

440

BE10

ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPLYWU

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca mgr inż. Jan Goska.....

Wykonawcy: mgr inż. Marek Maciąg.....

..... mgr inż. Wojciech Winiarski.....

..... Piotr Dopierała.....

..... Bogdan Józwiak.....

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

**Etap 4: Analiza budowy i badania laboratoryjne zespołów
przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego**

DOKUMENT WZORCOWY

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów.....

Kierownik Zakładu DPQ

.....
mgr inż. Wojciech WiniarskiZ-ca Dyrektora
ds. Badawczo - Rozwojowych.....
dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 30. 06. 1998 r.

Nr arch. 7565.....

Nr zlecenia S.1695.....

Analiza deskryptorowa

Przepływomierz elektromagnetyczny,
przetwornik pomiarowy, badania laboratoryjne

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera analizę budowy zespołów przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego i badania laboratoryjne.

Tytuły poprzednich sprawozdań

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

7457 Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu wraz z układem wejściowym.

7526 Badanie wpływu czynników zakłócających pracę elektromagnetycznego czujnika przepływu oraz sprawdzenie możliwości ich eliminacji lub kompensacji

Rozdzielnik

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

..... **DPQ**

Egz. 3. **DPQ** *gl. wyk.*

1 Wstęp

1.1 Przedmiot pracy

W zrealizowanym etapie zostały zaprojektowane i wykonane podstawowe zespoły przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego do współpracy z czujnikiem i układem wzmacniającym.

- Układ sterowania procesem pomiaru przepływomierza elektromagnetycznego.
- Układ sterowania kierunkiem i układ stabilizacji prądu magnesującego cewek wzbudzających
- Układ do zliczania objętości wraz z układem blokady pomiaru dla strumienia objętości poniżej ustalonej progowej wartości minimalnej.
- Specyfikacja obwodów do współpracy z innymi urządzeniami.

Zaprojektowane i wykonane zespoły przetwornika, zestawione w układ, który pozwala na kalibrację w jednostkach objętości (dm^3), zostały przebadane na stanowisku wodnym PIAP – DPQ z wzorcem masowym. Czujnik i wstępny układ wzmacniający powstał w poprzednich etapach niniejszej pracy. Zaprojektowanie i przebadanie zespołów przetwornika pomiarowego dało podstawy do skonstruowania przepływomierza elektromagnetycznego. Pozwoliło też na określenie wymagań dla układu mikroprocesorowego, który może przejąć część funkcji sterujących pracą układu pomiarowego, a przez możliwość wprowadzenia większej ilości funkcji łatwo zmienianych programowo, podnieść walory użytkowe przepływomierza.

Przed rozpoczęciem prac przewidzianych do zrealizowania w obecnym etapie przeprowadzone zostały pomiary elementów układu zbudowanego w poprzednim etapie na stanowisku z wzorcem masowym w celu upewnienia się, że przyjęta koncepcja rozwiązań może być podstawą do budowania zespołów przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego i dalszych prac projektowych.

1.2. Podstawa wykonania pracy

Praca niniejsza wykonana została w ramach 4 etapu zlecenia S 16 95 - „Analiza budowy i badania laboratoryjne zespołów przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego”. Etap ten stanowił kontynuację prac mających na celu rozpoznanie możliwości opracowania własnej konstrukcji przepływomierza elektromagnetycznego.

2. Weryfikacja badań układu przetwarzania czujnika elektromagnetycznego na stanowisku z wzorcem masowym.

W poprzednim etapie badania przetwarzania elementów układu pomiarowego czujnika elektromagnetycznego, przeprowadzone były metodą porównania objętości i liczby zliczonych umownych jedno-

stek. Objętość sprawdzano przy pomocy zbiorników wzorcowych, których dokładność wynosi $\pm 0,2\%$. Dobrej jakości przepływomierze znanych firm mają błąd pomiaru określany na poziomie 0,25 % (dla podstawowego zakresu pomiarowego). Uznano za potrzebne przed podjęciem dalszych prac zweryfikowanie uzyskanych wyników na stanowisku z wzorcem masowym, w laboratorium wodnym PIAP. Pomiar wykonywano metodą „start – stop”, tzn. przez otwarcie zaworu na początku pomiaru i zamknięcie na zakończenie pomiaru. Porcja cieczy która znalazła się w zbiorniku umieszczonym na wadze była porównywana z liczbą zliczonych impulsów. Objętość wzorcową wody określaną na podstawie zmierzonej masy

uwzględnieniem temperatury. Stanowisko masowe ma lepszą dokładność i wyższą rozdzielczość pomiaru niż stanowiska objętościowe. Przeprowadzone badania, na stanowisku o wyższej dokładności, pozwoliły lepiej ocenić otrzymaną charakterystykę przepływomierza oraz upewnić się co do jej powtarzalności. Pozwoliło to również ocenić przydatność poszczególnych elementów pomiarowych. Pomiar wykonano dla 8 wartości strumienia objętości od q_{\min} do q_{\max} . Dla każdej wartości strumienia objętości pomiar objętości wykonano sześciokrotnie. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli Nr 1.

Tabela 1

LP	q [l/min]	n [imp]	m. [kg]	T [C]	V [l]	k [imp/l]	kśr
1	25	6730	100,72	17,2	100,75	66,80	66,63
2	25	6727	100,81	16,9	100,83	66,72	
3	25	6948	104,12	16,5	104,14	66,72	
4	25	6729	101,06	16,4	101,08	66,57	
5	25	6699	100,68	16,4	100,70	66,53	
6	25	6700	100,79	16,4	100,81	66,46	
1	50	13539	203,4	16,4	203,43	66,55	66,54
2	50	13484	202,5	16,4	202,53	66,58	
3	50	13476	202,62	16,4	202,65	66,50	
4	50	15977	240,47	16,4	240,51	66,43	
5	50	13453	202,03	16,5	202,06	66,58	
6	50	13678	205,32	16,4	205,35	66,61	
1	100	13539	202,99	16,3	203,02	66,69	66,68
2	100	14619	219,25	16,3	219,28	66,67	
3	100	13564	203,4	16,4	203,43	66,68	
4	100	13669	205,02	16,5	205,05	66,66	
5	100	13561	203,25	16,4	203,28	66,71	
6	100	13528	202,82	16,4	202,85	66,69	
1	200	13613	204,05	16,4	204,08	66,70	66,70
2	200	13481	201,99	16,5	202,02	66,73	
3	200	14791	221,7	16,5	221,73	66,71	
4	200	13922	208,69	16,5	208,72	66,70	
5	200	13620	204,2	16,5	204,23	66,69	
6	200	13427	201,32	16,5	201,35	66,69	
1	300	13720	205,54	16,5	205,57	66,74	66,75
2	300	13471	201,73	16,5	201,76	66,77	
3	300	13926	208,65	16,5	208,68	66,73	
4	300	13498	202,26	16,5	202,29	66,73	
5	300	13408	200,84	16,5	200,87	66,75	

6	300	13627	204,02	16,4	204,05	66,78	
1	400	27191	407,31	16,3	407,36	66,75	66,75
2	400	27154	406,84	16,4	406,89	66,74	
3	400	26996	404,37	16,4	404,42	66,75	
4	400	27201	407,49	16,3	407,54	66,74	
5	400	26924	403,36	16,3	403,41	66,74	
6	400	26970	403,95	16,3	404,00	66,76	
1	500	26280	393,83	16,4	393,88	66,72	66,72
2	500	27069	405,75	16,4	405,80	66,70	
3	500	27441	411,27	16,4	411,32	66,71	
4	500	26840	402,21	16,4	402,26	66,72	
5	500	27197	407,55	16,4	407,60	66,72	
6	500	26908	403,32	16,3	403,37	66,71	
1	600	26687	400,12	16,3	400,18	66,69	66,71
2	600	27432	411,15	16,2	411,21	66,71	
3	600	26731	400,73	16,2	400,79	66,70	
4	600	27098	406,2	16,2	406,26	66,70	
5	600	27289	408,91	16,1	408,97	66,73	
6	600	28099	421,15	16,1	421,21	66,71	

Na podstawie tabeli nr 1 sporządzony został arkusz służący do oceny uzyskanych wyników pomiarów przedstawiony w postaci tabeli nr 2. W wierszu 2 tej tabeli podano wartości strumienia objętości. Wiersze 3 - 8 zawierają wartości stałych przetwarzania z tablicy nr 1. Wiersz 9 zawiera wyliczoną wartość średnią współczynnika przetwarzania dla poszczególnych wartości strumienia objętości. Wiersz 10 zawiera wartości estymatora odchylenia standardowego „s” obliczone dla poszczególnych kolumn zgodnie z wzorem.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - k_{sr})^2}{n - 1}}$$

Tabela 2

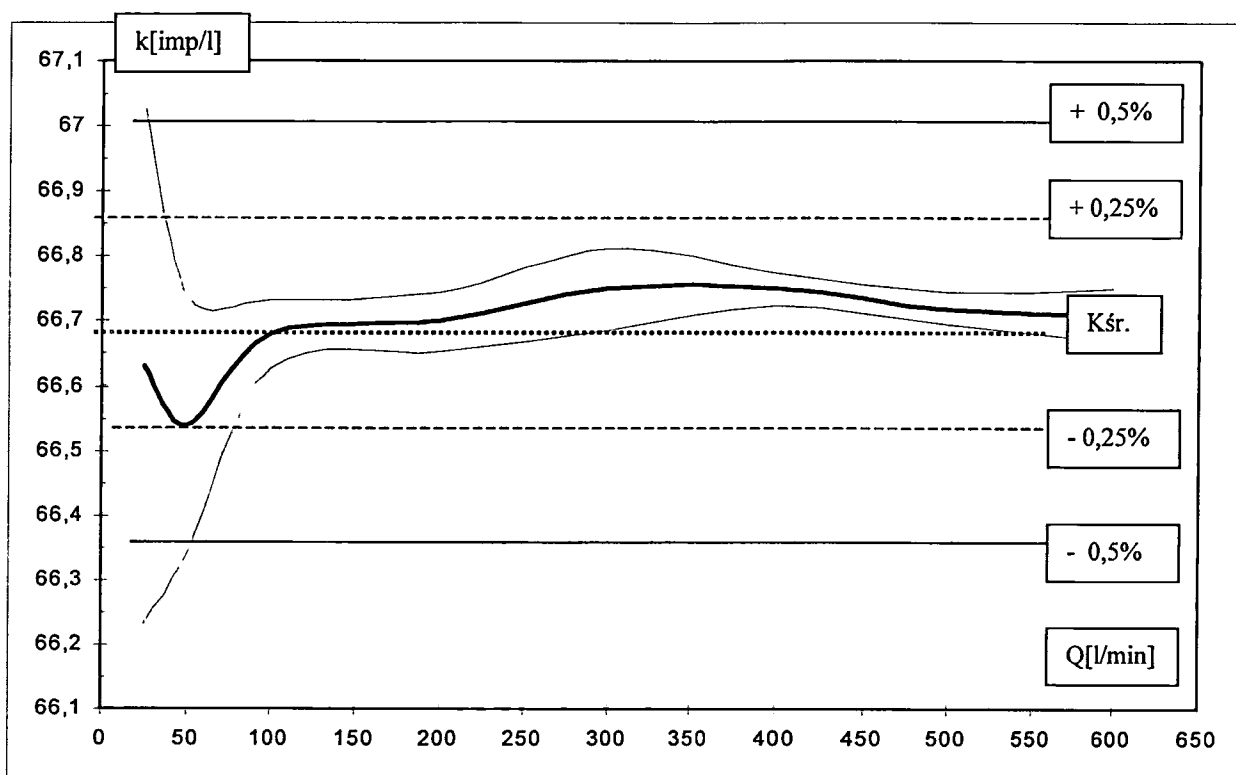
1.	LP	1	2	3	4	5	6	7	8
2.	q [l/min]	25	50	100	200	300	400	500	600
3.	k1	66,80	66,55	66,69	66,7	66,74	66,75	66,72	66,69
4.	k2	66,72	66,58	66,67	66,73	66,77	66,74	66,7	66,71
5.	k3	66,72	66,5	66,68	66,71	66,73	66,75	66,71	66,7
6.	k4	66,57	66,43	66,66	66,7	66,73	66,74	66,72	66,7
7.	k5	66,53	66,58	66,71	66,69	66,75	66,74	66,72	66,73
8.	k6	66,46	66,61	66,69	66,69	66,78	66,76	66,71	66,71
9.	K _{sr}	66,63	66,54	66,68	66,7	66,75	66,75	66,72	66,71
10.	s	0,132313	0,066156	0,017512	0,015055	0,020976	0,008165	0,008165	0,013663
11.	K _{sr} +3s	67,02694	66,73847	66,73254	66,74517	66,81293	66,77449	66,74449	66,75099
12.	K _{sr} -3s	66,23306	66,34153	66,62746	66,65483	66,68707	66,72551	66,69551	66,66901
13.	δ [%]	0,595735	0,29827	0,078788	0,067716	0,094275	0,036696	0,036713	0,061442

n - liczba pomiarów (6);

k_i - wartość współczynnika przetwarzania z pomiaru;

k_{sr} - średnia wartość współczynnika przetwarzania;

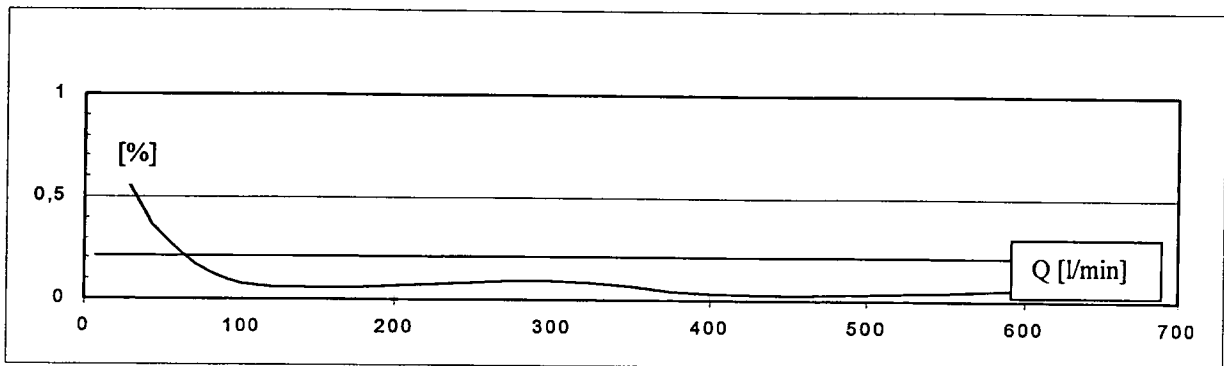
Wiersz 11 zawiera wartość średnią współczynnika przetwarzania powiększoną o wartość $3s$, a wiersz 12 zawiera wartość średnią współczynnika przetwarzania pomniejszoną o wartość $3s$. Sporządzony na podstawie tego arkusza wykres, przedstawiony na rysunku Nr1, ilustruje przebieg wartości K_{sr} , $K_{sr} + 3s$ i $K_{sr} - 3s$ w funkcji strumienia objętości. Przedział pomiędzy $K_{sr} - 3s$ i $K_{sr} + 3s$ odpowiada najczęściej przyjmowanemu poziomowi ufności 0,997 i ilustruje spodziewany rozrzut wskazań.



Rysunek 1

Tym samym błąd pomiaru w funkcji strumienia objętości będzie miał przebieg przedstawiony na rysunku nr 2. Jest to typowy przebieg błędu przepływomierzy elektromagnetycznych deklarowany przez producentów tych urządzeń. Źródło tego błędu i wyjaśnienie jego przebiegu opisane jest w punkcie 3.1.

Wykonane pomiary wykazały, że przebieg charakterystyki przetwarzania ma dosyć dobrą liniowość zgodnie z teoretyczną zależnością określającą wielkość sygnału w zależności od prędkości cieczy. Dalsze poprawienie tej charakterystyki np. za pomocą korekcji charakterystyki byłoby w tym przypadku bardzo trudne i praktycznie bezcelowe przy dostępnym poziomie dokładności wzorców i stabilności układów elektronicznych. Natomiast wykorzystanie możliwości jakie daje korekcja charakterystyki np. przez układ mikroprocesorowy może ułatwić i usprawnić proces kalibracji przepływomierza co potwierdzają badania podzespołów przepływomierza zestawionych w układ pomiarowy wskazujący objętość w dm^3 , opisane w punkcie 5.



Rysunek 2

Osiągnięty poziom powtarzalności pomiarów można uznać (na obecnym etapie) za zadowalający. Po uzyskaniu opisanych wyżej wyników pomiarów podstawowe zagadnienia, które pozostają do rozwiązania dla uzyskania pełnowartościowego urządzenia pomiarowego to zapewnienie możliwości powtarzalnego wykonywania kolejnych egzemplarzy przy możliwie małym nakładzie pracy (uproszczenie procedury strojenia) oraz uzyskanie stabilności termicznej i długoterminowej, parametrów wzmacniacza sygnału pomiarowego i układu przetwarzającego.

3. Zespoły przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego

3.1 Dobór zakresu przetwarzania strumienia objętości, zakresu napięć sygnału i częstotliwości sygnału dla zakresu pomiarowego czujnika DN 32.

Podstawowy zakres przetwarzania dla czujników elektromagnetycznych przyjmowany jest w przedziale 0,5÷10m/s. Dla czujnika DN 32 odpowiada to wartościom strumienia objętości obliczonym wg zależności:

$$q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 60 \cdot V$$

gdzie: D – średnica nominalna czujnika; V - prędkość liniowa cieczy

$$q_{\min} = 0,032^2 \cdot 0,5 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s} \cdot \pi / 4 = 0,02413 \text{ m}^3 / \text{min} \approx 24 \text{ dm}^3 / \text{min}$$

$$q_{\max} = 0,032^2 \cdot 10 \text{ m/s} \cdot 60 \text{ s} \cdot \pi / 4 = 0,4826 \text{ m}^3 / \text{min} \approx 480 \text{ dm}^3 / \text{min}$$

Odpowiadający temu zakresowi przetwarzania sygnał napięcia ustalony wzmocnieniem wzmacniacza wstępnego będzie wynosił $\cong 0,3\div 6V$.

Zakres przetwarzania częstotliwości dla przetwornika napięcie - częstotliwość VFC32 przyjęto wstępnie na $0\div 6kHz$. Ten zakres leży w przedziale, który poleca producent jako najbardziej precyzyjny (stabilny, liniowy). Aby uzyskać wskazanie licznika w jednostkach objętości (dm^3) należy zastosować podział częstotliwości przez odpowiednio dobrany współczynnik podziału. Współczynnik przetwarzania dla wyżej przyjętych założeń będzie wynosił:

$$k = \frac{6kHz \cdot 60s}{480dm^3 / min} = 750imp / dm^3$$

Dla uzyskania odczytu objętości w dm^3 współczynnik podziału powinien wynosić $1/750$. Odpowiednio przy rozdzielczości $0,1dm^3$ współczynnik podziału powinien wynosić $1/75$, dla $0,01dm^3$ powinien wynosić $1/7,5$. Dla średnicy DN 32 w większości zastosowań wystarcza rozdzielczość $0,1dm^3$ lub nawet $1dm^3$. Jednak dla odmierzania małych dawek oraz dla pomiarów laboratoryjnych w obecnie realizowanym etapie uzasadnione jest wykorzystanie rozdzielczości $0,01dm^3$.

Po wstępnym ustawieniu podziału dokładne dostrojenie wskazań będzie następowało przez korygowanie zakresu przetwarzania przetwornika napięcie - częstotliwość. W przypadku sterowania mikroprocesorowego możliwa jest prosta korekcja współczynnika przetwarzania, który może przyjmować dowolne wartości. Jak wyliczono powyżej maksymalna wartość strumienia objętości w zakresie podstawowym wynosi $480 dm^3/min$, a minimalna wartość strumienia objętości wynosi $24 dm^3/min$. Tym samym stosunek granicznych wartości przedziału pomiarowego q_{max}/q_{min} wynosi $1/20$. Poniżej wartości $1/20q_{max}$ (co stanowi $5\% q_{max}$) błąd względny (odniesiony do wartości mierzonej) wyraźnie zwiększa swoją wartość w stosunku do błędu zakresu podstawowego. Wynika to z faktu, iż sygnał użyteczny maleje przy stałej wartości sygnałów zakłócających. Poniżej prędkości liniowej cieczy $0,5m/s$ sygnał zakłócający zaczyna być „ważący” w stosunku do sygnału użytecznego. Przy prędkości cieczy zdążającej do „0” błąd zdąża do „ ∞ ” (sygnał użyteczny dąży do zera przy „niezerowej” wartości sygnałów zakłócających). Dlatego przy pewnej prędkości należy zastosować „odcięcie” (wyłączenie pomiaru, a zwłaszcza zliczania objętości) pomiaru.

3.2 Układ sterowania procesem pomiaru przepływomierza elektromagnetycznego.

Proces pomiaru przepływomierza elektromagnetycznego wymaga sterowania poszczególnymi elementami układu w określonym, powtarzającym się, cyklu następstw. W powstającym modelu przepływomierza, którego pewne elementy zostały przebadane w poprzednim etapie, są to następujące zagadnienia:

- wybór (cykliczna zmiana) kierunku magnesowania (włączenia prądu magnesującego),
- wybór czasu odczytu stanu wzmacniacza pomiarowego,
- wybór (zaadresowanie) właściwego układu próbkująco - pamiętającego (UPP) do zapisu odczytanego w danej fazie pomiaru sygnału.

Podany wyżej wykaz stanowi minimum zagadnień związanych ze sterowaniem cyklem pomiarowym.

Ten stosunkowo prosty i powtarzalny zakres sterowania może być zrealizowany przy pomocy elektronicznych układów logicznych i impulsowych lub przez układ mikroprocesorowy. Wyżej opisane elementy sterowania powtarzają się ze stałą częstotliwością dostosowaną do warunków wymagań określonego pomiaru. W przypadku zmiany warunków pomiaru (przepływy wolnozmiennie, szybkozmiennie, małe dawki) konieczne jest przestawienie częstotliwości powtarzania cyklu pomiarowego (próbkowania). W przypadku układów mikroprocesorowych możliwa jest większa elastyczność zmiany tych parametrów sterowania (w sposób programowy).

W budowanym układzie sterującym (na obecnym etapie bez układu mikroprocesorowego) przyjęto rozwiązanie, w którym czas odczytu sygnału i zapisu w UPP następuje po 90% czasu trwania impulsu magnesującego. Taki moment odczytu jest optymalny ze względu na stopień ustalenia się prądu w obwodzie cewek (prąd w cewkach po załączeniu narasta zgodnie z opisem stanu nieustalonego obwodu RL), a tym samym pola magnetycznego w przestrzeni pomiarowej czujnika. Pozwala to w sposób prosty, przez zmianę częstotliwości „zegara” zmieniać częstotliwość cyklu przy zachowaniu właściwego momentu odczytu i zapamiętania wartości sygnału.

Odrębnym zagadnieniem jest występowanie stanu nieustalonego w momencie włączania i wyłączenia zasilania przepływomierza. Stan ten musi być blokowany przez określony odcinek czasu po włączeniu do chwili ustalenia się warunków zasilania ($2\div 4s$), a po wyłączeniu blokada powinna następować w momencie gdy napięcie zasilające spadnie poniżej wartości zapewniającej poprawną pracę układu pomiarowego.

3.3 Układ sterowania kierunkiem i stabilizacja prądu magnesującego cewek wzbudzających pole magnetyczne w przestrzeni pomiarowej czujnika

Układ sterowania powinien zapewnić cykliczne załączanie prądu magnesującego na przemian w obu kierunkach. Minimalny czas wymuszania prądu w cewkach w jednym kierunku wyznaczony jest parametrami cewek (decyduje wartość stałej czasowej $\tau = L/R$) i charakterem źródła wymuszającego. Czas załączenia prądu magnesującego powinien być dostatecznie długi by nastąpiło ustalenie wartości prądu w cewkach.. Odczyt sygnału pomiarowego powinien następować tuż przed zakończeniem załączenia prądu. Jest to optymalny moment odczytu z punktu widzenia ustalenia się prądu magnesującego, a więc powtarzalności uzyskiwanego sygnału. W zbudowanym układzie moment odczytu sygnału następuje w czasie $0,9t$ (t – czas trwania impulsu). Tak określony moment odczytu jest zachowany niezależnie od zmiany częstotliwości prądu magnesującego. Pozwala to na łatwą zmianę częstotliwości próbkowania

sygnału dla przystosowania przepływomierza dla różnych zastosowań. Ten układ może być zastosowany przy dalszych pracach nad budową przepływomierza w wersji bez układu mikroprocesorowego lub z układem mikroprocesorowym wykorzystanym do przeliczeń arytmetycznych bez lub z ograniczonym zakresem wykorzystania do funkcji zarządzania procesem pomiaru.

Odrębnym zagadnieniem jest zachowanie stałej wartości prądu w stanie ustalonym, która decyduje o wartości sygnału pomiarowego. Podczas wykonywania badań na obecnym etapie zastosowano własne rozwiązanie sterowania prądem magnesowania zbudowane z mostka tranzystorowego zasilanego prądem o wartości ustalonej przez stabilizowane źródło prądowe. Mostek zapewnia przełączanie kierunku prądu magnesującego płynącego przez cewki natomiast stabilizowane źródło prądowe zapewnia stałą wartość prądu w stanie ustalonym. Zmiany wartości prądu cewek magnesujących mają bezpośredni wpływ na wartość napięcia sygnału. A więc jakość stabilizacji prądu w cewkach (w stanie ustalonym) ma wpływ na dokładność przetwarzania sygnału czujnika, a więc na błąd pomiaru. Eliminowanie wpływu zmian sygnału związanych ze zmianą prądu magnesującego można realizować stabilizując wartość prądu magnesującego tak jak to jest zrealizowane w układzie badanym lub przez kompensację zmian w układzie przetwarzającym. Kompensacja praktycznie jest możliwa w przypadku układu przetwarzającego opartej na technice mikroprocesorowej. Odbywa się to na zasadzie przetworzenia sygnału odwzorowującego prąd magnesowania na wartość cyfrową i korygowanie obliczanej wartości strumienia objętości. Należy jednak zauważyć, że zarówno przy stabilizacji prądu jak przy korekcji cyfrowej sygnał zwrotny będzie wytwarzany na rezystorze szeregowym włączonym w szereg w obwód zasilania cewek. Dokładność stabilizacji lub korekcji jest w zasadniczy sposób zależna od stabilności termicznej tego rezystora odniesienia. Główny wpływ na wartość sygnału zwrotnego ma temperatura, w której pracuje rezystor wytwarzający sygnał odniesienia. Bez przeprowadzenia badań klimatycznych nie można przesądzić czy stabilizacja prądu zapewni wymaganą dokładność pomiaru zwłaszcza przy zmianach temperatury otoczenia w szerokim zakresie jak to ma miejsce w przypadku autocystern do skupu mleka. W przypadku niedostatecznej stabilności sygnału należy przeanalizować możliwość korekcji od zmian temperatury otoczenia. Taka korekcja nawet w bardzo uproszczonej formie powinna skutecznie zmniejszyć wpływ zmian temperatury otoczenia na efekt pomiarowy.

3.4 Układ blokady pomiaru dla strumienia objętości poniżej ustalonej progowej wartości minimalnej

Jak to opisano w punkcie 3.1 dla poprawności pomiaru niezbędne jest jego blokowanie przy określonej, możliwie niskiej wartości strumienia objętości. Poziom „odcięcie” powinien uniemożliwić zliczanie objętości przy braku przepływu cieczy spowodowane sygnałem zakłócającym. Układ ten odblokowuje możliwość zliczania objętości wówczas gdy poziom sygnału pomiarowego przekracza założoną minimalną wartość. W obecnym etapie wykorzystano układ progowy (z ustalonym progiem przełączenia), który wytwarza sygnał wykorzystany następnie do sterowania układem iloczynu logicznego.

Na podstawie wykonanych pomiarów i obserwacji przyjęto próg odcięcia na poziomie $1/80q_{\max}$ (1,25% q_{\max}). W przypadku sterowania mikroprocesorowego próg odcięcia może być nastawiany przez użytkownika w zależności od poziomu lokalnych zakłóceń.

4. Budowa elementów przetwornika pomiarowego

Poszczególne elementy i podzespoły przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego zostały zabudowane w typowej obudowie z tworzywa sztucznego firmy „BOPLA”. Zrezygnowano z nabudowywania wzmacniacza wstępnego bezpośrednio na czujnik przepływu. Wzmacniacz ten został wbudowany do wspólnej obudowy mieszczącej cały układ pomiarowy. W czujniku pozostały tylko cewki wzbudzające i elektrody pomiarowe połączone z układem pomiarowym odcinkami przewodów o długości 5mb. Ta zmiana ułatwi powtarzalne wykonywanie przepływomierzy (uzyskanie szczelności konstrukcji czujnika, odporności na temperaturę itp.) Jednocześnie te dodatkowe odcinki przewodu wiodące sygnał o dużej impedancji źródła sygnału mogą być przyczyną zwiększonych zakłóceń.

Dzięki takiemu zintegrowaniu poszczególnych zespołów uzyskano pewne doświadczenia konstrukcyjne, które może być wykorzystane w dalszych pracach.

4.1 Opis wykonanych podzespołów przetwornika pomiarowego

Schemat ideowy układu elektronicznego zestawionego z poszczególnych bloków (podzespołów) przedstawia załączony na końcu niniejszego sprawozdania rysunek. Elementy scalone IC1, IC2, IC3 oraz IC4 stanowią u kład sterowania procesem pomiaru przepływomierza. Układ IC3 stanowi generator pracujący z częstotliwością 250 Hz. Częstotliwość ta jest dzielona przez licznik pierścieniowy IC4. Wyjście licznika Q_1 służy do przelączania kierunku prądu magnesującego za pomocą pośrednictwem układu dwustanowego IC2 i optoizolatora IC7. Wyjście Q_9 licznika pierścieniowego IC4 służy do odczytywania stanu wyjścia sygnałowego wzmacniacza pomiarowego IC 8 i zapisywania na zmianę w układach próbkująco – pamiętających IC9 i IC10. Wybór właściwego układu w którym zapisywany jest w stan wyjścia układu pomiarowego realizowany jest przez układ logiczno - impulsowy (IC1) zbudowany w ten sposób, że wytworzenie impulsu odczytującego jes wynikiem koniunkcji sygnału Q_9 licznika pierścieniowego i sygnałów Q i $-Q$. Opisany tu układ wytwarza sygnał prostokątny o wypełnieniu $1/2$ i częstotliwości 12,5 Hz oraz dwa impulsy krótkie impulsy (ok. 1 us) do synchronizacji zapisu stanów w układach próbkująco – pamiętających. Impulsy synchronizujące następują po upływie 90% czasu trwania impulsu magnesującego dla danego kierunku. Wówczas wartość prądu jest w obwodzie cewek (obwód RL) ustalona jest w wystarczającym stopniu. Sygnał pomiarowy o fazie dodatniej zapisywany jest w układzie próbkująco – pamiętającym IC9, a sygnał pomiarowy o fazie ujemnej zapisywany jest w układzie IC10. Te sygnały są doprowadzone do wejść układu wzmacniacza różnicowego IC14. Taki sposób odczytywania sygnału prócz zalet opisanych w sprawozdaniu z poprzedniego etapu pozwala na dwukrotnie częstszą aktualizację informacji o stanie strumienia objętości.(25Hz) co ma istotne znaczenie dla pomiaru przepływów

zmiennych oraz małych dawek. Sygnał ze wzmacniacza różnicowego doprowadzony jest do wejścia przetwornika napięcie – częstotliwość IC16, który przetwarza napięcie na proporcjonalną do niego częstotliwość. Sygnał ze wzmacniacza różnicowego jest doprowadzony również do komparatora napięcia IC15. Układ ten dla napięć sygnału poniżej progu odcięcia blokuje przez wysterowanie tranzystora T2 pracującego jako klucz, który zwiera sygnał wyjściowy z przetwornika napięcie częstotliwość. Tranzystor ten wysterowany jest również w momencie załączenia i wyłączenia napięcia sygnałem z układu IC18A.

Sygnał prostokątny do sterowania kierunkiem prądu magnesującego z optoizolatora IC 7 przekazywany jest inwertorów IC18A i IC18B. Inwertory te na przemian załączają przez tranzystory T4 i T5 gałęzie mostka tranzystorowego (tranzystory T7 ÷ T10) włączając tym samym odpowiedni kierunek prądu magnesującego w cewkach włączonych pomiędzy gałęziami mostka. Mostek tranzystorowy zasilany jest przez źródło prądowe zbudowane z tranzystora T6 i układu IC6. Sygnał odniesienia do sterowania źródła prądowego pobierany jest z rezystora szeregowego R48. Przy realizacji tego podzespołu występują dwie istotne sprawy, które należy uwzględnić:

- Tranzystor T6 stabilizujący natężenie prądu cewek pracuje w zakresie liniowym i występują na nim duże straty mocy. Aby ograniczyć ich wartość należy napięcie zasilania mostka ustalić z niewielkim zapasem wystarczającym do poprawnej pracy układu.
- Rezystor R48 decyduje o wartości sygnału zwrotnego do stabilizacji prądu cewek, a więc i wartości sygnału pomiarowego. Dlatego powinien to być element stabilny termicznie.

4.2 Specyfikacja obwodów do współpracy z innymi urządzeniami.

Pełna realizacja przepływomierza elektromagnetycznego powinna zawierać obwody do współpracy z innymi urządzeniami. Wśród najbardziej potrzebnych należy rozważyć wyposażenie w następujące obwody:

- Wyjście analogowe prądowe 4÷20mA i/lub 0÷10V. Zakres przetwarzania powinien odpowiadać zakresowi pomiarowemu strumienia objętości przepływomierza.
- Wyjście impulsowe gdzie każdy impuls odpowiada określonej porcji objętości (np. 1 imp = 1 dm³). W przypadku realizacji przepływomierza z układem mikroprocesorowym waga impulsu może być programowo ustawiana.
- Wyjścia sygnałów progowych sygnalizujących przekroczenie określonych wartości strumienia objętości. Realizacja tych wyjść z możliwością łatwej zmiany nastaw możliwa jest w przypadku realizacji przepływomierza z układem mikroprocesorowym.
- Sygnalizacja przepływu wstecznego.
- Wyjście cyfrowe do współpracy z innymi układami cyfrowymi (komputer, drukarka).

4.3 Specyfikacja zadań dla układu mikroprocesorowego przy różnym zakresie jego wykorzystania dla procesu sterowania pracą przepływomierza

1. Sygnał sterujący prądem magnesowania:

Dwa przebiegi prostokątne odwrócone, w stosunku do siebie w fazie.

Częstotliwość i czas trwania impulsów wybierane, podczas ustalania konfiguracji przepływomierza w zależności od zastosowania. .

Częstotliwości: 1,5625Hz, 6,25Hz, 12,5Hz.

Czas trwania impulsu dla 1,5625Hz nastawiany od 0,2s do 1/2T,
dla pozostałych 1/2T.

2. Sygnał odczytu stanu napięcia pomiarowego:

W ciągu jednego cyklu pomiarowego dwa odczyty:

- dla sygnału w fazie dodatniej odczyt przed zakończeniem impulsu magnesowania.
- dla sygnału w fazie ujemnej odczyt przed zakończeniem impulsu magnesowania.

Zakres napięć wejściowych będzie dopasowany do wymagań układów przetwarzających.

Różnica pomiędzy sygnałem dodatnim i sygnałem ujemnym jest miarą prędkości przepływu cieczy w rurociągu. Zależność napięcia od strumienia objętości może być obciążona pewną nieliniowością, która powinna być skorygowana.

Ujemna wartość różnicy świadczy o przepływie wstecznym.

3. Obliczenie i ekspozycja potrzebnych dla użytkownika informacji:

- wartość strumienia objętości
Q - [dm³/min] lub [m³/h] z odpowiednim mnożnikiem np. x0,1.
- Objętość cieczy, która przepłynęła w czasie pomiaru z możliwością kasowania.
V - [dm³] lub [m³] z odpowiednim mnożnikiem x0,1 lub 0,01.
- Obliczenie innych informacji na podstawie ww.
- Dla minimalnego strumienia objętości na poziomie 1÷10% powinna nastąpić blokada (odcięcie) pomiaru (przypisanie wartości „0”)
Próg odcięcia (blokady) wybierany podczas ustalania konfiguracji.

4. Wytworzenie sygnałów:

- Sygnał analogowy proporcjonalny do strumienia objętości.
Program powinien umożliwić ustalenie zakresu przetwarzania
- Sygnał impulsowy, w którym waga jednego impulsu przypisana jest określonej objętości np.
1imp = 1dm³ .
Program powinien umożliwić ustalenie (zmianę) wagi impulsów.

- Sygnały progowe pojawiające się przy ustalonych poziomach Q.
- Sygnał przepływu wstecznego (zmiana znaku różnicy napięć) z ewentualną możliwością przełączenia procedury obliczeń dla kontynuowania pomiaru (z przepływem wstecznym)

5. Komunikacja cyfrowa z otoczeniem zewnętrznym w celu programowania przepływomierza i przekazywania informacji do innych urządzeń.

5. Badania laboratoryjne zespołów pomiarowych przepływomierza

Badania przeprowadzono na stanowisku wagowym Laboratorium PIAP – DPQ. Sprawdzono pracę zespołów pomiarowych w zakresie od 15 dm³/min do 600dm³/min co odpowiada przedziałowi 3,1%q_{max} do 125%q_{max}. Wartość strumienia objętości kontrolowana była za pomocą przepływomierzy turbinowych PT15–100 w zakresie do 60dm³/min i PT50-800 w zakresie 100÷800 dm³/min. Pomiar dla każdej wartości strumienia objętości powtarzany był dziewięciokrotnie aby uzyskać informację na temat rozrzutu wyników pomiarów. Wyniki pomiarów zostały zestawione w tabeli nr 3. Dla najmniejszych wartości strumienia objętości 15dm³/min dawka pomiarowa wynosiła 50dm, a dla 30dm³/min dawka pomiarowa wynosiła 75dm. Dla pozostałych pomiarów dawka pomiarowa (zakładana) miała wartość 200dm³.

Tabela 3

q [dm ³ /min]	Vel [dm ³]	m. [kg]	t [°C]	Vwz [dm ³]	(Vel-Vwz)/Vwz*100%
15	50,71	49,69	20,3	49,60	2,25
15	49,31	48,31	20,6	48,22	2,27
15	50,02	48,92	20,7	48,82	2,45
15	49,67	48,5	20,7	48,40	2,62
15	50,79	49,63	20,7	49,53	2,54
15	50,33	49,24	20,7	49,14	2,42
15	50,06	49,03	20,8	48,93	2,31
15	50,29	49,24	20,8	49,14	2,34
15	50,17	49,2	20,7	49,10	2,17
30	74,95	74,62	20,7	74,47	0,64
30	78,64	78	20,8	77,84	1,02
30	75,05	74,43	20,8	74,28	1,04
30	76,93	76,27	20,8	76,12	1,07
30	75,67	75,03	20,8	74,88	1,06
30	75,27	74,64	20,8	74,49	1,05
30	75,18	74,58	20,9	74,43	1,01
30	83,61	83,2	21,2	83,03	0,70
30	75,36	74,9	21,2	74,74	0,82
60	199,94	199,94	20,8	199,54	0,20
60	200,17	200,2	20,8	199,80	0,19
60	199,8	199,8	20,9	199,40	0,20
60	200,28	200,4	20,8	200,00	0,14
60	200,65	200,8	20,9	200,39	0,13
60	201,24	201,4	20,9	200,99	0,12
60	205,79	206	20,8	205,59	0,10
60	200,13	200,5	20,9	200,09	0,02
60	199,79	200	20,9	199,60	0,10
100	199,14	199,6	20,9	199,20	-0,03
100	200,18	200,6	20,9	200,19	-0,01

100	203,1	203,5	20,9	203,09	0,01
100	201,14	201,5	21,2	201,08	0,03
100	201,42	201,7	21,3	201,27	0,07
100	199,7	200,1	21,2	199,68	0,01
100	200,54	201	21,3	200,58	-0,02
100	201,1	201,6	21,3	201,17	-0,04
100	201,89	202,5	21,3	202,07	-0,09
200	201,44	201,8	21,3	201,37	0,03
200	201,2	201,8	21,4	201,37	-0,08
200	200,98	201,6	21,2	201,18	-0,10
200	201,37	202	21,2	201,58	-0,10
200	199,24	199,8	21,1	199,39	-0,07
200	201,11	201,7	21,2	201,28	-0,08
200	200,14	200,7	21,2	200,28	-0,07
200	200,32	201	21,2	200,58	-0,13
200	200,84	201,5	21,2	201,08	-0,12
300	200,65	201,3	21,2	200,88	-0,11
300	199,62	200,2	21,2	199,78	-0,08
300	202,59	203,3	21,2	202,88	-0,14
300	201,57	202,3	21,3	201,87	-0,15
300	204,16	204,9	21,4	204,46	-0,15
300	207,37	208,1	21,4	207,66	-0,14
300	201,56	202,3	21,3	201,87	-0,16
300	197,66	198,2	21,4	197,78	-0,06
300	201,12	201,8	21,3	201,37	-0,13
400	199,4	200,1	21,4	199,67	-0,14
400	203,68	204,4	21,3	203,97	-0,14
400	204,71	205,6	21,4	205,16	-0,22
400	205,74	206,7	21,3	206,26	-0,25
400	202,07	202,8	21,4	202,37	-0,15
400	201,7	202,6	21,4	202,17	-0,23
400	200,78	201,6	21,4	201,17	-0,19
400	201,22	202	21,4	201,57	-0,17
400	202,83	203,7	21,4	203,27	-0,21
500	206,24	207,3	21,4	206,86	-0,30
500	211,31	212,3	21,4	211,85	-0,25
500	199,39	200,4	21,3	199,98	-0,29
500	201,23	202,3	21,3	201,87	-0,32
500	202,46	203,4	21,3	202,97	-0,25
500	205,01	206	21,4	205,56	-0,27
500	203,43	204,3	21,4	203,86	-0,21
500	212,1	213,1	21,3	212,65	-0,26
500	203,79	204,6	21,3	204,17	-0,19
600	403,84	406,21	21,2	405,36	-0,38
600	198,78	199,9	21,2	199,48	-0,35
600	200,88	202	21,3	201,57	-0,34
600	198,2	199,3	21,2	198,88	-0,34
600	203,68	204,8	21,3	204,37	-0,34
600	209,36	210,4	21,2	209,96	-0,29
600	205,27	206,3	21,2	205,87	-0,29
600	209,53	210,6	21,2	210,16	-0,30
600	247,79	249,1	21,2	248,58	-0,32

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń wykonane zostało obliczenie wartości średniej błędu i estymatora odchylenia standardowego „s” (identycznie jak w punkcie 2). Wartości te podane zostały w tabeli nr 4. Dla określenia prawdopodobnego przedziału błędów określono wyrażenia będące

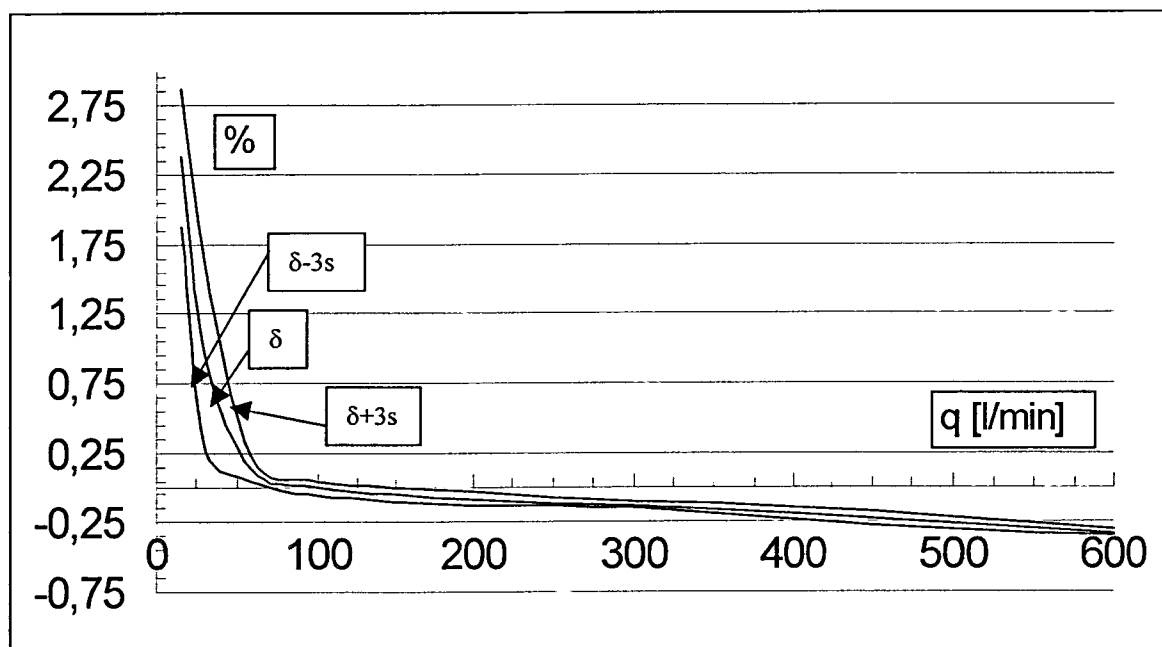
wartością średnią błędów powiększonego i pomniejszonego o wartość $3s$, dla każdej wartości strumienia objętości.

Tabela 4

q [l/min]	15	30	60	100	200	300	400	500	600
δ_1 [%]	2,25	0,64	0,20	-0,03	0,03	-0,11	-0,14	-0,30	-0,38
δ_2 [%]	2,27	1,02	0,19	-0,01	-0,08	-0,08	-0,14	-0,25	-0,35
δ_3 [%]	2,45	1,04	0,20	0,01	-0,10	-0,14	-0,22	-0,29	-0,34
δ_4 [%]	2,62	1,07	0,14	0,03	-0,10	-0,15	-0,25	-0,32	-0,34
δ_5 [%]	2,54	1,06	0,13	0,07	-0,07	-0,15	-0,15	-0,25	-0,34
δ_6 [%]	2,42	1,05	0,12	0,01	-0,08	-0,14	-0,23	-0,27	-0,29
δ_7 [%]	2,31	1,01	0,10	-0,02	-0,07	-0,16	-0,19	-0,21	-0,29
δ_8 [%]	2,34	0,70	0,02	-0,04	-0,13	-0,06	-0,17	-0,26	-0,30
δ_9 [%]	2,17	0,82	0,10	-0,09	-0,12	-0,13	-0,21	-0,19	-0,32
δ_{sr} [%]	2,37	0,93	0,13	-0,01	-0,08	-0,12	-0,19	-0,26	-0,33
s	0,167	0,220	0,028	0,017	0,018	0,009	0,015	0,014	0,007
$\delta+3s$ [%]	2,87	1,59	0,216	0,0427	-0,027	-0,097	-0,146	-0,218	-0,305
$\delta-3s$ [%]	1,87	0,27	0,048	-0,056	-0,134	-0,150	-0,234	-0,302	-0,349

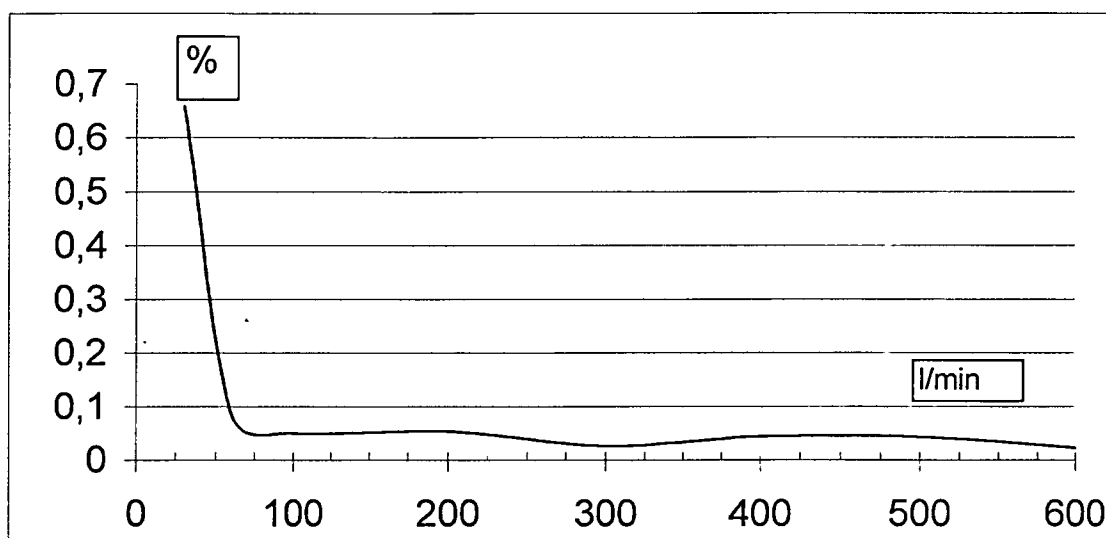
Wykres na rysunku nr 3 przedstawia prawdopodobny przedział błędów wyznaczony na podstawie serii 9 pomiarów dla poszczególnych wartości strumienia objętości. Mimo, że ogólnie wynik badań na tym etapie można uznać za zadowalający wyjaśnienia wymaga przebieg i rozkład błędów w funkcji strumienia objętości.

Uzyskany wykres świadczy o tym, że rozrzut prawdopodobnych błędów mieści się w wąskim przedziale natomiast błąd co do wartości i znaku zmienia się w funkcji zmian strumienia objętości. Taki przebieg nie ma uzasadnienia teoretycznego w zachodzących zjawiskach nie pokrywa się to również z wcześniej wykonanymi pomiarami, podczas realizacji tej pracy.



Rysunek 3

Spowodowane było to przez układ przetwarzający napięcie na częstotliwość, którego dokładne zestrojenie na określoną wartość współczynnika przetwarzania zapewniającą wskazanie w jednostkach objętości okazało się dosyć kłopotliwe. Nieprawidłowości pracy układu przetwarzania można było ocenić dopiero podczas dokładnych pomiarów całej charakterystyki przepływomierza, ponieważ wcześniej nie można było oszacować jaki jest rozrzut błędów. Przy budowie przepływomierza należy to uwzględnić i wprowadzić możliwość łatwego wprowadzania sygnału wzorcowego i pobierania sygnału przetworzonego z układu podczas strojenia (kalibracji).

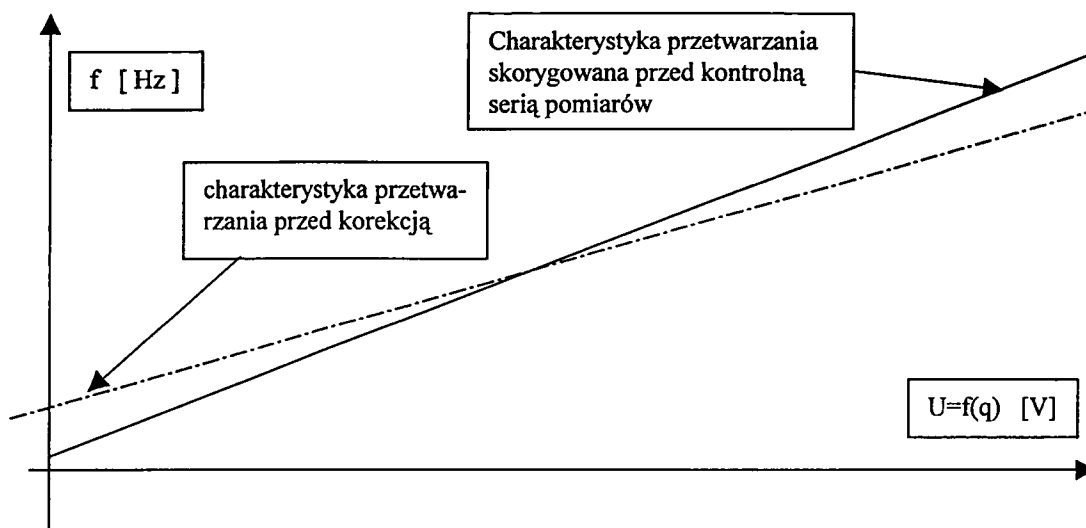


Rysunek 4

Nasuwa się też spostrzeżenie, że budowa przepływomierza elektromagnetycznego bez stosowania układu mikroprocesorowego jest w pełni możliwa ale w przypadku potrzeby uzyskania wysokiej dokładności w szerokim zakresie pomiarowym może wymagać zwiększonych nakładów pracy na czynności związane ze strojeniem (wzorcowaniem przyrządu).

Na podstawie wykonanej serii pomiarów można zauważyć, że przez skorygowanie nastaw układu przetwarzania, błąd badanych zespołów pomiarowych można sprowadzić do poziomu przedstawionego na rysunku nr 4. Korekcja dotyczy nachylenia i przecięcia punktu zerowego charakterystyki przetwornika napięcie częstotliwość. W badanym układzie przy napięciu sterującym zmierzającym do zera przetwornik generował ze zbyt dużą częstotliwością (zanik impulsów następował dopiero przy ujemnych wartościach napięcia sterującego). Stąd powstawał duży błąd dodatni przy małych wartościach strumienia objętości kiedy czas pomiaru jest bardzo duży (czas nalewania dawki 50 dm^3 przy $q=15 \text{ dm}^3/\text{min}$ trwa ponad 3 minuty). Z kolei ten zbyt duży sygnał zerowy był kompensowany, podczas pierwotnej regulacji zmniejszeniem nachylenia charakterystyki przetwarzania co powodowało błąd ujemny przy dużych wartościach strumienia objętości. Aby upewnić się co do prawidłowości tej interpretacji wyników badań przeprowadzono korektę nastaw przetwarzania dla sygnału „0” i F_{max} , zgodnie z ilustracją przedstawioną na rysunku

nr 5 i wykonano serię pomiarów kontrolnych w rozszerzonym zakresie strumienia objętości od $10\text{dm}^3/\text{min}$ do $750\text{dm}^3/\text{min}$.

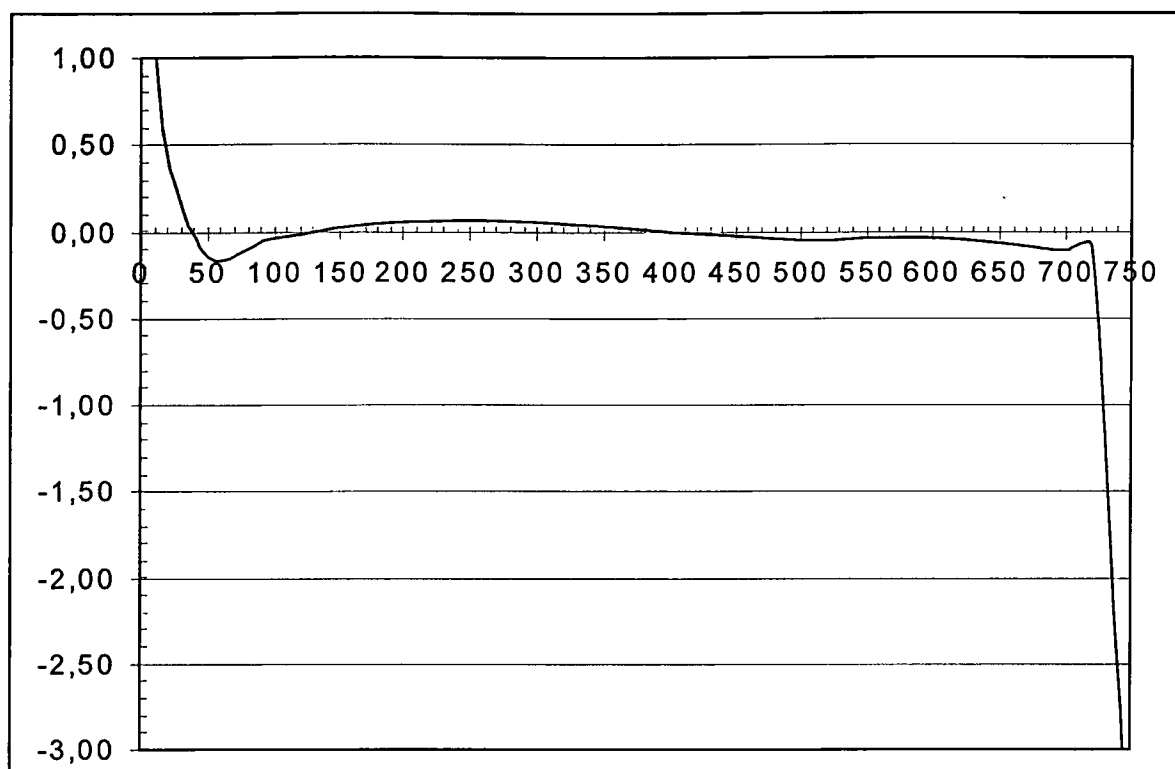


Rysunek 5

Uzyskane wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 5. Rozpiętość błędów w tej serii pomiarów jest zadowalająca (mała) w zakresie pomiarowym przepływomierza. Pomiarów wykonano w rozszerzonym zakresie zaczynając od $10\text{dm}^3/\text{min}$, a więc tuż powyżej progu odcięcia (odcięcie zliczania objętości następuje poniżej $q = 6,25\text{dm}^3/\text{min}$) do $750\text{dm}^3/\text{min}$. Wykres wartości błędu w funkcji strumienia objętości ilustruje rysunek nr 6. W zakresie najniższych wartości strumienia objętości błąd jest na poziomie 1% ale leży one poniżej zakresu pomiarowego (np. $10\text{dm}^3/\text{min}$ stanowi $1,66\%q_{\text{max}}$). W zakresie najwyższych wartości strumienia objętości powyżej $720\text{dm}^3/\text{min}$ następuje gwałtowne zwiększenie błędu pomiaru. Spowodowane jest to przekroczeniem maksymalnych częstotliwości zliczania układu przetwarzającego (układ „zatyka się”). Należy jednak zauważyć, że do $150\% q_{\text{max}}$ układ pracuje poprawnie. Dalsze powiększenie górnej granicy zakresu pomiarowego jest możliwe ale w praktyce nie projektuje się rurociągów z tak wielkimi prędkościami przepływu.

Tabela 5

LP	q [l/min]	Ve	m. [kg]	t [st. C]	Vwz	błąd [%]	Usygn.
1	10	100	99,2	21,2	98,99	1,02	0,12
2	20	99,93	99,7	21,2	99,49	0,44	0,230
3	50	100,24	100,6	21,2	100,39	-0,15	0,595
4	100	207,47	208	21,3	207,56	-0,04	1,25
5	200	204,38	204,7	21,3	204,27	0,05	2,53
6	300	204,86	205,2	21,4	204,76	0,05	3,72
7	400	202,96	203,4	21,3	202,97	-0,01	5,05
8	500	202,46	203	21,4	202,57	-0,05	6,45
9	600	204,88	205,4	21,5	204,96	-0,04	7,6
10	700	206,23	206,9	21,4	206,46	-0,11	8,9
11	720	213,31	213,95	21,5	213,49	-0,08	9,18
12	750	205,21	213,7	21,4	213,24	3,77	



Rysunek 6

Aby się upewnić czy częstotliwość próbkowania 25/12,5Hz jest wystarczająca do pomiaru małych dawek wykonano serię pomiarów porcji ok. 20dm³ przy wartości strumienia objętości 200dm³/min. Należy zauważyć, że pomiar takiej dawki trwa ok. 6s. Takie badanie wykonywane jest podczas legalizacji mlekomierzy w autocysternie. Sprawdzenie wykonano dziesięciokrotnie. Wyniki poszczególnych sprawdzeń zawiera tabela 6.

Tabela 6

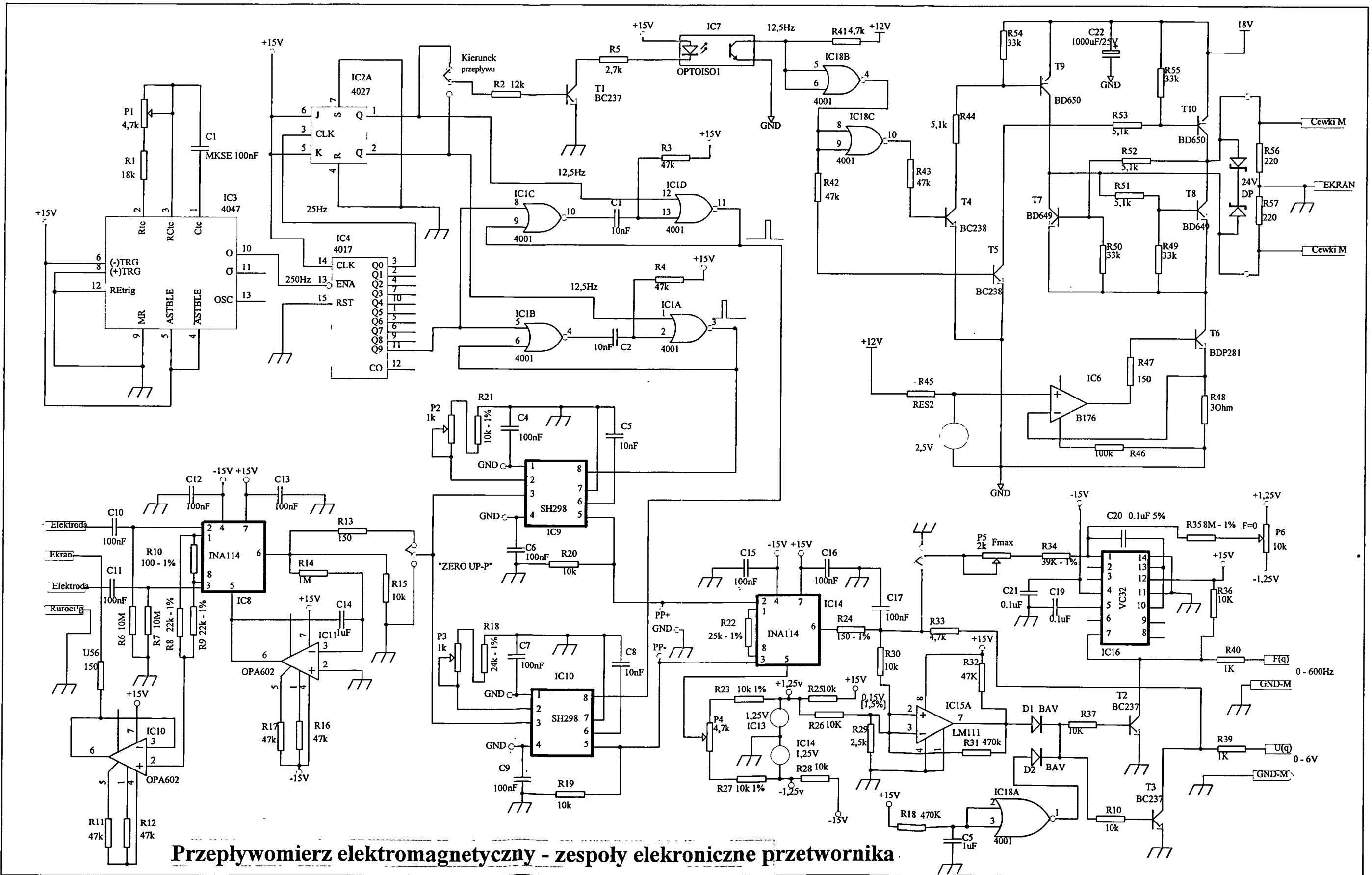
LP	Ve [dm ³]	m. [kg]	T [°C]	Vwz [dm ³]	δ [%]
1	20,50	20,57	21,3	20,53	-0,13
2	24,54	24,57	21,3	24,52	0,09
3	19,58	19,62	21,3	19,58	0,01
4	19,96	20,00	21,3	19,96	0,01
5	22,40	22,45	21,3	22,40	-0,01
6	22,09	22,13	21,3	22,08	0,03
7	20,58	20,64	21,3	20,60	-0,08
8	21,20	21,26	21,3	21,22	-0,07
9	21,90	21,95	21,3	21,90	-0,02
10	21,39	21,44	21,3	21,39	-0,02

Badanie to odbywało się przy wartości strumienia objętości dla której błąd pomiaru był bardzo mały. Jest to w przybliżeniu punkt pracy urządzeń do pobierania mleka. Wielokrotne pomiary tej małej dawki nie charakteryzują się niewielkim rozrzutem. Próba ta dowodzi, że przyjęta częstotliwość pracy i zastosowana zasada próbkowania sygnału (detekcja synchroniczna) nadaje się do ww. celu. Należy przy tym zauważyć, że dalsze zwiększanie częstotliwości jest trudne i związane z koniecznością zwiększenia pobieranej mocy.

5 Wnioski

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych opisane w punktach 2 i 5 potwierdzają poprawność przyjętego kierunku prac. Wykonane dotychczas próby doprowadziły do uzyskania pewnego zakresu wiedzy teoretycznej i praktycznej pozwalającej na podjęcie prac zmierzających do skonstruowania przepływomierza elektromagnetycznego. Jedną ze spraw, na które należy położyć nacisk przy pracach konstrukcyjnych jest uzyskanie dobrej stabilności prądu magnesującego lub skutecznej kompensacji wpływu jego zmian zgodnie z uwagami w punkcie 3.3.

Mimo prostoty zasady działania tego typu przepływomierza opanowanie produkcyjne wszystkich zjawisk, które występują w procesie pomiaru jest trudne. Zespół DPQ obserwował i analizował od lat dostępne rozwiązania producentów przepływomierzy elektromagnetycznych ale praktyczne korzyści, wynikające z tego, sprowadzają się głównie do określenia poziomu jakości jaką powinien się charakteryzować współczesny przyrząd tego typu. Żaden z producentów nie jest zainteresowany publikacją na temat zastosowanych przez siebie rozwiązań. Wynika to stąd, że produkcja tego przepływomierza jest stosunkowo prosta i opłacalna (przynajmniej dotychczas). Główne problemy polegają na wykonaniu niezbędnych badań i opracowaniu własnych rozwiązań co wymaga posiadania określonego zaplecza technicznego i nakładów pracy.



Przepływomierz elektromagnetyczny - zespoły elektroniczne przetwornika