

440

BE10

Zakład Pomiarów Parametrów Przepływu

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

mgr inż. Jan Goska

Wykonawcy:

mgr inż. Marek Maciąg

dr inż. Wiesław Czerwiec

mgr inż. Wojciech Winiarski

Piotr Dopierała

Ryszard Korlak

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

Etap 5 - Opracowanie, budowa i badania laboratoryjne modelu użytkowego przepływomierza elektromagnetycznego

DOKUMENT WZORCOWY

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca: Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

KIEROWNIK ZAKŁADU
Pomiaru Parametrów Przepływu

mgr inż. Wojciech Winiarski

ZASTĘPCA DYREKTORA
d/s Badań Wzro-Rozwojowychdr inż. Jan Jabłkowski
(1)

Pracę zakończono dnia 15. 12. 1998r

Nr arch. 7614

Nr zlecenia S 1695

Analiza deskryptorowa

Przepływomierz elektromagnetyczny – analiza , budowa badania laboratoryjne

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera opis budowy i badania laboratoryjne modelu użytkowego przepływomierza elektromagnetycznego z czujnikami o średnicy nominalnej DN32 z wykładziną z teflonu i z gumy.

Tytuły poprzednich sprawozdań

1. Badania modelowe układu wzbudzenia
2. Opracowanie, wykonanie i badania laboratoryjne modelu elektromagnetycznego czujnika przepływu wraz z układem wejściowym
3. Badanie wpływu czynników zakłócających pracę elektromagnetycznego czujnika przepływu i sprawdzenie możliwości ich eliminacji lub kompensacji.
4. Analiza budowa i badania laboratoryjne zespołów przetwornika pomiarowego przepływomierza elektromagnetycznego

Rozdzielnik

Egz. 1 . OIN.

Egz. 2 . DPQ

Egz. 3 DPQ.

1. Wstęp

1.1 Podstawa wykonania pracy

Niniejsza praca wykonywana jest w ramach 5 etapu o nazwie „Opracowanie, budowa i badania laboratoryjne modelu użytkowego przepływomierza elektromagnetycznego”. Jest to kolejny etap zlecenia S1695 – o nazwie „Opracowanie i badania laboratoryjne układu wzbudzenia pola magnetycznego i sygnału pomiarowego elektromagnetycznego czujnika przepływu”.

1.2 Przedmiot pracy

W ramach bieżącego etapu wykonano model użytkowy kompletnego przepływomierza elektromagnetycznego. Podczas podsumowywania wyników badań etapu Nr 4 stwierdzono, że przy uzyskiwanych na stanowiskach PIAP DPQ dokładnościach pomiaru nie obserwuje się nieliniowości przetwarzania sygnału czujnika. Wcześniejsze wnioski (etap 2 i 3) wskazujące na konieczność linearyzacji nie potwierdziły się. Analiza zjawisk i usprawnienie układu pomiarowego wykazały, że obserwowana wcześniej nieliniowość wynikała z jednoczesnego oddziaływania kilku czynników zakłócających częściowo opisanych w etapie 3. Dlatego przy budowie tego modelu zrezygnowano z próby opracowania systemu mikroprocesorowego, którego podstawowym zadaniem byłaby linearyzacja charakterystyki przetwarzania. Pozostałe funkcje, które obecnie miałyby realizować ten system to okresowe pobudzanie poszczególnych zespołów przepływomierza, sterowanie polem wzbudzającym, synchroniczny odczyt sygnału pomiarowego zrealizowano przy pomocy układów logicznych i impulsowych.

Taka decyzja jest umotywowana następującymi względami:

- Układ mikroprocesorowy docelowo powinien przejąć wiele funkcji związanych z wzorcowaniem przyrządu i ustawianiem wagi sygnałów wyjściowych. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń trudno jest sformułować pełny wykaz zadań oraz zakresy przewidywanych nastaw.
- Wnioski, które są wynikiem prac poprzedniego etapu wymagały potwierdzenia, dlatego w ramach obecnego etapu wykonano i przebadano dwa czujniki: jeden z wykładziną z teflonu, a drugi z wykładziną z gumy.
- Wykonanie i próba współpracy dwóch czujników (identyczna średnica nominalna, podobne obwody magnetyczne – kształt liczba zwojów) z tym samym układem elektronicznym pozwoliła wstępnie ocenić zakres rozrzutu wskazań dla różnych egzemplarzy czujnika i wynikający stąd konieczny zakres przestrajania miernika dla procesu wzorcowania.

Zrealizowany zakres prac obejmuje:

1. Budowa modelu miernika przepływomierza elektromagnetycznego, który realizuje podstawowe funkcje pomiarowe:

- pomiar strumienia objętości
- pomiar objętości
- sygnał analogowy proporcjonalny 4÷20mA.
- sygnalizacja wartości strumienia objętości poniżej zakresu pomiarowego z jednoczesnym odcięciem pomiaru strumienia objętości i zliczania objętości dla wartości strumienia objętości poniżej poziomu 1,5%.

2. Budowa modeli dwóch czujników przepływomierza elektromagnetycznego:

- Czujnik z wykładziną z teflonu.
- Czujnik z wykładziną z gumy

3. Badania laboratoryjne

- Ww. miernik był badany przy współpracy z oboma rodzajami czujników (z wykładziną z teflonu i z gumy)
- Sprawdzono problemy związane z zamianą poszczególnych egzemplarzy czujnika przy współpracy z miernikiem. Sprawdzono błąd po zamianie czujników bez korekcji, a także konieczny zakres korekcji.
- Sprawdzono, wstępnie błąd pomiaru przy pomiarze małych dawek (pod kątem zastosowań do mlekomierza)

2. Budowa modelu użytkowego przepływomierza elektromagnetycznego.

Model przepływomierza zbudowany jest w obudowie z tworzywa sztucznego „Euromas” produkcji firmy BOPLA, identycznej jak mlekomierz turbinowy. Do obudowy przymocowana jest za pomocą szczelnych przepustów skrzynka z zaciskami do połączenia przewodów zewnętrznych. Widok miernika przedstawia rysunek Nr 1 załącznika do sprawozdania. Dwa czujniki mają identyczną konstrukcję, a różnią się jedynie rodzajem wykładziny dielektrycznej wewnątrz czujnika. Jeden czujnik ma wykładzinę z teflonu, a drugi z gumy.

2.1 Konstrukcja czujnika przepływomierza elektromagnetycznego

Rysunki konstrukcyjne modelu użytkowego czujnika przepływomierza elektromagnetycznego przedstawiono w załączniku. Widok czujnika przedstawia rys Nr 2 załącznika. Kolejne rysunki przedstawiają sposób wykonania istotnych z punktu widzenia działania czujnika detali.

Przy budowie czujnika w pełni wykorzystano doświadczenia i wnioski z poprzednich etapów pracy. Wykonane czujniki (korpusy) mają przyłącza mleczarskie,³⁾ które są oszczędne pod względem zużycia materiału i łatwe do przyłączenia i odłączenia podczas prowadzenia badań. Do wytwarzania pola zastosowano płaskie nabiegunki wykonane z „armco” z uzwojeniami w postaci dwóch prostych szpul. Dla lepszej koncentracji pola magnetycznego w przestrzeni pomiarowej czujnika zastosowano magnetyki łączące zewnętrzne powierzchnie rdzeni elektromagnesów (zewnętrzne bieguny). Cewki magnesujące i wyprowadzenia elektrod osłonięte są szczelnie aluminiowym cylindrem z dwoma pokrywami w postaci pierścieni, które jednocześnie służą do mocowania osłony na korpusie czujnika. Przewody czujnika wyprowadzone są przez szczelne przepusty metalowe.

*robienie
złoty
dla
zabójczy
w celu*

2.2 Konstrukcja układu elektronicznego przepływomierza elektromagnetycznego

Układ elektroniczny przepływomierza zbudowany jest w formie płyty, na której zlokalizowane są układy pomiarowe i układy wytwarzające sygnały zegarowe służące do sterowania prądem magnesowania i synchronicznego odczytu sygnału z elektrod pomiarowych czujnika. Na płycie tej umocowane są trzy wydzielone bloki:

- Zasilacz sieciowy (handlowy).
- Układ do pobudzania cewek magnesujących – stabilizator i przełącznik kierunku prądu, sterowany impulsami zegarowymi.
- Układ sygnałów analogowych.

Rysunki przedstawiające budowę układu elektronicznego przepływomierza elektromagnetycznego przedstawione są w załączniku (rys.6÷14)

2.2.1 Opis układu elektronicznego

Rys. 7 załącznika przedstawia schemat blokowy ilustrujący połączenie pomiędzy poszczególnymi płytkami miernika przepływomierza oraz połączenie do czujnika. Rys. 8 załącznika przedstawia schemat układu zegara taktującego i obwodów wejściowych. Sygnały taktujące wytwarzane są przez układy IC9, IC10 i IC11. Układ IC11 sterowany z wyjścia Q1 układu IC10 wytwarza sygnał do sterowania kierunkiem prądu magnesującego cewek, który wysterowuje tranzystor T1. Przez zmianę fazy sygnału (Q, \bar{Q}) zwróć ZW2 następuje zmiana faz pracy cewek magnesujących (pozwala na pomiar przepływu medium w kierunku wstecznym). Układ IC13 wytwarza sygnały synchronizujące do układów próbkująco – pamiętających. Sygnały te są wyzwalone przednim zboczem sygnału Q10 układu IC10. Dzięki temu odczyt sygnału pomiarowego następuje tuż przed kolejną zmianą kierunku magnesowania, a więc wtedy gdy sygnał pomiarowy jest najbardziej zbliżony do stanu ustalonego dla danej

częstotliwości próbkowania. Pozwala to maksymalnie wykorzystać częstotliwość próbkowania co jest istotne zwłaszcza przy pomiarze przepływu o dużej dynamice zmian i pomiarze małych dawek.

Sygnal z elektrod pomiarowych doprowadzony jest do wejścia wzmacniacza pomiarowego IC1. Wzmacniacz ten ma wzmocnienie ok. 320x ustawione wartością rezystora $R5 = 150\Omega$. Sygnal wyjściowy doprowadzony jest do wzmacniacza całkującego IC3, który z kolei sygnal wyjściowy ma doprowadzony do wejścia odniesienia ref. układu IC1. Jest to układ „automatycznego zerowania” wzmacniacza wejściowego. Ma to na celu sprowadzić wartość średnią sygnału pomiarowego (składową stałą) do wartości „0”. Bardzo duża wartość stałej całkowania układu całkującego zapewnia to, że układ ten nie wpływa praktycznie na przebieg sygnału pomiarowego w zakresie przewidywanych częstotliwości próbkowania.

Sygnal z wyjścia układu pomiarowego doprowadzony jest do wejść dwóch układów próbkująco – pamiętających IC4 i IC5 jednocześnie. Rejestracja próbki napięcia następuje w tym momencie kiedy na wejściu (8) układu IC4 lub IC 5 pojawi się stan wysoki. Fazy sygnałów odczytujących są tak ustalone, że w jednym układzie próbkująco – pamiętającym jest rejestrowany sygnał dodatni, a w drugim ujemny. Wartości tych sygnałów są zapamiętywane do czasu kolejnego odczytu. Doprowadzone są one do wejścia wzmacniacza pomiarowego sumującego IC6 (sygnal + do wejścia + sygnal – do wejścia -). Wzmacniacz ten sumuje wartości sygnałów i wzmacnia dwukrotnie. Na wejście ref. tego wzmacniacza doprowadzone jest regulowane potencjometrem P5 napięcie odniesienia, które służy do wyzerowania sygnału wzmacniacza dla przepływu = „0”. Na wyjściu wzmacniacza IC 6 uzyskuje się napięcie proporcjonalne do prędkości przemieszczania się cieczy w czujniku. Jest ono aktualizowane z częstotliwością próbkowania. Z tym, że korekcja sygnału jednej fazy następuje co 1/2okresu a więc z częstotliwością dwukrotnie wyższą. Podstawowa częstotliwość próbkowania w budowanym modelu wynosi 12,5Hz, a korekcja wartości jednej fazy napięcia odbywa się z częstotliwością 25Hz. Wynikowe napięcie sygnału doprowadzone jest do wejścia + układu komparatora IC12. Na drugim wejściu komparatora jest ustalone napięcie odniesienia odpowiadające minimalnej wartości strumienia objętości, W modelu przyjęto napięcie docinające na poziomie 1,5% odpowiadające wartości Q_{max} (7,5dm³/min). Strumień objętości poniżej tej wartości może być obarczony dużym błędem (zwłaszcza „pływanie 0,, przy braku przepływu) i kwalifikowany jest przez miernik jako wartość „0”

Sygnal analogowy z wyjścia wzmacniacza IC6 jest przetwarzany przez układ przedstawiony na rysunku 9 (załącznika) na wartość objętości cieczy. Odbywa się to przez przetworzenie napięcia na proporcjonalną do niego częstotliwość w układzie IC5, a następnie zliczenie liczby impulsów w liczniku z odpowiednim współczynnikiem korekcyjnym który realizowany jest przez układ programowalnego dzielnika impulsów IC14 i IC17. Układy z rysunków 8 i 9 zlokalizowane są na jednej płycie, której widok przedstawia rys.10.

Równolegle sygnal analogowy z wyjścia wzmacniacza IC6 doprowadzone są układu wyjść analogowych rys.11. Układ ten przetwarza napięcie dla wysterowania woltomierza cyfrowego i wytwarza

sygnał prądowy $4\div 20\text{mA}$. Układ wyjść analogowych zbudowany jest na oddzielnej płytce, której widok przedstawia rys.12.

Układ stabilizacji prądu magnesującego i przełączania kierunku synchronicznie z sygnałem zegara taktującego przedstawia rys.13. Układ ten jest zbudowany na oddzielnej płytce, której widok przedstawia rys.14.

3. Badania laboratoryjne właściwości metrologicznych

Pomiary wykonano na stanowisku z wzorcem masowym, w laboratorium wodnym PIAP. Pomiary wykonywano metodą „start – stop”, tzn. przez otwarcie zaworu na początku pomiaru i zamknięcie na zakończenie pomiaru po uprzednim ustawieniu potrzebnej wartości strumienia objętości. Objętość cieczy, która znalazła się w zbiorniku umieszczonym na wadze była porównywana z objętością cieczy, która przepłynęła przez czujnik. Objętość wzorcową wody określano na podstawie zmierzonej masy z uwzględnieniem masy właściwej dla temperatury wody, przy której odbywał się pomiar. Pomiary wykonane zostały dla 10 wartości strumienia objętości od $q = 15\text{dm}^3/\text{min}$ do $q = 700\text{dm}^3/\text{min}$ dla czujnika z wykładziną z teflonu a następnie dla czujnika z wykładziną z gumy w zakresie pomiarowym. Zrezygnowano z dużej liczby pomiarów niezbędnych do opracowania statystycznego ponieważ uzyskiwane wyniki potwierdziły wnioski z poprzedniego etapu (gdzie wykonywano po 9 pomiarów przy każdej wartości strumienia objętości). Natomiast zaistniała potrzeba wykonania wielu bardzo różnorodnych pomiarów porównawczych. Wśród nich wykonano dwie serie pojedynczych pomiarów z czujnikiem z wykładziną gumową przy zestrojeniu dla czujnika z wykładziną z teflonu i odwrotnie. Pomiary te wykonywano w zakresie podstawowym strumienia objętości po to aby ocenić zakres przestrojenia miernika niezbędny przy kompletowaniu czujników z miernikami. W dalszej kolejności wykonana została seria pomiarów (po sześć pomiarów) dla różnych wartości strumienia objętości przy odmierzaniu małych objętości ($10\div 25\text{dm}^3$).

Ponieważ w czasie wykonywania ww. pomiarów zaobserwowano wpływ nagrzewania się miernika przepływomierza na wyniki pomiarów wykonano dodatkową serię pomiarów po nagraniu wnętrza miernika do 55°C . pozostałe pomiary wykonywane były przy temperaturze wnętrza miernika 27°C .

3.1 Sprawdzenie współpracy przepływomierza z czujnikiem z wykładziną z teflonu

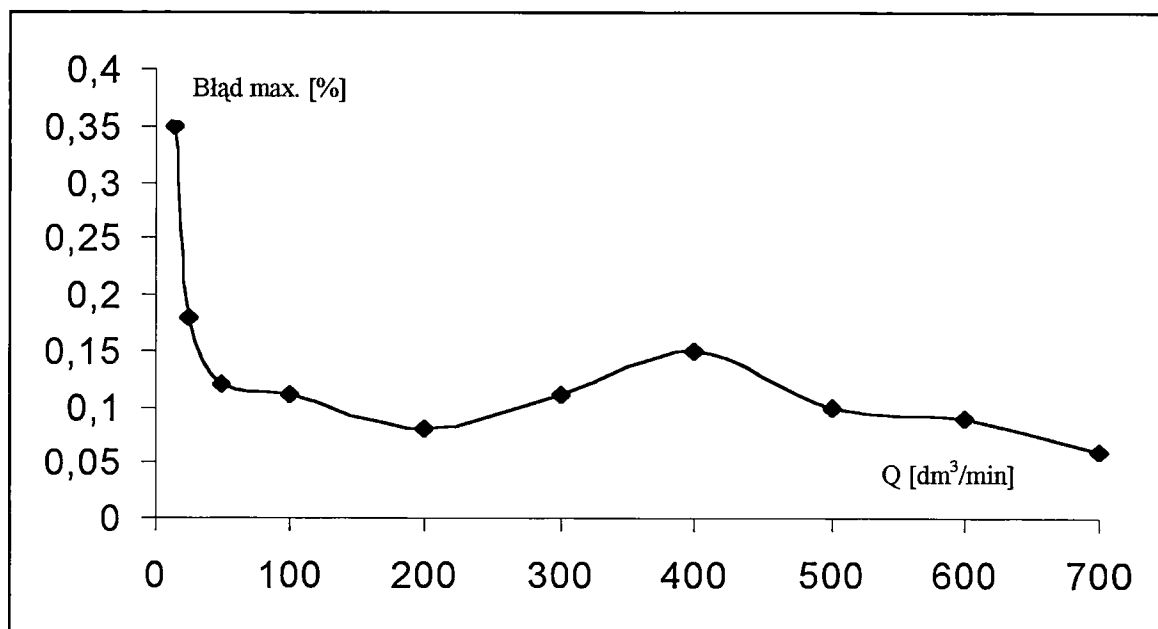
Po zestrojeniu miernika z czujnikiem z wykładziną z teflonu wykonano serię pomiarów. Badania przeprowadzono na stanowisku wagowym Laboratorium PIAP – DPQ. Sprawdzone błąd pomiaru w zakresie od $15\text{dm}^3/\text{min}$ do $700\text{dm}^3/\text{min}$ co odpowiada przedziałowi $3\%q_{\text{max}}$ do $140\%q_{\text{max}}$. Wartość strumienia objętości kontrolowana była za pomocą przepływomierzy turbinowych PT15–100

w zakresie do 60dm³/min i PT50-800 w zakresie 100÷700 dm³/min. Pomiar dla każdej wartości strumienia objętości powtarzany był trzykrotnie. Wyniki pomiarów zostały zestawione w tabeli nr 1. Dla najmniejszych wartości strumienia objętości 10 dm³/min i 25dm³/min dawka pomiarowa wynosiła 50dm³, a dla pozostałych pomiarów dawka pomiarowa nominalna miała wartość 200dm³.

Tabela 1

q [dm ³ /min]	Vel [dm ³]	m. [kg]	t [° C]	Vwz [dm ³]	(Vel-Vwz)/Vwz *100%	max. błąd (z 3 pom.)
15	50,12	49,90	17	49,96	0,32	0,35
15	51,01	50,79	17	50,85	0,31	
15	51,43	51,19	17	51,25	0,35	
25	50,37	50,29	17	50,35	0,04	0,18
25	49,90	49,75	17	49,81	0,18	
25	50,30	50,26	17	50,32	-0,04	
50	200,60	200,52	17	200,77	-0,08	0,12
50	202,58	202,57	17	202,82	-0,12	
50	200,64	200,58	17	200,83	-0,09	
100	200,68	200,54	17	200,79	-0,05	0,11
100	203,87	203,4	17	203,65	0,11	
100	191,72	191,58	17	191,82	-0,05	
200	202,17	201,76	17	202,01	0,08	0,08
200	242,71	242,30	17	242,60	0,05	
200	201,23	200,82	17	201,07	0,08	
300	200,98	200,51	17	200,76	0,11	0,11
300	198,02	197,65	17	197,89	0,06	
300	203,55	203,11	17	203,36	0,09	
400	203,57	203,02	17	203,27	0,15	0,15
400	198,53	198,10	17	198,34	0,09	
400	204,13	203,66	17	203,91	0,11	
500	198,02	197,58	17	197,82	0,10	0,10
500	203,34	202,91	17	203,16	0,09	
500	207,81	207,50	17	207,75	0,03	
600	204,06	203,65	17	203,90	0,08	0,09
600	218,35	217,88	17	218,15	0,09	
600	204,73	204,30	17	204,55	0,09	
700	209,37	209,10	17	209,36	0,01	0,06
700	200,19	199,96	17	200,21	-0,01	
700	220,87	220,46	17	220,73	0,06	

Wykres błędu maksymalnego w funkcji strumienia objętości przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1

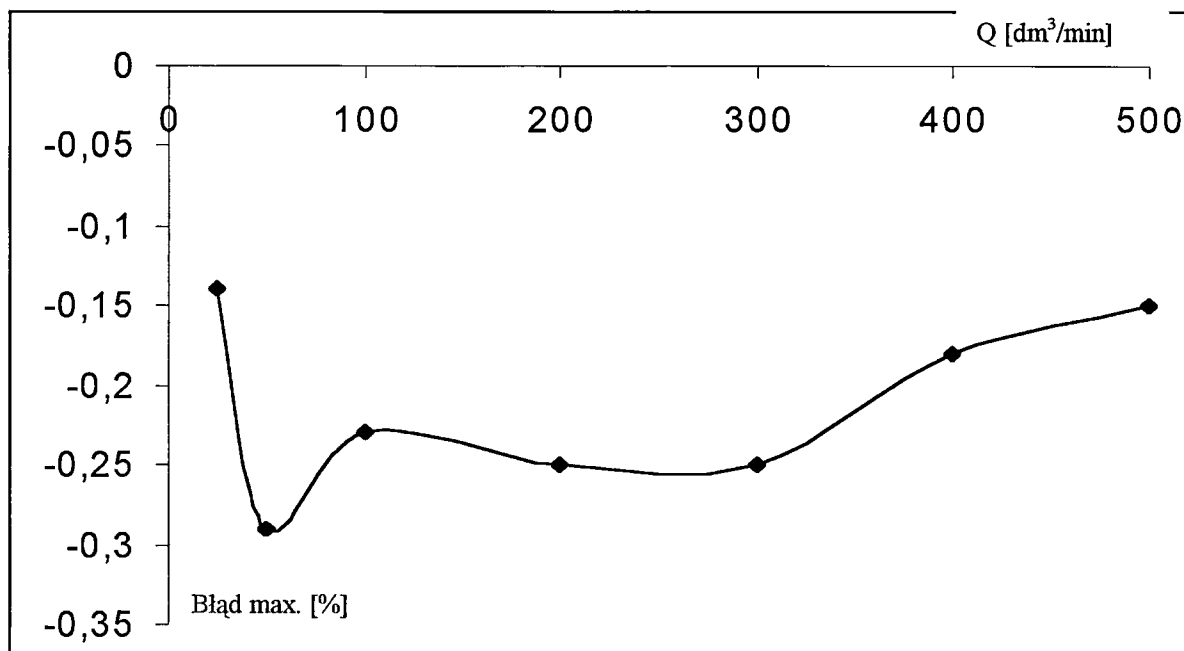
3.2 Sprawdzenie współpracy przepływomierza z czujnikiem z wykładziną z gumy

Po zestrojeniu miernika z czujnikiem z wykładziną z gumy wykonano serię pomiarów w zakresie zmian strumienia objętości $25\text{dm}^3/\text{min} \div 500\text{dm}^3/\text{min}$ (zakres użytkowy). Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli Nr 2. Rysunek 2 przedstawia błąd maksymalny w funkcji strumienia objętości.

Tabela 2

q [dm³/min]	Vel [dm³]	m. [kg]	t [°C]	Vwz [dm³]	(Vel-Vwz)/Vwz *100%	max. błąd (z 3 pom.)
25	50,02	50,00	17	50,06	-0,08	-0,14
25	50,50	50,44	17	50,50	0,00	
25	51,75	51,76	17	51,82	-0,14	
50	201,50	201,60	17	201,85	-0,17	-0,29
50	199,62	199,9	17	200,15	-0,26	
50	202,26	202,60	17	202,85	-0,29	
100	201,61	201,82	17	202,07	-0,23	-0,23
100	204,34	204,62	17	204,87	-0,26	
100	206,83	207,01	17	207,26	-0,21	
200	203,56	203,83	17	204,08	-0,25	-0,25
200	202,97	203,17	17	203,42	-0,22	
200	203,49	203,62	17	203,87	-0,19	
300	202,72	202,98	17	203,23	-0,25	-0,25

300	203,35	203,56	17	203,81	-0,23	
300	205,27	205,54	17	205,79	-0,25	
400	200,60	200,78	17	201,03	-0,21	-0,18
400	190,02	190,07	17	190,30	-0,15	
400	204,00	204,11	17	204,36	-0,18	
500	206,87	206,92	17	207,17	-0,15	-0,15
500	205,65	205,68	17	205,93	-0,14	
500	207,75	207,66	17	207,91	-0,08	



Rysunek 2

3.3 Sprawdzenie pracy przepływomierza po zamianie czujników bez wzorcowania

Po wykonaniu pomiarów z czujnikiem z wykładziną z teflonu dołączono czujnik z wykładziną z gumy, bez korekcji miernika. Wykonano serię pomiarów w zakresie podstawowym strumienia objętości aby ocenić potrzebny zakres przestrajania przy kompletowaniu mierników i czujników. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli Nr 3.

Tabela 3

q [dm ³ /min]	Vel [dm ³]	m. [kg]	t [°C]	Vwz [dm ³]	(Vel-Vwz)/Vwz *100%
50	100,89	103,43	17	103,557	-2,57536
100	101,45	104,05	17	104,1777	-2,61834
200	104,15	106,80	17	106,9311	-2,60083
300	116,80	119,65	17	119,7969	-2,50163
400	115,93	118,77	17	118,9158	-2,51084
500	144,21	147,69	17	147,8713	-2,476

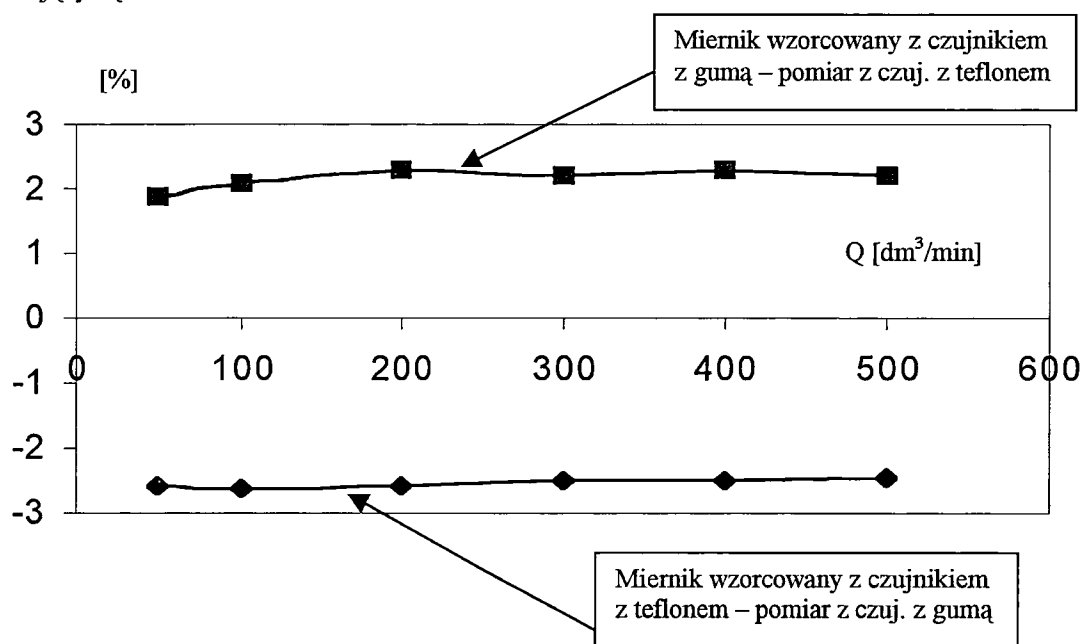
Po tej próbie nastawy miernika zostały skorygowane i wykonano pomiary zestawione w tabeli 2. Z kolei po zakończeniu pomiarów z czujnikiem z wykładzina gumową ponownie dołączony został czujnik z wykładziną teflonową, bez korekcji miernika. wyniki tych pomiarów zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4

q [dm ³ /min]	Vel [dm ³]	m. [kg]	t [°C]	Vwz [dm ³]	(Vel-Vwz)/Vwz *100%
50	100,02	98,04	17	98,16034	1,894508
100	101,12	98,95	17	99,07146	2,067738
200	146,74	143,29	17	143,4659	2,282153
300	105,23	102,81	17	102,9362	2,228371
400	111,91	109,26	17	109,3941	2,299834
500	106,94	104,50	17	104,6283	2,209466

Jak wynika z wykonanych pomiarów błąd ma przeciwną wartość a różnice co do wartości bezwzględnej odpowiadają różnicy błędów nastaw dla obu rodzajów czujników (tabela Nr1 i 2). sytuację tą ilustruje wykres na rysunku 3.

Przeprowadzone próby wykazały, że przy kompletowaniu mierników i czujników (wzorcowaniu) wystarczający będzie zakres zmian nastaw $\pm 5\%$.



Rysunek 3

M

3.4 Sprawdzenie pracy przepływomierza przy pomiarze małych dawek

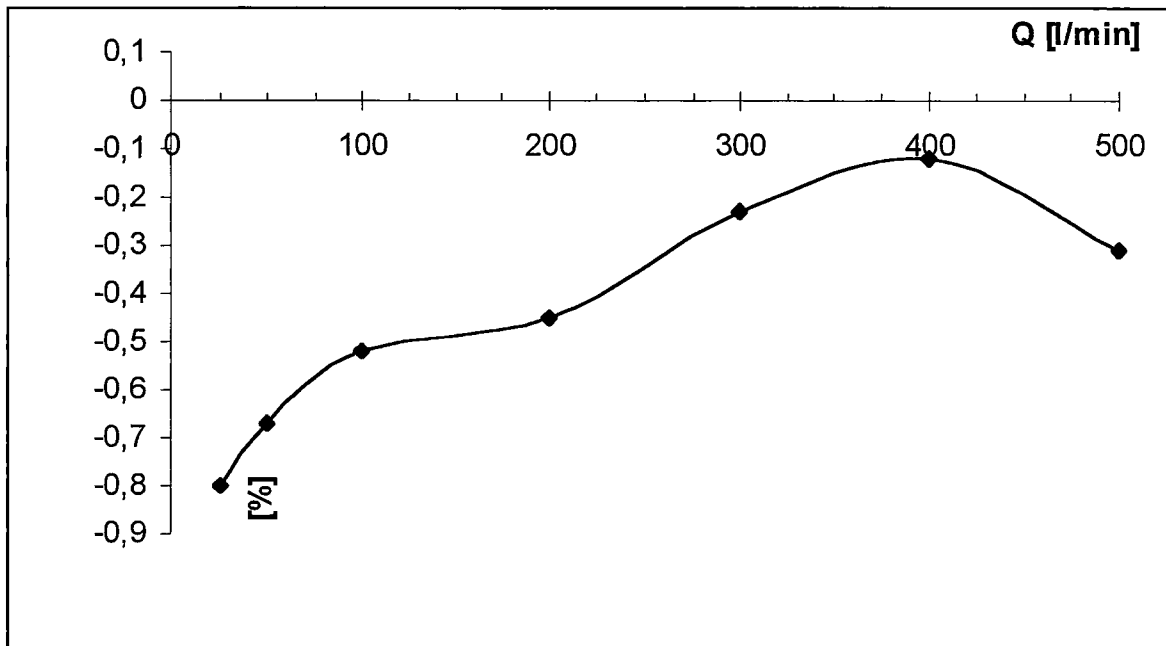
Problem pomiaru małych dawek jest związany z możliwością wykorzystania układu przepływomierza jako licznika objętości wg przepisów OIML. Pomiary wykonywano w zakresie strumienia objętości $25\text{dm}^3/\text{min} \div 500\text{dm}^3/\text{min}$. Dla każdej wartości strumienia objętości pomiary wykonano sześciokrotnie. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli Nr5. Dla porównania wykonano kontrolny pomiar, przy strumieniu objętości $300\text{dm}^3/\text{min}$ dawki $202,56\text{dm}^3$ masa wzorcowa wynosiła $202,47\text{kg}$ co odpowiada objętości $202,71$. Błąd pomiaru wynosi w tym przypadku $-0,1\%$. W tabeli 5 podano dla porównania największą wartość błędu z sześciu pomiarów dla każdej wartości strumienia objętości.

Tabela 5

q [dm^3/min]	Vel [dm^3]	m. [kg]	t [$^{\circ}\text{C}$]	Vwz [dm^3]	(Vel-Vwz)/Vwz *100%	max. błąd (z 6 pom.)
25	10,14	10,16	17	10,17	-0,32	-0,8
25	10,41	10,46	17	10,47	-0,60	
25	9,71	9,74	17	9,75	-0,43	
25	10,22	10,29	17	10,30	-0,80	
25	10,42	10,29	17	10,49	-0,69	
25	9,77	9,82	17	9,83	-0,63	
50	10,76	10,79	17	10,80	-0,40	-0,67
50	10,84	10,90	17	10,91	-0,67	
50	13,30	13,35	17	13,37	-0,50	
50	10,57	10,61	17	10,62	-0,50	
50	10,59	10,64	17	10,65	-0,59	
50	10,36	10,38	17	10,39	-0,32	
100	15,02	15,08	17	15,10	-0,52	-0,52
100	15,71	15,76	17	15,78	-0,44	
100	15,11	15,14	17	15,16	-0,32	
100	14,21	14,28	17	14,30	-0,61	
100	14,99	15,02	17	15,04	-0,32	
100	15,72	15,74	17	15,76	-0,25	
200	17,01	17,02	17	17,04	-0,18	-0,45
200	18,21	18,24	17	18,26	-0,29	
200	17,88	17,90	17	17,92	-0,23	
200	14,55	14,48	17	14,50	0,36	
200	18,16	18,22	17	18,24	-0,45	
200	17,04	17,08	17	17,10	-0,36	
300	19,23	19,25	17	19,27	-0,23	-0,23
300	25,32	25,32	17	25,35	-0,12	
300	19,65	19,65	17	19,67	-0,12	
300	33,42	33,43	17	33,47	-0,15	
300	21,66	21,63	17	21,66	0,02	
300	22,01	22,03	17	22,06	-0,21	
400	26,33	26,30	17	26,33	-0,01	-0,12
400	21,19	21,19	17	21,22	-0,12	
400	21,42	21,41	17	21,44	-0,08	
400	20,74	20,73	17	20,76	-0,07	
400	20,64	20,66	17	20,69	-0,22	
400	22,80	22,81	17	22,84	-0,17	
500	22,82	22,80	17	22,83	-0,03	-0,31

500	26,17	26,13	17	26,16	0,03
500	23,14	23,10	17	23,13	0,05
500	21,65	21,69	17	21,72	-0,31
500	22,13	22,11	17	22,14	-0,03
500	21,10	20,09	17	20,11	-0,07

Wykres błędu maksymalnego z serii sześciu pomiarów dla poszczególnych wartości strumienia objętości przedstawia rysunek 4.



Rysunek 4

3.5 Wstępne sprawdzenie wpływu nagrzewania się miernika przepływomierza na wyniki pomiarów

Ponieważ w czasie wykonywania pomiarów zaobserwowano wpływ nagrzewania się miernika przepływomierza na wyniki pomiarów to przeprowadzono próbę, która pozwala wstępnie ocenić wpływ nagrzewania się miernika na wyniki pomiarów. Próba ta została przeprowadzona przy współpracy z czujnikiem z wykładziną z teflonu. Po serii pomiarów zestawionych w tabeli nr 1 doprowadzono do nagrzania wnętrza miernika do 55°C i wykonano pomiary kontrolne. Podczas wykonywania pozostałych pomiarów temperatura wynosiła 27°C. Wyniki zestawiono w tabeli Nr 6.

Tabela 6

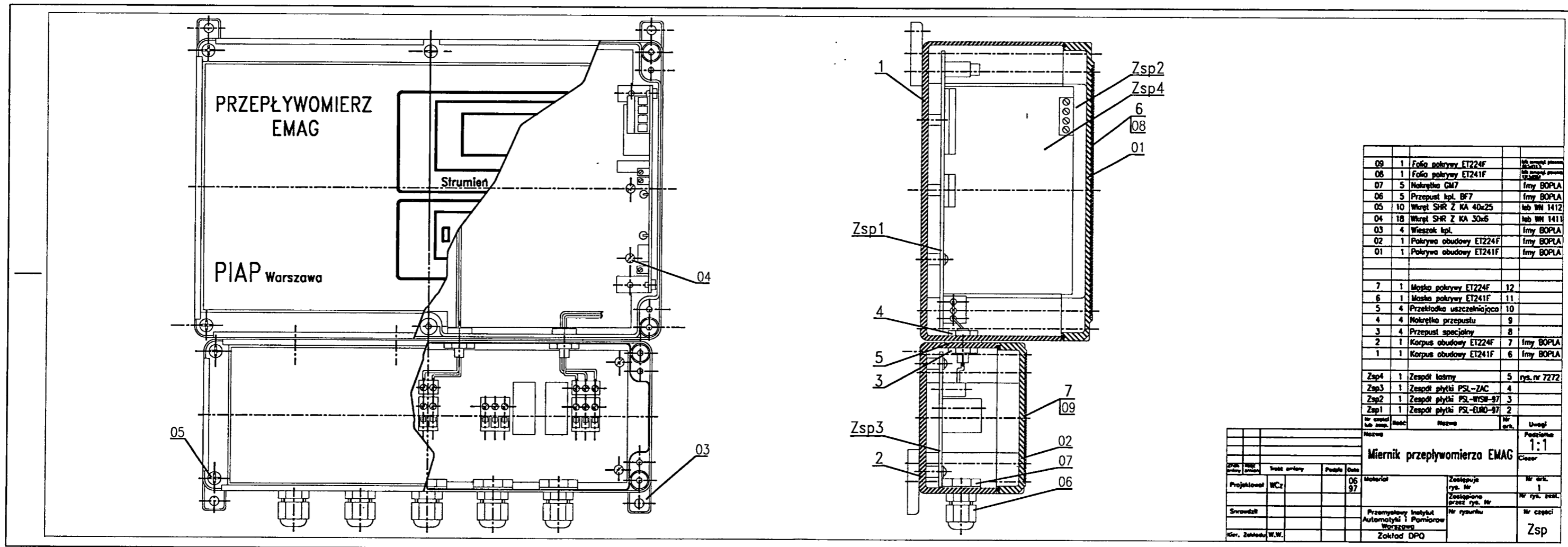
q [dm ³ /min]	Vel [dm ³]	m. [kg]	t [°C]	Vwz [dm ³]	(Vel-Vwz)/Vwz*100% dla temperatury 55°C	Błąd maks. z tabeli 1 dla temperatury 27°C
50	202,89	203,31	17	203,56	-0,33	+0,12
100	204,24	205,35	17	205,60	-0,66	+0,11
200	201,8	202,8	17	203,05	-0,62	+0,08
300	197,9	198,74	17	198,98	-0,54	+0,11
400	204,88	205,73	17	205,98	-0,54	+0,15
500	205,57	206,32	17	206,57	-0,49	+0,10

Z wykonanych pomiarów wynika, że wpływ ten jest znaczny. Na podstawie analizy układu można stwierdzić, że ograniczenie tego wpływu jest możliwe. Zasadniczym źródłem błędu jest zmiana prądu magnesującego w cewkach wzbudzających oraz dryft sygnału zerowego a w dalszej kolejności układ przetwornika napięcie – częstotliwość. Jeżeli ograniczenie wpływu temperatury na pracę miernika, osiągnięte przez usprawnienie układu i zastąpieniu najbardziej wrażliwych elementów bardziej stabilnymi, nie będzie wystarczające to po zastosowaniu układu mikroprocesorowego możliwa będzie jego kompensacja programowa.

4. Wnioski

Wyniki badań laboratoryjnych opisane w punkcie 3 potwierdzają wnioski z poprzednich etapów niniejszej pracy. Przeprowadzone badania poszerzyły zakres wiedzy praktycznej niezbędnej do wytwarzania przepływomierzy elektromagnetycznych. Wykonane w tym etapie dwa czujniki o wykładzinie dielektrycznej teflonowej i gumowej oraz wyniki pomiarów jakie zostały wykonane potwierdzają możliwość powtarzalnego wykonywania czujników. Przyjęta w dotychczas prowadzonych pracach koncepcja budowy czujnika z elektromagnesami o płaskich biegunach może być stosowana z powodzeniem w czujnikach o mniejszych średnicach nominalnych (niż DN32). Dla czujników o średnicy większej niż DN 40 niezbędne będzie opanowanie budowy cewek z uzwojeniem „siodłowym”. Model przepływomierza może być wykorzystany do dalszych badań przy wykonywaniu czujników np. innych średnic nominalnych. Zbudowany model ma dobrą charakterystykę przetwarzania w ustalonych warunkach termicznych. Pracuje on jednak przy dosyć wysokiej częstotliwości próbkowania, a co za tym idzie przy częstotliwości przemagnesowywania. Wiąże się to z wydzielaniem dużej mocy w układach zasilających cewki wzbudzające pole magnetyczne. Dlatego dla obniżenia wpływu temperatury należy obniżyć częstotliwość próbkowania dla tych zastosowań gdzie nie spowoduje to pogorszenia właściwości metrologicznych, a ponadto inaczej rozwiązać problem odprowadzenia ciepła np. przez zastosowanie radiatorów stanowiących zewnętrzną część obudowy oraz przez ograniczenie zapasu napięcia na układach stabilizujących i przełączających.

Załącznik rys1

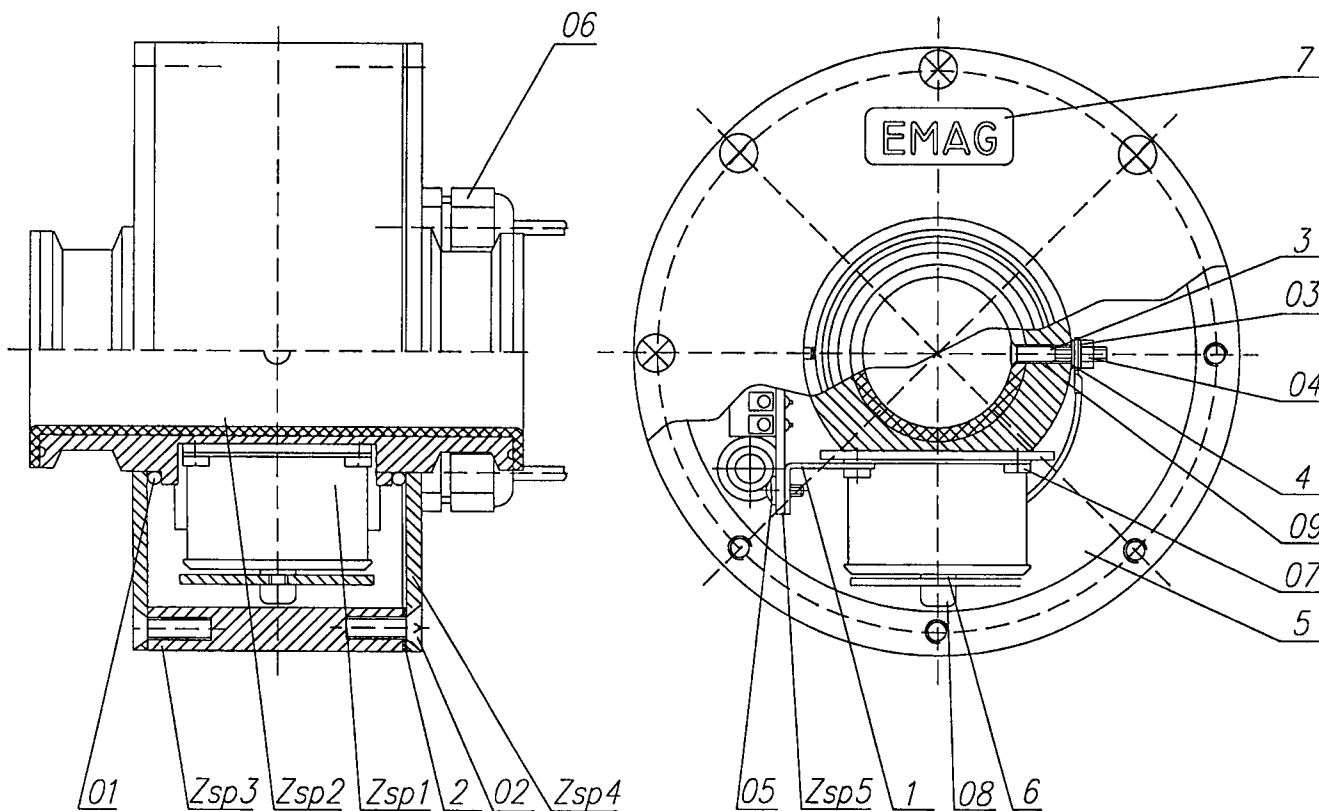


09	1	Folia pokrywy ET224F	Imy BOPLA
08	1	Folia pokrywy ET241F	Imy BOPLA
07	5	Nakrętka GM7	Imy BOPLA
06	5	Przepust kpl. BF7	Imy BOPLA
05	10	Wkręt SHR Z KA 40x25	tab WN 1412
04	18	Wkręt SHR Z KA 30x6	tab WN 1411
03	4	Wieszak kpl.	Imy BOPLA
02	1	Pokrywa obudowy ET224F	Imy BOPLA
01	1	Pokrywa obudowy ET241F	Imy BOPLA

7	1	Mosha pokrywy ET224F	12
6	1	Mosha pokrywy ET241F	11
5	4	Przekładka uszczelniająca	10
4	4	Nakrętka przepustu	9
3	4	Przepust specjalny	8
2	1	Korpus obudowy ET224F	7 Imy BOPLA
1	1	Korpus obudowy ET241F	6 Imy BOPLA

Zsp4	1	Zespół kołowy	5	rys. nr 7272
Zsp3	1	Zespół płytki PSL-ZAC	4	
Zsp2	1	Zespół płytki PSL-WSE-97	3	
Zsp1	1	Zespół płytki PSL-EURO-97	2	

Nazwa		Mierz		Uwagi	
Mierz przeływomierza EMAG		1:1		Ciszer	
Projektant		W.Cz.		06 97	
Sprawdził					
Kier. Zakładu W.W.		Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa		Zakład DPO	
		Zestawienie rys. Nr		Nr ark. 1	
		Zestawiono przez rys. Nr		Nr rys. 222.	
		Nr rysunku		Nr części Zsp	



09	2	Koszulka termokurczliwa $\varnothing 5 \times 10$	
08	2	Śruba M4x8	PN-87/M-82302
07	8	Wkręt M3x10	PN-74/M-82227
06	2	Przepust kpl. PG 7	fmy BOPLA
05	2	Wkręt ST2,9x6,5	PN-93/M-83116
04	2	Nakrętka M4 Ms	PN-86/M-82144
03	2	Podkładka 4,2 A Ms	PN-78/M-82007
02	2	Pierścień uszcz. typ "O" 52x3	PN-64/M-73093
01	8	Wkręt M4x12	PN-86/M-82208

7	1	Naklejka	13
6	2	Podkładka zwory	12
5	1	Zwora	11
4	2	Podkładka elektrody	10
3	2	Elektroda czujnika	9
2	1	Uszczelka	8
1	2	Wspornik płytki zacisków	7

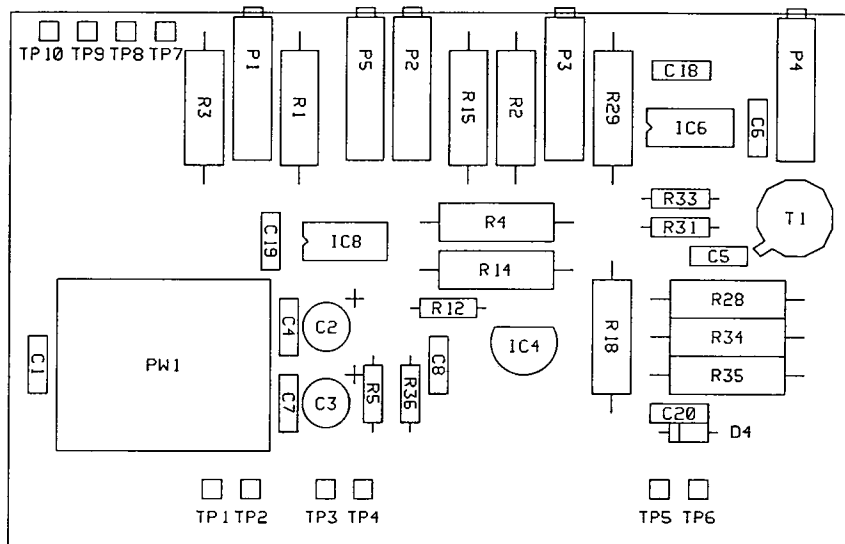
Zsp5	1	Płytki zacisków kpl.	6
Zsp4	1	Zespół pokrywy	5
Zsp3	1	Zespół osłony	4
Zsp2	1	Korpus czujnika kpl.	3
Zsp1	2	Zespół elektromagnesu	2

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr ark.	Uwagi
---------------------	-------	-------	---------	-------

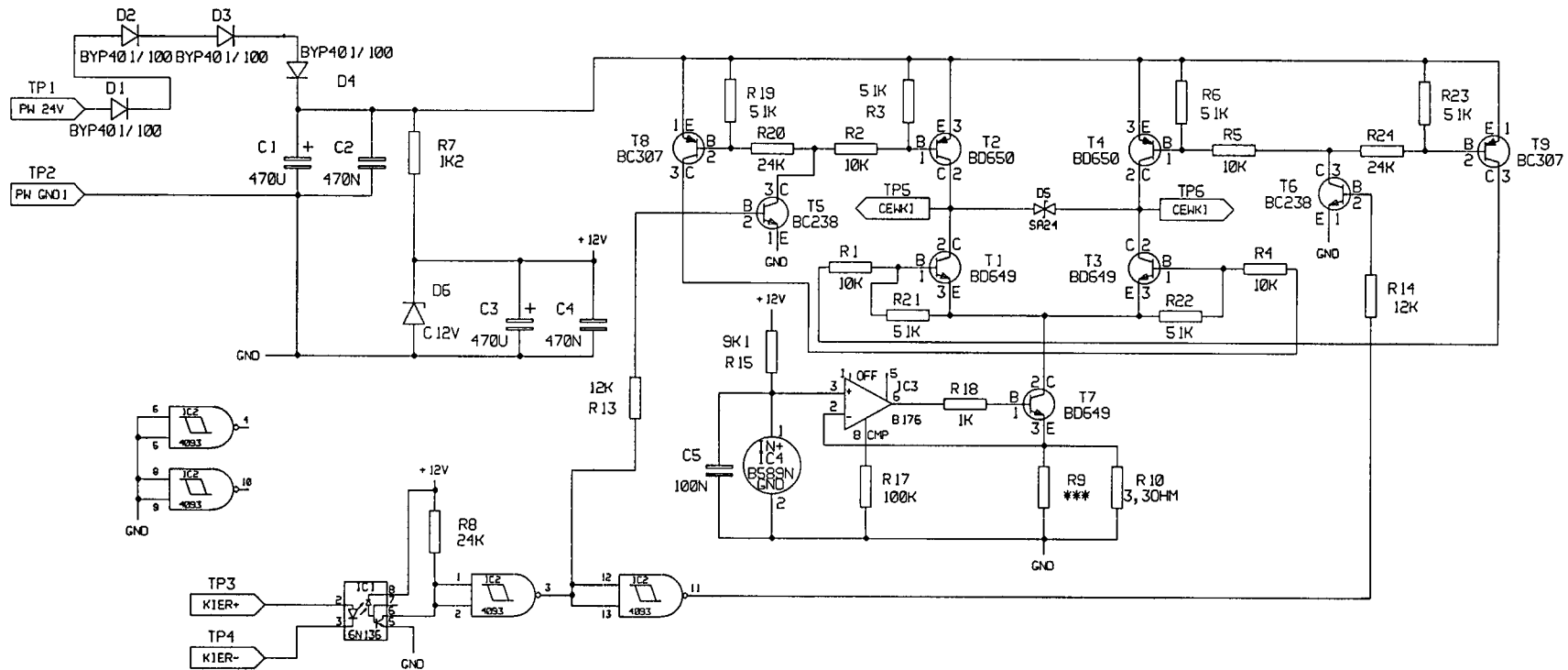
					Nazwa		Podziałka	
					CzuJNIK indukcyjny DN32		1:1	
							Ciezar	
Znak zmiany	Ilość zmian	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał		Zastępuje rys. Nr	Nr ark.
				11 98			Zastąpiono przez rys. Nr	1
Projektował	WCZ				Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa		Nr rysunkó	Nr rys. zest.
Sprawił					Zakład DPQ		DN32	Zsp
Kier. Zakładu	W.W.							

Załącznik rys 2

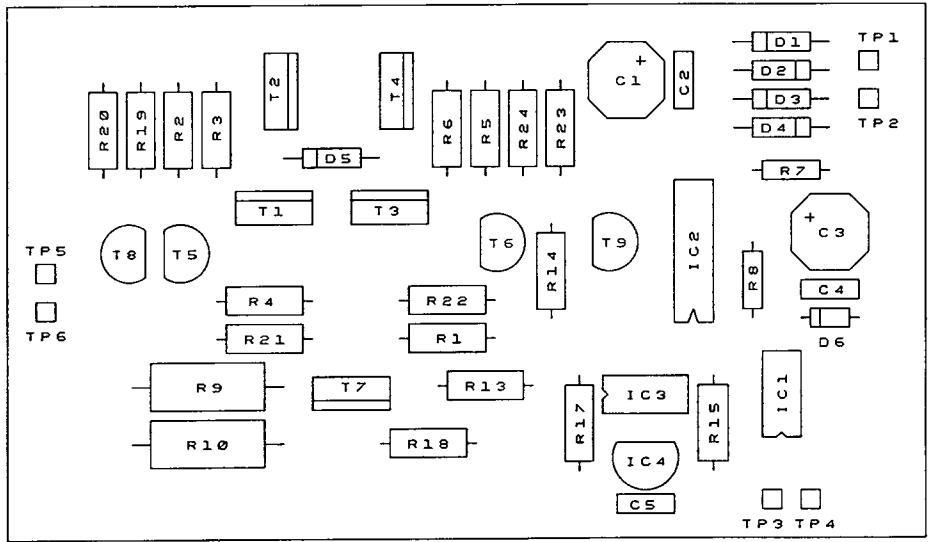
26



Zalacznik - rys. 12



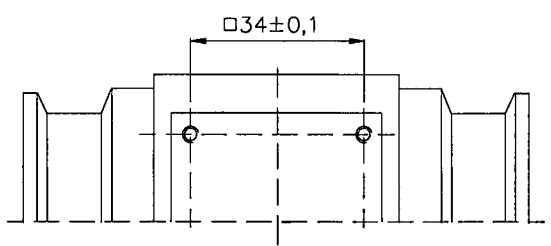
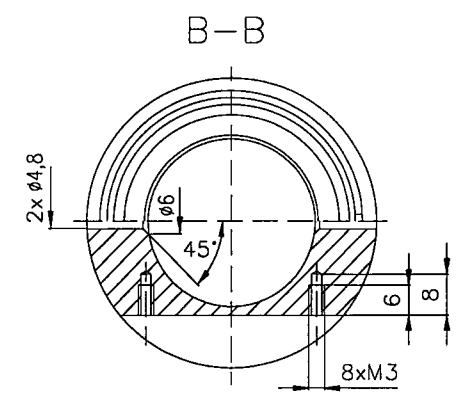
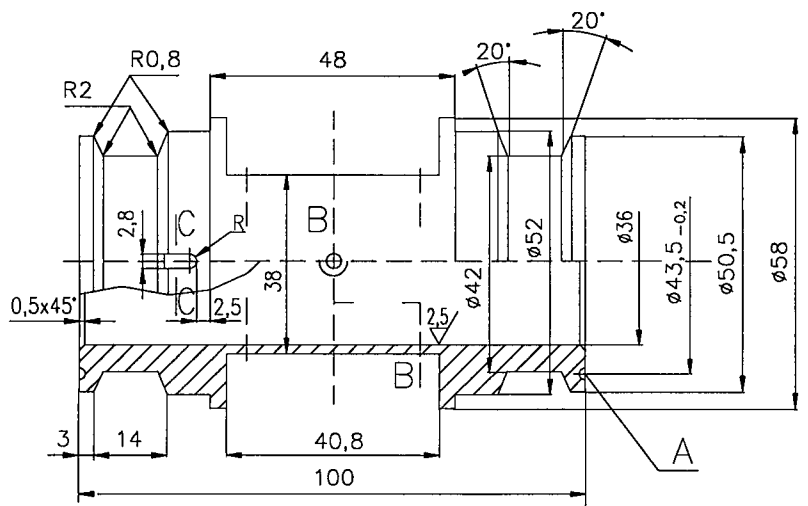
Zalacznik - rys. 13



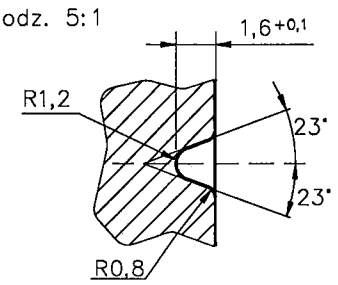
Zalacznik - rys. 14

Wymiary	Odchyłki

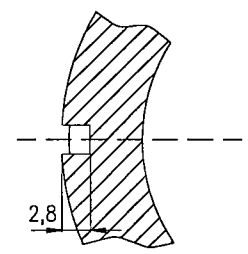
5/(2,5)



szczegół A
podz. 5:1



C-C (podz. 2:1)



Załącznik rys. 3

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr ark.	Uwagi
		Nazwa		Podziałka 1:1(5:1)
		Korpus czujnika		Ciezar
Znak zmiany	Ilość zmian	Treść zmiany	Podpis	Data
		Projektował WCz.		03 97
		Materiał 1H18N9T	Zastępuje rys. Nr	Nr ark. 3
			Zastąpiono przez rys. Nr	Nr rys. zest. Zsp
Sprawdził		Przemysław Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku DN32	Nr części
Kier. Zakładu	W.W.	Zakład DPQ		

20

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Lut LC60		
012	1	Koszulka term. #9x18		
011	1	Kabel drutył.		
010	1	Drut nawojowy		
09	1	Cerolka izol.		
11	1	Kotłowiec	17	
10	1	Przekładka	16	
9	1	Nabiegunnik	15	
8	1	Rdzeń	14	

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Zespół elektromagnesu		Podziałka 1:1

Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			11 96			9
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	Zsp1

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Nabiegunnik		Podziałka 1:1

Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			02 96	Armco		9
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	7

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Rdzeń		Podziałka 2:1

Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			02 96	Armco		8
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	6

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Nabiegunnik A		Podziałka 1:1

Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			10 96	Armco		9
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	7

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Przekładka		Podziałka 2:1

Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			02 96	Tekstolil		10
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	8

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Kotłowiec		Podziałka 1:1

Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			02 96	Laminat epoks.		11
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	9

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Rdzeń		Podziałka 2:1

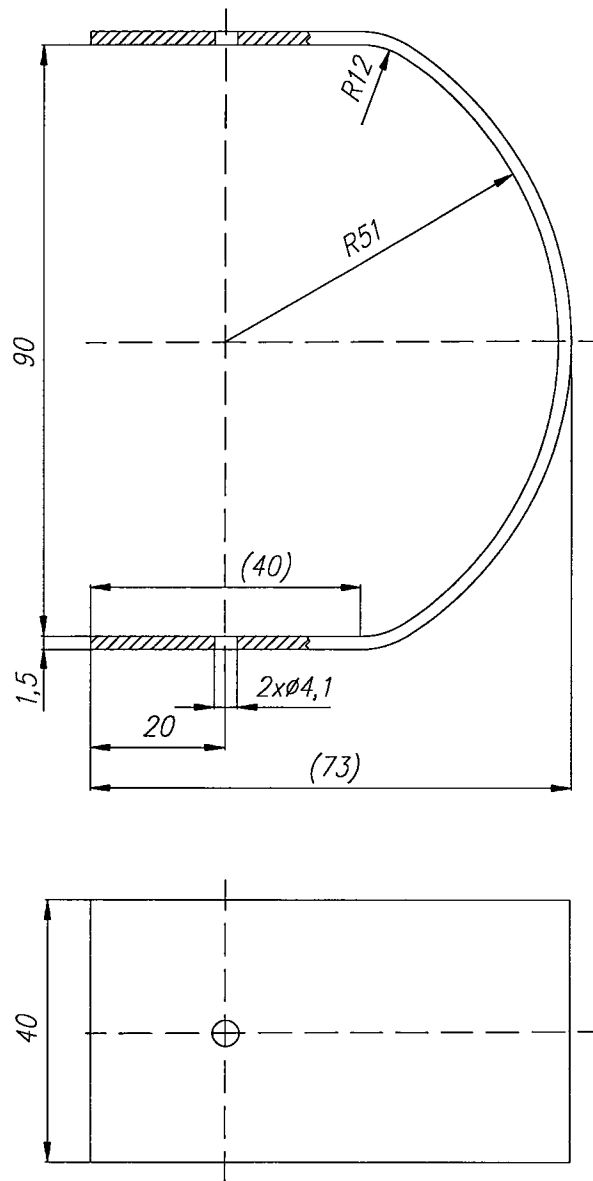
Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			10 96	Armco		8
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	6

Załącznik rys. 5

Nr części lub zesp.	Ilość	Nazwa	Nr art.	Uwagi
		Nabiegunnik B		Podziałka 1:1

Złaz	Imię zmienn.	Treść zmiany	Podpis	Data	Materiał	Zastępuje rys. Nr	Nr art.
Projektował	C.W.			10 96	Armco		9
Sprawił					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa	Nr rysunku	
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPO	DN32	7

5



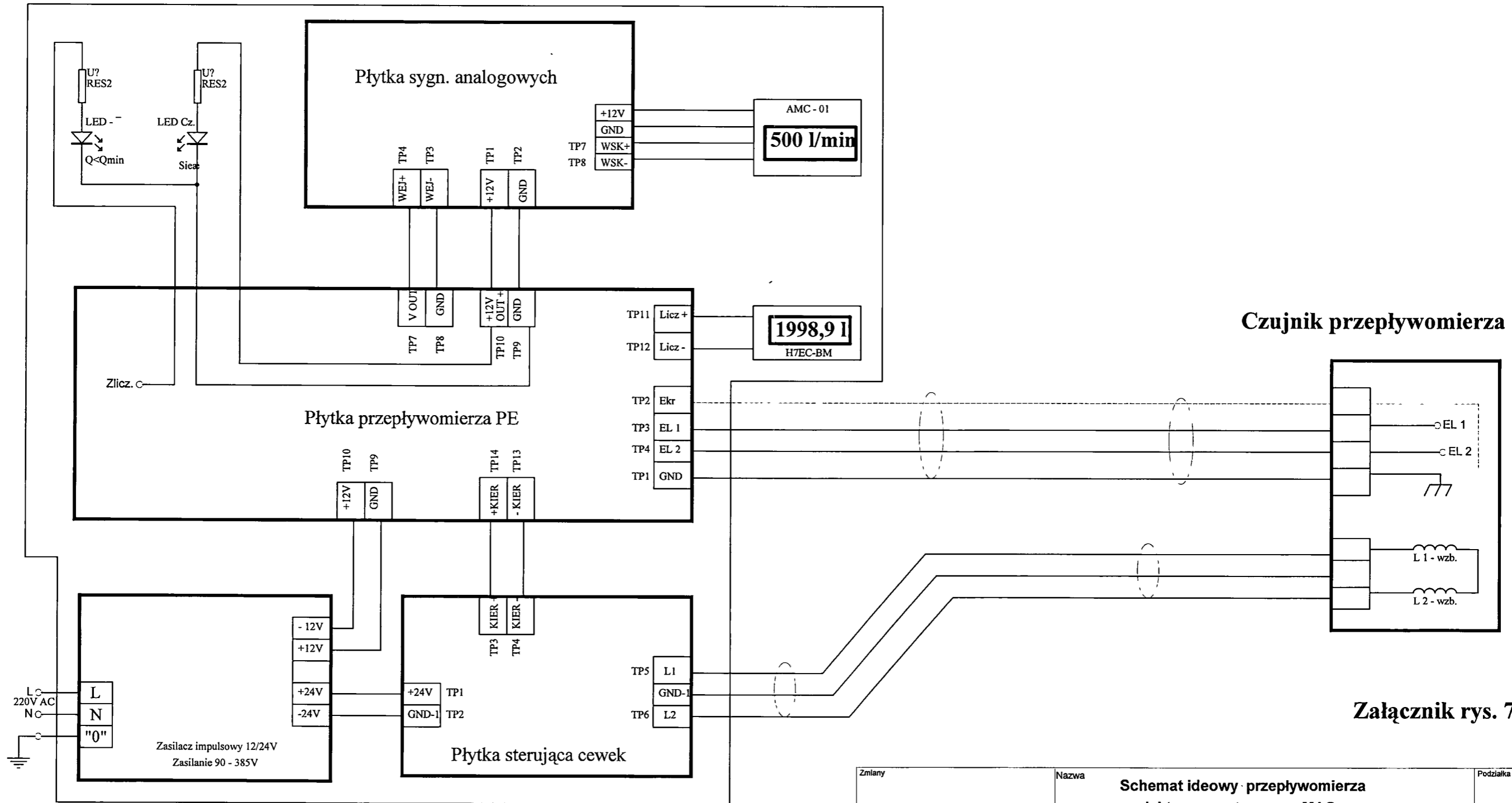
Zatęcznik rys. 6

Długość taśmy w rozwinięciu ok. 200

					Nazwa		Podziałka	
					Zwora		1:1	
							Ciepior	
Znak zmiany	Ilość zmian	Treść zmiany	Podpis	Data				
Projektował	WCZ		11 98		Materiał		Zastępuje rys. Nr	Nr ark.
							Zastąpiono przez rys. Nr	Nr rys. zest.
Sprawdził					Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów Warszawa		Nr rysunku	Nr części
Kier. Zakładu	W.W.				Zakład DPQ		DN32	

23

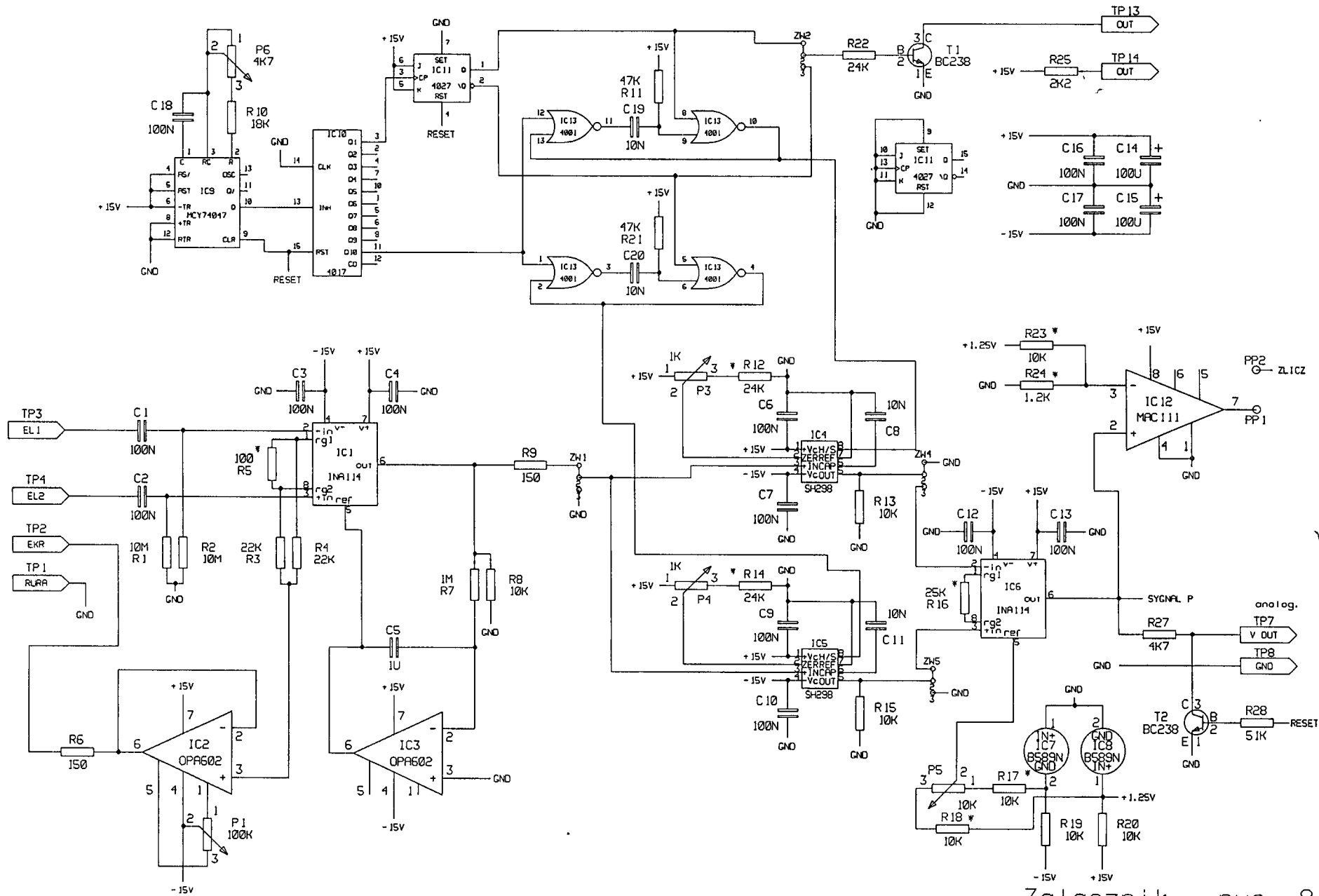
Miernik przepływomierza



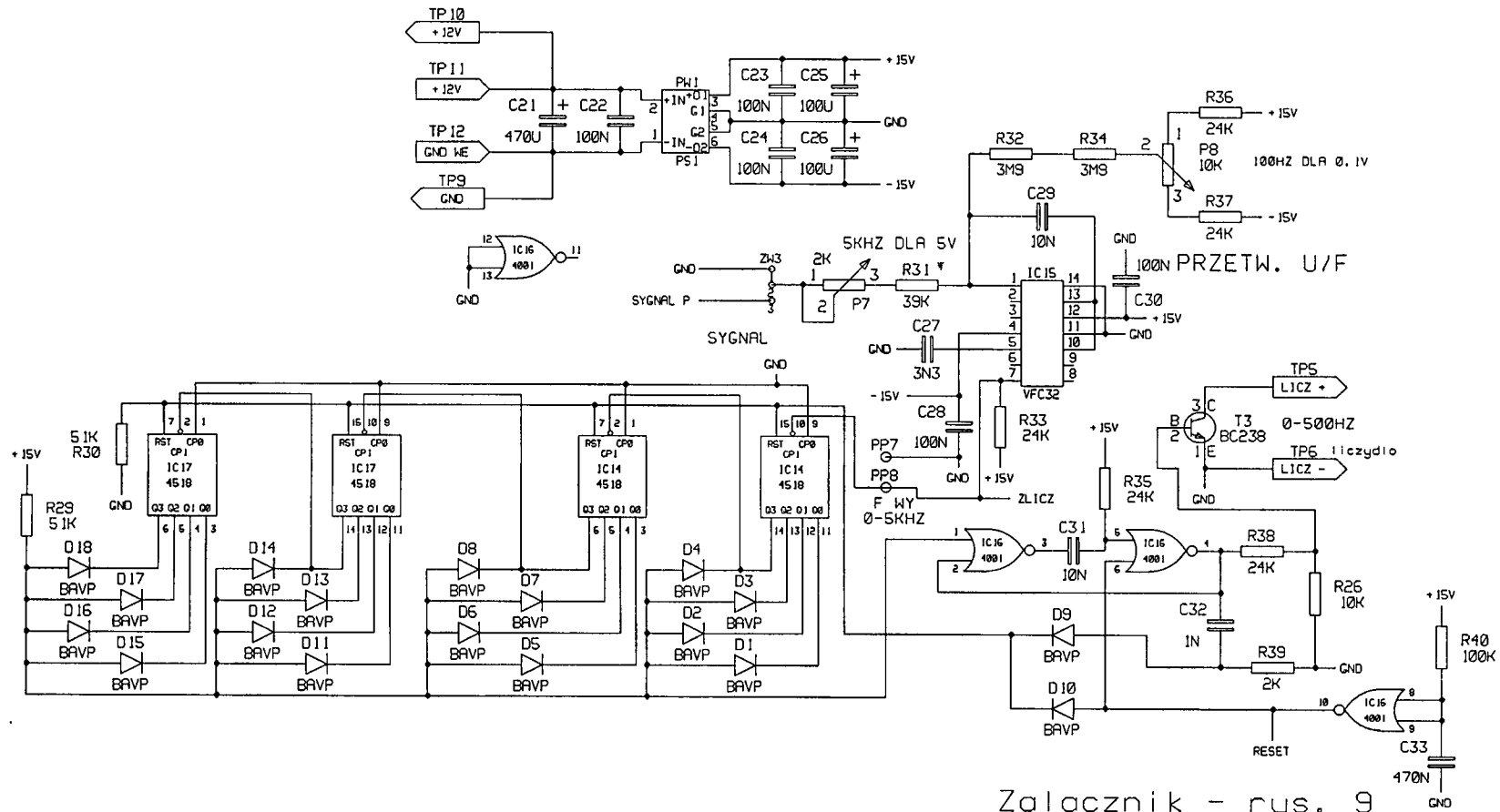
Załącznik rys. 7

Zmiany			Nazwa		Podziałka	
			Schemat ideowy przepływomierza elektromagnetycznego MAG		Nr arkusza	
Projektował	Podpis	data	Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP Warszawa		SE	
		13. 11. 1998r			Nr rysunku	Nr rys. zest.
Sprawił						Nr części
Zatwierdził			DPQ Zakład Pomiaru Parametrów Przepływu			

96



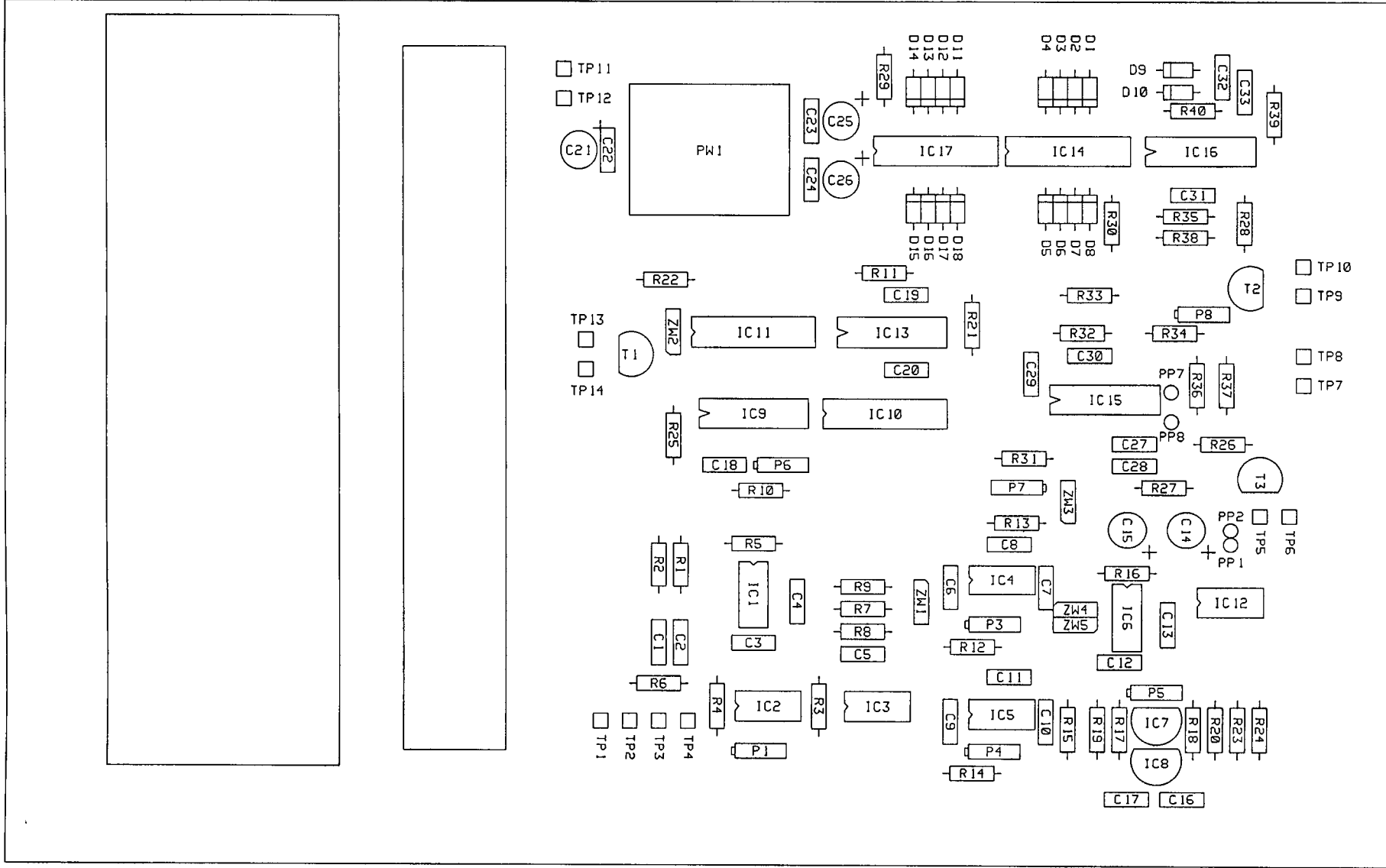
Zalacznik - rys. 8



Zalacznik - rys. 9

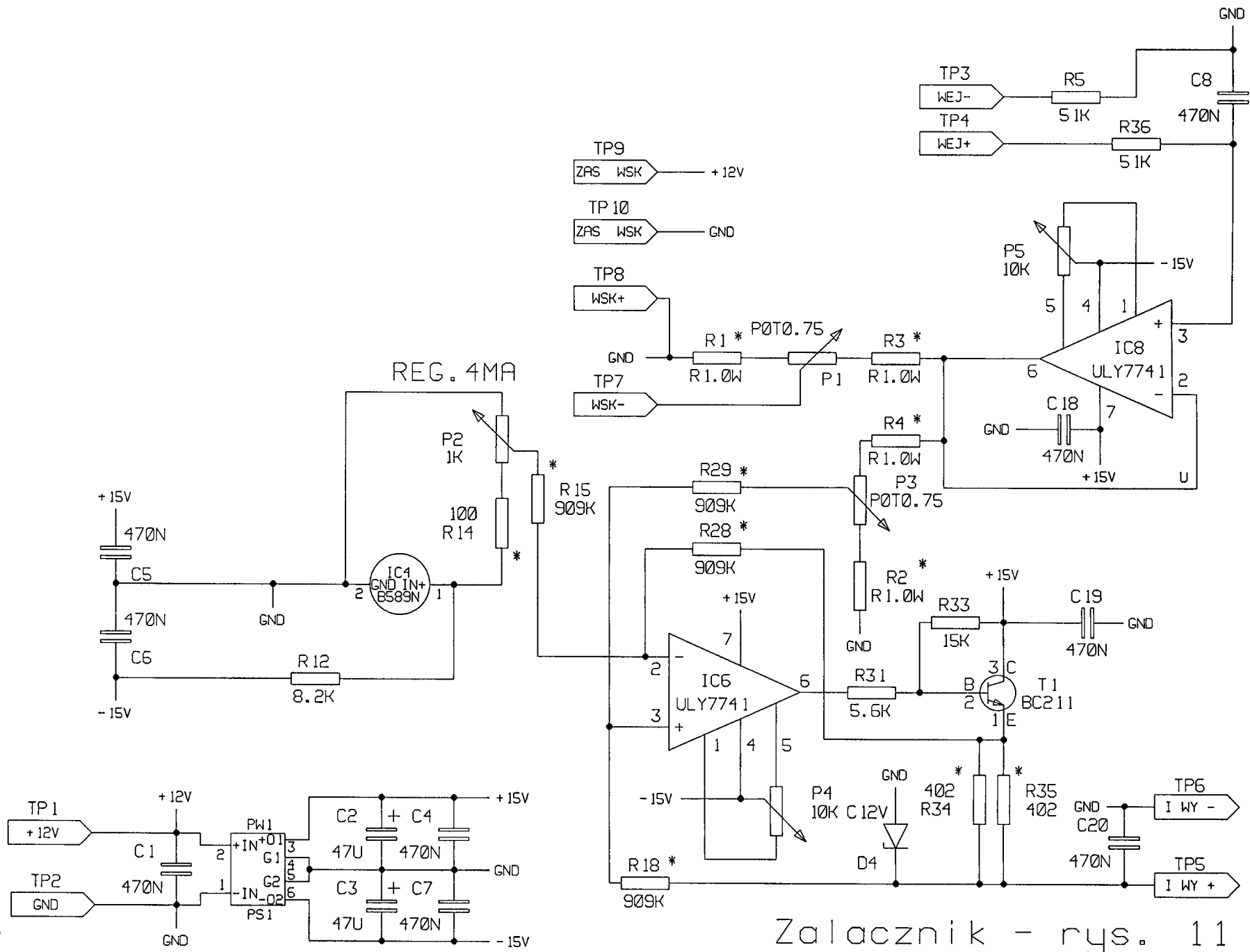
26

26



Zalacznik - rys. 10

8/6



Zalacznik - rys. 11