

6641

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

OŚRODEK POMIARÓW RUCHU I CZASU

074

A

Główny wykonawca MGR INŻ. ARKADIUSZ CYBULSKI

Wykonawcy inż. Z.Bojar, mgr inż. M. Muter, mgr inż. L. Nowakowski,
mgr inż. D. Świnarski

Konsultant

Nr zlecenia K 1226

Czujniki i przetworniki pomiarowe
wielkości nieelektrycznych.

Temat B. Opracowanie i wykonanie
przepływomierza masowego wykorzystu-
jącego efekt Coriolisa.

Etap 1. Opracowanie i badanie podstawo-
wych zespołów konstrukcyjnych
czujnika przepływomierza

Zleceńodawca KBN

Pracę rozpoczęto dnia 1991.04.22

Z-ca Dyr d/s DB

zakończono dnia 1991.06.30

Kierownik Ośrodka

mgr inż. A. Cybulski

dr inż. J. Jabłkowski

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 9

Egz. 1 BOINTE

rysunków 6

Egz. 2 ORC

fotografii

Egz. 3 ORC

tabel

Egz. 4

tablic

Egz. 5

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 6641

1

Analiza deskryptorowa

PRZEPŁYWOMIERZ, URZĄDZENIA POMIAROWE, BASA

Analiza dokumentacyjna

Tytuły poprzednich sprawozdań

681.121.8

Przepływomierze

Spis treści :

	str.
1. Sprawy formalne	3
1.1. Przedmiot pracy	3
1.2. Podstawa wykonania pracy.....	3
1.3. Zakres pracy	3
2. Opis prac przeprowadzonych w I etapie	3
2.0. Opis ogólny	3
2.1. Węzeł pobudzenia.....	4
2.1.1. Elementy wykonawcze i odczytową pętli sprzężenia zwrotnego.....	4
2.1.2. Układ elektroniczny pobudzenia.....	4
2.2. Węzły pomiarowe	6
2.2.1. Czujniki pomiarowe.....	6
2.2.1.1. Czujniki indukcyjne	7
2.2.1.2. Czujniki optyczne	7
3. Wnioski końcowe.....	8

1. Sprawy formalne

1.1. Przedmiot pracy

Przedmiotem pracy w tym etapie jest opracowanie i udoskonalenie ^{niektórych} węzłów konstrukcyjnych użytych w modelu przepływomierza wibracyjnego.

1.2. Podstawa wykonania pracy

Praca wykonywana jest w ramach zlecenia PIAP nr K-1226 i jest kontynuacją prac w ramach CPBR.

1.3. Zakres pracy

Cała praca ma doprowadzić poprzez opracowanie konstrukcji, wykonanie i przebadanie prototypu do powstania zweryfikowanej dokumentacji prototypowej przepływomierza masowego wykorzystującego efekt Coriolisa.

2. Opis prac przeprowadzonych w I etapie

2.0 Opis ogólny

Celem prac przeprowadzonych w pierwszym etapie było udoskonalenie zespołów konstrukcyjnych zastosowanych w modelu, opracowanie nowych zespołów oraz sprawdzenie ich działania.

Prace dotyczyły zespołu cewki pobudzającej, elektronicznego układu wzbudzającego, zespołu pomiarowego położenia pracującego w pętli sprzężania zwrotnego układu wzbudzania, zespołu czujników ruchu pracujących w torze pomiarowym.

Z powodu braku odpowiednich rur nie przeprowadzono badań rur stanowiących podstawowy element konstrukcji mechanicznej urządzenia. Zakładano wstępnie korektę kształtu tych rur, poprawę symetrii układu, zmianę elementów doprowadzających i odprowadzających ciecz z układu pomiarowego a także dopracowanie technologii gięcia rur.

Opracowano program umożliwiający oszacowanie częstotliwości drgań własnych rur w zależności od ciężaru właściwego medium wypełniającego przepływomierz oraz od wymiarów i rodzaju materiału z jakiego wykonane są rury i innych parametrów przepływomierza. Przyjęty do obliczeń model matematyczny dał zadawalającą dokładność, co zweryfikowano na podstawie wyników badań modelu.

2.1. Węzeł pobudzenia

2.1.1. Elementy wykonawcze i odczytowe pętli sprzężenia zwrotnego.

W wyniku prac przeprowadzonych w tym etapie opracowano nowy sposób zamocowania cewki wzbudzającej, nowy sposób zamocowania zespołu rdzenia magnetycznego oraz dzięki wykonaniu dodatkowego uzwojenia połączono funkcję odczytu i funkcję wzbudzenia w zespole jednej cewki, co pozwoliło na rezygnację z osobnego centralnego czujnika ruchu.

Konstrukcję zespołu wzbudnika przedstawiono na rysunku 1.

Oś układu wzbudzającego leży w proponowanym rozwiązaniu w płaszczyźnie wyznaczonej przez osie rur pomiarowych w ich poziomym odcinku. Zmiany te spowodowały eliminację drgań zakłócających pochodzących od elementów mocujących w poprzednim przyjętym rozwiązaniu. Osiągnięto również znaczne zmniejszenie masy zespołu wzbudzającego, co w efekcie pozwala zmniejszyć energię niezbędną do pobudzenia rur do drgań a także w związku ze zmniejszoną masą całej pętli pomiarowej pozwoli na zwiększenie czułości układu pomiarowego na działanie siły Coriolisa.

2.1.2. Układ elektroniczny wzbudzenia

Jak wspomniano wcześniej układ wzbudzający składa się z magnesu stałego, z cewki wzbudzającej i cewki odczytowej

nawiniętych na wspólnym karkasie oraz układu elektronicznego. Schemat blokowy układu wzбудnik przedstawiono na rys.nr 2. Układ ten jest po prostu urządzeniem do detekcji sygnału generowanego w wyniku ruchu cewki odbiorczej w polu magnesu stałego. Detektor porównuje wielkość sygnału doprowadzonego z cewki odbiorczej z regulowanym napięciem odniesienia. W rezultacie wzmożenie wzmacniacza wyjściowego sterującego cewkę wzbudzającą jest funkcją prędkości magnesu poruszającego się w osi cewki odbiorczej. Tak więc amplituda drgań zespołu równoległych rur jest w wystarczający sposób kontrolowana.

Praktyczny sposób realizacji układu wzbudzającego przedstawiono na rys.nr 3.

Sygnał indukowany w cewce odbiorczej wzmacniany jest w układzie wzmacniacza wstępnego, a następnie w drugim stopniu wzmacniacza. Sygnał z wyjścia wzmacniacza jest poprzez dzielnik potencjometryczny podany na jedno wyjście komparatora który porównuje jego wartość z napięciem odniesienia. Jeśli amplituda sygnału z wyjścia wzmacniacza jest niższa niż napięcie odniesienia, kondensator C_1 nie jest doładowany i skutkiem tego maleje wartość rezystancji r_{ds} tranzystora FET co powoduje wzrost wzmożenia wzmacniacza wstępnego i amplitudy sygnału. W przypadku gdy wielkość ujemnych pików sygnału z wyjścia 2-go stopnia osiąga wartość powyżej napięcia odniesienia następuje wzrost napięcia na kondensatorze C_1 co powoduje wzrost rezystancji r_{ds} tranzystora FET i spadek wzmożenia wzmacniacza. Na wyjściu układu znajduje się zwykły wzmacniacz mocy złożony ze wzmacniacza operacyjnego pracującego w układzie nie odwracającym i objęty pętlą

sprzężenia zwrotnego parą tranzystorów pracujących w układzie przeciwsobnym. Wyjście wzmacniacza mocy połączone jest z cewką wzbudzającą,

Układ zapewnia możliwość płynnej regulacji amplitudy drgań i utrzymywanie jej na stałym poziomie.

Należy dodać^{że} dla zmniejszenia masy układu wzbudzającego zastosowano magneś stały ze stopu samarium Kobalt.

2.2. Węzły pomiarowe

2.2.1. Czujniki pomiarowe

Jednym z podstawowych elementów mających istotne znaczenie dla dokładności pomiaru są dwa czujniki ruchu umieszczone symetrycznie na ramionach /prostych odcinkach rur/ przepływomierza. Ich zadaniem jest badanie chwili przejścia przez płaszczyznę środkową oscylacji obu ramion przepływomierza. Układ pomiarowy mierzy czas pomiędzy chwilą przejścia jednego i drugiego ramienia pętli w jednej połowie cyklu drgań, a następnie w drugiej połowie cyklu i porównuje te czasy. W przypadku braku przepływu czasy te powinny być jednakowe natomiast przy istnieniu przepływu w skutek działania sił Coriolisa różnica tych czasów rośnie proporcjonalnie do wielkości przepływu.

W trakcie prac przeprowadzonych w obecnym etapie sprawdzono działanie dwóch rodzajów czujników tzn. czujników indukcyjnych i czujników optycznych.

Przy opracowywaniu konstrukcji kierowano się zapewnieniem maksymalnej dokładności przy możliwie minimalnej masie czujników.

2.2.1.1. Czujniki indukcyjne

W celu zwiększenia wielkości sygnału pomiarowego opracowano czujniki indukcyjne /rys.nr 4/z zamkniętym obwodem magnetycznym z dwiema szczelinami magnetycznymi. Opracowano również nowe elementy mocowania czujników do rur, konstrukcja ta umożliwiła znaczne zmniejszenie masy tych czujników, w porównaniu z rozwiązaniem przyjętym w modelu.

Układ elektroniczny współpracujący z czujnikiem indukcyjnym składa się ze wzmacniacza wstępnego oraz układu przetwornika sygnału sinusoidalnego na prostokątny. Układ ten nie różni się od układu stosowanego w modelu, w związku z tym nie będzie on szerzej omówiony.

2.2.1.2. Czujniki optyczne

Pierwsze próby z czujnikami optycznymi przeprowadzono już na etapie modelu. Wykorzystano gotowe czujniki produkowane przez firmę OPTOM. Ze względu na dość dużą masę tych czujników i ich małą szybkość przetwarzania / $\gg 20 \mu s$ / zrezygnowano wówczas z ich stosowania. Obecnie opracowano lekki czujnik optyczny /rys.nr 5/ złożony z diody IRED, fotodiody i przesłony wiązki promieni. Czujnik połączony jest cienkimi przewodami z układem elektronicznym.

Schemat elektryczny układu współpracującego z czujnikiem optycznym przedstawiono na rys.nr 6.

W układzie wykorzystano dokładny komparator LM 111 pracujący w układzie dyskryminatora poziomu. Dioda LM 385 1,2 / v / skompensowana termicznie wykorzystana jest jako źródło napięcia odniesienia.

Z chwilą gdy spadek napięcia na rezystorze R wskutek przepływu prądu fotodiody przekroczy $1,2 / v /$ następuje zmiana stanu układu i skok napięcia wyjściowego.

Regulowany rezystor R zastosowano w celu zapewnienia możliwości zmiany czułości układu.

W chwili gdy przesłona odłębnie wiązkę promieniowania podczerwonego emitowanego przez diodę IRED, na wyjściu układu pojawia się wysoki stan napięcia.

Opracowano lekkie zamocowanie czujnika optycznego i przesłony do rur pomiarowych. Sposób zamocowania umożliwia regulację położenia przesłony. Istnieje łatwa możliwość regulacji czułości oraz pozycjonowania czujnika.

Badania wykazały bardzo dobrą dokładność i szybkość działania czujnika.

3. Wnioski końcowe

W wyniku prac przeprowadzonych w I-szym etapie poprawiono podstawowe elementy konstrukcji przepływomierza.

Nowa konstrukcja wzbudnika w znacznym stopniu ^{zmniejszyła} masę tego układu, co czyni drgające rury przepływowe bardziej czułymi na działanie siły Coriolisa i zwiększa użyteczny sygnał pomiarowy. Pozwoliło to również na zmniejszenie mocy niezbędnej do wzbudzenia rur do drgań. Zapewniono również możliwość regulacji amplitudy drgań mechanicznych oraz utrzymywania jej na stałym poziomie niezależnie od wielkości przepływu.

Wpływa to na zmniejszenie błędów od drgań zakłócających, które mogą powstać przy zmianach amplitudy drgań podstawowych.

Opracowano także nową konstrukcję czujników położenia zamocowanych symetrycznie na bocznych ramionach przepływomierza.

Sprawdzono działanie dwóch rodzajów czujników: indukcyjnych

i optycznych. Obydwa rozwiązania charakteryzują się większą dokładnością i zdecydowanie mniejszą masą w stosunku do czujników stosowanych w modelu.

Zdecydowanie najnowszymi własnościami charakteryzuje się czujnik optyczny. Poza dobrą dokładnością istnieje możliwość pozycjonowania oraz regulacji czułości tego czujnika.

Wykorzystanie wymienionych wyżej zespołów konstrukcyjnych zapewni właściwy efekt pomiarowy pod warunkiem zmiany konstrukcji zespołu rur przepływowych.

Obecnie dysponujemy już rurami o właściwym przekroju i grubości ścianki. W konstrukcji zespołu rur należy zapewnić pełną symetrię układu. Aby to uzyskać konieczne jest utrzymanie identyczności wymiarowej obu rur i dokładną ich równoległość. Masa elementów układu pomiarowego mocowana na każdym z ramion powinna być identyczna. Układ doprowadzający ciecz i odprowadzający powinien mieć objętość równą objętości sumarycznej rur przepływowych oraz zapewnić równy rozptyw cieczy pomiędzy obie rury. Wykonany wcześniej model żadnego z tych wymagań w wystarczający sposób nie spełnia.

Wykonanie modelu w części przepływowej ~~planowane~~ już w obecnym etapie lecz ze względu na brak rur o odpowiednich parametrach nie było to możliwe. W następnym etapie planuje się wykorzystanie rur mosiężnych, które udało się uzyskać, o wymiarach nominalnych zbliżonych do uzyskanych z obliczeń.

Wykorzystanie opracowanych w tym etapie elementów konstrukcyjnych do wykonanego zgodnie z wymienionymi wyżej zasadami modelu zespołu rur równoległych powinno zapewnić uzyskanie planowanych parametrów metrologicznych czujnika przepływomierza.

```
program licz_T;
```

```
const
```

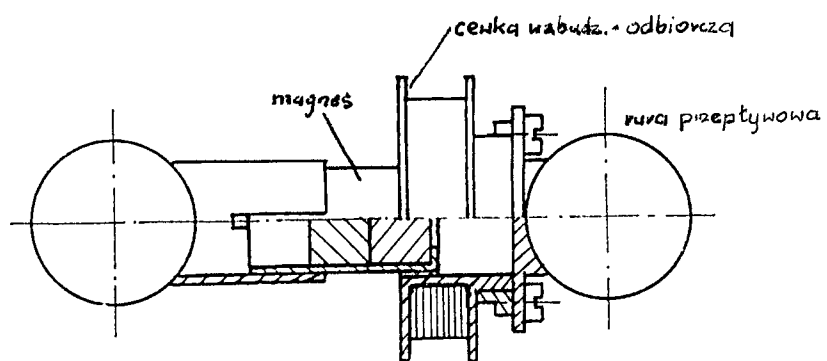
```
  R=142;      (*promien zewn. luku gięcia mm *)  
  rr=11;     (*promien zewn. rury mm *)  
  E=2.1e5;   (*modul spr. rury N/mm2 *)  
  h=263;    (*dlugosc rzecz. czesci prostoliniowej mm *)  
  g=0.5;    (*grubosc scianki rury mm *)  
  gz=9810;  (*przysp. ziemskie mm/s2 *)  
  qr=7.8;   (*ciezar wl. mat. rury G/cm3 *)  
  qm=1;     (*ciezar wl. medium G/cm3 *)  
  mn1=9.81e-3; (*mnqznik zamiany G na N *)  
  mn=9.81e-6; (*mnqznik zamiany G/cm3 na N/mm3 *)
```

```
var  ql,      (*ciezar liniowy rury z medium N/mm *)  
     qzs,    (*ciezar zastepczy skupiony*)  
     qs,     (*ciezar skupiony*)  
     k,      (*dlugosc zastepcza do wyznaczenia ciezaru skupionego  
             przypadajacego na jedno ramie *)  
     l,      (*dlugosc zastepcza drgajacej belki*)  
     J,      (* moment bezwladnosci drgajacej belki*)  
     T:real; (*okres s *)
```

```
begin
```

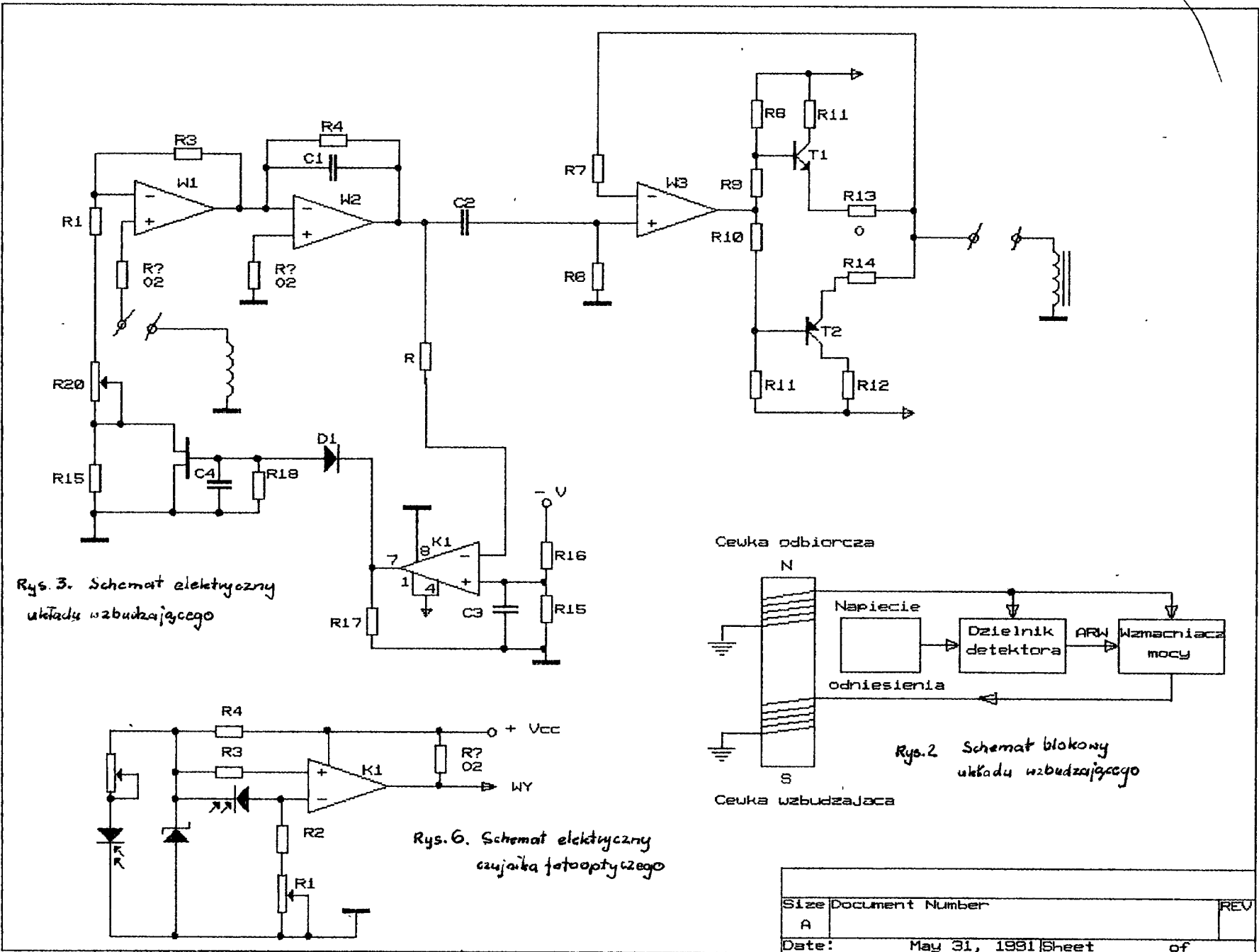
```
  ql:=pi*(rr*rr-(rr-g)*(rr-g))*qr*mn+pi*(rr-g)*(rr-g)*qm*mn;  
  writeln(ql);  
  k:=pi/4*(R-rr);  
  writeln(k);  
  l:=h+pi/4*(R-rr);  
  writeln(l);  
  J:=pi/4*(rr*rr*rr*rr-(rr-g)*(rr-g)*(rr-g)*(rr-g));  
  writeln(J);  
  qs:=(2*2*2.5*2.7+5*2.5*0.1*7.8)*mn1+(5*2.5*0.1*7.8+4*15*0.15*2.7  
        +2*pi*1.1*1.1*1.2*2.7)/2*mn1;  
  writeln(qs/mn1);  
  writeln(k*ql/mn1);  
  qzs:=qs+k*ql;  
  T:=2*pi*sqrt(((qzs+33/140*ql*1)*1*1*1)/(3*E*J*gz));  
  writeln(T);  
  writeln(1/T);  
writeln(pi);
```

```
end.
```



Rys. 1. Konstrukcja zespołu wzbudzającego.

98

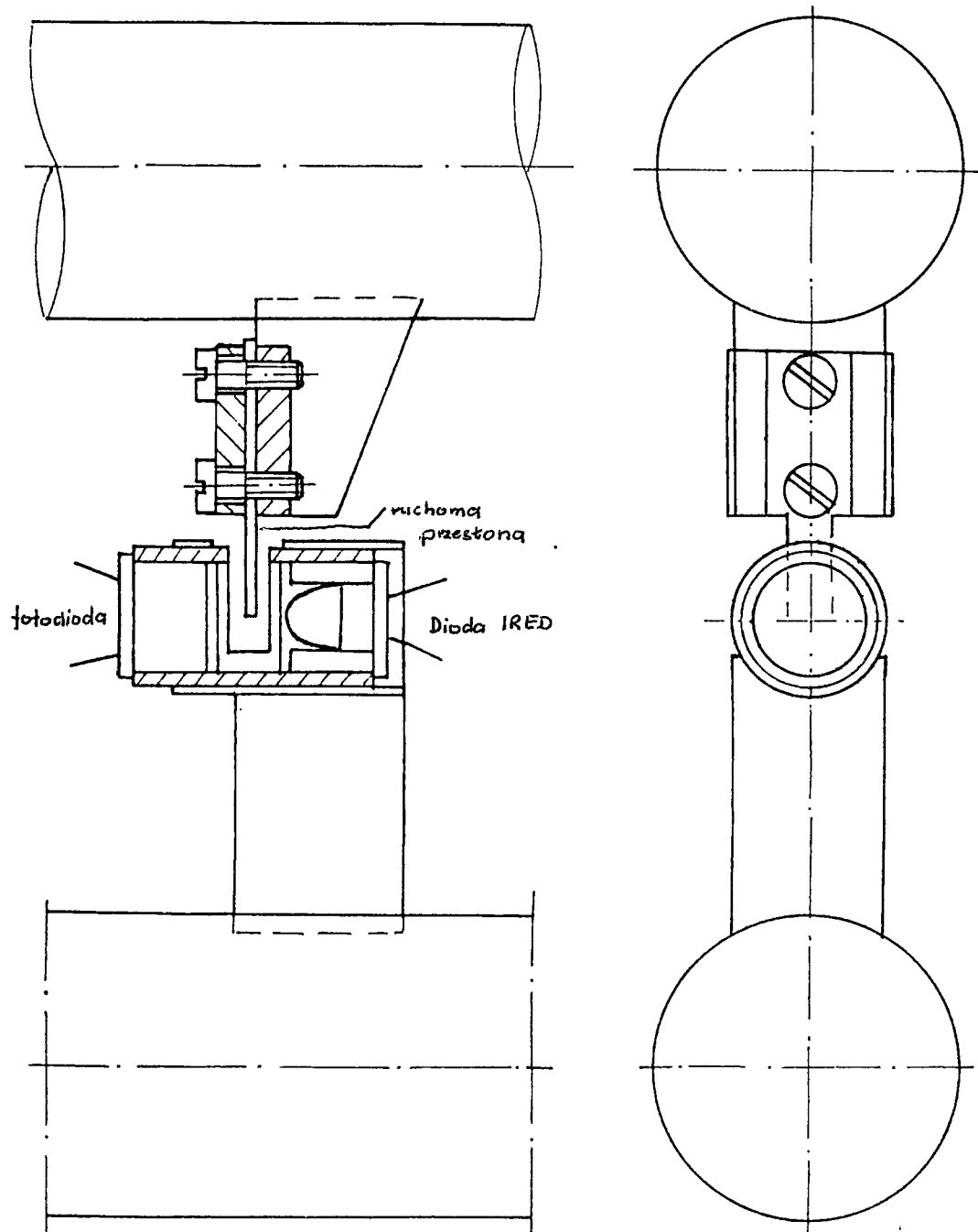


Rys. 3. Schemat elektryczny układu wzudzającego

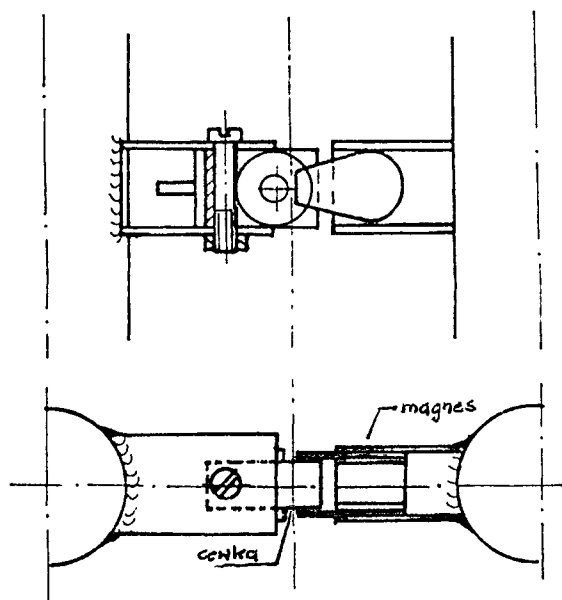
Rys. 6. Schemat elektryczny czujnika fotooptycznego

Rys. 2 Schemat blokowy układu wzudzającego

Size	Document Number	REV
A		
Date:	May 31, 1991	Sheet of



Rys.5. Konstrukcja czujnika fotooptycznego



Rys.4. Konstrukcja mechaniczna czujnika indukcyjnego