

440

BE10

ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPLYWU

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

mgr inż. Jan Goska

Wykonawcy:

dr inż. Wiesław Czerwiec

mgr inż. Marek Maciąg

mgr inż. Wojciech Winiarski

mgr inż. Tadeusz Moliński

Bogdan Józwiak

TEMAT: Opracowanie i badania laboratoryjne modelu
wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego
elektromagnetycznego czujnika przepływu

Etap 2 : Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu
elektromagnetycznego czujnika przepływu
wraz z układem wejściowym

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

Kierownik Zakładu DPQ

mgr inż. Wojciech Winiarski

Z-ca Dyrektora
ds. Badawczo - Rozwojowych

dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 31.07.1997 r.

Nr arch. 7457

Nr zlecenia S 1695

Przepływomierz elektromagnetyczny,
Badania laboratoryjne

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera opis budowy i badań laboratoryjnych modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu, wnioski

Tytuły poprzednich sprawozdań

73 72 Opracowanie i badania laboratoryjne układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu

Rozdzielnik

- Egz. 1. ÓIN
- DPQ
- Egz. 2.
- DPQ
- Egz. 3.

PIAP DPQ	S 1695 - Etap 2 : Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu wraz z układem wejściowym.	Strona 1 Stron 22
-------------	--	----------------------

Wstęp

1.1 Przedmiot pracy

W ramach niniejszej pracy zostały opracowane i wykonane 3 różne modele elektromagnetycznego czujnika przepływu, modelowy układ wejściowy i układ wzbudzający pole magnetyczne. Na wykonanych modelach zostały przeprowadzone badania laboratoryjne, w celu sprawdzenia poprawności zastosowanych rozwiązań.

W budowie modelu zostały wykorzystane doświadczenia i wyniki badań laboratoryjnych, poszczególnych zespołów czujnika z realizacji 1 etapu. Wykonane prace i wyniki badań stanowią kolejny krok w procesie tworzenia własnej konstrukcji przepływomierza elektromagnetycznego.

1.2. Podstawa wykonania pracy

Praca niniejsza wykonana została w ramach 2 etapu zlecenia S 16 95 - „Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu wraz z układem wejściowym”. Etap ten stanowił kontynuację prac mających na celu rozpoznanie możliwości i opracowania własnej konstrukcji przepływomierza elektromagnetycznego w PIAP.

2 Czujnik przepływomierza

2.1 Rozpoznanie możliwości technologicznych

wykonania wykładzin dielektrycznych czujnika

Przeprowadzonego rozpoznanie pozwala stwierdzić, że możliwe jest wykonywanie wykładzin gumowych, wykładzin z ebonitu, wykładzin na bazie teflonu, wykładzin z innych tworzyw, stosowanie wykładzin z ceramiki wymaga sprawdzenia. Stwierdzenie to oparte jest na opinii uzyskanej w Instytucie Przemysłu Gumowego w Piastowie, w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie oraz Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie. W Instytucie Przemysłu Gumowego wykonano na nasze zlecenie próbne wkłady z gumy z których jeden został wykorzystany i przebadany. Zapewniono również, że możliwe jest wykonywanie wykładzin z ebonitu. Z Instytutu Mechaniki Precyzyjnej otrzymaliśmy opinię opisującą

PIAP DPQ	S 1695 - Etap 2 : Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu wraz z układem wejściowym.	Strona 2 Stron 22
-------------	--	----------------------

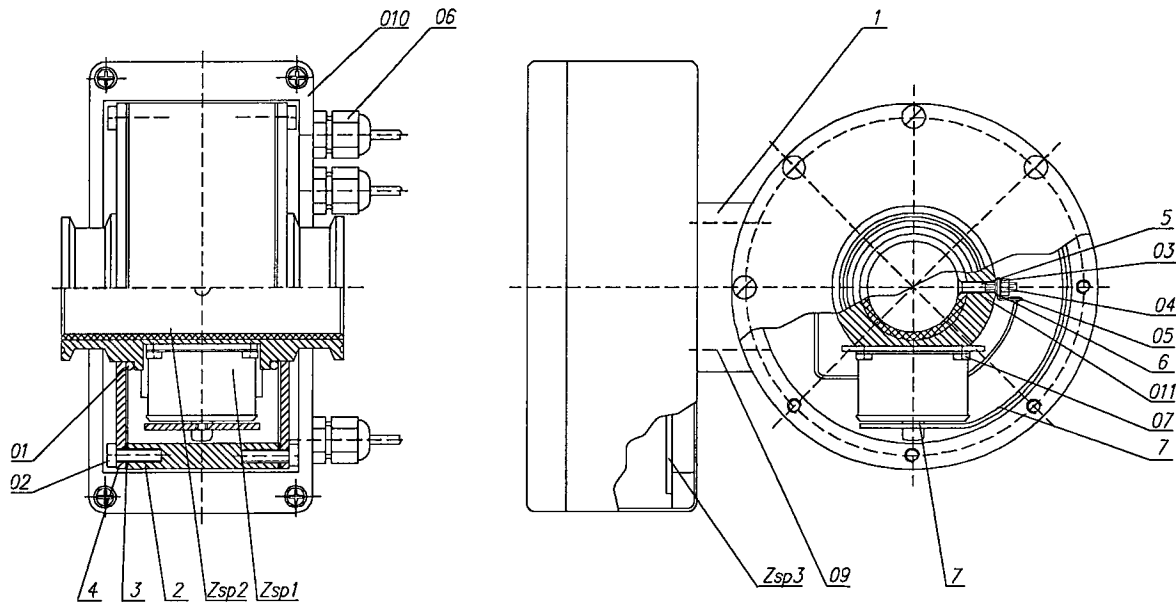
technologię wykonania wykładzin na bazie teflonu i innych tworzyw sztucznych wraz oszacowaniem kosztów. Kopia tej opinii stanowi załącznik do niniejszego sprawozdania. Ponadto wstępnie uzyskaliśmy zapewnienie o możliwości wykonania wykładzin ceramicznych od specjalistów z Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych. Wymaga to jednak wykonania dodatkowych modeli, które opłaca się finansować, po opracowaniu konstrukcji przepływomierza i uzyskaniu pozytywnych wyników badań, w celu rozszerzenia zakresu zastosowań do różnych mediów.

2.2 Konstrukcja modeli czujników

W ramach niniejszej pracy wykonano trzy modele czujników:

- Czujnik z wykładziną dielektryczną z gumy.
- Czujnik z wkładką dielektryczną z teflonu z otworem jednorodnym.
- Czujnik z wkładką dielektryczną z teflonu z przewężeniem w obszarze elektrod.

Konstrukcję czujnika przedstawia rys1. Korpus czujnika oznaczony na rysunku jako Zsp 2 wykonany jest ze stali kwasoodpornej z wewnętrzną wkładką izolacyjną. Wkładka izolacyjna wykonana jest w 1-m modelu z gumy dopasowanej do wewnętrznej powierzchni czujnika, ukształtowanej na odpowiednio przygotowanym trzpieniu. W 2-m modelu zastosowano wciśniętą do korpusu ze stali kwasoodpornej wkładkę teflonową z otworem jednorodnym na całej długości. W 3-m modelu wkładka jest wykonana również w postaci kształtki teflonowej i wciśnięta do korpusu ze stali kwasoodpornej. Wkładka ta ma przewężenie otworu w środkowej części. Przewężenie to zastosowano w celu sprawdzenia, jak na wielkość uzyskiwanego sygnału wpłynie przyspieszenie prędkości cieczy w obszarze elektrod czujnika. Do metalowego korpusu czujnika z wkładką dielektryczną przymocowane są przeciwległe dwa elektromagnesy oznaczone jako Zsp1. Obwód magnetyczny elektromagnesów na zewnątrz zamyka zwora (7) wykonana z miękkiej stali. Zwiększa to koncentrację pola w obszarze elektrod czujnika. Prostopadle do osi cewek umieszczone są dwie elektrody pomiarowe (6) wykonane ze stali kwasoodpornej. Obwód elektrod jest dokładnie odizolowany od metalowego korpusu czujnika. Nawet niewielka upływność do metalowego korpusu uniemożliwia poprawną pracę obwodu pomiarowego czujnika.



Rys1 Konstrukcja modelu czujnika elektromagnetycznego

Zapewnienie szczelności i dobrej izolacji elektrod jest jednym z kluczowych zagadnień w konstrukcji czujnika. Najmniejsze nieszczelności powodują upływność do metalowego korpusu. Upływność w obwodzie elektrod pomiarowych powoduje osłabienie sygnału pomiarowego i może wprowadzić bardzo duże błędy, a nawet uniemożliwić działanie układu. Cewki i końcówki zewnętrzne elektrod osłonięte są szczelną puszką złożoną z osłony (2), dwóch pokryw (3) i dwóch uszczelnień (4). Pokrywy zaciskają się na korpusie czujnika poprzez uszczelnienia (01). Do osłony przez łącznik (1) przymocowana jest obudowa (010). W obudowie umieszczony został wzmacniacz sygnału pomiarowego wraz z układami korekcyjnymi.

3. Układ elektroniczny

Model układu elektronicznego przepływomierza ma trzy zasadnicze człony, które umożliwiają wykonanie badań i ocenę właściwości czujnika oraz występujących zjawisk i problemów, których rozwiązanie jest niezbędne dla uzyskania docelowej konstrukcji gwarantującej zadowalającą dokładność i stabilność w czasie.

3.1 Układ wzbudzenia pola magnetycznego

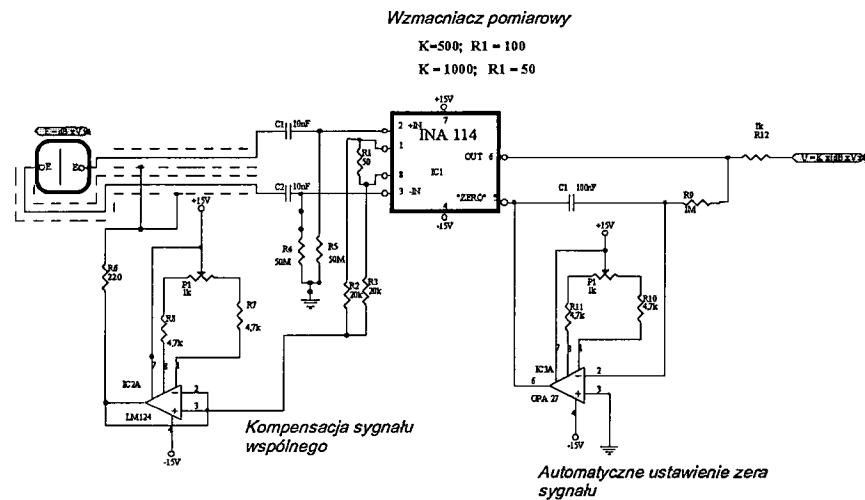
Układ zasilający cewki elektromagnesów czujnika (Załącznik nr 2) zapewnia cykliczne przełączanie kierunku prądu wzbudzającego i stałą wartość natężenia prądu w stanie ustalonym. Zmianę kierunku prądu zapewnia mostek złożony z dwóch par komplementarnych tranzystorów mocy (T1, T2 i T3, T4), sterowanych z układu generatora IC 4 o częstotliwości 10 Hz i 5Hz. Stabilizację wartości prądu zapewnia źródło prądowe (IC3 i T8) zasilające mostek tranzystorowy. W momencie zmiany kierunku prądu w obwodzie cewek pojawiają się silne przepięcia, które tłumione są diodą lawinową D3. Impulsy sterujące źródłem prądowym przez inwerty (IC5) synchronizują również pracę układu pomiarowego (z fazą pola wzbudzającego) poprzez tranzystor (T5).

3.2 Układ wzmacniacza sygnału pomiarowego

Schemat tego wzmacniacza przedstawia rys 2. Podstawowym elementem tego układu jest wzmacniacz pomiarowy IC1. Jest to wzmacniacz precyzyjny INA114 firmy Burr-Brown o dużej wartości impedancji wejściowej $10^{10} \Omega$ i szerokim zakresie temperatur pracy $-40^{\circ}\text{C} \div 85^{\circ}\text{C}$ (dla wykonania w wersji standardowej). Wzmacniacz ten ma wewnętrzne zabezpieczenie wejść przed przesterowaniem i ładunkami elektrostatycznymi. Wzmacniacz INA114 ma wejście odniesienia (5), które pozwala na ustalenie spoczynkowego napięcia wyjściowego na żądanym poziomie.

W przypadku wzmacniacza sygnału czujnika napięcie to powinno być na poziomie „0”. Zapewnia to wzmacniacz IC3 który całkuje sygnał wyjściowy ze wzmacniacza IC1. Napięcie średnie, które powstaje w wyniku całkowania sygnału przez wzmacniacz IC3 (pracujący z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego dla składowej stałej) podawane jest na wejście odniesienia w takiej fazie aby doprowadzić średnie napięcie wyjściowe układu IC1 do poziomu „0”.

Ważnym problemem jest eliminacja wpływu zakłóceń na sygnał czujnika. Konieczne jest tu staranne ekranowanie elektrod. Ale metoda ta nie jest dostatecznie skuteczna ze względu na bardzo małe wartości sygnałów użytecznych czujnika ($0,15 \div 5\text{mV}$).



Rys 2 Schemat wzmacniacza sygnału czujnika

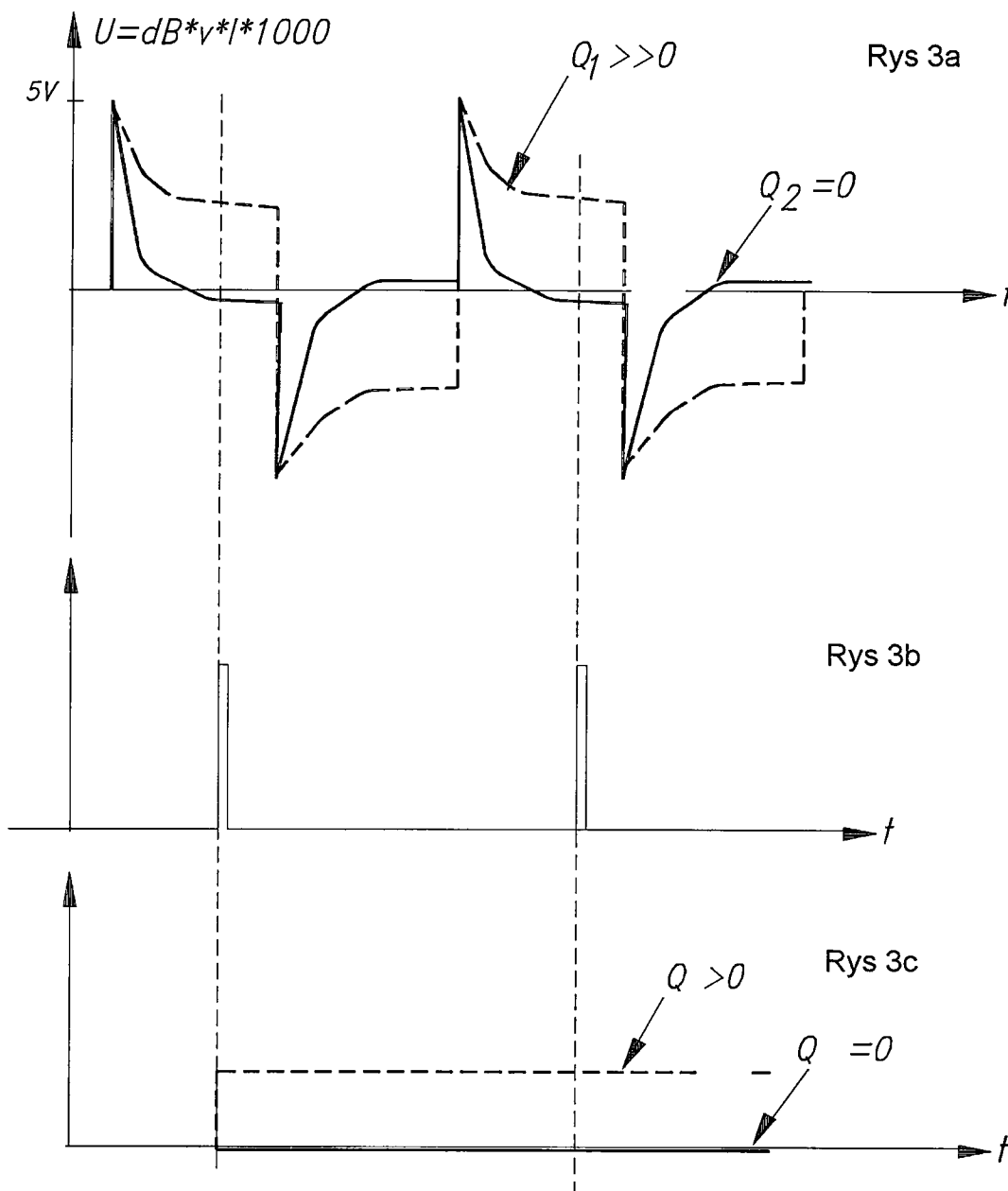
Przy tak „słabych” sygnałach użytecznych nawet niewielkie sygnały zakłócające mogą mieć zauważalny wpływ na jakość pomiaru. Dlatego w modelu tym wypróbowano działanie obwodu neutralizacji sygnału wspólnego zbudowanego na układzie IC2. Istota działania tego obwodu polega na tym, że oba przewody do elektrod czujnika prowadzone są w identyczny sposób. Dlatego indukują się w nich podobne wartości sygnału zakłócającego wprowadzając dodatkowy szkodliwy sygnał wspólny.

Wzmacniacz IC2 wytwarza sygnał proporcjonalny do sygnału wspólnego ale o przeciwnej fazie. Sygnał ten jest wprowadzany na ekran przewodów łączących elektrody czujnika z wejściem wzmacniacza IC1. Kompensuje to w pewnym stopniu działanie sygnałów zakłócających. Wzmacniacz zabudowany został bezpośrednio na czujniku aby słaby sygnał z czujnika był prowadzony najkrótszą drogą.

PIAP DPQ	S 1695 - Etap 2 : Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu wraz z układem wejściowym.	Strona 6 Stron 22
-------------	--	----------------------

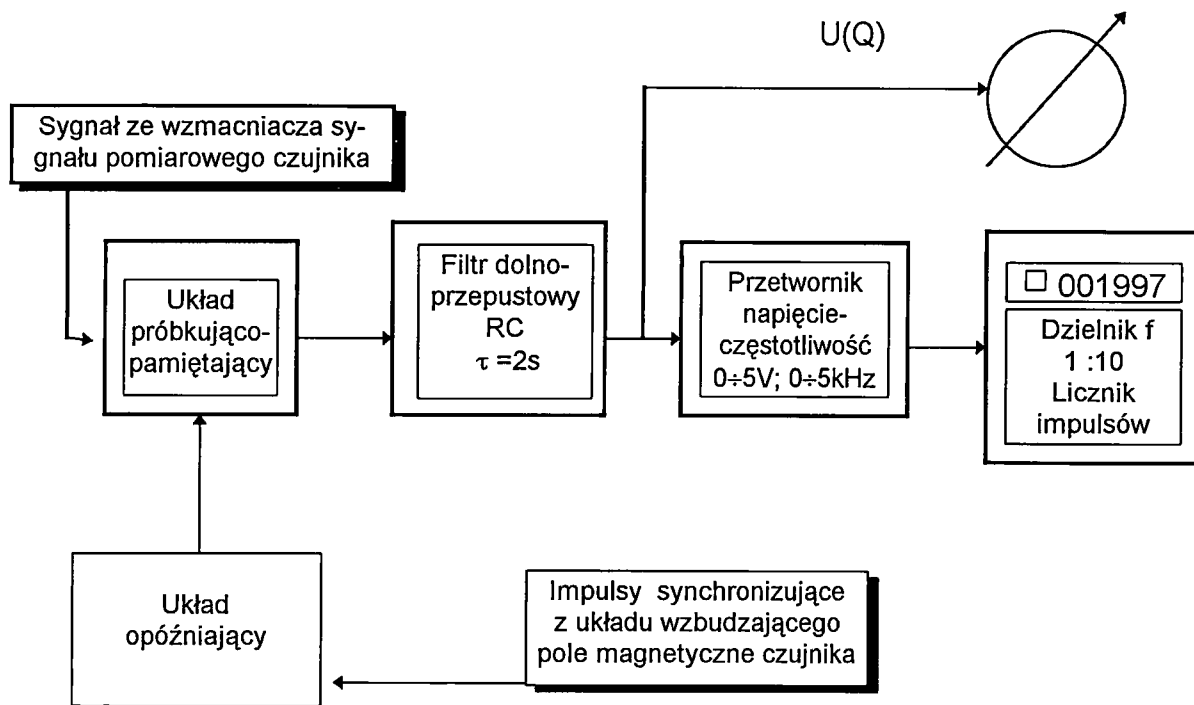
3.3 Układ badawczy

Aby ocenić właściwości metrologiczne czujnika do dobudowany został układ elektroniczny wytwarzający sygnał napięciowy $U(Q)$ odzwierciedlający wartość strumienia objętości oraz układ sumujący objętość. Układ ten pozwala ocenić pracę czujnika przez porównanie z przyrządem wzorcowym. Schemat blokowy tego układu przedstawia rys 3. Sygnał ze wzmacniacza opisanego w p. 3.2 doprowadzony jest do wejścia układu próbkującego - pamiętającego. Wartość chwilowa napięcia w ciągu jednego cyklu pomiarowego podlega okresowym zmianom ^{do} wartości i kierunku. Przebieg napięcia sygnału w funkcji czasu przedstawia rys 4. Zmiany wywołane zmianą wartości indukcji magnetycznej pola mają charakter niezależny od prędkości przepływu. Nawet przy zerowej prędkości cieczy w czasie narastania prądu w cewkach (i związanej z tym zmianą wartości indukcji magnetycznej) w cieczy pomiędzy elektrodami indukuje się napięcie, które osiąga znaczną wartość. Po ustaleniu się wartości prądu, a tym samym indukcji magnetycznej napięcie (dla cieczy nieruchomej) spada do wartości bliskiej „0”. W tym czasie wielkość napięcia zależy tylko od prędkości przepływu cieczy, w obszarze elektrod. Przebieg napięcia między elektrodami czujnika przedstawia rys 3a. Linia ciągłą zaznaczony jest przebieg napięcia dla cieczy pozostającej nieruchomo. Natomiast linią przerywaną zaznaczono przebieg napięcia dla prędkości cieczy odpowiadających wartości $\sim 2/3$ maksymalnej wartości strumienia objętości. Dla celu pomiaru prędkości cieczy (lub strumienia objętości) należy w układzie próbkującego pamiętającym „zapamiętać” próbkę napięcia jakie występuje po ustaleniu się wartości prądu w cewkach w każdym cyklu pomiarowym. Do tego celu służą impulsy synchronizujące, które podawane są z układu wzbudzającego pole magnetyczne. Układ opóźniający wytwarza impuls do sterowania układem próbkującego - pamiętającym. Impuls ten przedstawia rys 3b. Napięcie zapisane w układzie próbkującego -pamiętającym jest zachowywane do czasu następnej próbki po czym jest aktualizowane przez następny impuls wpisujący. Rys 3b przedstawia napięcie odpowiadające prędkości cieczy „0” (linia ciągła) i napięcie odpowiadające $\sim 2/3$ maksymalnej wartości strumienia objętości (linia przerywana).



Rys 3 Przebieg napięć:

- a - sygnał ze wzmacniacza sygnału pomiarowego
- b - impulsy sterujące "zapamiętywaniem wartości napięcia"
- c - napięcie na wyjściu układu próbkującego - pamiętającego



Rys 4 Schemat blokowy badawczego

Na napięcie uzyskiwane ze wzmacniacza sygnału pomiarowego nałożone jest napięcie zakłócające, które powoduje, fluktuacje napięcia "zapamiętywanego" w układzie próbkująco - pamiętającym. Aby wyeliminować ich wpływ w modelu zastosowano filtr dolnoprzepustowy RC o stałej czasowej $RC = 2s$. To filtrowane napięcie jest miarą prędkości przepływu cieczy, a dla określonej średnicy miarą strumienia objętości. Napięcie to $U(Q)$ steruje również przetwornikiem U/f (napięcie częstotliwość). Impulsy z wyjścia przetwornika U/f dzielone są przez dzielnik 1 zliczane przez licznik sumujący. Liczba impulsów zapisana w liczniku jest miarą objętości cieczy, która przepłynęła podczas wykonywania pomiaru.

4 Badania laboratoryjne

Badania laboratoryjne wykonane zostały w laboratorium przepływowym DPQ. W czasie badań do określenia objętości i strumienia objętości używano wzorcowego mlekomierza PT32M, którego charakterystyka została wcześniej przebadana. Błąd pomiaru objętości mlekomierza w zakresie pomiarowym nie przekraczał wartości $\pm 0,2\%$ wartości mierzonej. W czasie badań czujnik mlekomierza (turbinowy) był sze-

PIAP DPQ	S 1695 - Etap 2 : Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu wraz z układem wejściowym.	Strona 9 Stron 22
-------------	--	----------------------

regowo włączony w rurociąg za czujnikiem elektromagnetycznym. Napięcie $U(Q)$ mierzone było woltomierzem, a liczbę impulsów odczytywano z licznika układu badawczego

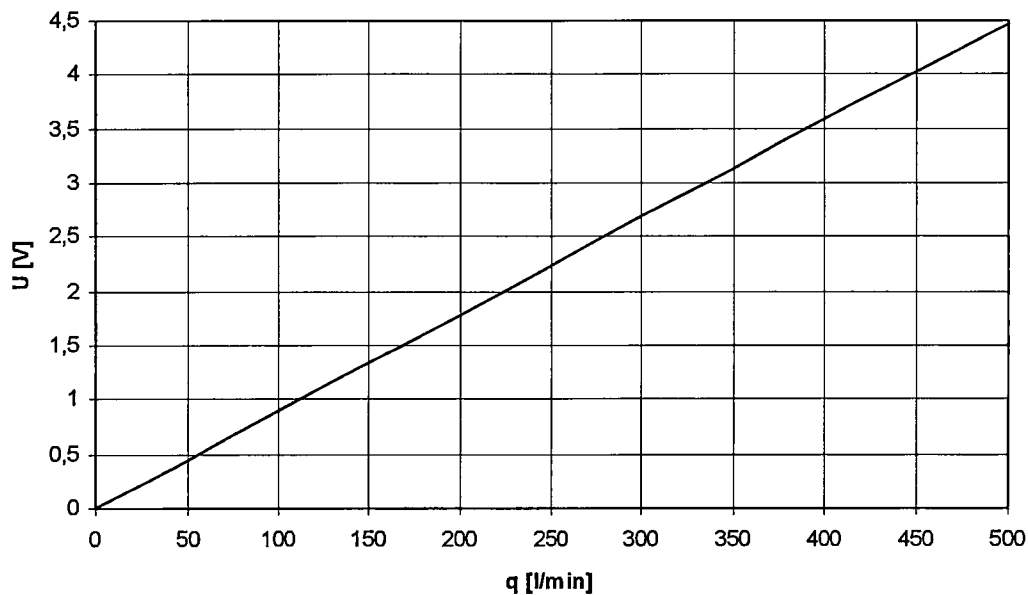
4.1 Badania czujnika z wykładziną wykonaną z gumy

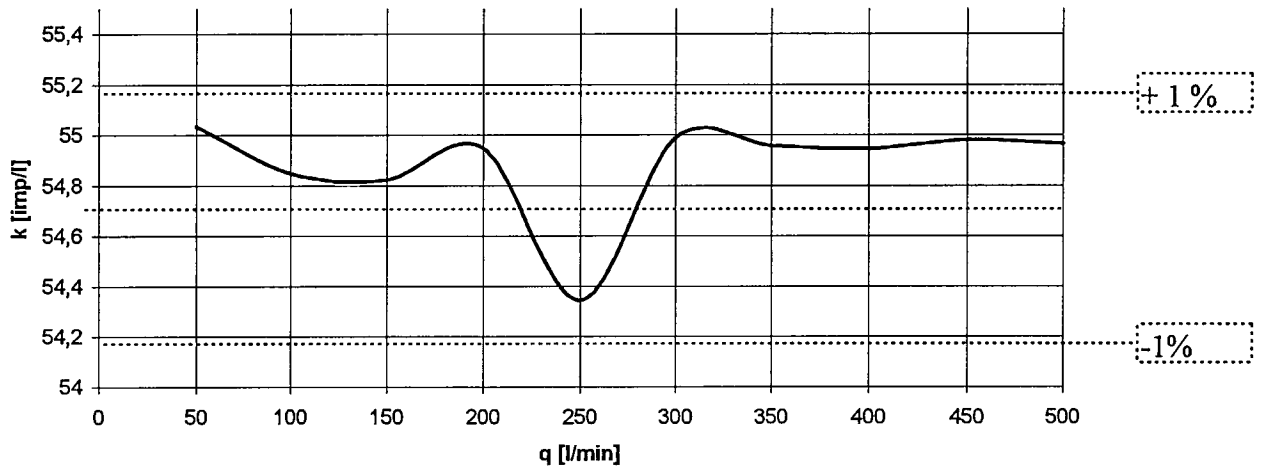
W pierwszej kolejności przebadany został model czujnika z wykładziną gumową. Do badań użyty został obwód magnetyczny o liczbie zwojów 2200. Próby wykonano przy częstotliwości przełączania 10Hz Tabela 1 i 5 Hz Tabela 2. W kolumnie 2 zapisane są wartości strumienia objętości nastawiane na stanowisku przepływowym wg przyrządu wzorcowego. W kolumnie 3 podane są napięcia $U(Q)$ zmierzone po ustaleniu się wartości (napięcie $U(Q)$ podlega całkowaniu). W kolumnie 4 podane zostały objętości wody, zmierzone podczas kolejnych pomiarów, zmierzone przyrządem. W kolumnie 5 zapisano liczbę impulsów zliczoną przez licznik układu badawczego podczas kolejnych pomiarów. Kolumna 6 zawiera wyliczone wartości stałej przetwarzania k układu pomiarowego (czujnik + układ badawczy) wyrażoną liczbą impulsów na 1dm^3 (jest to iloraz wartości z kolumny 5 do wartości z kolumny 4). Rozpiętość stałej przetwarzania pozwala oszacować błąd pomiaru objętości w serii pomiarów. Wykres na rys 5 ilustruje zależność napięcia $U(Q)$ od strumienia objętości, natomiast wykres na rys 6 przedstawia wartość stałej przetwarzania w wykonanej serii pomiarów. Dla ilustracji na wykresie tym naniesione zostały odchyłki określające błąd względny w % (w punkcie pomiaru). Następnie wykonano serię pomiarów przy częstotliwości przełączania pola magnetycznego 5HZ. Charakterystyczne jest to, że zwiększyła się wartość napięcia $U(Q)$ i wartość współczynnika przetwarzania k. Zjawisko to tłumaczy fakt że zastosowane cewki miały dużą indukcyjność i przy częstotliwości impulsowania 10 Hz prąd nie osiągał pełnej, kontrolowanej przez źródło prądowe, wartości. Tłumaczy to również mniejszą rozpiętość k w funkcji q dla mniejszej częstotliwości przełączania pola (rys 6 i 8).

M

Tabela 1

LP	q [l/min]	U [V]	V [l]	n [imp]	k [imp/l]
1	0	0	0	0	
2	50	0,445	200,75	11048	55,03362
3	100	0,888	200,43	10993	54,84708
4	150	1,332	200,81	11009	54,82297
5	200	1,783	197,72	10864	54,94639
6	250	2,231	201,77	10965	54,34406
7	300	2,68	204,57	11249	54,98851
8	350	3,135	198,23	10894	54,95636
9	400	3,585	203,9	11203	54,9436
10	450	4,02	202,8	11150	54,98028
11	500	4,464	203,98	11212	54,96617

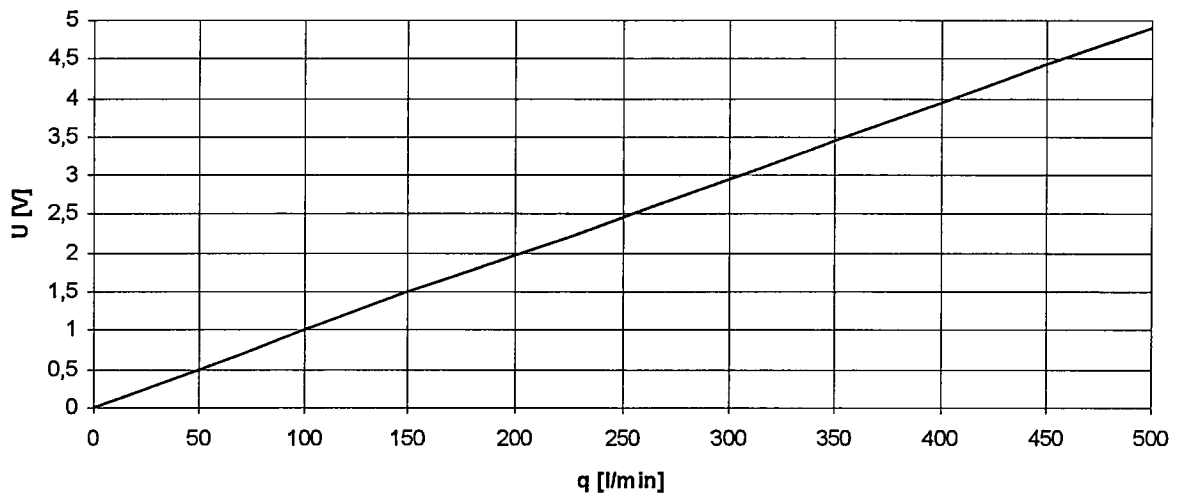
Rys 6 Zależność napięcia $U(Q)$ (czujnik z wykładziną gumową $f(\text{imp}) = 10\text{Hz}$)



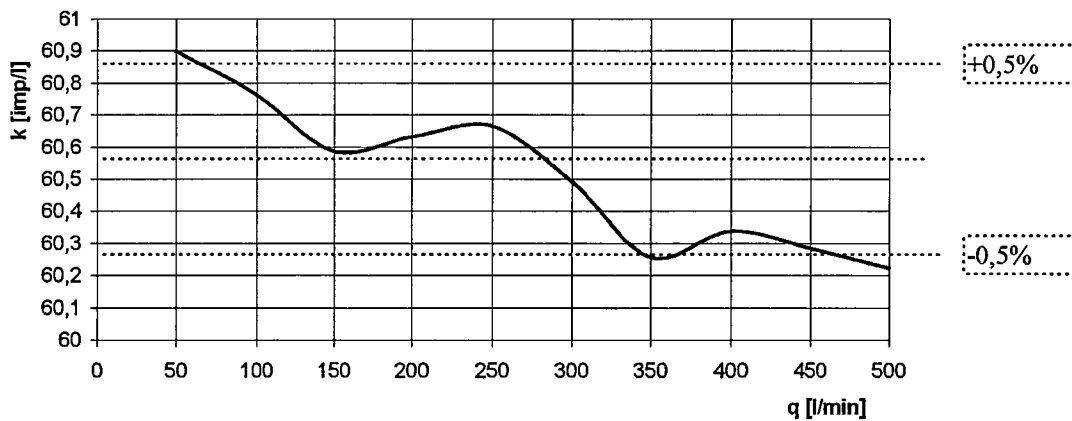
Rys 7 Wartość stałej k (czujnik z wykładziną gumową $f(\text{imp}) = 10\text{Hz}$)

Tabela 2

LP	q [l/min]	U [V]	V [l]	n [imp]	k [imp/l]
1	0	0	0	0	
2	50	0,498	200,28	12197	60,89974
3	100	0,998	202,53	12306	60,76137
4	150	1,496	252,78	15315	60,58628
5	200	1,98	251,19	15230	60,63139
6	250	2,464	251,38	15250	60,66513
7	300	2,96	254,84	15416	60,49286
8	350	3,44	254,33	15325	60,25636
9	400	3,935	251,6	15181	60,33784
10	450	4,42	254,1	15318	60,28335
11	500	4,89	253,68	15277	60,22154



Rys 7 Zależność napięcia U(Q) (czujnik z wykładziną gumową f(imp) = 5Hz)



Rys 8 Wartość stałej k (czujnik z wykładziną gumową f(imp) = 5Hz)

14

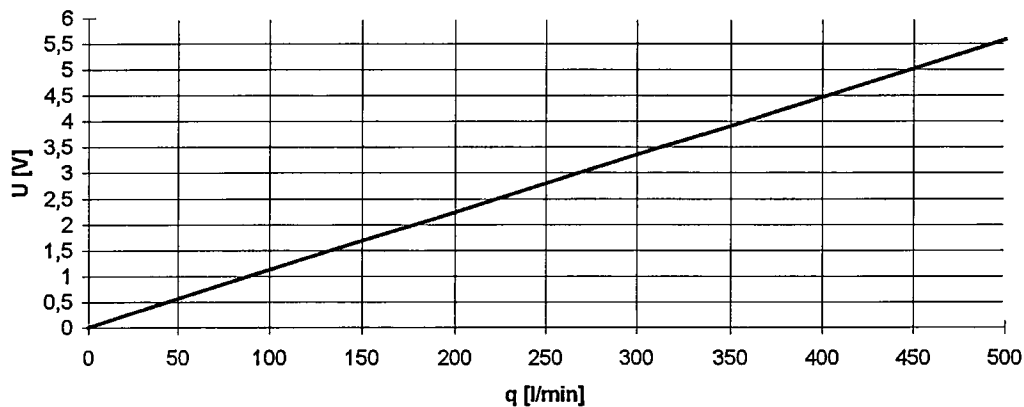
4.2 Badania czujnika z wkładką z teflonu (z przewężeniem)

Badania tego modelu przeprowadzone zostały z cewkami wzbudzającymi o liczbie zwojów 2200. Ten model czujnika ma przewężenie ze średnicy nominalnej 32mm do 25 mm. Przewężenie to powoduje przyspieszenie prędkości cieczy w obszarze co jest korzystne z punktu widzenia wartości napięcia sygnału czujnika. Jednocześnie zmniejsza się odległość elektrod, a więc efektywna długość „przewodu”, w którym indukuje się napięcie czujnika. Ponieważ przekrój maleje w stosunku kwadratowym (tak samo wzrasta prędkość cieczy), odległość maleje liniowo to ostatecznie przewężenie wpływa na zwiększenie wartości napięcia w przybliżeniu takim stosunku w jakim nastąpiło zmniejszenie średnicy w obszarze elektrod. Potwierdzają wyniki pomiarów zestawione w tabeli 3 i 4 oraz rys 9 i 10. Wprowadzenie przewężenia prócz zwiększenia napięcia sygnału powoduje zaburzenie rozkładu prędkości w przekroju pomiarowym napięcia.

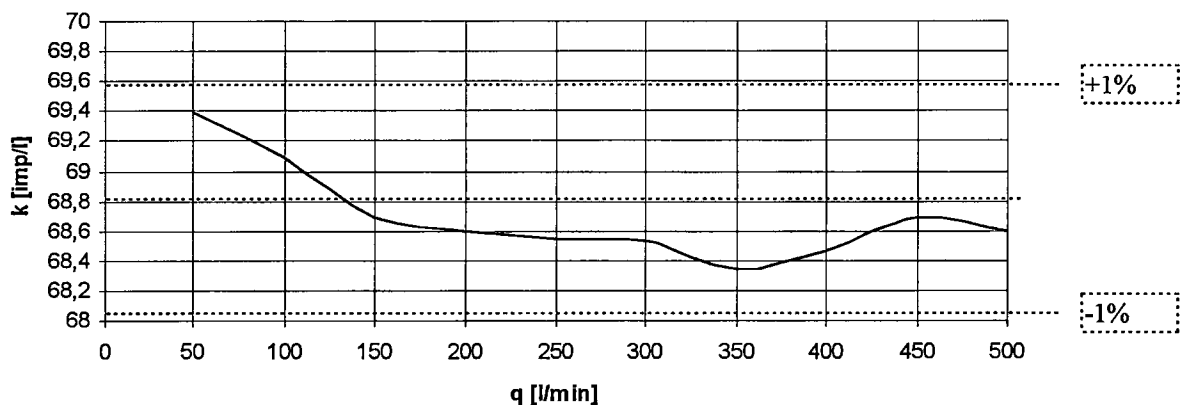
Tabela 3

LP	q [l/min]	U [V]	V [l]	n [imp]	k [imp/l]
1	0	0	0	0	
2	50	0,558	199,92	13873	69,39276
3	100	1,125	198,56	13717	69,08239
4	150	1,68	201,82	13863	68,68992
5	200	2,235	199,72	13700	68,59603
6	250	2,8	197,84	13561	68,54529
7	300	3,355	196,85	13491	68,53442
8	350	3,905	204,57	13980	68,33847
9	400	4,47	200,83	13750	68,46587
10	450	5,01	205,19	14095	68,69243
11	500	5,576	205,98	14130	68,59889

Zaburzenie rozkładu prędkości może pogorszyć charakterystykę przetwarzania zwłaszcza przy niewłaściwym profilu przewężenia. Dlatego ostateczny wpływ tego rozwiązania na właściwości metrologiczne czujnika nie jest jednoznacznie korzystny.



Rys 9 Zależność napięcia $U(Q)$ (czujnik z wkładką z teflonu z przewężeniem $f(\text{imp}) = 10\text{Hz}$)

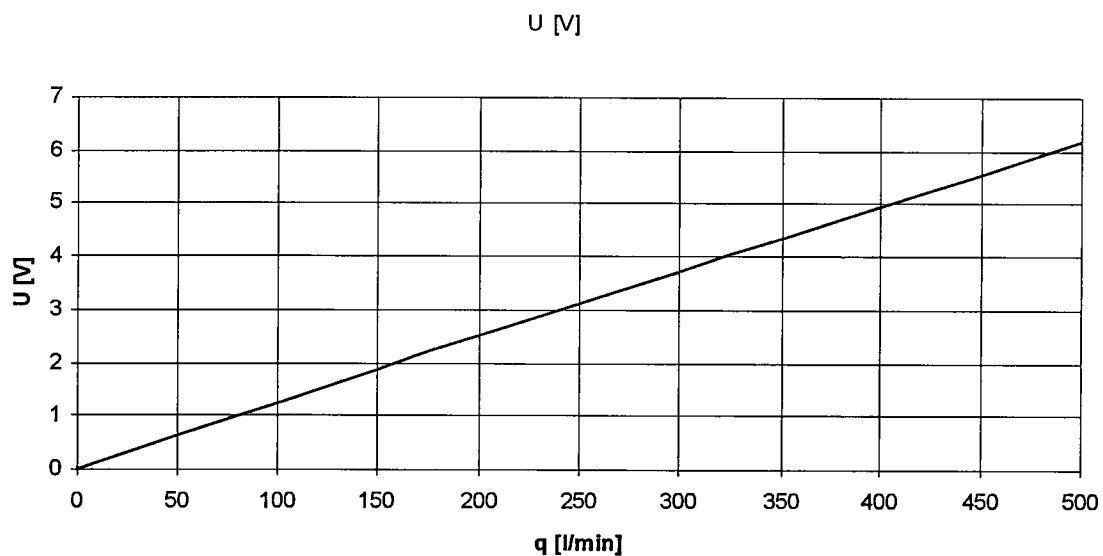


Rys 10 Wartość stałej k (czujnik z wkładką z teflonu z przewężeniem $f(\text{imp}) = 10\text{Hz}$)

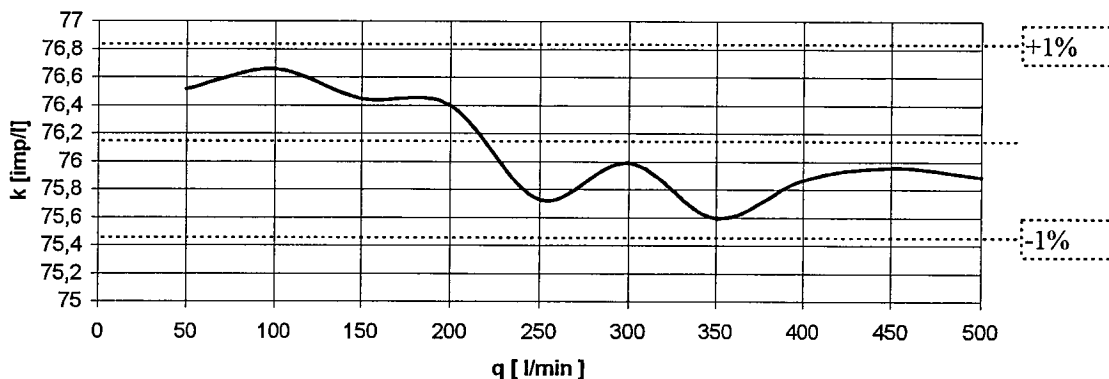
Badania wykonywane były z identycznym układem magnetycznym jak w p 4.1. Wystąpił też identyczny efekt polegający na zwiększeniu się napięcia sygnału $U(Q)$ przy zmniejszeniu częstotliwości przełączania pola magnetycznego

Tabela 3

LP	q [l/min]	U [V]	V [l]	n [imp]	k [imp/l]
1	0	0	0	0	
2	50	0,625	199,29	15248	76,51162
3	100	1,245	200,78	15391	76,65604
4	150	1,865	201,28	15387	76,44575
5	200	2,495	198,54	15168	76,3977
6	250	3,09	203,86	15438	75,72844
7	300	3,71	202,13	15360	75,9907
8	350	4,33	201,77	15252	75,59102
9	400	4,945	202,56	15367	75,86394
10	450	5,557	205,36	15598	75,95442
11	500	6,18	204,84	15545	75,8885



Rys 11 Zależność napięcia $U(Q)$ (czujnik z wkładką z teflonu z przewężeniem $f(\text{imp}) = 5\text{Hz}$)



Rys 12 Wartość stałej k (czujnik z wkładką z teflonu z przewężeniem $f(\text{imp}) = 5\text{Hz}$)

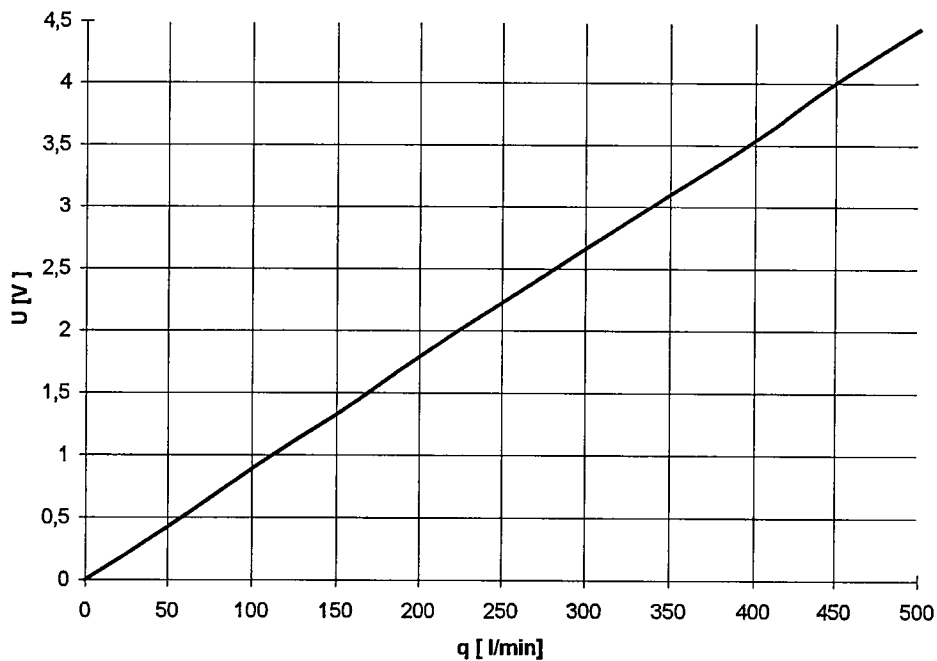
4.3 Badania czujnika z wkładką z teflonu (otwór jednorodny)

Model ten z punktu widzenia zjawisk przepływowych ma cechy podobne jak model z wykładziną z gumy ponieważ ma otwór o stałej średnicy. Do badań użyte zostały cewki wzbudzające o mniejszej liczbie zwojów (1600), których indukcyjność jest na tyle mniejsza, że pozwala na ustalenie się wartości prądu przy częstotliwości przełączania 10 Hz. Prąd osiąga w tym przypadku pełną wartość ustaloną przez źródło prądowe i przy mniejszej liczbie zwojów wartości napięć $U(Q)$ oraz stała przetwarzania k mają podobną wartość jak w czasie badań modelu z wykładziną gumową z cewkami o liczbie zwojów 2200.

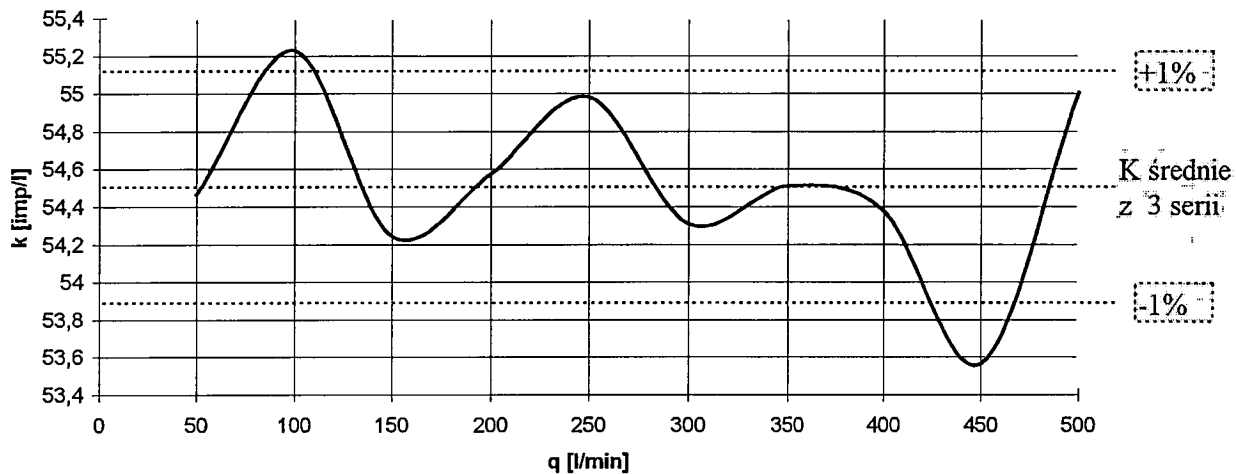
Wykonano trzy serie pomiarów, z których wyniki zapisane są w tabelach 5, 6 i 7. W tabeli 8 wyliczono średnią wartość współczynnika przetwarzania K dla trzech serii pomiarów. Rysunki 13, 15 i 17 ilustrują zależność napięcia $U(Q)$ od strumienia objętości w tych seriach. Natomiast rysunki 14, 16 i 18 przedstawiają przebieg współczynnika k dla poszczególnych serii w odniesieniu do wyliczonej z w tabeli 8 wartości średniej z zaznaczeniem odchyłek $\pm 1\%$.

Tabela 5 - I seria

LP	q [l/min]	U [V]	V [l]	n [imp]	k [imp/l]
1	0	0	0	0	
2	50	0,42	199,84	10884	54,46357
3	100	0,888	201,15	11109	55,22744
4	150	1,325	201,87	10950	54,24283
5	200	1,785	201,87	11017	54,57473
6	250	2,222	196,65	10812	54,98093
7	300	2,66	201,5	10943	54,30769
8	350	3,101	204,13	11127	54,50938
9	400	3,535	204,02	11094	54,37702
10	450	4	204,02	10928	53,56338
11	500	4,44	214,64	11806	55,00373



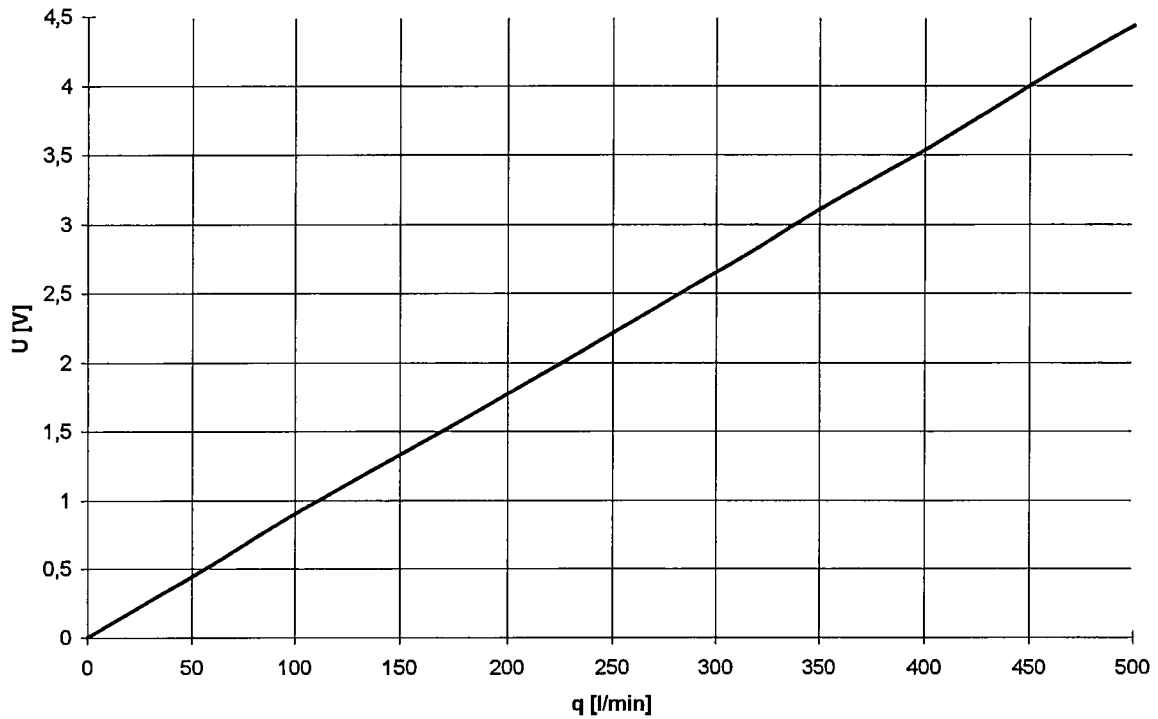
Rys 13 Zależność napięcia U(Q) (czujnik z wkładką z teflonu - otwór jednorodny) I seria



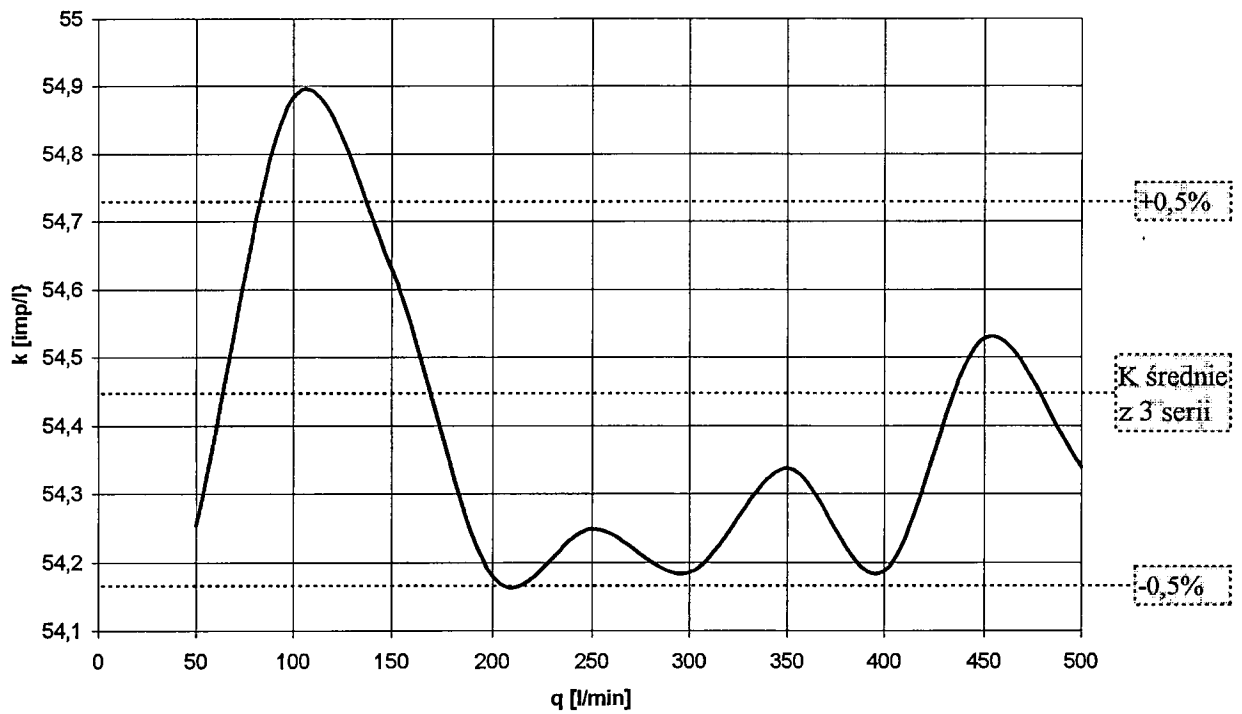
Rys 14 Wartość stałej k (czujnik z wkładką z teflonu - otwór jednorodny)
I seria

Tabela 6 - II seria

LP	q [l/min]	U [V]	V [l]	n [imp]	k [imp/l]
1	0	0	0	0	
2	50	0,44	200,04	10853	54,25415
3	100	0,9	201,5	11059	54,88337
4	150	1,328	200,62	10960	54,63065
5	200	1,772	194,76	10552	54,1795
6	250	2,213	201,02	10905	54,24833
7	300	2,65	194,17	10521	54,18448
8	350	3,105	201,89	10970	54,33652
9	400	3,532	204,57	11085	54,18683
10	450	3,996	204,19	11134	54,52765
11	500	4,43	204,29	11101	54,33942



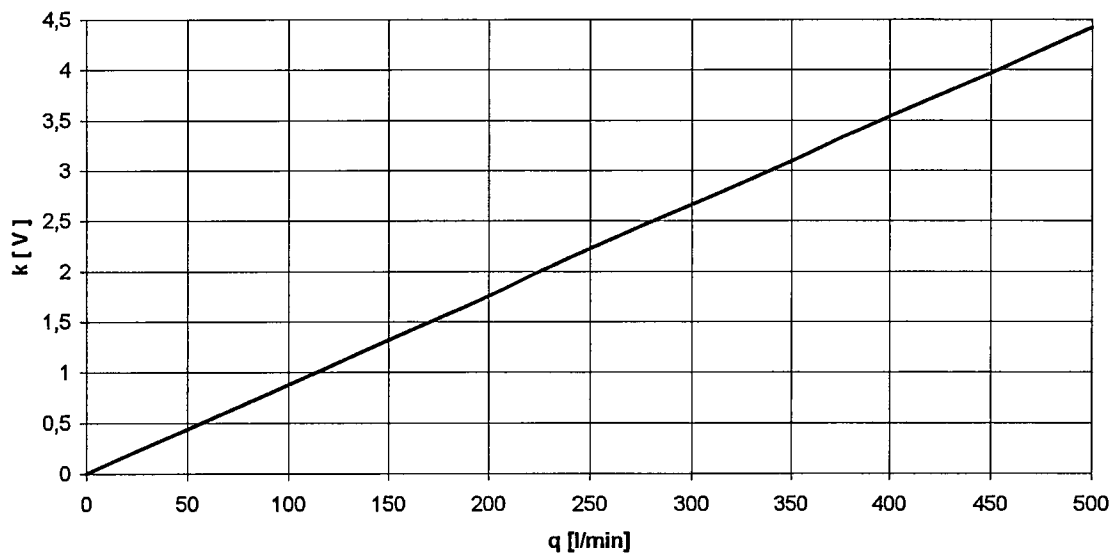
Rys 15 Zależność napięcia U(Q) (czujnik z wkładką z teflonu - otwór jednorodny) I seria

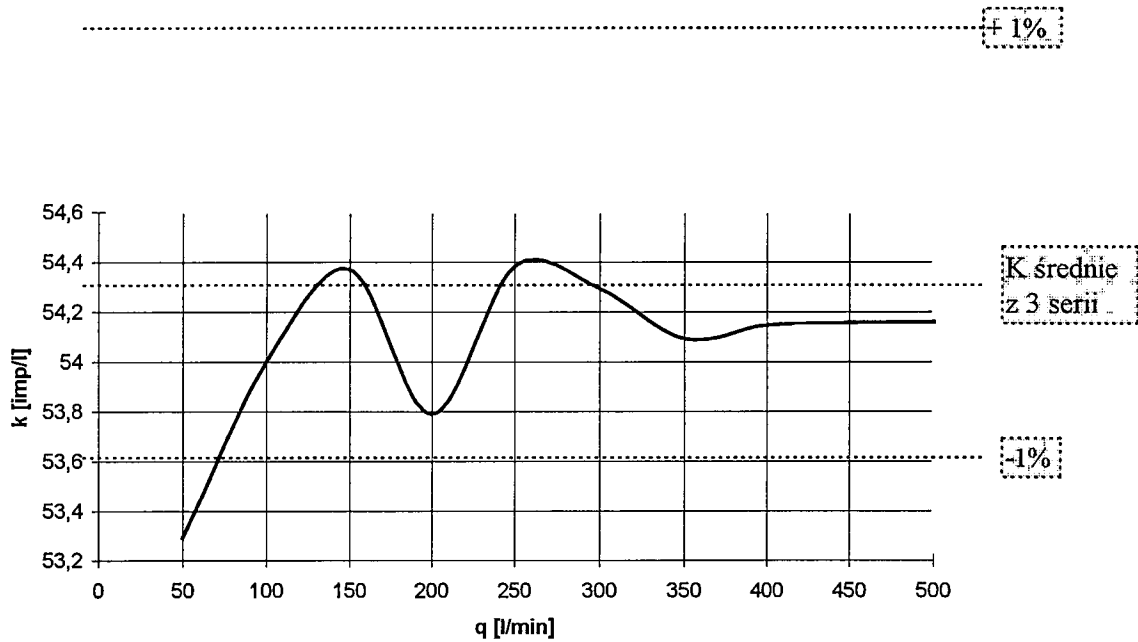


Rys 16 Wartość stałej k (czujnik z wkładką z teflonu - otwór jednorodny) I seria

Tabela 7 - III seria

LP	q [l/min]	U [V]	V [l]	n [imp]	k [imp/l]
1	0	0	0	0	
2	50	0,433	199,8	10648	53,29329
3	100	0,879	200,5	10827	54
4	150	1,315	200,48	10900	54,36951
5	200	1,755	199,8	10747	53,78879
6	250	2,223	202,4	11007	54,38241
7	300	2,657	190,12	10322	54,29203
8	350	3,09	210,95	11411	54,09339
9	400	3,533	204,13	11053	54,14687
10	450	3,964	204,15	11056	54,15626
11	500	4,42	204,12	11055	54,15932

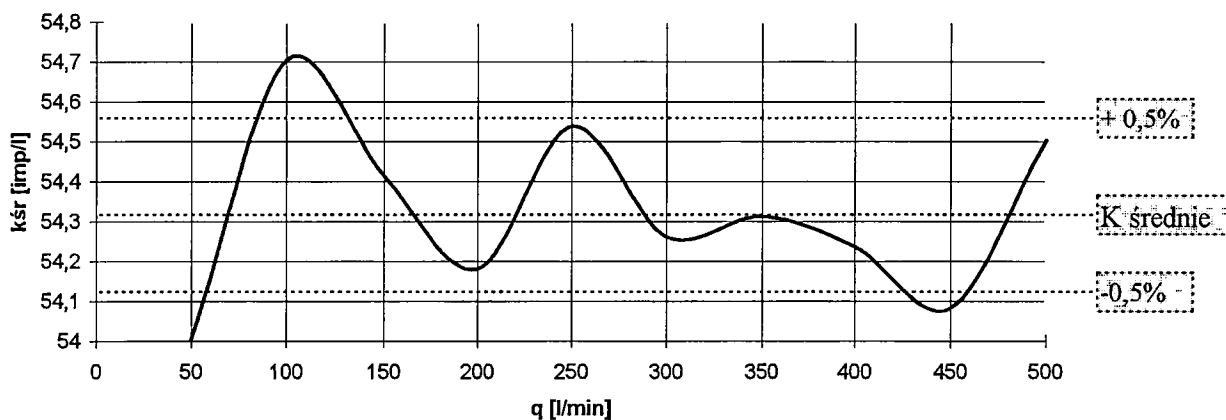
Rys 17 Zależność napięcia $U(Q)$ (czujnik z wkładką z teflonu - otwór jednorodny) I seria



Rys 18 Wartość stałej k (czujnik z wkładką z teflonu - otwór jednorodny) I seria

Tabela 8 - Średnia wielkość współczynnika k z trzech serii

LP	q [l/min]	k [imp/l]	k [imp/l]	k [imp/l]	k [imp/l]
		I seria	II seria	III seria	kśred.
1	0	0	0	0	0
2	50	54,46357	54,25415	53,29329	54,00367
3	100	55,22744	54,88337	54	54,70361
4	150	54,24283	54,63065	54,36951	54,41433
5	200	54,57473	54,1795	53,78879	54,18101
6	250	54,98093	54,24833	54,38241	54,53723
7	300	54,30769	54,18448	54,29203	54,2614
8	350	54,50938	54,33652	54,09339	54,3131
9	400	54,37702	54,18683	54,14687	54,23691
10	450	53,56338	54,52765	54,15626	54,08243
11	500	55,00373	54,33942	54,15932	54,50082
		54,52507	54,37709	54,06819	54,32345



Rys 18 Wartość średnia stałej z trzech serii pomiarów k (czujnik z wkładką z teflonu - otwór jednorodny)

5. Wnioski

Przeprowadzone badania laboratoryjne wykazały błąd pomiaru objętości dla dawek $\cong 200\text{dm}^3$ mieścić się w zakresie $\pm 1\%$ wartości mierzonej. Dalsza poprawa dokładności wymaga opracowania skuteczniejszej metody stabilizacji „0” sygnału $U(Q)$ oraz eliminacji bądź kompensacji sygnałów zakłócających. Bez wykonania tych dodatkowych badań nie jest możliwe uzyskanie dokładności zbliżonej do konstrukcji produkcyjnych, w tej dziedzinie, firm. Uzyskane charakterystyki mają zbyt duży rozrzut współczynnika przetwarzania (p 4.3) dla zastosowania korekcji charakterystyki przez układ mikroprocesorowy. Rozrzut ten jest wywołany „pływaniem sygnału „0” napięcia $U(Q)$ oraz obecnością sygnałów zakłócających. Stabilizacja sygnału „0” wydaje się łatwiejsza do opanowania badania można wykonywać bez stanowiska przepływowego (przez wypełnienie czujnika cieczą). Natomiast skuteczna eliminacja wpływu sygnałów zakłócających jest sprawą trudniejszą bo przy tym poziomie dokładności potwierdzenie poprawy można uzyskać tylko na stanowisku przepływowym przez wielokrotne pomiary. Powoduje to dużą pracochłonność tych prób. Jednocześnie należy zauważyć, na etapie badań powstają gotowe (sprawdzone) bloki układu elektronicznego przepływomierza. Konstrukcja samego czujnika wymaga optymalizacji dla uproszczenia technologii wykonania. Niezbędne jest też dopracowanie uszczelnienia elektrod pomiarowych. Rozwiązanie modelowe nie nadaje się do stosowania przy powtarzalnym wykonaniu.



Rok zał. 1945

ul. Duchnicka 3, 00-967 Warszawa
Skr. poczt. 17
Poland

TEL. DYREKTOR: (48) (22) 663 43 35

TEL. CENTRALA: (48) (22) 663 98 10

FAX MIĘDZYNARODOWY: (48) 39120449

FAX KRAJOWY: (48) (22) 663 43 32

TLX: 813 555 imp pl, 812 505 imp pl

Zakład Półtechniki i Powłok Ochronnych
mgr inż. Stanisław Gorzkowski

PIAP - Warszawa

02-486 Warszawa

Al. Jerozolimskie 202

PT/64/97

W załączeniu przesyłamy opracowanie wstępnego rozeznania możliwości wytwarzania powłok zlecone nam pismem DPQ/078/97 z dn. 25.06.97. oraz fakturę za wykonaną pracę.

Kierownik Zakładu
Półtechniki i Powłok Ochronnych
mgr inż. Stanisław Gorzkowski

• INŻYNIERIA POWIERZCHNI • KOROZJA I POWŁOKI OCHRONNE • OBRÓBKA CIEPLNA METALI •
• BADANIA I ROZWÓJ • TECHNOLOGIE • URZĄDZENIA • OPINIE • EKSPERTYZY • ATESTY • CERTYFIKATY •

Możliwości technologiczne wykonania powłok elektroizolacyjnych w czujniku magnetycznym (indukcyjnym) przepływomierza.

Uwzględniając kształt i gabaryt wyrobu (rys. DN-32) do wytworzenia powłok ochronno-elektroizolacyjnych mogą być zastosowane następujące rodzaje materiałów:

- a) kopolimery fluorowe - tworzywa termoplastyczne o b. wysokiej odporności chemicznej i mechanicznej (odporności na ścieranie), wytrzymujące eksploatację w temp. do 150°C (okresowo do 180°C). Ograniczeniem jest wysoka cena materiałów : HALAR (\cong 150-200 DM / kg) , PVDF (\cong 100 DM / kg) - tworzywo nie odporne na alkalia.
- b) poliamidy 11 i 12 - tworzywa termoplastyczne o odporności na duży asortyment mediów (roztwory wodne, tłuszcze, wyroby spożywcze). Ograniczona odporność na kwasy mineralne zwłaszcza utleniające oraz niektóre kwasy organiczne (zależnie od stężenia). B dobre właściwości mechaniczne (odporność na ścieranie), Odporność na temperaturę - 100°C. Cena \cong 30 DM / kg.
- c) polietyleny - materiały o b. dobrej odporności chemicznej. Ograniczeniem stosowania jest odporność temperaturowa do 60÷70°C. Właściwości mechaniczne zależne od gatunku tworzywa (wskaźnik płynięcia). Nie posiada jednak wysokich odporności na ścieranie. Cena materiału poniżej 10 DM / kg.
- d) PCW proszkowy - materiał zbliżony do polietylenu, odporny wyłącznie na roztwory wodne i niektóre węglowodory alifatyczne (nieodporny na oleje, tłuszcze, emulsje). Przewyższa PE pod względem odporności na ścieranie (odpowiednie gatunki). Cena materiału 10-15 DM / kg.
- e) PCW-plastizol - materiał ciekły o konsystencji miodu. Właściwości jak wyżej, ale bardzo dobrze odporny na ścieranie (stosowany m.inn. jako wykładzina w urządzeniach do obróbki luźnym ścierniwem). Zakres temperaturowy do 70°C. Trudności z uzyskiwaniem cienkich powłok poniżej 1 mm. Cena materiału 23 zł / kg.
- f) żywice epoksydowe, poliestrowe, poliuretanowe lub kompozycje tych żywic stosowane do celów powłokowych w postaci upłynnionej, o szerokim zakresie zastosowań i właściwości. Materiały te wymagają opracowań technologii wytwarzania powłok i oprzyrządowania. Stosowane są najczęściej do kompozytów (laminaty), do odlewania(zalewania), w technice rotacyjnej.
- g) materiały malarskie - głównie na bazie epoksydowej i poliuretanowej przeznaczone do celów specjalnych (np. do zbiorników na wodę pitną itp.) charakteryzujące się b. dobrymi odpornościami i właściwościami mechanicznymi. Asortyment materiałów malarskich gwarantuje dobór odpowiedniego zestawu do poszukiwanego zastosowania (np. Epiglas 17, Epitan 95 - Polifarb Oliva). W przypadku materiałów malarskich pewnego rozpracowania wymaga sposób wytwarzania powłoki, ponieważ materiały te najczęściej produkowane są w wersji high-solids lub

jako bezrozpuszczalnikowe do metody hydrodynamicznej. Ceny materiałów malarskich od ok. 20-25 zł/l i do 50-60 zł/l.

Z grupy materiałów malarskich mogą być brane pod uwagę także farby proszkowe zwłaszcza kompozytowe (np. z zawartością PVDF). Nanoszenie farb proszkowych wykonywane jest metodą elektrostatycznego napyłania. Dobór typu farby wymaga wykonania rozeznania rynku.

Wytworzona powłoka elektroizolacyjna odporna na ścieranie w czujniku przepływomierza winna gwarantować stosunkowo długi czas eksploatacji, który zależy jest od grubości warstwy.

Naszym zdaniem do wyżej wymienionego zastosowania konieczne byłoby wytworzenie powłoki o grubości ok. 500 μm (nie mniej niż 300 μm). Takie grubości powłok można uzyskać metodą fluidyzacji (materiały proszkowe : fluorowe, poliamidy, PCW-proszek, polietylen) lub poprzez napyłanie elektrostatyczne (ewentualnie na gorąco). W przypadku materiałów malarskich odpowiednią grubość można uzyskać poprzez nanoszenie kilku warstw farby lub stosując techniki hydrodynamiczne (trudne dla takiego gabarytu przepływomierza).

Dla wszystkich wytypowanych materiałów wymagane jest wykonanie próbnych badań dla określenia właściwych parametrów procesowych lub ustalenia technologii (łącznie z przygotowaniem powierzchni).

W przypadku stosowania metody fluidalnej nanoszenie materiału będzie następować zarówno na powierzchni wewnętrzne przepływomierza jak i na zewnętrzne, dlatego korzystne byłoby obrabianie detalu (powierzchni zewnętrznej) po wytworzeniu powłoki (obróbka wiórowa).

Naszym zdaniem najbardziej optymalnym rozwiązaniem powinno okazać się fluidalne nanoszenie poliamidu. Tworzywa fluorowe powinny być stosowane w tych układach, gdzie wymagana jest bardzo wysoka odporność chemiczna i temperaturowa. Godne polecenia jest także stosowanie powłok z plastizolu PCW (do celów spożywczych wymagane jest opracowanie receptury nietoksycznej), ale tylko do kontaktu z roztworami wodnymi (do mleka nieodpowiednie).

Najtańszymi powłokami winny być powłoki malarskie lub z żywic epoksydowych (poliuretanowych), nie wymagające kosztownych inwestycji.

Aktualnie w IMP możemy wykonać wszystkie powłoki za wyjątkiem powłok z: tworzyw fluorowych (brak materiałów, brak odpowiedniej suszarki), z PCW-proszkowego (brak materiału). Dobór materiałów malarskich i ich zastosowanie wymaga wspólnych uzgodnień.

Kozimierzewski

24

Tbalica 1.

Materiał powłokowy	Przedstawiciel materiału	Przewidywane zużycie materiału przy grubości $\approx 500 \mu\text{m}$ *	Konieczne oprzyrządowanie*	Koszt wykonania powłoki oraz obróbki powierzchniowej.**	
				IMP	koszt mat zł
Tworzywa fluorowe	Halar - firma Ausimont-RFN tel.(0)61969203-0 PVDF - j.w.	ok. 30 g (F) ok. 17 g (N)	(F) - Suszarka (400°C), wanna fluidyzacyjna, sprężone powietrze. (N) - Suszarka (300°C), urządzenie aplikacyjne do nanoszenia farb proszkowych - 2 szt., spręż. powietrze.	20	8,5 - 11
Poliamidy, polietery	Rilsan , Orgasan - firma Elf-Atochem W-wa tel. 6402899 Vestosint, - firma Hüls A.G. W-wa tel. 6351298	ok. 17 g (F) ok. 10 g (N)	(F) - Suszarka (300°C), wanna fluid., sprężone powietrze. (N) - Suszarka (250°C), urządz. aplikacyjne j.w.	20	1 0,56
Polietyleny	Fluipef - Z.Ch. Blachownia tel. 077-835011 import	ok. 16 g (F)	(F) - jak poliamidy	20	0,5 - 1,0
PCW-proszek PCWplastizol	Plastizol SP - IMP tel. 669-15-27	ok. 40 g (Z)	Wanna (zbiornik), suszarka (250°).	15	1
Zwycie epoksydowe, poliestrowe, poliuretanowe	Z. Ch. Sarzyna tel.017-38621, 520283 ICSO - Kędzierzyn	wymagane opracowanie technologii			
Materiały malarskie***	Polifarb - Oliva, Polifarb - Radom, Polifarb - Dębica Polifarb - Cieszyn lub import		Mat. ciekłe - Pistolet natryskowy, pędzel. Farby proszkowe - Suszarka (250°C), urządzenie aplikacyjne do nanoszenia farb proszkowych.	możliwość wykonania we własnym zakresie	20 - 50zł/l

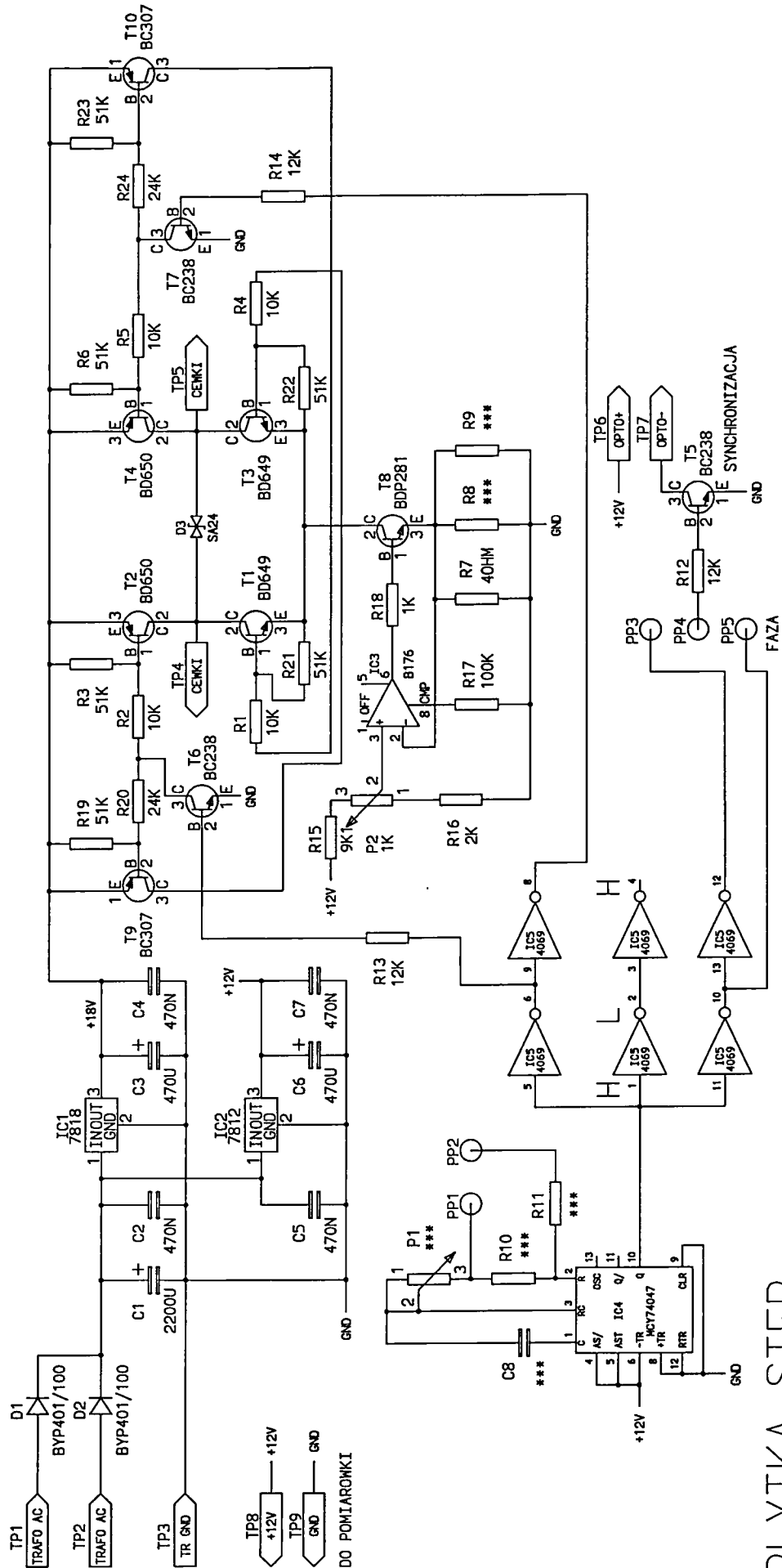
* (F) - nanoszenie fluidalne (wymagany wsad proszku w zależności od gabarytu wanny fluidyzacyjnej).

(N) - nanoszenie metodą napylania (ES) uwzględniające 50% strat (wymagane co najmniej 2 kg proszku).

(Z) - nanoszenie metodą zanurzeniową (grubość powłoki - co najmniej 1 mm)

**Koszt wykonania prototypowych powłok wyższy o 100%.

***Farby proszkowe - dobór wymaga rozeznania głównie pod względem odporności na ścieranie.



DO POMIARÓWKI

PLYTKA STER.