

mgr inż. JANUSZ KOSIŃSKI

Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

O POSZERZANIU KRESY WSKAZANIA WARTOŚCI ZEROWEJ NA PODZIELNIACH PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH

Celem artykułu jest wyjaśnienie potrzeby poszerzenia kresy wskazania wartości zerowej. Spotykane w normach krajowych i zagranicznych, dla niektórych przyrządów pomiarowych, wymaganie poszerzenia „kresy zerowej” uzależniane jest często od granicznego dopuszczalnego błędu pomiaru, występującego przy ściśle określonym obciążeniu przyrządu. Wymaganie to jest formułowane bez podawania jakichkolwiek wyjaśnień i dlatego też często budzi ono wątpliwości. Potrzeba poszerzenia kresy zerowej może wynikać: z zależności występujących między mierzonymi parametrami, z histerezy elementu sprężystego lub mechanizmu pomiarowego, z niestabilności zera itp. zjawisk.

Poniżej przykładowo rozpatrzono przypadek mierników przepływomierzy zwężkowych, dla których przyjmuje się poszerzenie kresy zerowej do wartości odpowiadającej ograniczonemu dopuszczalnemu błędowi pomiaru k występującemu przy pięćdziesięcioprocentowym strumieniu płynu. Z układu zwężkowego, jako czujnika pomiarowego przepływomierza, wychodzi sygnał w postaci ciśnienia różnicowego (mierniczej różnicy ciśnienia), które mierzone jest przez miernik. Teoretyczna, zależność między strumieniem płynu Q a ciśnieniem różnicowym H ma postać:

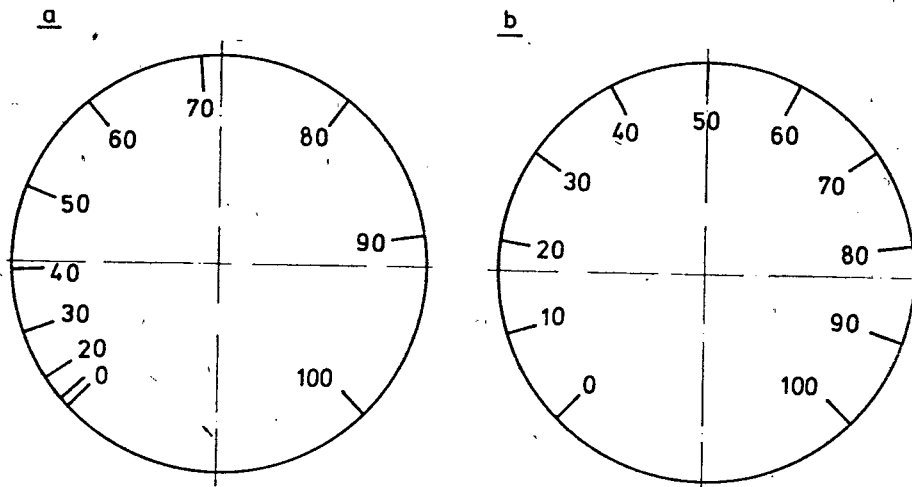
$$Q = c \sqrt{H} \quad (1)$$

gdzie:

c — stała (quasi) zależna od wymiarów zwężki i rurociągu, warunków przepływu i rodzaju mierzonego czynnika.

Ze względu na rodzaj tej zależności proste mierniki przepływomierzy, wskazujące bezpośrednio strumień płynu mają podziałki niejednostajne, chociaż zwykle równomierne (rys. 1a).

W celu uzyskania podziałek regularnych, tj. równomiernych i jednostajnych (rys. 1b) — mierniki przepływomierzy wyposażone są w urządzenia pierwiastkujące.



Rys. 1.

1. Mierniki przepływomierzy z podziałką regularną

Dla tego rodzaju podziałek długości działek L są proporcjonalne do wartości strumienia płynu q

$$L = q \cdot L_{\max} \quad /2/$$

gdzie:

L – długość działki (mierzona od kresy zerowej do kresy odpowiadającej dowolnemu wskazaniu)

L_{\max} – całkowita długość podziałki (odpowiadająca górnej granicy wskazań)

q – względny strumień płynu (objętości lub masy)

przy czym:

$$q = \frac{Q}{Q_{\max}} \quad /3/$$

Q – strumień płynu odpowiadający długości działki L

Q_{\max} – maksymalny strumień płynu czyli górna granica wskazań (GGW).

Różniczkując równanie /2/, po uwzględnieniu zależności /3/, otrzymuje się:

$$dL = \frac{dQ}{Q_{\max}} \cdot L_{\max} \quad /4/$$

Przechodząc do przyrostów skończonych, tj. zastępując w powyższym wzorze różniczki skończonymi przyrostami Δ (z pominięciem małych wyższego rzędu), wprowadzamy następujące zależności:

a) klasę dokładności miernika k , wyrażającą stosunek granicznego dopuszczalnego błędzi pomiaru strumienia płynu ΔQ do GGW:

$$k = \frac{\Delta Q}{Q_{\max}} \quad /5/$$

b) względny przyrost długości działki λ jako stosunek przyrostu długości działki ΔL (odpowiadający przyrostowi strumienia płynu równemu ΔQ) do całkowitej długości podziałki L_{\max} .

W wyniku otrzymuje się:

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L_{\max}} = \frac{\Delta Q}{Q_{\max}} = k \quad /6/$$

Otrzymany wynik oznacza, że w tym przypadku względny przyrost długości działki λ , odpowiadający zmianie strumienia płynu równemu granicznemu dopuszczalnemu błędowi pomiaru ΔQ , jest stały i równy wartości klasy miernika – niezależnie od mierzonej wartości strumienia płynu Q .

2. Mierniki przepływomierzy z podziałką niejednostajną

Dla tego rodzaju podziałek długości działek L są proporcjonalne do wartości ciśnienia różnicowego H

$$L = \frac{H}{H_{\max}} L_{\max} \quad /7/$$

gdzie:

H – ciśnienie różnicowe (miernicza różnica ciśnienia na zwężce)

H_{\max} – maksymalne ciśnienie różnicowe odpowiadające GGW.

Różniczkując wzór /7/ przy równoczesnym wykorzystaniu teoretycznej zależności między ciśnieniem różnicowym a strumieniem płynu – wzór /1/, otrzymuje się wzór na przyrost długości działki:

$$dL = \frac{dH}{H_{\max}} L_{\max} = \frac{2Q dQ}{Q_{\max}^2} \cdot L_{\max} \quad /8/$$

Postępując analogicznie jak w poprzednim przypadku otrzymuje się wzór na względny przyrost długości działki λ :

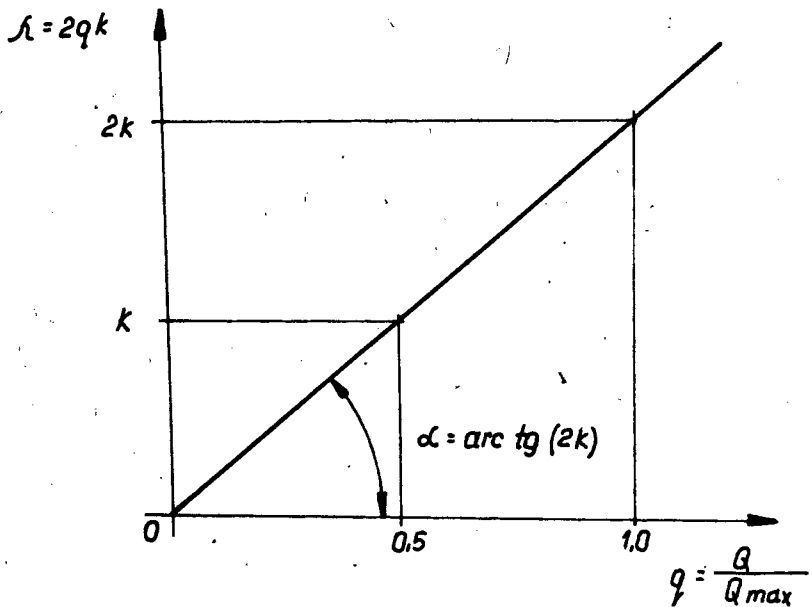
$$\lambda = \frac{\Delta L}{L_{\max}} = \frac{2Q \cdot \Delta Q}{Q_{\max} Q_{\max}} = 2qk \quad /9/$$

Otrzymany wynik świadczy o zależności względnego przyrostu działki λ (odpowiadającego klasie przyrządu) od wartości strumienia płynu Q .

Graficznym obrazem tej zależności w układzie współrzędnych $Q-\lambda$ jest prosta przechodząca przez początek układu i nachylona pod kątem $\alpha = \arctg(2k)$.

Zależność tę przedstawiono na rysunku 2, a w tabelce zestawiono wartości λ dla niektórych charakterystycznych wartości Q .

Q	0	1/4	1/2	1
λ	0	1/2 k	k	2 k



Rys. 2.

Jak z powyższych rozważań wynika, względny przyrost długości działki (odpowiadający klasie miernika) w tym przypadku jest zmienny i wynosi:

od $\lambda = 2k$ – dla górnej granicy wskazań ($q = 1$),
 przez $\lambda = k$ – dla pięćdziesięcioprocentowego strumienia przepływu ($q = 1/2$)
 do $\lambda = 0$ – dla dolnej granicy wskazań ($q = 0$).

W praktyce, tradycyjnie w obu przypadkach, przyjmuje się szerokość kresy zerowej równą wartości klasy miernika:

$$\lambda_0 = k$$

gdzie λ_0 – względny przyrost działki dla kresy zerowej.

Takie przyjęcie rozszerzenia kresy zerowej nie nasuwa wątpliwości w przypadku podziałki regularnej, gdyż zgodnie ze wzorem /6/

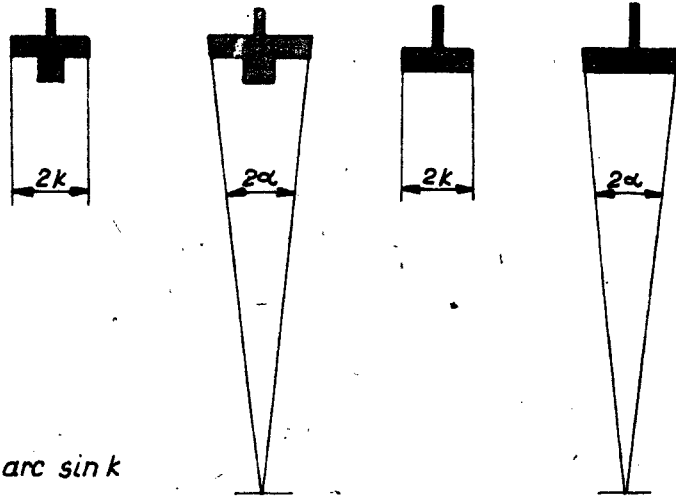
$$\lambda = k = \lambda_0$$

Natomiast w przypadku podziałki niejednostajnej warunek ten jest spełniony tylko przy pięćdziesięcioprocentowym strumieniu przepływu, gdyż zgodnie ze wzorem /9/

$$\lambda = 2qk$$

aby $\lambda_0 = \lambda = k$, to musi być $q = \frac{1}{2}$

Przykłady wzorów poszerzonych kres zerowych przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3.

Zależnie od przyczyn powodujących potrzebę poszerzenia kresy zerowej, można przeprowadzić podobne rozważania w celu uzasadnienia i wyjaśnienia stawianych warunków dla innych rodzajów przyrządów pomiarowych.