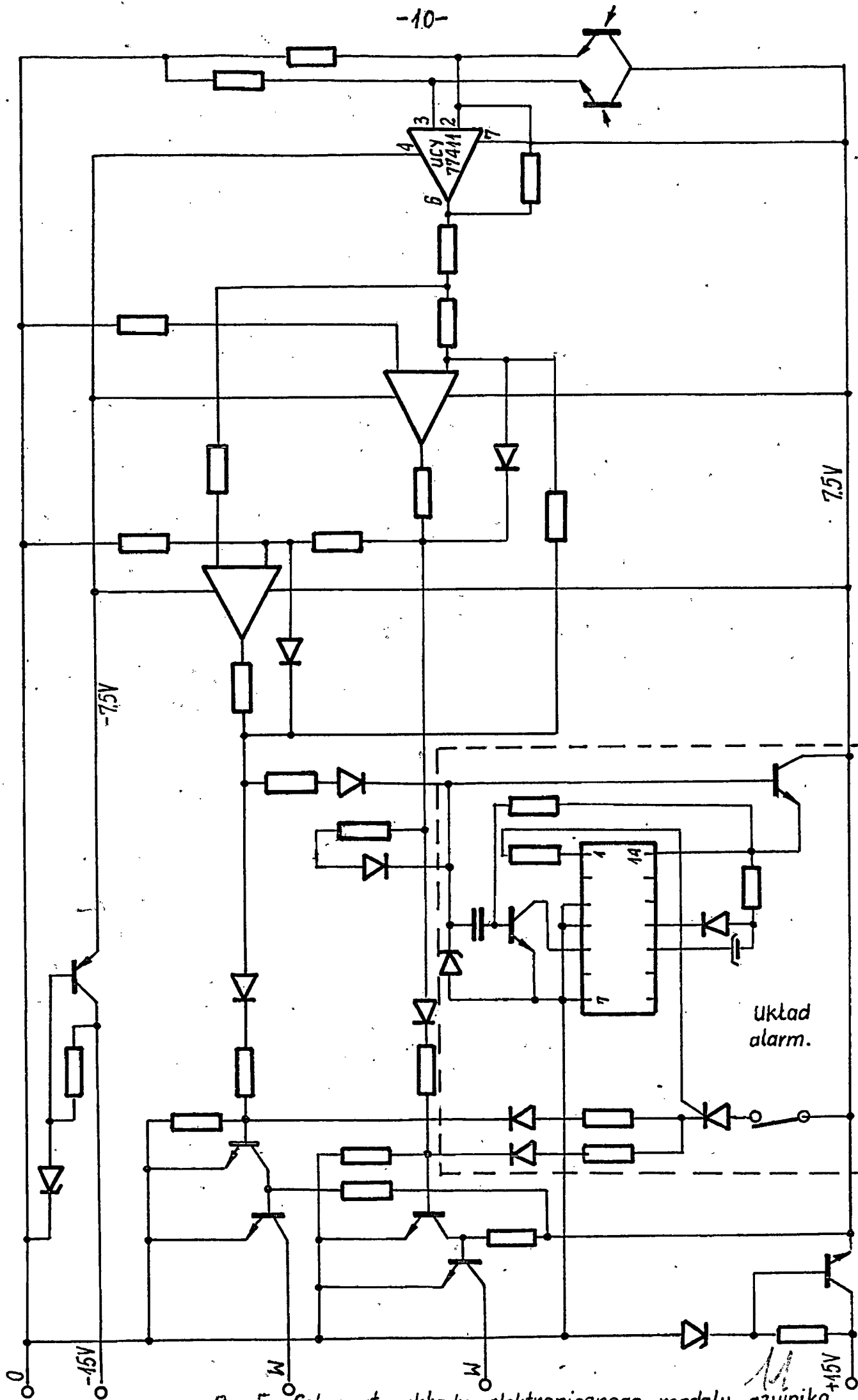
01 - korekta +

10 - korekta -

11 - alarm /wyjścia rozwarte/

Trzy pierwsze sygnały są naturalne dla pracy czujnika.

Sygnał alarmu nie wynika bezpośrednio z pracy czujnika i z tego



Rys 5 Schemat układu elektronicznego modelu czujnika

M

względu musi być wypracowany odrębnie.

Układ jest zasilany z niestabilizowanego zasilacza robota  $\pm 15V$ , z tego względu musi posiadać własne układy stabilizacyjne.

Schemat układu przedstawiono na rys. 5.

Sygnal z fototranzystorów jest wzmacniany wzmacniaczem różnicowym następnie jest kształtowany w dwóch wzmacniaczach ~~xxx~~ ~~xxx~~ i steruje kluczami tranzystorowymi wyjść.

Ponieważ tego typu czujnik nie może w naturalny sposób wypracować sygnału alarmu, przyjęto, że sygnał taki można utworzyć wychodząc z założenia, że stan taki powstaje gdy przez określony czas występuje korekta tylko w jedną stronę.

W tym celu zrealizowano układ czasowy zbudowany na przerzutniku monostabilnym porównującym czas korekty z przyjętym czasem po którym następuje alarm. Przedstawiony układ alarmu na schemacie /zaznaczony linią przerywaną/ nie zapewnił prawidłowego działania z powodu generowania takich sygnałów przy rozpoczynaniu porównania wymienionych czasów.

Nieprawidłowość ta nie dała się wyeliminować w związku z czym zrezygnowano z wymienionego układu.

Wydaje się, że przyjęta koncepcja wypracowania sygnału alarmu, jest słuszna jednak powinna być zrealizowana wg innego rozwiązania konstrukcyjnego.

## 5. BADANIA

### 5.1 Badania laboratoryjne.

Ze względu na specyfikę oświetlenia od łuku spawalniczego /miejsce źródła światła względem czujnika, natężenia oświetlenia emitowana długość promieni, impulsowy charakter łuku/ oraz dążeniem by czujnik pracował też przy oświetleniu naturalnym

sprawdzono działanie laboratoryjne przy oświetleniu sufitowym świetlówkami, żarówką o mocy ukłankowej, lampą fotograficzną oraz łukiem z aparatu do elektroiskrowego nakładania węglików. Czujnik generował sygnały korekcji przy tego rodzaju oświetleniach dla linii naniesionych na papierze oraz dla szczelin powstałych ze złożenia blach. Badaania te przeprowadzono przy nieruchomej turbince, przy ustalonej jej pozycji odpowiadające w przybliżeniu rozstawieniu szczelin przesłony - szerokości śledzonego śladu, oraz przy jej napędzie powietrzem wdmuchiwanym. Przy napędzaniu turbinki powietrzem wdmuchiwanym, czas działania czujnika był ograniczony ze względu na wykraplanie się wody, która powodowała nieprawidłowe działanie któregoś z kanałów optycznych zmniejszając jego czułość. Ponowne prawidłowe działanie czujnika następowało po wyschnięciu /około 15 minut/. Niedogodność ta wymaga stosowania suchego gazu do napędu turbinki względnie takie ukształtowanie w przyszłości kanałów przepływu by zjawisko nie mogło występować.

#### 5.2 Badania na robocie IRb-6.

Wstępne badania na robocie IRb-6 przeprowadzono przy pracy robota bez łuku spawalniczego. Sygnał korekcji występował przy oświetleniu lampą ~~fluorową~~ fotograficzną pod niewielkim kątem do płaszczyzny spawania /imitacja oświetlenia łukiem spawalniczym/, w osi styku spawanych blach. W czasie badań stwierdzono nieprawidłową pracę czujnika przy bocznym oświetleniu lampą, polegającą na powstawaniu nieprawidłowych sygnałów korekcji.

W czasie badań przy spawaniu stwierdzono, że strumień gazu CO<sub>2</sub> używany do napędu turbinki i zabezpieczenia kanałów optycz-

nych przed zapaleniem uniemożliwia spawanie w wyniku zdmuchiwania łuku.

Dla kontynuacji badań zdecydowano się na ustawienie turbinki na jednej przesłonie i wyłączenie nadmuchu w czujniku. W czasie tak prowadzonych dalszych badań stwierdzono błędną korekceję robota, przy czym widoczne były krótkie odcinki korygowania toru oraz zejście z toru z błędnym korygowaniem. Program toru przewidywał kilka przecięć rzeczywistej linii spawania.

Pomiary sygnałów korekcji wskazywały na ich bardzo częste występowanie na obydwu wejściach. Częstość występowania sygnałów korekcji wskazywała, że są one głównie spowodowane rozpryskiem materiału spawalniczego /iskrami/.

Dla wyeliminowania powyższego zjawiska wykonano przeróbki w układzie elektronicznym dla zmniejszenia czułości układu. W dalszych badaniach częstość występowania sygnałów korekcyjnych na przemian, zmalała, tym niemniej występowała błędna korekcoja, której przyczyną było niesymetria osi czujnika względem łuku spawalniczego.

Zjawisko to starano się wyeliminować ustawieniem czujnika, jednak nie zaobserwowano poprawy działania. Wysłunięto hipotezę, że niesymetria powstaje w niekontrolowany sposób od prowadzenia drutu spawalniczego i znacznych rozbieżności w wędrowaniu poprzecznym łuku spawalniczego. Odchylnia od programowego toru oraz linii spawania określonej krawędziami blach był znaczny. Wykonano kilka przejść spawalniczych powtarzanych w tym samym miejscu. Stwierdzono poprawną korekceję wg pierwotnej spoiny /niezgodnej z zaprogramowanym torem/ i nakładanie nowego spawu dokładnie wg linii przebiegu spawu poprzedniego wg którego następowała korekcoja. Zjawisko to potwierdzało wcześniejsze stwierdzenie

nie, że powodem błędnych sygnałów korekcji jest poprzeczne do linii spawania wędrowanie łuku spawalniczego. W przypadku zakładania na siebie kolejnych spoin, zjawisko przemieszczania się łuku zostało wyeliminowane wzniesieniem spoiny nad płaszczyznę blach.

W czasie tak prowadzonych badań stwierdzono nagrzewanie się czujnika przy braku przepływu gazu przez czujnik, oraz po rozmontowaniu czujnika znaczne zapylenie kanałów optycznych. Na tym badania zakończone.

#### 6. OCENA WYNIKÓW BADAŃ.

Badania laboratoryjne oraz badania na robocie wykazały, że:

- Koncepcja śledzenia linii styku spawanych elementów przy pomocy oscylacji osi optycznych, zrealizowana przy użyciu przesłon na trubicę jest celowa dla zapewnienia uniwersalności czujnika.
- Nadmuch gazem wzdłuż osi optycznych dla napędu turbinki oraz ochrony przed zapyleniem jest niedopuszczalny ze względu na łuk spawalniczy i powinien być zrealizowany w inny sposób niż to zrealizowano w modelu /np. poprzecznie/.
- Wykorzystanie oświetlenia z łuku spawalniczego dla działania czujnika w zasadzie jest mało realne ze względu na niekontrolowane zmiany położenia tego łuku.

Ewentualne wykorzystanie oświetlenia z łuku spawalniczego wydaje się możliwe przez zastosowanie wielu światłowodów dla pobierania oświetlenia z łuku i po odpowiednim rozmieszczeniu światłowodów /dla ujednoczenia oświetlenia/ skierowanie tego oświetlenia wzdłuż osi czujnika. Złożoność takiego rozwiązania wydaje się jednak mało opłacalna, biorąc pod uwagę, że czujnik taki nie będzie wyszukiwał początku linii spawania.

- Najbardziej racjonalnym rozwiązaniem jest zastosowanie silnego oświetlenia dodatkowego związanego z czujnikiem tak by swoim natężeniem z odbicia przewyższało wpływ oświetlenia od łuku spawalniczego oraz od rozprysków materiału a ograniczone musi być wzmocnienie układu elektronicznego.
- Wypracowanie sygnału alarmu wg przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego okazało się nierealne, natomiast ustosunkowanie się do przedstawionej idei wypracowania takiego sygnału na podstawie przeprowadzonych prób nie jest możliwe. Wydaje się jednak że przy binarnej korekcy zastosowanej w robocie IRb-6 jest trudne ze względu na konieczność stosowania dużych przesterowań /dużej prędkości wektora korekcy/ co tylko będzie utrudniało pracę czujnika.

#### 7. WNIOSKI.

Na podstawie negatywnego wyniku badań modelu oraz zebranego doświadczenia wskazującego możliwość zbudowania czujnika z dodatkowym oświetleniem można postawić dwa przeciwstawne wnioski:

- przerwać pracę na tym etapie,
- kontynuować pracę opracowując nowy model z uwzględniającem uzyskane doświadczenie tzn. zbudowanie nowego modelu czujnika posiadającego własne oświetlenie dostatecznie silne, by nie występowały zakłócenia od odbitego światła łuku i iskier. Gdyby w trakcie badań okazało się, że światło którym dysponujemy w czujniku jest za słabe w stosunku do światła łuku proponuje się wykorzystanie czujnika do spawania dwuprzeciściowego. Robot wykonywałby pierwsze przejście bez spawania dla skorygowania programu, a przejście drugie byłoby przejściem roboczym wg. skorygowanego w przejściu pierwszym programu.