ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1974

Seria: Energetyka z. 51 Nr kol. 405

Czesław Świerczyński

# PRZYRZĄD DO ZDALNEGO CYFROWEGO POMIARU NATĘŻENIA PRZEPŁYWU ZWĘŻKĄ

Streszczenie. Treścią artykułu jest prototyp przyrządu przeznaczonego do współpracy z przetwornikiem ciśnienia różnicowego, umieszczonego w zwężce. Wartości $\Delta p$ po pierwiastkowaniu, dyskretyzacji i wzmocnieniu sumowania są w liczniku. Podano dane techniczne prototypu wyniki badań oraz ocenę przydatności przyrządu.

## 1. Wstęp

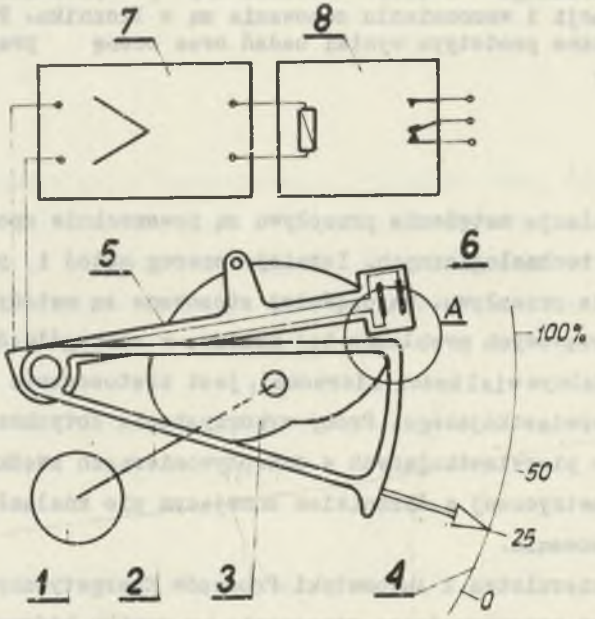
Pomiar i regulacja natężenia przepływu są powszechnie spotykane w wielu procesach technologicznych. Istnieje szereg metod i przyrządów pomiaru natężenia przepływu. Najczęściej stosowane są metody zwężkowe. Jednym z podstawowych problemów tej metody, w szczególności przy przekazywaniu zdalnym wielkości mierzonej, jest zastosowanie odpowiedniego układu pierwiastkującego. Próby wykorzystania dotychczas proponowanych układów pierwiastkujących w przepływomierzach zwężkowych do współpracy telemetrycznej z licznikiem sumującym nie znalazły powszechnego zastosowania.

W Zakładzie Miernictwa i Automatyki Procesów Energetycznych Politechniki Śląskiej przeprowadzono rozeznania, w wyniku których opracowano dokumentację i wykonano model pierwiastkujący licznika. Licznik przeznaczony jest do zdalnego pomiaru cyfrowego ilości przepływającego czynnika w określonym czasie. Może być zastosowany do całkowania sygnałów elektrycznych o modulowanym czasie trwania impulsu z dowolnych układów telemetrycznych. Ponieważ jednak jedynie wartości liniowe są prawidłowo zliczane przez licznik, dlatego przy pomiarach natężenia przepływu za pomocą zwężki konieczne było zastosowanie nadajnika impulsów z przetwornikiem pierwiastkującym.

Opracowany licznik wieloma parametrami dorównuje rozwiązaniom zagranicznym i jest możliwy do wykonania w oparciu o elementy produkcji krajowej.

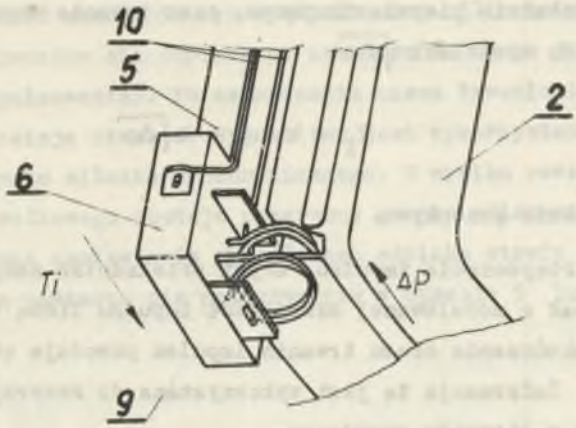
## 2. Zasada działania przyrządu

Przyrząd do zdalnego pomiaru cyfrowego ilości przepływającego czynnika w określonej jednostce czasu składa się z nadajnika impulsów rys. 1a,b oraz licznika sumującego impulsy rys. 2.




Rys. 1a. Nadajnik impulsów - impulsator elektroniczny

1 - silnik synchroniczny, 2 - przesłona, 3 - krzywka, 4 - skala wielkości mierzonej, 5 - ramię czujnika, 6 - czujnik indukcyjny, 7 - wzmacniacz i układ zasilania, 8 - przekaźnik




Rys. 1b. Szczegół "A" mechanizmu współpracy przesłony i czujnika
9 - cewki oscylatora, 10 - przewody

Nadajnik impulsów (impulsator) jest przyrządem elektromechanicznym. Wyposażony jest w silnik synchroniczny, krzywkę pierwiastkującą, elektroniczny oscylator z przekaźnikiem i przesłonę połączoną z zespołem różnicowym przepływomierza.

Nadajnik przetwarza wartość wielkości mierzonej na elektryczny sygnał o modulowanej szerokości impulsu. Ciśnienie różnicowe ($\Delta p$) występujące w zwężce przekształcone zostaje na przemieszczenie liniowe ($\Delta l$) za pomocą elementów sprężystych sygnału różnicowego przepływomierza. Przemieszczenie liniowe ustala określone położenie przesłony proporcjonalne do różnicy ciśnień. Silnik synchroniczny obraca krzywkę pierwiastkującą, która ruchem wahadłowym przemieszcza ramię impulsatora. Na ruchomej części ramienia impulsatora umieszczony jest czujnik indukcyjny z szczeliną powietrzną rys. 1b. Przemieszczenie czujnika indukcyjnego, pozwala na dwukrotne określenie położenia przesłony w czasie jednego obrotu krzywki.

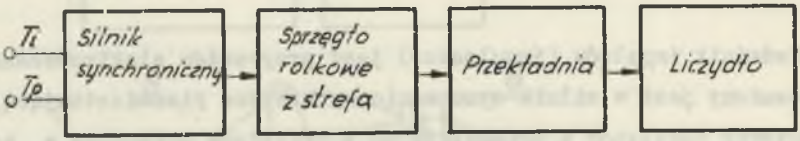
W czasie ruchu czujnika indukcyjnego wzdłuż przesłony, elektroniczny układ tranzystorowy wytwarza impuls o określonym czasie trwania $T_1$ dla każdego obrotu krzywki (stały okres impulsowania). Czas trwania

impulsu $T_i$ zależy od położenia przesłony i kształtu krzywki. Dla krzywki o kształcie pierwiastkującym, czas trwania impulsu jest proporcjonalny do wielkości $\sqrt{\Delta p}$.

$$T_i = k \cdot \dot{Q} = k\sqrt{\Delta p}$$

Q - natężenie przepływu.

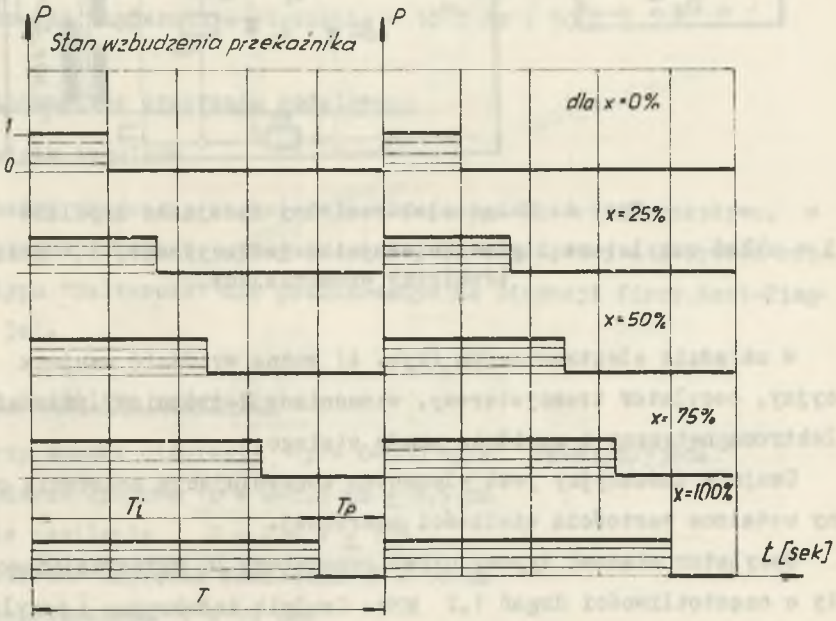
W chwili rozpoczęcia impulsu, styki przekaźnika zamykają się przekazując sygnał o modulowanej szerokości impulsu linią transmisyjną do licznika. Zakończenie czasu trwania impulsu powoduje otwarcie styków przekaźnika. Informacja ta jest wykorzystana do rewersji silnika synchronicznego w liczniku sumującym.




Rys. 2. Schemat blokowy licznika sumującego
$T_i$ - czas trwania i $T_p$ - czas przerwy

Licznik sumujący (integrator) jest oddzielnym przyrządem przeznaczonym do zdalnego całkowania i cyfrowego odczytu wielkości mierzonej. Wyposażony jest w silnik synchroniczny z rewersją, zespół przekładni, sprzęgło rolkowe z nastawnikiem biegu jałowego oraz liczydło 6-cyfrowe. Konstrukcja licznika w oparciu o te elementy zapewnia bardzo dużą dokładność i niezawodność działania przyrządu. W integratorze elektrycznym sygnały o modulowanym czasie impulsu, przesłane z nadajnika impulsów powodują załączenie silnika synchronicznego z rewersją. Sprzęgło rolkowe łączące silnik z liczydłem jest tak skonstruowane, że w początkowym odcinku czasu trwania impulsu, w tzw. strefie martwej, ma miejsce bieg jałowy, w którym nie zachodzi proces zliczania (sumowania) wielkość mierzonej. Strefę martwą można tak nastawić za pomocą

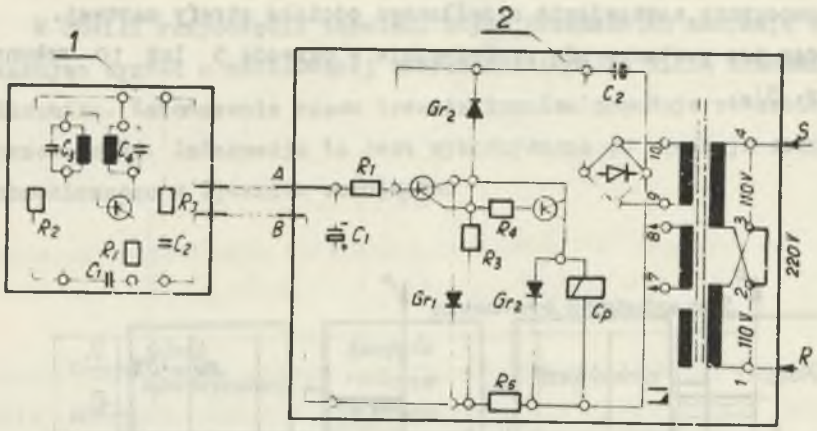
pierścienia na sprzęgle rolkowym, aby wpływ bezwładności i opóźnienia na dokładność sumowania był wyeliminowany. Zliczanie czasu trwania impulsu rozpoczyna się dopiero po zakończeniu biegu jałowego (około 20% okresu impulsowania). Po zakończeniu czasu trwania impulsu styki przekaźnika zostają otwarte. Sygnał ten jest wykorzystany do zmiany kierunków obrotu silnika synchronicznego. W wyniku rewersji i działania sprzęgła rolkowego zostaje przerwany proces zliczania czasu impulsu i samoczynne nastawienie określonego odcinka strefy martwej.
Proces ten powtarza się periodycznie w okresie 5 lub 10 sekundowym (rys. 3).




Rys. 3. Wykresy przebiegów czasowych impulsów nadajnika
X - wielkość mierzona

3. Układ elektroniczny

Układ elektroniczny jest tranzystorowo-indukcyjną przetwornicą pozycyjną stosowaną do regulacji, kontroli i sygnalizacji różnych wielkości granicznych (m.in. w regulatorach produkowanych na licencji firmy Jones w L.Z.A.E. "Lumel").




Rys. 4. Układ elektroniczny nadajnika impulsów
1 - układ oscylatora i głowice czujnika indukcyjnego, 2 - układ elektroniczny wzmacniający

W układzie elektronicznym (rys. 4) można wyróżnić czujnik indukcyjny, oscylator tranzystorowy, wzmacniacz 2-stopniowy, przekaźnik elektromagnetyczny i zasilacz prądu stałego.

Czujnik indukcyjny jest elementem kontrolującym położenie przesłony ustalone wartością wielkości mierzonej.

Oscylator stanowi typowy układ generatora LC wytwarzającego sygnały o częstotliwości drgań 1,2 MHz. Czujnik indukcyjny i oscylator są wbudowane do jednej głowicy i umocowane przy ruchomej części ramienia impulsatora (rys. 1a,b). Jeżeli przesłona znajduje się w szczelinie między cewkami obwodu rozonansowego LC, to występuje zerwanie drgań generatora i sygnał zostaje przekazany do wzmacniacza.

Sygnał po wzmocnieniu przekazany jest do przekaźnika, którego stan wzbudzenia zależy od położenia przesłony względem głowicy oscylatora oraz od ilości stopni wzmacniających. Wzmacniacze tranzystorowe, zasilacz i przekaźnik zamontowane są na oddzielnej płytce.

Dane techniczne:

- napięcie zasilania U = 220 V ± 15%
- nieczułość 0,3%
- prąd płynący przez czujnik 5 mA
- parametr wyjściowy: przekaźnik z trzema stykami przełączalnymi
- dopuszczalne obciążenie styku przekaźnika
  - dla cos$\varphi$= 1; prąd 3 A; moc 500 VA
  - dla cos$\varphi$= 0,5; prąd 1,2 A; moc 200 VA
- dopuszczalna temperatura otoczenia - 10°C do + 50°C

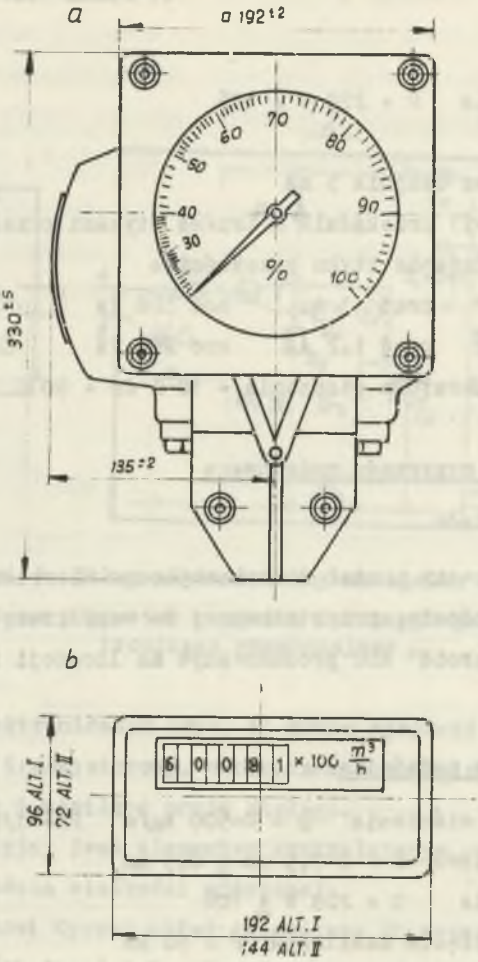
## 4. Dane techniczne przyrządu modelowego

### 4.1. Nadajnik impulsów

Impulsator wbudowany został do wskazującego miernika przepływu, w znormalizowanej obudowie, przystosowanej do współpracy z zespołem różnicowym typu "Deltaroid" KDU produkowanym na licencji firmy Kent-Tieghi (rys. 5a).

Parametry wejściowe nadajnika:

- mierniczy spadek ciśnienia p = 0-500 kG/m$^2$ PN-61/M/53904
- przesunięcie liniowe h = 0-7,5 mm ± 0,5 mm
- napięcie zasilania U = 220 V ± 10%
- częstotliwość napięcia zasilania f = 50 Hz
- okres impulsowania T = 10 sek
- zakres wskazań: podstawowy 30 - 100%
  pomocniczy 0 - 30%




Rys. 5. Obudowa przyrządu modelowego
a - nadajnik impulsów, b - licznik sumujący

Parametry wyjściowe nadajnika:

- zakres modulacji czasu trwania impulsu $T_i$ = 6 sek dla 10 sek. okresu impulsowania

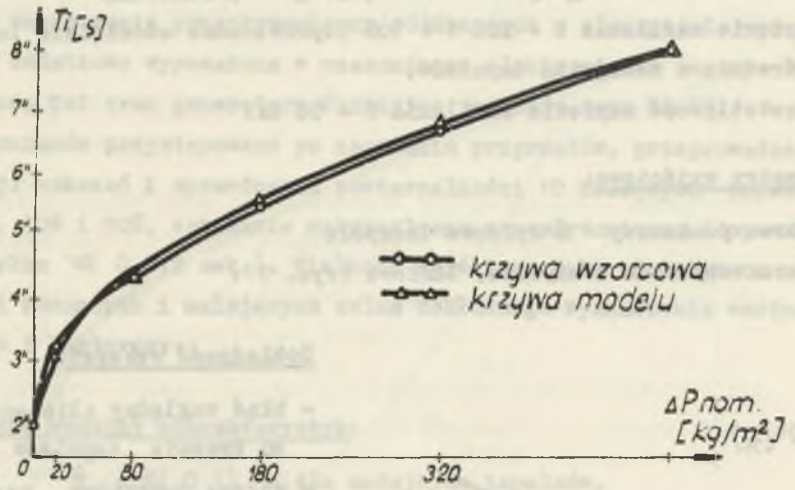
($T_i$ = 2 sek dla 0% wskazań)

($T_i$ = 8 sek dla 100% wskazań)

- charakterystyka statyczna jest nieliniowa (rys. 6), i opisana zależnością

$$T_i = K\sqrt{\Delta p}$$

K - współczynnik proporcjonalności.




Rys. 6. Charakterystyka statyczna nadajnika impulsów

Dokładność:

- błąd podstawowy 0,5%
- błąd histerezy 0,3%

- wpływy napięcia zasilania 220 V w granicach ± 10%, zmiany temperatury otoczenia, wilgotności względnej i pola magentycznego do pominięcia,
- wpływ zmiany częstotliwości sieci na wielkość wyjściową nadajnika impulsów do pominięcia,
- przyrząd nie powinien pracować w warunkach wibracji i wstrząsów.

4.2. Licznik sumujący

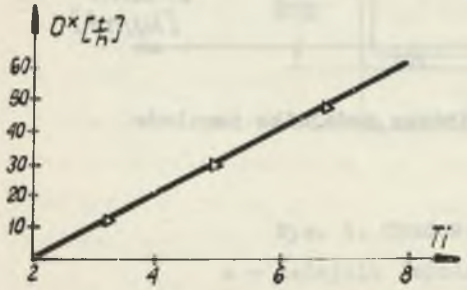
Integrator całkujący, przeznaczony do sumowania sygnałów o modulowanym czasie trwania impulsu, umieszczony został w znormalizowanej obudowie w dwu alternatywach (rys. 5b).

Parametry wejściowe licznika

- zakres zmiany czasu trwania impulsu T = 2 - 8 sek.
- stała licznika - wg wyboru koła zębatego w przekładni
- napięcie zasilania U = 200 V + 10% doprowadzone oddzielnie lub bezpośrednio z nadajnika impulsów,
- częstotliwość napięcia zasilania f = 50 Hz.

Parametry wyjściowe:

- zakres pomiarowy - 6-cyfrowe liczydło
- charakterystyka statyczna, liniowa (rys. 7).




Rys. 7. Charakterystyka statyczna licznika sumującego

Dokładność wskazań:

- błąd względny zliczania czasu trwania impulsów 0,1%
- wpływy dodatkowe napięcia zasilania i częstotliwości sieci oraz temperatury i wilgotności otoczenia do pominięcia.

Licznik sumujący współpracuje z nadajnikiem impulsów w

układzie linii telemetrycznych dwu lub trzy przewodowym. Przy przesyłaniu impulsów linią dwuprzewodową wymagane jest dodatkowe wyposażenie licznika sumującego w przekaźnik elektromagnetyczny z stykami normalnie zamkniętymi i otwartymi.

## 5. Wzorcowanie przyrządu

Celem sprawdzenia dokładności i określenia własności metrologicznych przyrządu modelowego, przeprowadzone zostały szczegółowe pomiary:

- nadajnika impulsów,
- licznika sumującego,
- przepływomierza ze zdalnym przekazywaniem wskazań do licznika.

Instalacja pomiarowa była zbliżona do układu powszechnie stosowanego przy wzorcowaniu przepływomierzy różnicowych z elementami sprężystymi i dodatkowo wyposażona w czasomierze elektroniczne zegary typu Elektrocos Ts1 oraz generatory funkcyjne impulsów typu Gs-65.

Do pomiarów przystępowano po nagrzaniu przyrządów, przeprowadzeniu koreakcji wskazań i sprawdzeniu powtarzalności 10 kolejnych impulsów dla 40%, 50% i 90%, wskazanie maksymalnego przepływomierza (dopuszczalna odchyłka $\leq$ 0,012 sek.). Wielkość wyjściowa była odczytywana dla wartości rosnących i malejących celem dokładnego wyznaczenia wartości średnich i histerezy.

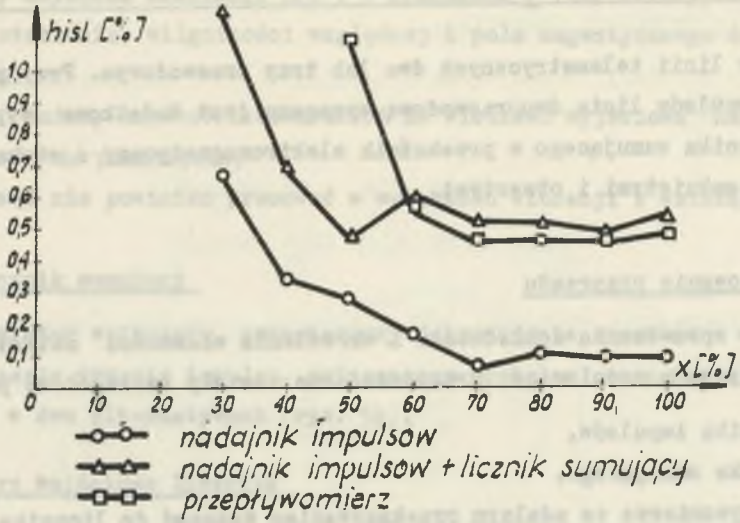
Wyznaczono rodziny charakterystyk:

$\dot{T}_i = f(\Delta l)$ - dla nadajnika impulsów,

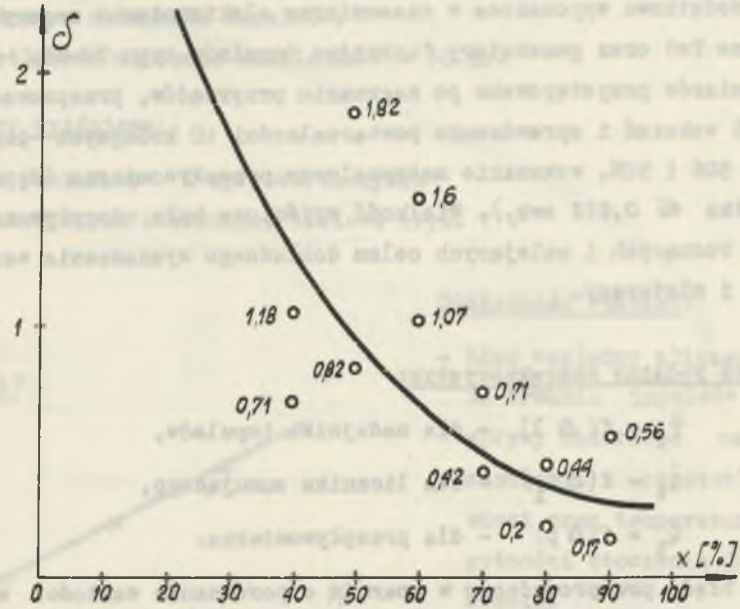
$\dot{Q}_t = f(\Delta T_i)$ - dla licznika sumującego,

$\dot{Q}_t = f(\Delta p)$ - dla przepływomierza.

Ocenę błędu przeprowadzono w oparciu o porównanie wartości wyznaczonych drogą pomiarową i obliczeniową dla przyrządu modelowego oraz wzorca konstrukcyjnego przepływomierza. Wartości histerezy i błędu względnego przepływomierza przedstawia rys. 8 i 9.




Rys. 8. Wykres przebiegu histerezy




Rys. 9. Błąd względny przepływomierza z licznikiem sumującym

## 6. Wnioski

W oparciu o przeprowadzone badania stwierdzono, że:

- zaproponowana konstrukcja nadajnika impulsów i licznika sumującego zapewnia poprawność przetwarzania i zdalnego sumowania wielkości mierzonej,
- w nadajniku impulsów istotny wpływ na dokładność przetwarzania ma precyzja wykonania układu kinematycznego dźwigni i krzywki pierwiastkującej,
- w liczniku bardzo dużą dokładność zapewnia zastosowanie sprzęgła ze strefą martwą i silnika synchronicznego z rewersją (wyeliminowanie opóźnienia i bezwładności w układzie teletransmisji),
- licznik sumujący może być wykorzystany do sumowania dowolnych wielkości wolnozmiennych, przekazywanych zdalnie o modulowanym czasie trwania impulsu,
- możliwość zmiany stałej licznika pozwala na pomiary natężeń przepływu o różnych wartościach,
- z nadajnikiem impulsów może współpracować większa ilość integratorów rozmieszczonych w różnych punktach jako przyrządów wtórnych,
- nadajnik impulsów jest przyrządem wskazującym nie przeznaczonym do współpracy z układem automatycznej regulacji,
- dokładność przepływomierza modelowego można znacznie polepszyć przez zwiększenie wymiarów i precyzji wykonania krzywki pierwiastkującej i współpracujących elementów,
- przyrząd może być budowany w oparciu o elementy produkcji krajowej,
- w związku ze zmianą kierunku obrotów adaptacji wymaga silnik synchroniczny jednofazowy stosowany w liczniku sumującym,
- nadajnik impulsów i licznik sumujący nie obciążają zespołu różnicowego przepływomierza wskazującego.

LITERATURA

[1] Graczyk Cz. - Laboratorium Miernictwa Cieplnego. Praca zbiorowa, Pol. Śl.1971 r.

[2] Borman H. - Aparatura kontrolna i pomiarowa w przemyśle.PWT,Warszawa 1956 r.

[3] Dietrych J. - Konstrukcja i konstruowanie, WNT, Warszawa 1968 r.

[4] Neklutin C.N. - Mechanisms and Coms for Automatice. Machines.Londyn 1968 r.

[5] Olędzki A. - Mechanizmy krzywkowe. WNT, Warszawa 1966 r.

[6] Smirnow A.A. - Remont cieplnych przyrządów kontrolno-pomiarowych PWT, Warszawa 1955 r.

[7] Tryliński W. - Drobne mechanizmy i przyrządy precyzyjne, podstawy konstrukcji. WNT, Warszawa 1964 r.

[8] Wróbel T. - Mikromaszyny elektryczne. MOM, Warszawa 1962 r.

[9] Zagajewski T. - Układy elektroniki przemysłowej. WNT, Warszawa, 1969 r.

[10] Poradnik konstruktora przyrządów precyzyjnych i drobnych.WNT,Warszawa 1970 r.

[11] Katalogi i materiały firm krajowych i zagranicznych produkujących przepływomierze i liczniki.

Praca wpłynęła do Redakcji w grudniu 1973 roku.

ПРИБОР ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЦИФРОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ПРОТЕКАНИЯ ЧЕРЕЗ ДИАФРАГМУ

Р е з ю м е

В статье рассмотрен прототип прибора предназначенный для совместной работы с преобразователем разностного давления, вмонтированного в измерительную диафрагму. Величины $\Delta p$ после извлечения корня, дискретизации и усиления суммируются в счетчике. Приведены технические данные прототипа, итоги исследований, а также оценка пригодности прибора.

THE INSTRUMENT FOR TELEMETRIC DIGITAL MEASUREMENT OF FLOW BY MEANS OF THE PRESSURE DIFFERENTIAL DEVICE

S u m m a r y

In the article the new type of instrument which was designed for cooperation with the differential pressure transmitter has been described. The values $\Delta p$ after the rootsquaring, discretisation and amplification were added in a counter. The technical dates, results of investigation and general appraisal have been given.