

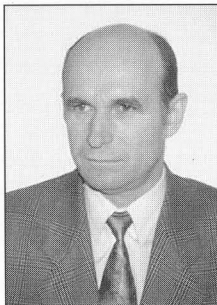
## Stanisław ŁĘTOWSKI<sup>1</sup>, Paweł SŁOMIŃSKI<sup>2</sup>, Wojciech SŁOMIŃSKI<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>POMORSKA SPÓŁKA GAZOWNICTWA SP. Z O.O., <sup>3</sup>POLITECHNIKA GDAŃSKA, WYDZIAŁ ELEKTRONIKI TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI, KATEDRA METROLOGII I SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH

# Pomiary strumienia gazu ziemnego przepływomierzem termoanemometrycznym - część II - badania na obiekcie rzeczywistym\*

dr Stanisław ŁĘTOWSKI

ukończył fizykę na Uniwersytecie Jagiellońskim. Następnie wieloletni pracownik Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego gdzie m.in. obronił pracę doktorską. W 1997 roku rozpoczął pracę w Pomorskim Okręgowym Zakładzie Gazowniczym w Gdańsku organizując komórkę zajmującą się nowymi technikami gazowniczymi, a następnie w 2003 roku organizował pion handlowy w Pomorskiej Spółce Gazownictwa Sp. z o.o. Obecnie pełni funkcję dyrektora Biura Handlowego w tej Spółce. Jest autorem i współautorem ponad 50 publikacji z zakresu fizyki i gazownictwa oraz 20 patentów.



e-mail: stanislaw.letowski@psgaz.pl

### Streszczenie

(część I: PAK 7/8 2005) W części II kontynuuje się opis opracowania kontrolnego układu pomiarowego dla sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego z wykorzystaniem termoanemometrycznego przepływomierza. Omawia się badania weryfikacyjne na obiekcie rzeczywistym obejmujące projekt i instalację próbnego układu pomiarowego na stacji redukcyjno-pomiarowej oraz dokonuje oceny uzyskanych wyników.

### Abstract

(part I: PAK 7/8 2005) The description of a portable control meter, based on thermoanemometer and working in natural gas distributing network, is continued in the second part of this article. Verification research made on the real object, test measurement unit installation in the gas station, and discussion on the received results are also presented.

## 1. Stanowisko pomiarowe

Stanowisko pomiarowe, stworzone dla zbadania przydatności przepływomierza termoanemometrycznego w sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego, zlokalizowano w jednej ze stacji redukcyjno-pomiarowych I stopnia na terenie działania Pomorskiej Spółki Gazownictwa. Rocznie przez ten układ pomiarowy przepływa około 1,5 mln Nm<sup>3</sup> gazu ziemnego wysokometanowego z 97,9% zawartością metanu. Średnica nominalna ciągu pomiarowego wynosi 80 mm. Zastosowano układ pomiarowy typu U-1 podany na rys. 2.1. Do przyrządów pomiarowych wchodzących w skład układu pomiarowego przed rozbudową wchodził: gazomierz turbinowy CGT G-160, blok przeliczający MacMAT, czujnik temperatury APTR 1 oraz przetwornik ciśnienia PENFAL 1151 GP. Rozbudowa układu pomiarowego polegała na instalacji przepływomierza termoanemometrycznego i podłączenia go do istniejącej infrastruktury stacji.

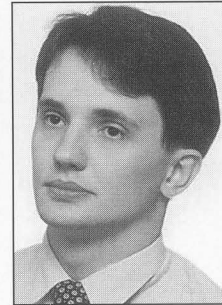
Każdy przepływomierz turbinowy jest charakteryzowany przez następujące parametry: nominalną średnicę, maksymalne ciśnienie robocze ( $p_{max}$ ), maksymalny i minimalny strumień objętości ( $Q_{max}$ ,  $Q_{min}$ ), przy którym błąd gazomierza mieści się w zakresie określonym w zarządzeniu Głównego Urzędu Miar. Podstawowe parametry przepływomierza CGT G-160 [1] to: średnica nominalna 80 mm, maksymalny strumień objętości  $Q_{max} = 250$  m<sup>3</sup>/h (warunki pomiaru), minimalny strumień objętości  $Q_{min} = 13$  m<sup>3</sup>/h (warunki pomiaru), maksymalne ciśnienie robocze  $p_{max} = 1,6$  MPa, zakresowość 1:20.

W układzie pomiarowym na badanej stacji wykorzystuje się tylko niskoczęstotliwościowe wyjście impulsowe gazomierza turbinowego. Ze względu na odległość na jaką przesyłany jest sygnał z przepływomierza do bloku przeliczającego zastosowano nadajnik indukcyjny. Waga jednego impulsu wynosi 1 m<sup>3</sup>.

Kontrolnym przepływomierzem termoanemometrycznym w badanym układzie pomiarowym jest gazomierz Sierra Series 640S Steel – Mass firmy Sierra Instruments. Do przekazywania da-

mgr inż. Paweł SŁOMIŃSKI

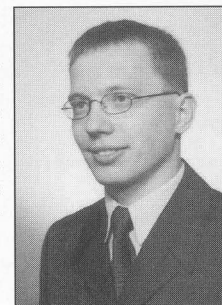
absolwent Wydziału Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Pracę magisterską obronił w 1997 r. Obecnie kierownik Działu Zakupu i Bilansowania Gazu w Pomorskiej Spółce Gazownictwa Sp. z o.o. i jednocześnie uczestnik zaocznego studium doktoranckiego na Wydziale Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej.



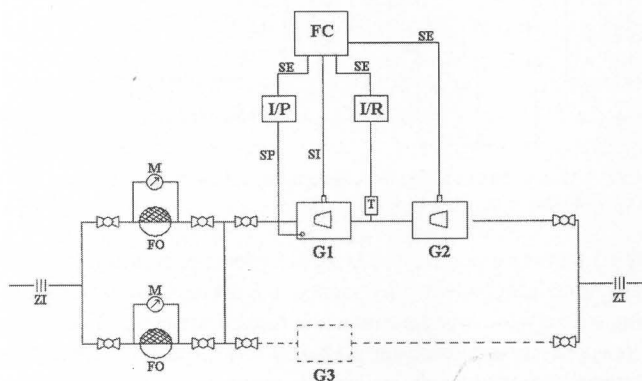
e-mail: pawel.slominski@psgaz.pl

mgr inż. Wojciech SŁOMIŃSKI

absolwent Wydziału Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Tematem pracy dyplomowej było „Badanie przydatności przepływomierza termoanemometrycznego do pomiaru strumienia gazu w sieci dystrybucyjnej”. Obecnie jest uczestnikiem studium doktoranckiego w katedrze Metrologii i Systemów Elektronicznych macierzystego wydziału.



e-mail: wojtek@ortoslom.home.pl



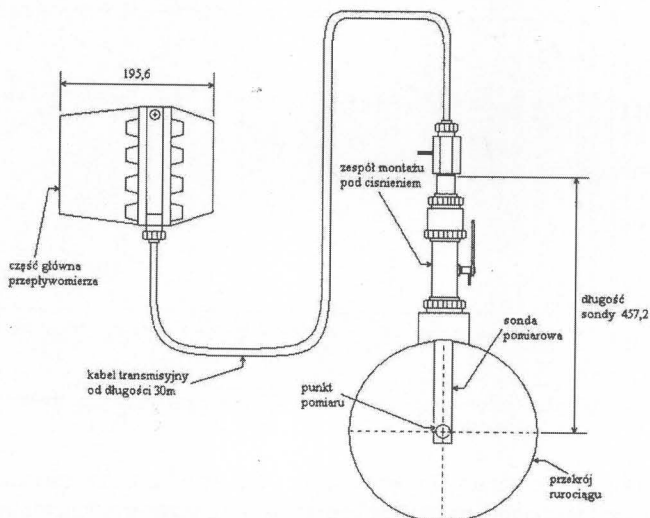
### Legenda

ZI - złącze izolujące elektrycznie	G3 - przepływomierz rezerwow
FO - filtr i odwadniacz	G1 - przepływomierz turbinowy
SI - przewód sygnałowy impulsowy	FC - blok przeliczający
I/P - przetwornik ciśnienia	SP - przewód pneumatyczny
SE - przewód sygnałowy elektryczny	G2 - przepływomierz termoanemometryczny

Rys. 2.1. Schemat układu pomiarowego typu U1 z przepływomierzem roboczym turbinowym, przepływomierzem kontrolnym termoanemometrycznym oraz z blokiem przeliczającym

nych z przepływomierza do bloku przeliczającego wykorzystano interfejs prądowy (4-20 mA). Sygnał ten jest proporcjonalny do chwilowej objętości przepływającego gazu przeliczonej na warunki normalne. Dane techniczne termoanemometrycznych gazomierzy 640S [2] to: dokładność  $\pm 2\%$  odczytu dla 10-100% skalibrowanego zakresu, dokładność  $\pm 0,5\%$  pełnej skali poniżej 10% skalibrowanego zakresu, powtarzalność  $\pm 0,2\%$  pełnej skali, czas odpowiedzi 1 sekunda do 63% końcowej wartości prędkości przepływu, możliwość wersji iskrobezpiecznej, zasilanie od 18 do 30 V<sub>DC</sub> lub od 100 do 240 V<sub>AC</sub>, wyjścia 0-5 VDC, 4-20 mA, wyjścia sygnalizujące alarm, wyświetlacz LCD, sumator, program umożliwiający komunikację z gazomierzem poprzez RS-232. Kalibracja przepływomierza została wykonana dla gazu ziemnego wysokometanowego.

\* Część I artykułu została opublikowana w PAK 7/8 2005 str. 29-32



Rys. 2.2. Schemat montażu przepływomierza 640S

Przepływomierz termooanemometryczny zamontowano na stacji pomiarowej w sposób podany na rys. 2.2. Próbник z sensorami został wprowadzony do rurociągu poprzez zespół umożliwiający montaż sondy pod ciśnieniem. Zespół ten składa się z: zaworu odcinającego, podzespołów uszczelniających, złącza ciśnieniowego zaciskowego oraz ogranicznika wysuwu. Sonda została umieszczona tak, aby czujniki znalazły się w osi rurociągu. Sygnały z czujników są przekazywane poprzez 30 metrowy kabel do głównej części urządzenia. Gazomierz zasilany jest z przelicznika elektronicznego napięciem stałym.

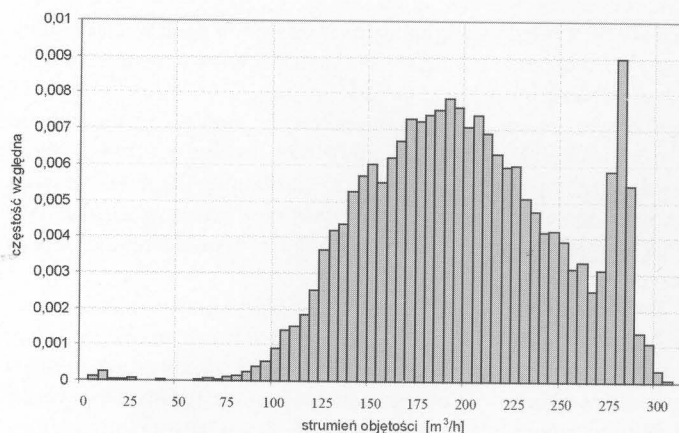
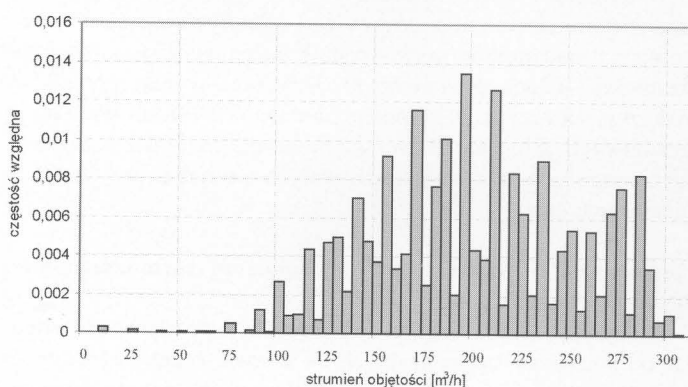
Przelicznik MacMAT posiada iskrobezpieczne wejścia pomiarowe, które dają możliwość współpracy z zewnętrznymi przetwornikami poprzez sygnał prądowy 4-20 mA. Poza tym, przelicznik ten ma wejścia impulsowe LF i HF przystosowanie do pracy z gazomierzem impulsowym (LF – niskoczęstotliwościowe, HF - wysokoczęstotliwościowe) [3]. W układzie doświadczalnym wejście LF współpracuje z niskoczęstotliwościowym wyjściem impulsowym gazomierza turbinowego. Wejścia analogowe wykorzystuje się do podłączenia przetwornika ciśnienia, przetwornika temperatury i wyjścia prądowego gazomierza termooanemometrycznego. Dodatkowo MacMAT zapewnia źródło zasilania dla przetworników bez własnego zasilania.

Cykl pomiarowy w przeliczniku MacMAT trwa 1 sekundę. Podczas tego czasu wykonywane są wszystkie pomiary i obliczenia. Następnie, zostają dla okresu próbkowania obliczone wartości średnie wyników pomiarów i zapisane w pamięci. Okres próbkowania można zaprogramować w zakresie od 1 minuty do 1 godziny.

## 2. Analiza danych pomiarowych

Przeprowadzoną analizę danych pomiarowych podzielono na trzy części: analizę częstości występowania określonych wartości strumienia objętości wskazywanej przez przepływomierz turbinowy i termooanemometryczny; obliczenia związane z określeniem niepewności pomiaru osobno dla każdego gazomierza; analizę porównawczą wskazań przepływomierzy i wynikające z tego wnioski. Interpretacja danych pomiarowych była utrudniona, ponieważ nie można było przeprowadzić badań dokładności wskazań urządzeń pomiarowych w warunkach laboratoryjnych przed ich instalacją w torze pomiarowym. Dlatego też, zarówno dla nowego przepływomierza termooanemometrycznego 640S jak i gazomierza turbinowego CGT G-160 opierano się na posiadanych certyfikatach kalibracji.

Strumień objętości przepływającego gazu wskazywany przez gazomierz turbinowy odpowiada strumieniowi w warunkach pomiaru. Przeliczenia tego strumienia na jego wartość w warunkach normalnych dokonuje przelicznik przemysłowy w oparciu o dane

Rys. 2.3. Histogram przepływomierza termooanemometrycznego 640S ( $\Delta x_i = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $T = 15 \text{ min}$ )Rys. 2.4. Histogram przepływomierza turbinowego CGT G-160 ( $\Delta x_i = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $T = 15 \text{ min}$ )

z gazomierza oraz o bieżące wartości temperatury i ciśnienia gazu. Natomiast dla przepływomierza 640S nie trzeba stosować zewnętrznego przelicznika, gdyż wynik podawany na wyjściu dotyczy strumienia objętości w warunkach normalnych. Wszystkie wartości strumienia objętości w prezentowanej analizie odnoszą się do objętości w warunkach normalnych.

Badania przeprowadzone na stacji pomiarowo – redukcyjnej obejmowały okres prawie sześciu miesięcy (od listopada 2003 do kwietnia 2004). W tym czasie pobrano ponad 15,5 tys. próbek. Okres próbkowania określony został na 15 minut.

### Histogram przepływomierza termooanemometrycznego i turbinowego

Pierwsza faza analizy danych pomiarowych dotyczyła poznania charakterystyki strumienia objętości przepływającego przez stację pomiarową. W tym celu utworzono histogramy z otrzymanych wyników. Na rysunku 2.3 zaprezentowano histogram pomiarów zarejestrowanych przez przepływomierz termooanemometryczny 640S, zaś rysunek 2.4 przedstawia histogram wskazań gazomierza turbinowego CGT G-160.

Kształty obu histogramów wykazują bardzo duże różnice. Histogram przepływomierza 640S charakteryzuje się równomiernymi przyrostami. Natomiast histogram gazomierza turbinowego ma bardzo duże skoki wartości.

Różnica między tymi dwoma urządzeniami pomiarowymi wynika przede wszystkim z metody pomiaru jak również z samej ich konstrukcji. Gazomierz turbinowy jest miernikiem mechanicznym, którego organ pomiarowy obracany jest pod wpływem przepływu medium. Po każdym pełnym obrocie turbiny generowany jest impuls. Tak jak wspomniano wcześniej, rozdzielczość badanego gazomierza wynosi  $1 \text{ m}^3/\text{imp.}$  co stanowi bardzo dużą wartość dla obserwowanych przepływów na stacji. Można jednak poprawić ją poprzez wykorzystanie nadajnika wysokiej częstotliwości, a nie jak w badanej stacji nadajnika niskiej częstotliwości. Podczas badań nie było jednak można zmienić nadajnika na wysokoczęstotliwości-

ściowy ze względów formalnych (w oparciu o dane ze stacji rozlicza się zakup gazu pomiędzy Pomorską Spółką Gazownictwa Sp. z o.o. a PGNiG S.A.).

Przepływomierz termooanemometryczny nie stwarza problemu z rozdzielczością. Producent umożliwił nastawianie czasu odpowiedzi gazomierza pomiędzy 0,1 a 7,2 sekundy [2]. Czas ten wiąże się z opóźnieniem powodowanym przez filtr wygładzający sygnał wyjściowy. Im jest ono większe tym następuje lepsze wyrównanie sygnału.

Ponadto podczas prowadzonych badań wystąpiła sytuacja znacznego spadku ciśnienia gazu w sieci. W tym czasie przepływomierz termooanemometryczny wykazywał wartość przepływu natomiast gazomierz turbinowy zarejestrował błąd pomiaru. Błąd ten wynikał z faktu, iż przy małych energiach przepływu (mały strumień i niskie ciśnienie) siły tarcia łożysk mogą spowodować zatrzymanie turbiny pomiarowej i zerowe wskazania.

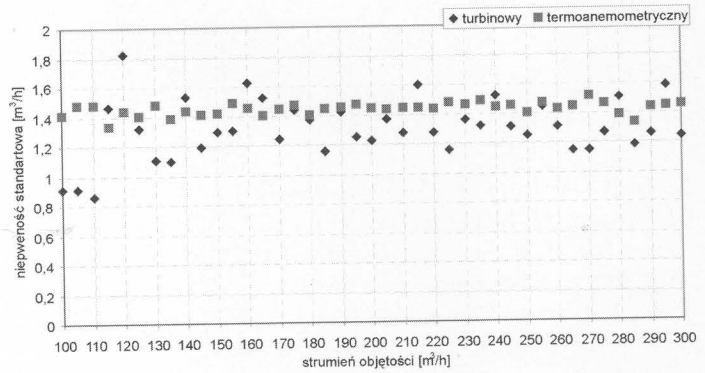
W tej części analizy wykazano istotną przewagę przepływomierza termooanemometrycznego nad przepływomierzem turbinowym z nadajnikiem niskoczęstotliwościowym. Jest nią rozdzielczość układu pomiarowego. Uzyskane wyniki pomiarów wskazują na przydatności przepływomierza 640S do pomiarów chwilowych. Zaobserwowano też przewagę gazomierza termooanemometrycznego w pomiarach małych strumieni przy niskich ciśnieniach gazu.

#### Niepewności pomiaru przepływomierza termooanemometrycznego i turbinowego

Badania dokonane na rzeczywistej stacji pomiarowej różnią się od pomiarów laboratoryjnych, w których znana jest wartość prawdziwa strumienia objętości. W warunkach przemysłowych można ją jedynie estymować. Wówczas przyjmuje się, iż najlepszym oszacowaniem wartości rzeczywistej jest średnia arytmetyczna z serii niezależnych pomiarów. Jednakże wielkość mierzona powinna być stała w czasie wykonywania serii pomiarów. W badaniach przepływu gazu przez stację pomiarową wartość strumienia objętości jest zmienna w czasie, co powoduje, że kolejne pomiary nie odnoszą się do tej samej wartości mierzonej. Pojawia się tu problem jak estymować wartość oczekiwaną. Proponowanym rozwiązaniem jest podzielenie zakresu wyników pomiarów, na przedziały. Muszą być one z jednej strony jak najmniejsze, aby nie tracić informacji przez uśrednianie, zaś z drugiej nie mogą być zbyt małe, by ilość próbek należących do danego przedziału była reprezentatywna. Uwzględniając charakterystykę mierzonego strumienia objętości przyjęto szerokość przedziału równą 5 m<sup>3</sup>/h.

Kolejnym krokiem w dążeniu do określenia wartości rzeczywistej było obliczenie dla każdego przedziału wartości średniej arytmetycznej. Wartość ta została przyjęta jako estymata wartości prawdziwej dla pomiarów należących do danego przedziału. Jednak nie wszystkie przedziały zakresu zmian pomierzonych strumieni objętości są statystycznie reprezentatywne. Powodem pominięcia części przedziałów była zbyt mała ilość zarejestrowanych próbek z określonego przedziału. Przyjęto, że najmniejsza liczebność przedziału może wynosić 50 próbek. Wskazania przepływomierza 640S i CGT G-160 pobiera się tu niezależnie od siebie, czyli nie brano pod uwagę czasu pobrania danej próbki. Dla każdego z przedziałów obliczono estymatę niepewności standardowej i niepewności rozszerzonej. Przyjęto poziom ufności równy 99%. Współczynnik rozszerzenia  $k_\alpha$  dla tego poziomu ufności oraz dla większej od 49 liczby stopni swobody wyniósł 2,57.

Rysunek 2.5 przedstawia wartości niepewności standardowej dla każdego z przedziałów, na które podzielono wskazywania przepływomierza termooanemometrycznego i turbinowego. Oś wartości strumienia objętości należy rozumieć w ten sposób, że konkretna wartość oznacza początek przedziału, który reprezentuje. Niepewność standardowa pokazuje skupienia rozkładu zmiennej losowej modelującej wynik pomiaru wokół wartości



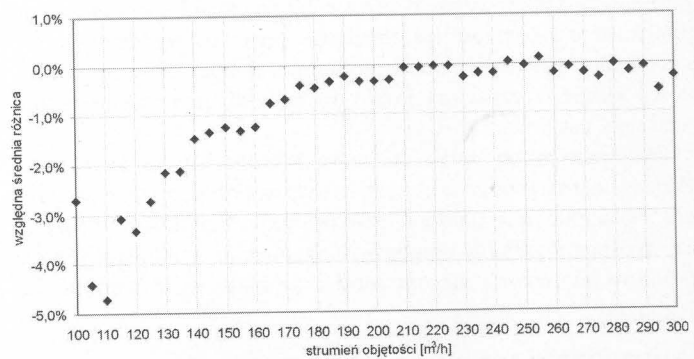
Rys. 2.5. Wykres niepewności standardowej dla poszczególnych przedziałów przynależności

oczekiwanej (średniej arytmetycznej). Rozkład wartości estymaty odchylenia standardowego dla przepływomierza termooanemometrycznego jest bardzo równomierny, prawie stały. Natomiast wskazania gazomierza turbinowego wykazują duże zróżnicowanie wynikające z rozkładu danych pomiarowych w poszczególnych przedziałach.

Otrzymane wyniki analizy niepewności pomiaru wykazują, że wartości niepewności standardowej i rozszerzonej przepływomierza 640S charakteryzują się mniejszym rozrzutem niż przepływomierza turbinowego.

#### Porównanie wskazań przepływomierzy

Obecnie porównamy wskazania przepływomierza termooanemometrycznego i turbinowego. Istotna jest tu, informacja o czasie pobrania próbki. Dla każdej pobranej próbki wyliczono różnicę wskazań obu gazomierzy. Następnie dokonano rozdzielania poszczególnych różnic na przedziały przynależności. Szerokość takiego przedziału wynosiła 5 m<sup>3</sup>/h. Podczas rozdzielania kierowano się wskazaniami przepływomierza 640S to znaczy jego wskazania decydowały do jakiego przedziału trafi dana różnica próbek wskazań obu przepływomierzy.



Rys. 2.6. Wykres względnej średniej różnicy wskazań przepływomierza turbinowego i termooanemometrycznego

Na rys. 2.6 pokazano obliczone wartości względnej średniej różnicy wskazań gazomierzy. Wartości te wyliczono według zależności (1):

$$sr = \frac{\sum_{i=1}^k (V_{TURB_i} - V_{TERM_i})}{\sum_{i=1}^k V_{TERM_i}} * 100\% \quad (1)$$

gdzie:

sr – względna średnia różnica

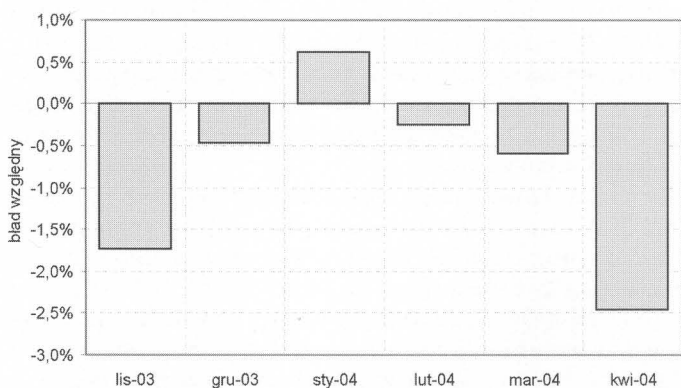
k – liczebność przedziału (liczba próbek w danym przedziale)

$V_{TURB}$  – wartość wskazana przez przepływomierz turbinowy w chwili i

$V_{TERM}$  – wartość wskazana przez przepływomierz termooanemometryczny w chwili i

Analizując otrzymaną zależność względnej średniej różnicy od wartości strumienia objętości możemy zauważyć, iż błąd ten ma charakter błędu systematycznego. Podstawa tego stwierdzenia jest fakt, że przy tak dużej ilości próbek oraz przy małych różnicach odchylenia średniokwadratowego dla poszczególnych przedziałów średnia wartość różnicy wskazań dla danego przedziału jest statystycznie uzasadniona. Przepływomierz turbinowy wskazuje niższe wartości niż przepływomierz termooanemometryczny dla małych wartości strumienia objętości. Efekt ten zanika wraz ze wzrostem przepływu. Źródłem tego zjawiska jest najprawdopodobniej strata energii na siły tarcia łożysk mocujących turbinę [5]. Im większy strumień objętości, tym większa jego energia powodująca zmniejszenie się błędu pomiarowego. Sytuacja ta mogłaby nie wystąpić, gdyby zainstalowany przepływomierz turbinowy był lepiej dopasowany swymi parametrami do przepływającego strumienia objętości. Jednakże, z drugiej strony, czynnikiem powodującym tak duże różnice wskazań obu przepływomierzy dla małych przepływów mogło być też skalibrowanie przepływomierza 640S dla innej średnicy rurociągu niż średnica występująca na badanej stacji pomiarowej. Podane przez producenta przeliczenie według stosunku powierzchni przekroju może być obarczone błędem. Prędkość gazu w osi rurociągu nie jest prędkością średnią, a jej rozkład może znacznie zmieniać się wraz ze zmianą średnicy. W związku z tym zależność, według której powinno się przeliczać uzyskane wyniki może być nieliniowa. Sprawdzenie poprawności algorytmu pozwalającego przeliczać wskazania przepływomierza termooanemometrycznego w przypadku zastosowania go dla innych średnic niż średnica kalibracji wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań na stanowisku laboratoryjnym.

Rozliczenia finansowe w gazownictwie najczęściej wykonywane są w okresach miesięcznych. Z tego powodu przeprowadzono analizę porównawczą miesięcznych wartości zużycia gazu wskazanych przez przepływomierz termooanemometryczny i turbinowy (rys.2.7). W obliczanych miesięcznych sumach wskazań brano pod uwagę tylko próbki, dla których zarejestrowano poprawne dane z obu przepływomierzy.



Rys. 2.7. Różnica wskazań w poszczególnych miesiącach znormalizowana do wskazań przepływomierza termooanemometrycznego

Rys. 2.7 ukazuje różnice wskazań miesięcznych obu przepływomierzy znormalizowane do wskazania przepływomierza termooanemometrycznego. Jedynie poza styczniem różnica ta przyjmuje wartości ujemne. Związane jest to z średnią wartością strumienia rejestrowaną w danym miesiącu. W miesiącach o dużym poborze gazu (od grudnia do marca) różnice wskazań gazomierzy 640S i CGT G-160 są małe, natomiast dla miesięcy o małych poborach (listopad i kwiecień) - są duże.

Sumarycznie w okresie badań gazomierz turbinowy CGT G-160 wykazał objętość gazu o 2,8 % mniejszą niż przepływomierz termooanemometryczny. Różnica ta może być jednym z czynników powodujących niezbilansowanie zużycia gazu ziemnego w danej sieci dystrybucyjnej, polegającej na różnicy pomiędzy

ilością wprowadzoną a wyprowadzoną z systemu. Rozbieżność ta określana jest jako nierozliczone ilości gazu. Oprócz błędów pomiarowych na stacjach I stopnia powodem występowania nierozliczonych ilości gazu są między innymi niedoskonałość zastosowanych metod pomiarowych, niedokładność urządzeń mierniczych, błąd przeliczania na warunki normalne oraz wiele różnorodnych czynników związanych z pomiarem strumienia gazu u odbiorców. Szerszy opis tej problematyki przy pomiarach zużycia gazu przez indywidualnych odbiorców zamieszczono w artykułach [6][7][8].

### 3. Podsumowanie

Podczas realizacji projektu stwierdzono następujące zalety przepływomierza termooanemometrycznego 640S: prosta obsługa i montaż, uniwersalność oraz małe rozmiary. Przeprowadzona analiza danych zebranych na stacji pomiarowej pozwoliła na wyciągnięcie kilku następujących wniosków i obserwacji. Przepływomierz termooanemometryczny w porównaniu do przepływomierza turbinowego (z niskoczęstotliwościowym nadajnikiem impulsów) charakteryzuje się dużą przewagą rozdzielczości. Wskazuje to na jego przydatność do pomiarów chwilowych. Niepewności standardowe i rozszerzone wskazań przepływomierza 640S charakteryzują się małym rozrzutem w porównaniu z przepływomierzem turbinowym. Wskazania przepływomierza 640S i przepływomierza CGT G-160 nie wykazują dla większości zakresu pomiarowego dużych różnic za wyjątkiem małych strumienia objętości. Ze względu na duży udział małych wartości strumienia podczas przeprowadzonych badań różnica sumarycznych wskazań przepływomierzy znormalizowana od wskazań przepływomierza termooanemometrycznego wyniosła - 2,8%.

Właściwości charakteryzujące przepływomierz 640S pozwalają na zastosowanie go do pomiarów przepływu gazu ziemnego w sieci dystrybucyjnej. Jednak dla pełniejszej oceny tego przepływomierza należałoby przeprowadzić jeszcze badania laboratoryjne.

### 4. Literatura

- [1] Gazomierz CGT, Dokumentacja techniczna firmy COMMON
- [2] Przepływomierz 640S, Dokumentacja techniczna firmy Sierra Instruments
- [3] Przelicznik MacMAT, Dokumentacja techniczna firma PLUM
- [4] Witos M.: Eksperymentalna weryfikacja obliczeń charakterystyki teoretycznej gazomierza turbinowego, Nowoczesne Gazownictwo nr 2 2002r.
- [5] Witos M.: Trwałość charakterystyki metrologicznej gazomierza turbinowego, Nowoczesne Gazownictwo nr 2 2003r.
- [6] Łętowski S., Słomiński P.: Gazomierz miechowy z liczydłem elektronicznym jako narzędzie w badaniach nierozliczonych ilości gazu u odbiorców domowych, Nowoczesne Gazownictwo nr 3 1999r.
- [7] Łętowski S., Słomiński P., Bogacka B.: Wpływ urządzenia pomiarowego zainstalowanego u odbiorcy na nierozliczone ilości gazu, Nowoczesne Gazownictwo nr 4 1999r.
- [8] Łętowski S., Słomiński P.: Model nierozliczonych ilości gazu w gazomierzach domowych, Nowoczesne Gazownictwo nr 3 2000r.

**Title:** Stream of natural gas measurement by termooanemometrical meter - part II research on the real object