

440

BE 10

**ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPIYU**

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

mgr inż. Jan Goska

Wykonawcy:

mgr inż. Marek Maciąg

mgr. inż. Wojciech Winiarski

dr inż. Wiesław Czerwiec

mgr inż. Wojciech Czajkowski

mgr inż. Tadeusz Moliński

**TEMAT: Opracowanie i badania laboratoryjne  
układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału  
pomiarowego elektromagnetycznego czujnika  
przepływu.**

**Etap 1 Badania modelowe układu wzbudzenia**

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Kierownik Zakładu DPQ

Z-ca Dyrektora  
ds. Badawczo - Rozwojowych

mgr inż. Wojciech Winiarski

dr inż. Jan Jabłkowski

1996 - 12 - 16

Pracę zakończono dnia .....

Nr arch. **7372**Nr zlecenia **S 1695**

Analiza deskryptorowa

Przeptywomierz elektromagnetyczny,  
Badania zespołów

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera opis budowy i badań laboratoryjnych modelu podstawowych zespołów przeptywomierza elektromagnetycznego.

Tytuły poprzednich sprawozdań

nie ma

Rozdzielnik

Egz. 1. .... **OIN** .....

Egz. 2. .... **DPQ** .....

Egz. 3. .... **DPQ** .....

PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 1 stron 19
------------	---	------------------------------------

## 1. Wstęp

### 1.1 Przedmiot pracy

Przedmiotem pracy jest opracowanie wykonanie i przebadanie podstawowych zespołów przepływomierza elektromagnetycznego (indukcyjnego) do cieczy wykazujących przewodność elektryczną. Te podstawowe zespoły to:

- Zespół wzbudzenia pola magnetycznego czujnika, obejmujący opracowanie i sprawdzenie koncepcji budowy elektromagnesu i układu stabilizacji i przełączania prądu w cewkach magnesujących elektromagnesu).
- Zespół wzmacniacza wstępnego sygnału elektrycznego i detektora sygnału indukowanego w przestrzeni pomiarowej czujnika przepływu.

### 1.2. Podstawa wykonania pracy

Praca niniejsza wykonana została w ramach zlecenia S 16 95 „Opracowanie i badania układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu”. Praca ta, o charakterze wstępnym ma na celu rozpoznanie możliwości opracowania przepływomierza elektromagnetycznego w PIAP.

## 2. Budowa czujnika

### 2.1. Wybór średnicy nominalnej modelowego czujnika

Do budowy modelu przyjęto średnicę nominalną 32 mm. Wynika to z następujących powodów:

- Średnica DN32 reprezentuje rozmiary, na które jest największe zapotrzebowanie w przemyśle (DN15, DN20, DN25, DN32, DN40, DN50), a więc rozwiązanie konstrukcji czujnika DN32 pozwoli na opanowanie ww. szeregu i stosunkowo najszybciej może przynieść wymierne korzyści w postaci sprzedaży gotowych wyrobów.
- Wykonanie czujnika z ww. zakresu wielkości nie jest tak kosztowne jak wykonanie czujników o dużych średnicach nominalnych. Podczas prób i badań istniała ko-

PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 2 stron 19
------------	---	------------------------------------

nieczność wielokrotnej modernizacji konstrukcji w celu optymalizacji. Opracowanie konstrukcji czujnika DN32 pozwoliło opanować wszystkie problemy związane z pomiarem niewielkich wartości SEM indukowanej w przemieszczającej się cieczy oraz problemy z wytworzeniem zmiennego pola magnetycznego w przestrzeni pomiarowej dla ww. grupy czujników. W przypadku dalszej pracy nad konstrukcją czujników o dużych średnicach nominalnych opanowanie pomiaru SEM pozwoli wprost wykorzystać zebrane doświadczenia. Natomiast pojawi się nowy problem związany z wytworzeniem dostatecznie jednorodnego pola magnetycznego w przestrzeni pomiarowej czujnika.

## 2.1. Obwód magnetyczny czujnika

W pierwszym modelu czujnika zastosowano dwie proste cewki na rdzeniach ferromagnetycznych z płaskimi nabiegunnikami, o wymiarach 39 x 39 mm pomiędzy, którymi zlokalizowana jest przestrzeń pomiarowa czujnika. Istota tego rozwiązania przedstawiona jest na rysunku Nr 1. Przy zasilaniu prądem o stałym natężeniu 0,9 A wykonano pomiar rozkładu indukcji magnetycznej w kierunku prostopadłym do osi elektrod i kierunku przepływu. Pomiar wykonano w skrajnych punktach (przy elektrodach czujnika i w środku pomiędzy elektrodami). Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

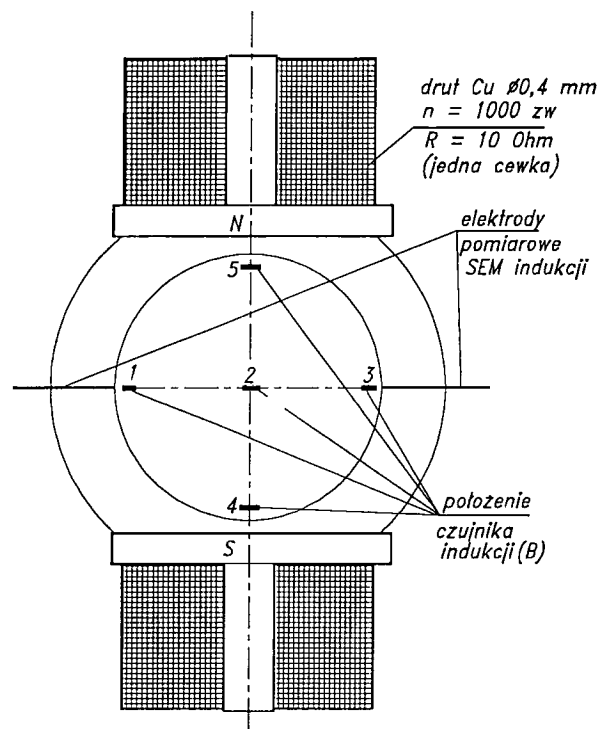
Miejsce pomiaru	1	2	3	4	5
Indukcja magnetyczna [mT]	3,9	4,5	3,9	5	5

Wynik ten nie był zadowalający ponieważ wstępnie założona wartość sygnału pomiarowego na poziomie 6 mV przy maksymalnej wartości strumienia objętości wymaga uzyskania co najmniej trzykrotnie większej wartości indukcji. Pożądane jest również zmniejszenie różnic względnych w poszczególnych punktach (względne różnice wynoszą ok. 15 %) Większa wartość indukcji magnetycznej pozwoli na uzyskanie założonej (większej) wartości sygnału pierwotnego i ułatwi dalszą obróbkę.

4

PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 3 stron 19
------------	---	------------------------------------

Natomiast większa jednorodność pola w przestrzeni pomiarowej zapewni poprawę liniowości charakterystyki czujnika.



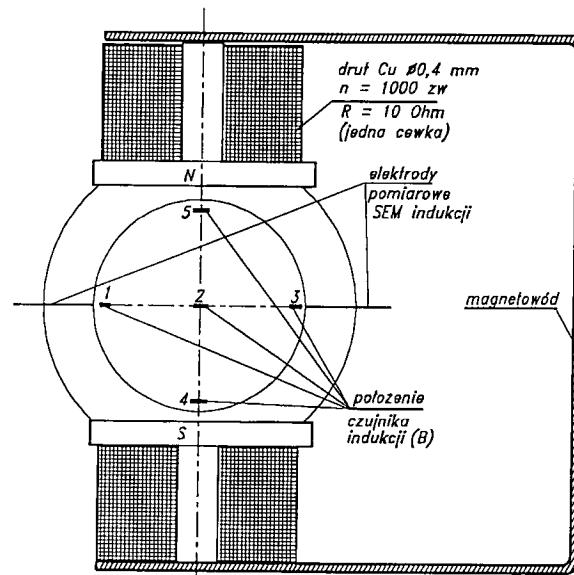
Rys 1 Konstrukcja obwodu magnetycznego, **wariant I**. Punkty od 1 do 5 oznaczają położenie czujnika pomiarowego miernika indukcji magnetycznej (Teslomierza) w czasie wykonywania pomiaru

Powiększenie wartości indukcji magnetycznej można było uzyskać przez następujące działania:

- Wprowadzenie magnetowodu zamykającego obwód magnetyczny w na zewnątrz obu elektromagnesów wzbudzających pole magnetyczne.
- Zwiększenie liczby zwojów przez wydłużenie cewki z jednoczesnym zwiększeniem średnicy rdzenia.
- Zmianę proporcji wymiarowych nabiegunnika przez zmniejszenie długości.  
Taka zmiana spowoduje zwiększenie indukcji magnetycznej naprzeciw elektrod pomiarowych ale może spowodować pogorszenie liniowości przetwarzania czujnika.

Wariant II modelu powstał przez wprowadzenie zewnętrznego magnetowodu wykonanego prowizorycznie z blachy stalowej. Schematyczne przedstawione zosta-

ło to na rysunku Nr 2. Próba została przeprowadzona z użyciem tych samych cewek i nabiegunników co w modelu I. Wyniki pomiarów zestawiono w tabelicy 2.



Rys 2 Obwód magnetyczny **wariant II** z magnetowodem zamykającym zewnętrzne bieguny elektromagnesów

Tablica 2.

Miejsce pomiaru	1	2	3	4	5
Indukcja magnetyczna [mT]	11	12	11	14	14

Ten stosunkowo prosty zabieg znacznie podniósł wartość indukcji magnetycznej w przestrzeni pomiarowej czujnika. Jednocześnie zmniejszeniu uległy względne różnice wartości indukcji magnetycznej w poszczególnych punktach pomiarowych (poniżej 10 %).

Przy wykorzystaniu wniosków z wykonanych i opisanych wyżej prób i pomiarów wykonane zostały dwa warianty modelu czujnika.

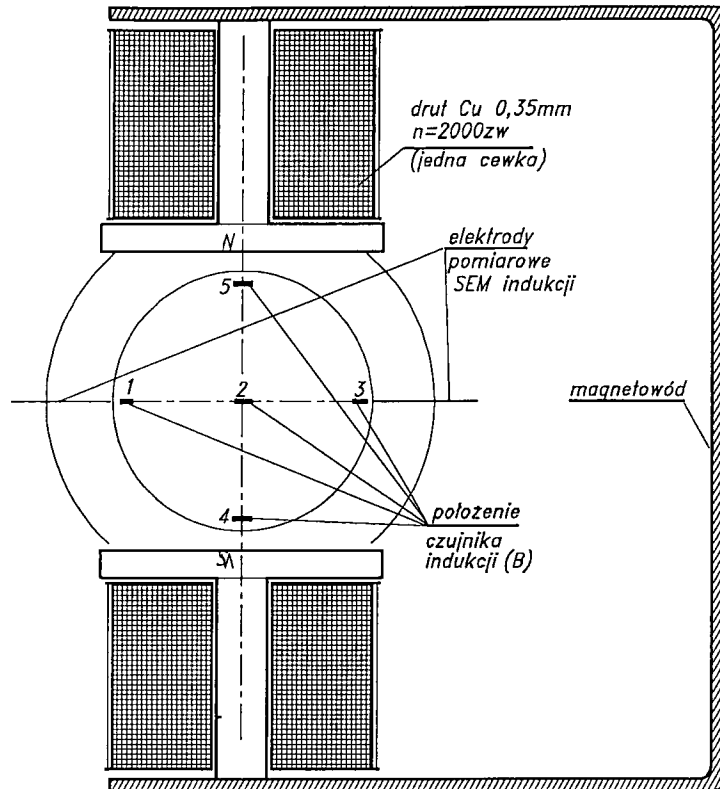
Wariant III - Nabiegunnik o wymiarach 40 x 50 mm (wydłużono wymiar poprzeczny);

Cewki o ilości 2000 zwojów nawinięte drutem o średnicy 0,35mm połączone równolegle;

Zewnętrzne bieguny rdzeni cewek połączone magnetowodem.

Wariant IV - Nabiegunnik o wymiarach 25 x 50 mm (wydłużono wymiar poprzeczny

skrócono wymiar wzdłużny) Cewki i magnetowód identyczne jak w wariacie I.



Rys 3 **Wariant III** czujnika. Wydłużona została cewka, zwiększona liczba zwojów, powiększony wymiar poprzeczny nabiegunnika. **Wariant IV** czujnika różni się od wariantu III zmniejszeniem długości nabiegunnika

Tablica 3.

Miejsce pomiaru	1	2	3	4	5
Indukcja magnetyczna [mT]	19	20	19	25	25

Wariant IV różni się od wariantu III wymiarem nabiegunnika w kierunku wzdłużnym (zgodnym z ruchem cieczy). Nabiegunniki mają kształt prostokąta o wymiarach 25 x 50 mm . To zmniejszenie wymiaru wzdłużnego nabiegunnika (powodujące zmniejszenie powierzchni) powoduje zagęszczenie linii pola magnetycznego w obszarze

pomiędzy nabiegownikami. Potwierdził to niewielki wzrost indukcji magnetycznej obserwowany w czasie pomiaru statycznego rozkładu pola.

Tablica 3.

Miejsce pomiaru	1	2	3	4	5
Indukcja magnetyczna [mT]	21	22	21	26	26

Wariant IV przyjęto do dalszych prób, które były wykonywane w laboratorium wodnym. Wartość indukcji magnetycznej z tabeli 2 i 3 pozwala ocenić poziom sygnału indukowanego na elektrodach czujnika:

Dla czujnika DN 32 zakres pomiarowy strumienia objętości wynosi  $50 \div 500 \text{ dm}^3/\text{min}$  co, w przybliżeniu odpowiada prędkości liniowej cieczy w zakresie  $1 \div 10 \text{ m/s}$ .

Wartość sygnału określa iloczyn wektorowy (określający SEM indukcji w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym).

$$E = B \times l \times v \quad \text{gdzie:} \quad \begin{array}{l} E - \text{wartość SEM [V]} \\ B - \text{wartość indukcji magnetycznej [T]} \\ l - \text{długość przewodu (średnica czujnika) [m]} \\ v - \text{prędkość liniowa [m/s]} \end{array}$$

Spodziewana wartość SEM wynosi:

$$E = 0,02\text{T} \times 0,032 \times 10 = 6,4 \times 10^{-3} \text{ V} = 6,4 \text{ mV}$$

Przewidywana wartość SEM czujnika indukcyjnego będzie się zawierać w granicach  $0,64 \text{ mV} \div 6,4 \text{ mV}$ . Wyliczona teoretycznie wartość SEM indukowanej w czujniku jest wystarczająco duża do wysterowania współczesnych wzmacniaczy pomiarowych pod warunkiem, że uda się wyodrębnić sygnał użyteczny na tle sygnałów zakłócających.

### 3. Konstrukcja układu elektronicznego

Układ elektroniczny składa się z dwóch zespołów:

- Układ sterowania prądem magnesującym czujnika wraz z zasilaczem.
- Układ pomiaru sygnału czujnika.



PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 7 stron 19
------------	---	------------------------------------

Oba te zespoły pracują synchronicznie w takt generatora sterującego kierunkiem przepływu prądu w cewkach magnesujących. W wersji modelowej każdy z zespołów zbudowany został na oddzielnej płytce drukowanej. Ponadto obwody te są oddzielone galwanicznie. Zasilanie zespołu pomiarowego jest realizowane przez odrębną przetwornicę DC/DC, a synchronizacja obu zespołów przez optoizolator. Dzięki takiemu rozwiązaniu wzajemne wpływy obwodów magnesującego i pomiarowego są pomijalne. Przyjęto że zasilanie układu elektronicznego będzie wynosiło 24 V. Pozwoli to na stosunkowo łatwe przystosowanie układów do zasilania z instalacji elektrycznej samochodów - cystern

### 3.1 Układ sterowania prądem magnesującym

Układ ten ma za zadanie wytworzenie pola magnetycznego w przestrzeni pomiarowej czujnika. Pole magnetyczne w przestrzeni pomiarowej czujnika cyklicznie zmienia kierunek, aby nie dopuścić do polaryzacji elektrod. Wartość indukcji magnetycznej pola w poszczególnych cyklach powinna przyjmować powtarzalną wartość. Wartość parametrów pola magnetycznego w obwodzie magnetycznym, o ustalonej konfiguracji, zależy od wartości natężenia prądu w cewkach wzbudzających. Cewki w trakcie pracy zmieniają swoją rezystancję na skutek zmian temperatury pod wpływem otoczenia oraz dogrzewania przez płynący prąd. Dlatego założono, że wartość natężenia prądu jest stabilizowana. Schemat ideowy układu przedstawia rysunek stanowiący załącznik umieszczony na końcu niniejszego opracowania. Stabilizacja prądu realizowana jest za pomocą układu IC3, który porównuje wartość spadku napięcia na rezystorze odniesienia, złożonym z równolegle połączonych rezystorów R7 II R8 II R9, z napięciem sterującym zadawanym przez dzielnik złożony z rezystorów R15, R16 i potencjometru P2. Kierunek prądu przełączany jest przez mostek złożony z tranzystorów mocy T1, T2, T3, T4. Zastosowane zostały tu tranzystory w układzie Darlingtona, które wymagają małego prądu sterującego bazy. Jest to istotne ponieważ prąd sterujący bazy tworzy się kosztem wartości prądu wytwarzanego przez źródło prądowe. Wpływa to na pogorszenie warunków stabilizacji prądu w cewkach wzbudzających. W przypadku tranzystorów Darlingtona prąd sterujący stanowi 1/750 wartości prądu wzbudzającego i wpływ zmian jego wartości jest

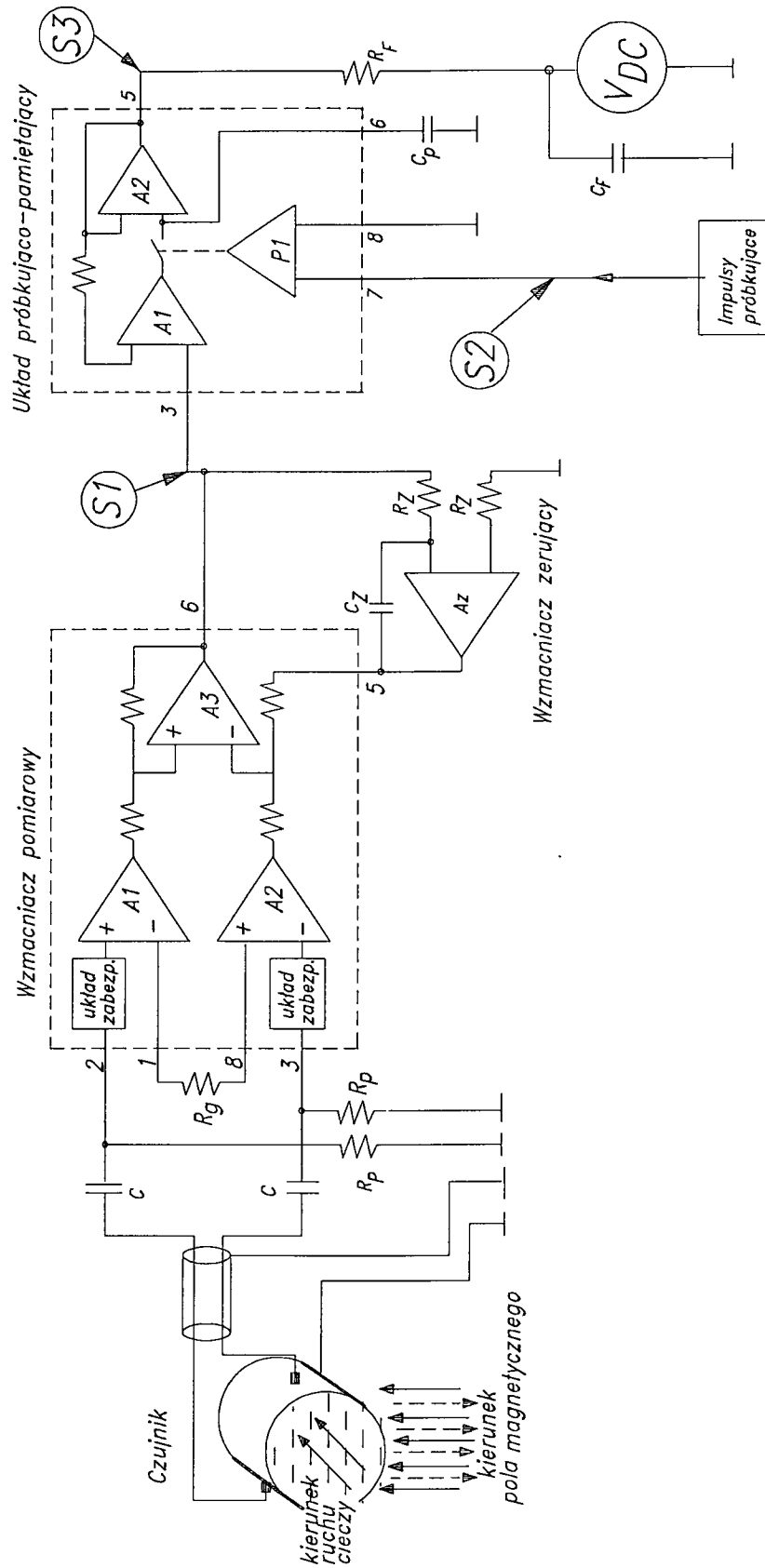
PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 8 stron 19
------------	---	------------------------------------

ry T6 i T7 umożliwiają sterowanie tranzystorów na poziomie 18 V podczas gdy inwerter zasilany jest napięciem 12V. Tranzystory T9 i T10 umożliwiają sterowanie tranzystorów T1 i T2, w których napięcie emiterów zmienia się w czasie pracy. Przełączanie kierunku prądu następuje w takt sygnału zegarowego wytwarzanego przez układ IC4. Sygnał prostokątny z układu IC4 jest wzmacniany przez dwa inwerty (z układu IC5), do sterowania mostkiem tranzystorowym. Równolegle sygnał prostokątny przez dwa inne inwerty tego samego układu IC5 doprowadzony jest do przełącznika PP3 PP4 i PP5 sterującego tranzystor wyjściowy synchronizujący pracę układu pomiarowego (sygnał ten służy do synchronizacji układu próbkująco pamiętającego). Przełącznik pozwala dostosować pracę układu pomiarowego do fazy sygnału czujnika.

Na wspólnej płytce znajduje się zasilacz stabilizowany napięć 18 V i 12 V. Napięcie 18 V wykorzystywane jest do zasilania cewek wzbudzających. Natomiast napięcie 12 V zasila układy CMOS (zegar taktujący i inwerty) oraz płytkę układu pomiarowego.

### 3.2 Układ pomiarowy napięcia indukowanego w czujniku

Układ pomiaru napięcia indukowanego przepływem cieczy przewodzącej w czujniku przedstawia rys Nr 4. Układ ten zasilany jest przez przetwornicę DC/DC zapewniającą pełną separację galwaniczną od układu sterowania prądem magnetycznym. Zastosowany do wzmacniania sygnałów z czujnika wzmacniacz pomiarowy ma rezystancję wejściową  $10^{10} \Omega$ . Sygnał z elektrod pomiarowych czujnika doprowadzony jest do wejść sterujących (2 i 3) wzmacniacza pomiarowego przez dwa kondensatory C, które zapewniają separację od napięć polaryzujących pojawiających się na elektrodach pomiarowych. Dwa rezystory  $R_p$  polaryzują wejścia sterujące wzmacniacza pomiarowego. W czasie prób laboratoryjnych stosowane były rezystory  $5,1 \times 10^6 \Omega$  oraz  $22 \times 10^7 \Omega$  dla sprawdzenia wpływu ich wartości na podstawowe właściwości wzmacniacza. Rezystor  $R_g$ , włączony między wejścia (1 i 8), ustala wzmocnienie wzmacniacza pomiarowego, zgodnie z wyrażeniem  $A_u = 1 + (50 \text{ k}\Omega / R_g)$ . W modelu wzmocnienie to wynosiło  $A = 500 \text{ V/V}$ .



Rys 4 Schemat ideowy układu pomiarowego napięcia indukowanego na elektrodach czujnika elektromagnetycznego

11

PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 10 stron 19
------------	---	-------------------------------------

Na wejście zerujące (5) wzmacniacza pomiarowego doprowadzone jest napięcie korygujące wytwarzane przez wzmacniacz zerujący  $A_2$ . Wzmacniacz ten sprowadza składową stałą sygnału wyjściowego wzmacniacza pomiarowego do wartości „zerowej”. Sygnał z wyjścia (6) układu pomiarowego doprowadzony jest do wejścia układu próbkującego - pamiętającego. Układ ten rejestruje próbkę napięcia z wejścia (3) i przenosi go do wyjścia (5), w momencie gdy na wejściu klucującym (7) jest stan wysoki. Ten stan jest „zapamiętywany” do momentu pojawienia się kolejnego impulsu próbkującego. Impuls próbkujący jest wytwarzany z opóźnieniem w stosunku do momentu przełączenia zwrotu pola magnetycznego o czas niezbędny do ustalenia wartości prądu w cewkach (tym samym ustalenia się wartości indukcji pola magnetycznego). W modelu przyjęto pomiar tylko jednego kierunku napięcia w cel ograniczenia liczby możliwych zjawisk, które mogą wpływać na efekt końcowy. Wartość napięcia, która występuje na wyjściu układu próbkującego - pamiętającego odzwierciedla wartość SEM indukowanej między elektrodami pomiarowymi czujnika w momencie próbkowania.

Próbkowanie w modelu odbywało się z częstotliwością 5 Hz i 10 Hz. Do wyjścia układu próbkującego - pamiętającego przez filtr  $R_f, C_f$  dołączony jest woltomierz U. Filtr RC ma na celu wyeliminowanie wpływu fluktuacji sygnału wynikających z nakładania się „przódźwięku sieci”, oraz „przesłuchu” z cewek magnesujących. Całkowita eliminacja, tych zjawisk jest niemożliwa. Obniżenie ich wpływu wymaga zbudowania odrębnych obwodów kompensujących. Układy kompensujące tego typu są budowane do określonej struktury ideowej i geometrycznej układu. Celowe jest wprowadzanie ich w konstrukcji dopracowanej.

#### 4. Badania laboratoryjne modelu

Badania przeprowadzono w laboratorium wodnym PIAP. W stanowisku pomiarowym, przed modelem badanego czujnika zamontowano czujnik turbinowy wg., którego ustalano każdorazowo strumień objętości płynącej w rurociągu wody. Jako czujnik wzorcowy używany był czujnik PT 32 -400 i PT 50 - 800. Taki zestaw czujników pozwalał wykonać pomiary w zakresie przekraczającym zakres przewidywanych

PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 11 stron 19
------------	---	-------------------------------------

standardowych obciążeń czujnika. Badania przeprowadzone zostały na modelu czujnika wg. wariantu 4, który ma najkorzystniejszy rozkład indukcji magnetycznej w przestrzeni pomiarowej czujnika. Wykonano pomiary przy różnych wartościach stałej czasowej układu całkowitego 5s, 0,5s i 2s, dla różnych dla wartości rezystorów polaryzujących  $R_p = 5.1 \times 10^6 \Omega$  i  $2,2 \times 10^7 \Omega$  i dla różnych częstotliwości próbkowania 5 Hz i 10 HZ.

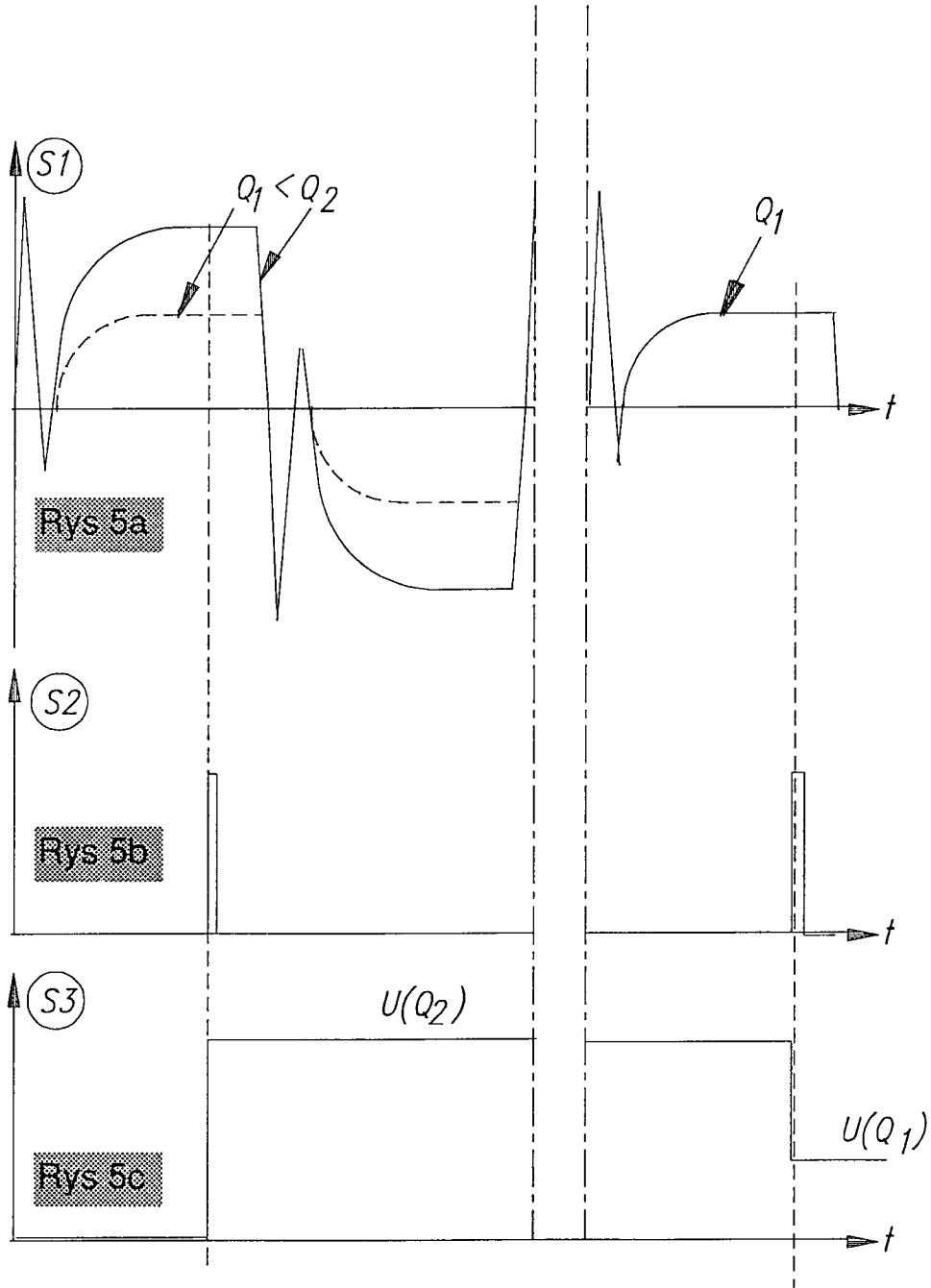
#### 4.1 Obserwacja sygnałów w badanym modelu

Przebieg sygnału na wyjściu układu pomiarowego S1 obserwowany przy pomocy oscyloskopu, podczas prób laboratoryjnych przedstawia rys Nr 5a.

W sygnale tym występują impulsy o dużej amplitudzie związane z przełączeniem pola magnetycznego występujące niezależnie od przepływu cieczy. Impulsy te indukują się również w nieruchomej cieczy. Przewód, którym jest ciecz wypełniająca czujnik jest nieruchomy ale gwałtownie zmienia się wartość indukcji magnetycznej pola. Po tym impulsie następuje wzrost napięcia sygnału związany z narastaniem prądu w cewkach magnesujących aż do ustalenia się na stałym poziomie. Poziom do, którego zmierza sygnał, w poszczególnych cyklach napięcia, zależy od przepływu cieczy co na rysunku zaznaczono ilustrując przebieg sygnałów odpowiadający dwóm różnym wartościom strumienia objętości  $Q_1 < Q_2$ . Na sygnał ten nałożony jest „przydźwięk sieci” (50Hz), o amplitudzie niedostrzegalnej w skali tego rysunku.

Rysunek 5b ilustruje sygnał S2 kluczujący układ próbkująco - pamiętający. Impulsy pojawiają się w momencie gdy sygnał S1 ma ustaloną wartość w danym cyklu. rysunek 5c ilustruje sygnał S3 na wyjściu układu próbkująco - pamiętającego. Pierwszy impuls próbkujący wpisał wartość napięcia odpowiadającą strumieniowi objętości cieczy Q2, a drugi Q1.

W czasie prób zaobserwowano, że w momencie opróżnienia czujnika z wody zamiast typowego sygnału S1 pojawia się „przydźwięk sieci”, o bardzo dużej amplitudzie (do nasycenia wzmacniacza w obu kierunkach). Jest problem, który szczególnie ostro występuje w rozwiązaniu modelowym gdzie wzmacniacz pomiarowy o bardzo dużej impedancji wejściowej był połączony z czujnikiem przewodem ekranowanym długości ok. 2 m, korpus czujnika wykonany jest z tworzywa sztucznego i nie ma właściwości ekranujących.



Rys 5 Przebieg sygnałów w punktach wskazanych na schemacie (Rys 5) układu pomiarowego napięcia czujnika

14

PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 13 stron 19
------------	---	-------------------------------------

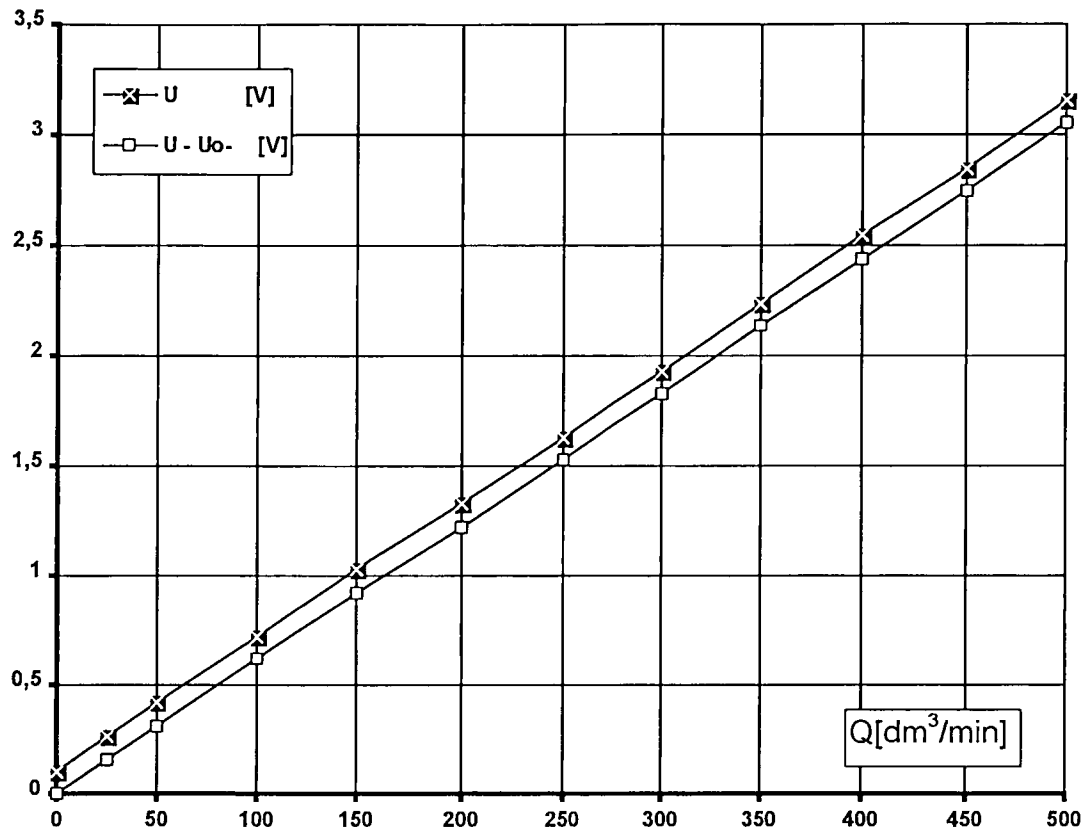
## 4.2 Pomiar napięcia wyjściowego w funkcji strumienia objętości

W czasie pomiaru wartość strumienia objętości ustalano kierując się wskazaniem przepływomierza turbinowego. Napięcie wyjściowe z układu pomiarowego mierzone było woltomierzem. W czasie pomiarów obserwowano, przy pomocy oscyloskopu, sygnał S1 (wg. oznaczenia rysunku Nr 4).

W tabelicy 4 zestawiono wyniki pomiarów przy częstotliwości próbkowania 10Hz, przy wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=5,1 \times 10^6 \Omega$ , stała czasowa układu całkowitego 5s. Podczas pomiarów okazało się, że mimo wcześniejszego skompensowania sygnału zerowego, po włączeniu prądu magnesującego pojawiło się na wyjściu napięcie sygnału, przy braku przepływu. Wyzerowanie tego sygnału jest możliwe na różne sposoby. Ponieważ jednak ten sygnał zerowy przyjmował różną wartość dla różnych wartości częstotliwości próbkowania i wartości  $R_p$ , to stanowi to dodatkową informację dla dalszych ewentualnych prac. Dlatego pomiary wykonano z tym sygnałem zerowym. W tabeli pomiarowej podane jest napięcie zmierzone a w następnym wierszu napięcie zmierzone pomniejszone o wartość napięcia sygnału zerowego. Wykres na rysunku Nr 6 obrazuje wyniki pomiarów.

Tablica 4

LP	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Q [dm <sup>3</sup> /min]	0	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
U [V]	0,104	0,260	0,417	0,720	1,024	1,323	1,627	1,931	2,238	2,541	2,846	3,157
U - U <sub>0</sub> [V]	0	0,159	0,313	0,616	0,920	1,219	1,523	1,827	2,134	2,437	2,744	3,053



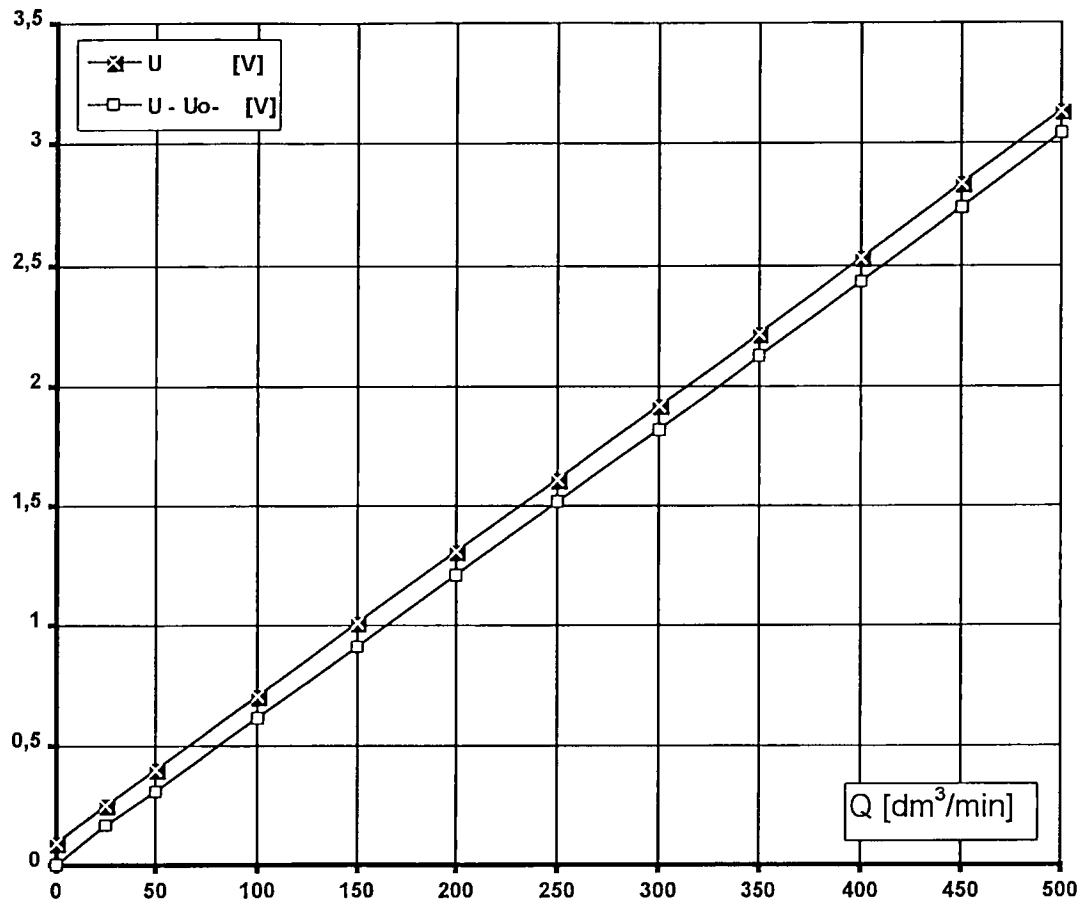
Rys 6 Zależność napięcia z układu pomiarowego od strumienia objętości cieczy przepływającej przez czujnik (częstotliwość próbkowania 10Hz, wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=5,1 \times 10^6 \Omega$ , stała czasowa układu całkującego 5s).

W tabelicy 5 zestawiono wyniki pomiarów przy częstotliwości próbkowania 5Hz, przy wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=5,1 \times 10^6 \Omega$ , stała czasowa układu całkującego 5s. Uzyskane wyniki ilustruje wykres na rysunku Nr 7

Tabela 5

LP	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Q [dm³/min]	0	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
U [V]	0,095	0,251	0,398	0,708	1,010	1,308	1,610	1,913	2,218	2,527	2,835	3,136
U - U <sub>o</sub> [V]	0	0,166	0,303	0,613	0,915	1,213	1,515	1,818	2,123	2,432	2,74	3,041



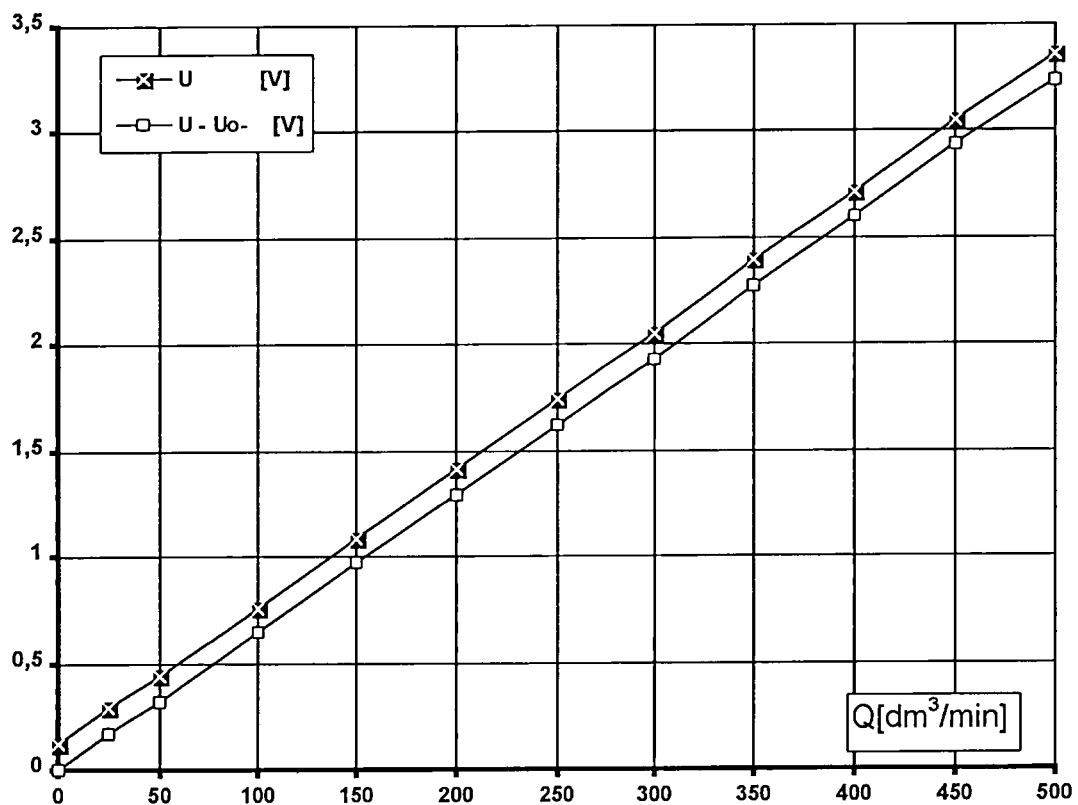


Rys 7 Zależność napięcia z układu pomiarowego od strumienia objętości cieczy przepływającej przez czujnik (częstotliwość próbkowania 5Hz, wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=5,1 \times 10^6 \Omega$ , stała czasowa układu całkującego 5s).

W tabelicy 6 zestawiono wyniki pomiarów przy częstotliwości próbkowania 10Hz, przy wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=5,1 \times 10^6 \Omega$ , stała czasowa układu całkującego 0,5s. W tej serii pomiarów wzrosła wartość stałej przetwarzania czujnika ponieważ przeprowadzona została regulacja czasu opóźnienia impulsu próbkującego. Ponadto stała czasowa obwodu całkującego w tym prostym układzie pomiarowym okazała się zmała i w czasie odczytywania wyników obserwowano wahania wskaźników na poziomie 1%. Uzyskane wyniki ilustruje wykres na rysunku Nr 8.

Tablica 6

LP	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Q [dm <sup>3</sup> /min]	0	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
U [V]	0,120	0,291	0,442	0,762	1,089	1,412	1,738	2,050	2,396	2,718	3,055	3,360
U - U <sub>0</sub> [V]	0	0,171	0,322	0,642	0,996	1,292	1,618	1,930	2,276	2,598	2,935	3,240



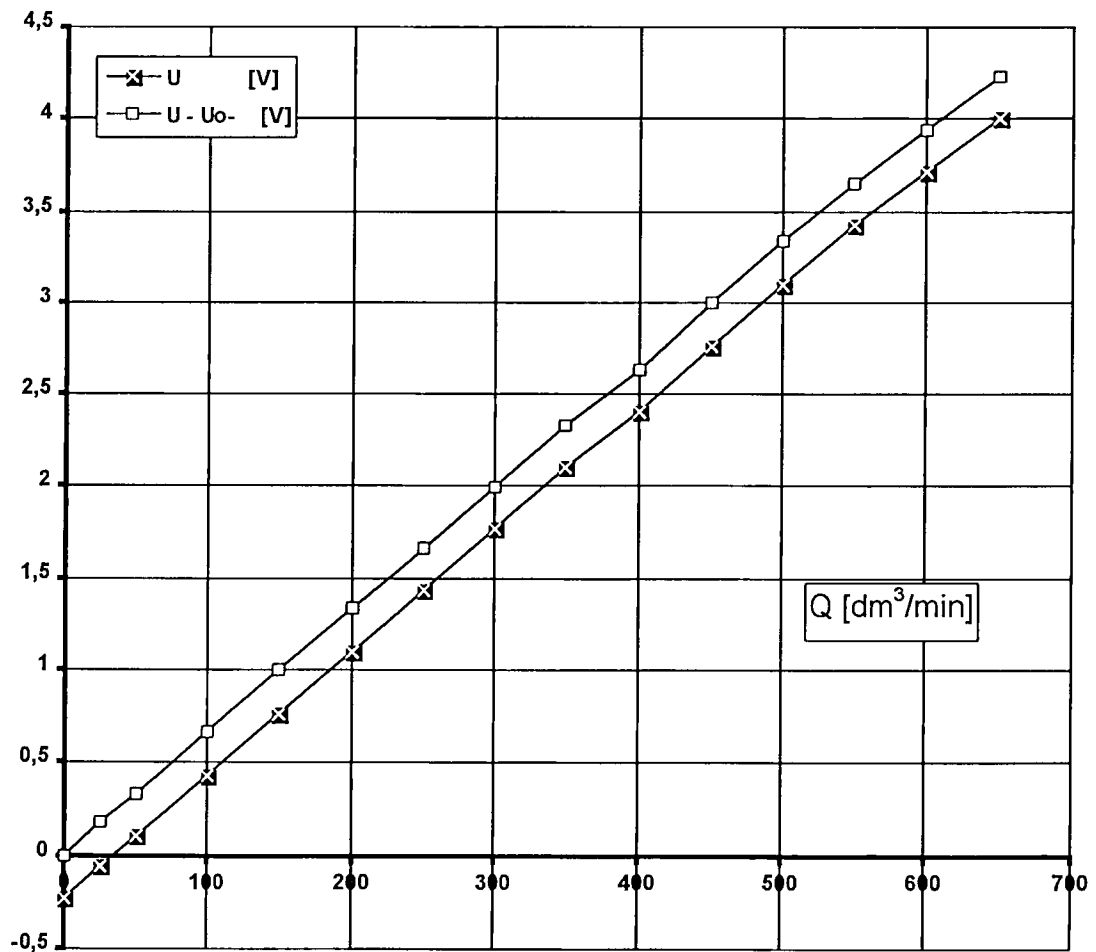
Rys 8 Zależność napięcia z układu pomiarowego od strumienia objętości cieczy przepływającej przez czujnik (częstotliwość próbkowania 10Hz, wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=5,1 \times 10^6 \Omega$ , stała czasowa układu całkującego 0,5s).

W tablicy 7 zestawiono wyniki pomiarów przy częstotliwości próbkowania 10Hz, przy wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=2,2 \times 10^7 \Omega$ , stała czasowa układu całkującego 2s. Uzyskane wyniki ilustruje wykres na rysunku Nr 9

Tablica 7

LP	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Q [dm <sup>3</sup> /min]	0	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
U [V]	-0,232	-0,053	0,103	0,433	0,766	1,101	1,431	1,765	2,100	2,405	2,765	3,098
U - U <sub>0</sub> [V]	0	0,179	0,335	0,665	0,998	1,333	1,663	1,997	2,332	2,637	2,998	3,330

LP	13	14	15
Q [dm <sup>3</sup> /min]	550	600	650
U [V]	3,42	3,711	4,001
U - U <sub>0</sub> [V]	3,652	3,943	4,233



Rys 9 Zależność napięcia z układu pomiarowego od strumienia objętości cieczyprzepływającej przez czujnik (częstotliwość próbkowania 10Hz, wartości rezystorów polaryzujących  $R_p=2,2 \times 10^7 \Omega$ , stała czasowa układu

PIAP - DPQ	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	Nr arch. 7372 strona 18 stron 19
------------	---	-------------------------------------

całkującego 2s).

Współczynniki przetwarzania z wykresów rys Nr 5 i 6 mają podobną wartość. Po regulacji czasu opóźnienia impulsu próbkującego nastąpiła zmiana wartości tego współczynnika. Po tej regulacji wykonano pomiary, których wynik uwidaczniają rys Nr 7 i 8. W tych seriach pomiarów współczynnik przetwarzania ma bardzo zbliżoną wartość. Jest to istotna informacja ponieważ między tymi seriami pomiarów nastąpiło zwiększenie rezystorów polaryzujących  $R_p$  w stosunku z  $5.1 \times 10^6 \Omega$  do wartości  $2,2 \times 10^7 \Omega$ , a więc w stosunku 22/5,1. Pozwala to wyciągnąć wniosek, że w obu przypadkach poziom impedancji wejściowej był znacznie wyższy niż impedancja źródła napięcia, którym była przepływająca w rurociągu woda.

## 5. Wnioski

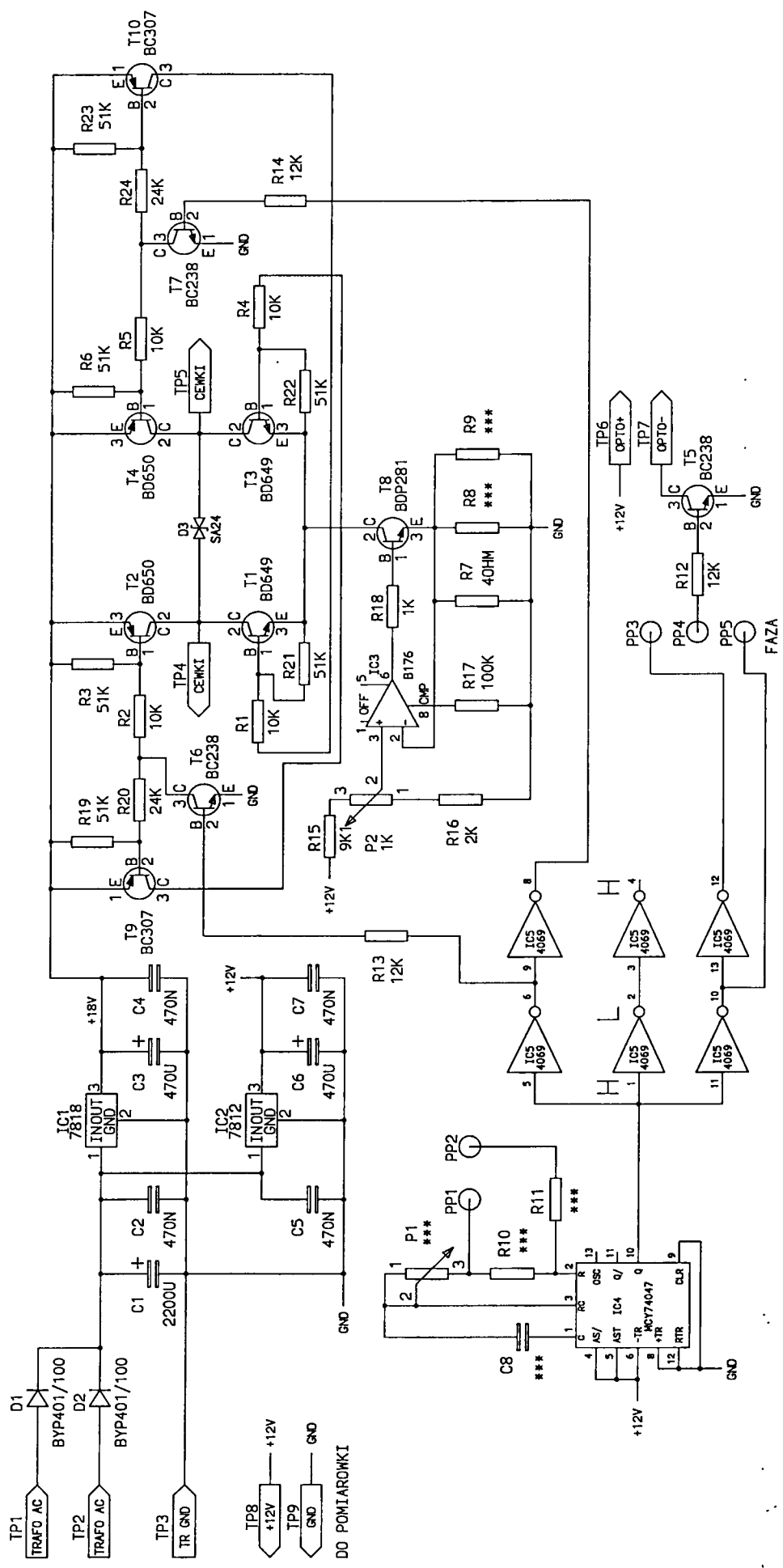
Uzyskane rezultaty mogą być podstawą do skonstruowania przepływomierza elektromagnetycznego. Obwód magnetyczny czujnika i układ elektroniczny zasilania cewek elektromagnesów, po niewielkich poprawkach może być w praktyce zastosowany do budowy modelu przepływomierza. Natomiast układ pomiarowy napięcia indukowanego w czujniku wymaga rozwiązania problemów kompensacji "przesłuchu" z obwodu magnesującego i przydzwiewku sieci. Przy czym należy rozważyć dwie koncepcje podejścia do dalszych prac. Wg jednej możliwości wzmacniacz pomiarowy umieszczony byłby bezpośrednio na czujniku. Takie rozwiązanie wyeliminowałoby potrzebę stosowania długich przewodów, które są istotną przyczyną przydzwiewku od sieci (ogólnie od zewnętrznych pól elektrycznych i magnetycznych). Umożliwiłoby to budowę zwartej konstrukcji we wspólnej obudowie ekranującej. Z drugiej strony wzmacniacz wstępny będzie w tym przypadku narażony na działanie temperatur związanych z przepływającą cieczą. Druga możliwość to budowa wzmacniacza w niezależnej obudowie łączonej z czujnikiem przy pomocy standardowych przewodów.

Po rozwiązaniu ww. zagadnień, dla zbudowania pełnej wersji przepływomierza należy go wyposażać w układy przetwarzania obsługujące standardowe obwody wyjściowe i obwód zliczania objętości. Dla uzyskania dokładności pomiaru niezbęd-

<b>PIAP - DPQ</b>	Opracowanie i badania laborat. układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu	<b>Nr arch. 7372</b> strona 19 stron 19
-------------------	---	--

nej do rozliczeń publicznych konieczne jest wprowadzenie mikroprocesorowego układu korekcji. Wówczas układ mikroprocesorowy mógłby przejąć w istotnej części również funkcje sterowania i synchronizacji obwodów pomiarowych i wytwarzających pole magnetyczne.

Docelowa konstrukcja czujnika przepływu będzie wymagała również opanowania technologii wykładania materiałem elektroizolacyjnym przestrzeni pomiarowej metalowego korpusu czujnika wykonanego ze stali kwasoodpornej. W badanym modelu zastosowany został korpus z tarnamidu. Korpus metalowy zapewni lepsze ekranowanie elektrod pomiarowych. Docelowo czujnik powinien być wyposażony w szczelne osłony chroniące elektromagnesy obwody elektroniczne umieszczone w jej wnętrzu.



Załącznik do sprawozdania Nr 73 72

Schemat układu sterującego prądem cewek magnesujących