

## Číslicové meracie prístroje neelektrických veličín. I. Číslicový snímač prietoku

JÁN DANKO

**Súhrn.** Cieľom výskumnej úlohy (zhrnutím ktorej vznikol tento článok) bol návrh, realizácia a overenie činnosti univerzálnych schém meracích prevodníkov a vyhodnocovacích zariadení (zobrazovacích jednotiek), ktoré po pripojení snímača technologickej veličiny (teploty, tlaku a pod.) by boli schopné merať danú technologickejšiu veličinu, udávať jej hodnotu v číslicovom tvare a komunikovať s riadiacim počítačom bez použitia analógovo-číslicových prevodníkov.

Článok pozostáva z dvoch častí. Prvá časť sa zaoberá opisom činnosti a výsledkami testovania realizovaného číslicového snímača prietoku.

Meraním vo všeobecnosti nazývame proces, ktorým experimentálne zisťujeme hodnotu fyzikálnej veličiny pomocou technického prostriedku — meracieho prístroja.

Proces merania pozostáva zo snímania, prenosu a spracovanie informácie so zámerom získať hodnotu danej veličiny v najvhodnejšom možnom tvare na ďalšie použitie. Meranie je teda objektívne a kvantitatívne zhodnotenie meranej veličiny.

Merací prístroj môže byť jeden konštrukčný celok, ale môže pozostávať aj z viacerých konštrukčných celkov a tvoriť meracie zariadenie.

Merací prístroj v podstate pozostáva z troch častí: snímača, meracieho prevodníka a vyhodnocovacieho zariadenia (obr. 1).

*Snímač* sníma hodnotu meranej veličiny (napr. tlaku, teploty, prietoku a pod.) a mení ju na hodnotu výstupného signálu snímača (napr. dĺžky objemu, odporu, napätia a pod.).

*Merací prevodník* mení výstupný signál snímača na signál vhodný na diaľkový prenos (napr. elektrický alebo pneumatický signál).

Vyhodnocovacie zariadenie spracúva výstupný signál meracieho prevodníka a udáva (ukazuje alebo tlačí) hodnotu meranej veličiny. Vyhodnocovacie zariadenie môže tvoriť so snímačom a meracím prevodníkom jeden celok (ukazovacie prístroje) alebo môže byť ako samostatná časť (zapisovače, tlačiarne).



Obr. 1. Bloková schéma meracieho prístroja.

Fig. 1. Block scheme of measuring apparatus. 1 — Reader, 2 — Measuring converter, 3 — Plotting equipment.

## 1. Meranie prietoku

Pre potreby prác vedeckovýskumného charakteru bol navrhnutý a realizovaný merací prístroj na meranie okamžitého prietoku neagresívnych čírych kvapalných látok s číslicovým výstupom nameraných údajov, ktorý možno využiť aj na mikropočítačový zber a spracovanie dát.

### 1.1. Opis činnosti prietokomera

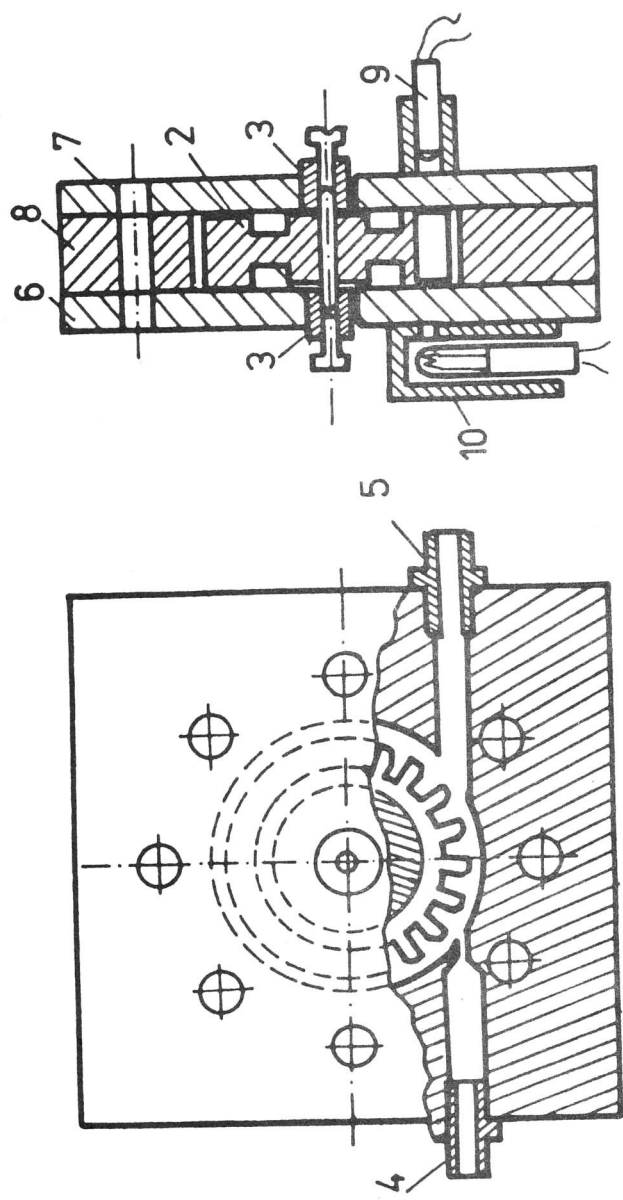
Ako snímač prietoku kvapalnej látky sa zvolil jednovtokový radiálny prietokomer (obr. 2).

Tento typ snímača sme zvolili z množstva existujúcich snímačov okamžitého prietoku kvapalných látok preto, že sa dá pomerne ľahko získať a požadovaná nominálna absolútna hodnota prietoku je určená prietokovými prierezmi snímača a rozmermi lopatiek turbíny.

Plášť realizovaného snímača prietoku je zhotovený z plexiskla a tvorí ho predná stena (6), zadná stena (7) a stredná doska (8). (Medzi stenami a strednou doskou je tesnenie — papier napustený tuhým mazadlom.) Steny so strednou doskou sú vzájomne spojené skrutkami. V strednej doske je zabudovaný vtokový otvor (4), výtokový otvor (5) a centricky uložené lopatkové koliesko — turbína (2), ktorá je zhotovená z duralu. Klzné ložiská osky (1) turbíny sú umiestnené v teflónových upchávkach (3), ktoré sú upevnené v prednej (6) a zadnej (7) stene snímača (schéma snímača na obr. 2 je nakreslená v mierke 1:1).

Na prednej stene snímača je upevnený fototranzistor (9), na zadnej stene žiarovka (10), ktoré fotoelektricky snímajú otáčky turbíny (2). Turbína má 20 lopatiek a fotoelektrický snímač vyšle pri jednej otáčke 20 impulzov.

V prípadoch, keď treba merať prietok kalných kvapalných látok, nedá sa



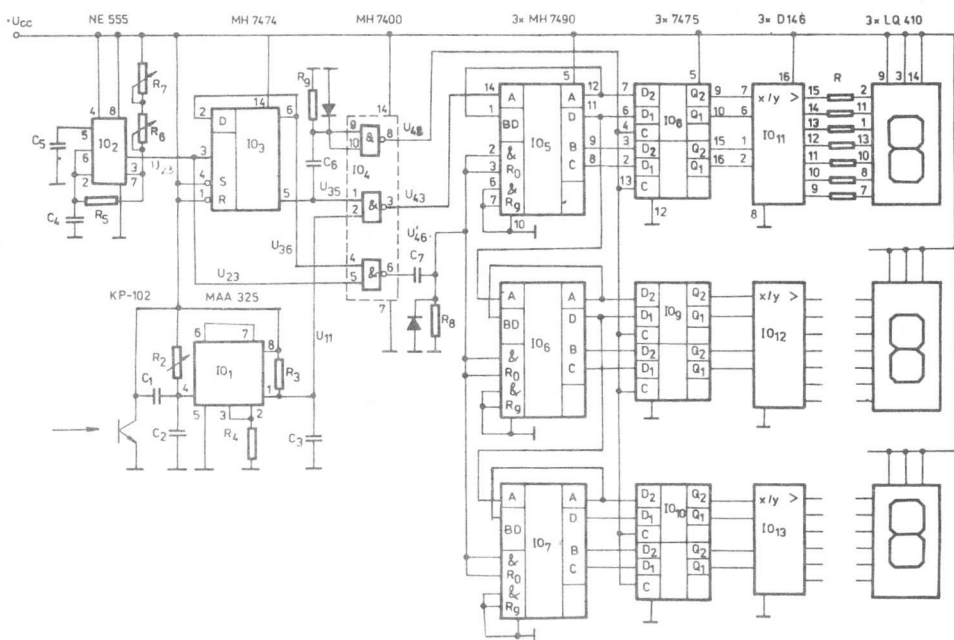
Obr. 2. Schéma lopatkového radiálneho prietokomera.

Fig. 2. Scheme of the blade radial flow indicator.

použiť fotoelektrický snímač otáčok a treba ho nahradiť opticko-elektrickým inkrementálnym rotačným čidlom IRC 120—125, ktoré vyrába ZPA Košice, k. p., závod Netolice. (Použitím IRC-120 sa podstatne zhoršia dynamické vlastnosti turbínového prietokomeru.)

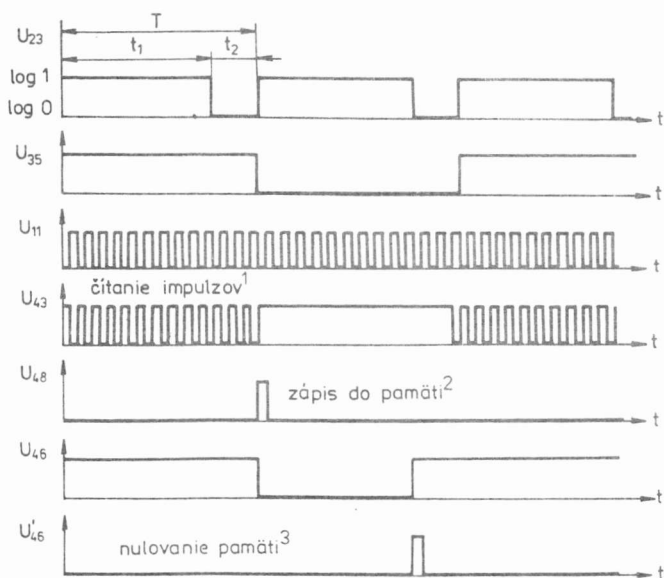
Elektrické impulzy z fototranzistora 9 (KP 102) (obr. 2) sa privádzajú do elektronického vyhodnocovacieho zariadenia (obr. 3), kde sa upravujú v integrovanom obvode  $IO_1$  (MAA 325) na obdĺžnikové kmity ( $IO_1$  v uvedenom zapojení pracuje ako Schmittov klopný obvod), ktorých frekvencia závisí od okamžitej kruhovej rýchlosti turbíny.

Činnosť celého elektronického zariadenia vyhodnocujúceho okamžitý prietok riadi riadiaci blok, ktorý tvoria integrované obvody  $IO_2$  (NE 555),  $IO_3$  (MH 7474) a  $IO_4$  (MH 7400). Časovú základňu riadiaceho obvodu tvorí integrovaný obvod  $IO_2$ , ktorý pracuje v astabilnom režime — vo funkcii kmitajúceho multivibrátora. V tomto zapojení sa obvod spúšťa samočinne, kondenzátor  $C_4$  sa nabíja cez rezistory  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  od hodnoty napätia  $1/3 U_{CC}$  do  $2/3 U_{CC}$ . Počas nabíjania kondenzátora  $C_4$  ( $t_1 = 0,693(R_5 + R_6 + R_7)C_4$ ) je na výstupe 3. obvodu  $IO_2$  signál vysokej napäťovej úrovne  $U_{23} = \log 1$ . Počas vybíjania kondenzátora  $C_4$  ( $t_2 = 0,693R_5C_4$ ) je na výstupe 3. obvodu  $IO_2$  signál napäťovej úrovne  $U_{23} = \log 0$ . Celá perióda činnosti  $IO_2$  je  $T = t_1 + t_2$  (pozri obr. 4).



Obr. 3. Elektrická schéma vyhodnocovacieho zariadenia.

Fig. 3. Electric scheme of the evaluation device.



Obr. 4. Časové priebehy riadiacich signálov.

Fig. 4. Time behaviour of control signals. (1 — Reading of impulses, 2 — Memory record, 3 — Memory erasing.)

Periódou kmitov výstupného signálu  $U_{23}$  obvodu  $IO_2$  môžeme nastavovať hrubo, zmenou odporu rezistora  $R_6$ , jemne, zmenou odporu rezistora  $R_7$ .

Riadiace signály sa vytvárajú zo signálu  $U_{23}$  pomocou integrovaného obvodu  $IO_3$  (MH 7474), ktorý pracuje vo funkcii T-klopného obvodu.

Výstupné signály  $U_{35}$  a  $U_{36}$  integrovaného obvodu  $IO_3$  riadia (cez logické členy NAND integrovaného obvodu  $IO_4$ ) činnosť čítačovej a pamäťovej časti vyhodnocovacieho zariadenia. Časové priebehy riadiacich signálov sú na obr. 4.

Výstupný signál  $U_{11}$  z  $IO_1$  sa privádza na vstup integrovaného obvodu  $IO_5$  (MH 7490A) cez dvojitý vstupový logický člen NAND obvodu  $IO_4$  (MH 7400) v tom prípade, keď  $U_{35} = \text{log } 1$ . Integrovaný obvod MH 7490A je desiatkový čítač vstupných impulzov  $U_{43}$ . Pracuje tak, že po načítaní 10 impulzov vyšle impulz do nasledujúceho čítača (integrovaného obvodu  $IO_6$ ) a  $IO_5$  sa vynuluje a začne znovu čítať vstupné impulzy  $U_{43}$ .

Po uplynutí času periódy  $T$  jedného cyklu činnosti  $IO_3$  riadiaci signál  $U_{48}$ , vytvorený deriváciou signálu  $U_{35}$ , dá povel na zápis načítanej informácie v integrovaných obvodoch  $IO_5$ ,  $IO_6$  a  $IO_7$  do integrovaných obvodov  $IO_8$ ,  $IO_9$  a  $IO_{10}$  (MH 7475 — pracuje ako pamäť 4-bitovej informácie). Po uplynutí času  $t_1$  od vzniku signálu  $U_{48}$  signál  $U'_{46}$ , ktorý je vytvorený zo signálu  $U_{46}$  (vzniknutý z  $U_{23}$  a  $U_{36}$ ) pomocou derivačného člena  $C_7$ ,  $R_8$  vynuluje čítače impulzov  $IO_5$ ,  $IO_6$

a  $IO_7$  a začiatkom  $(2n + 1)$  periódy pracovného cyklu  $IO_2$  cyklus činnosti vyhodnocovacieho bloku sa opakuje.

Informácia uložená v pamäti vyhodnocovacieho bloku ( $IO_8$ — $IO_{10}$ ) sa asynchrónne dekoduje pomocou integrovaných obvodov  $IO_{11}$ — $IO_{13}$  (D 146) z kódu BCD na kód 7 segmentových zobrazovacích jednotiek. Uvedenú schému možno rozšíriť pomocou ďalších integrovaných obvodov MH 7490A, MH 7475 a D 146 na päť zobrazovacích jednotiek.

## 1.2 Testovanie prietokomera

Na testovanie prietokomera sa použilo päť neagresívnych kvapalín s rôznou hustotou a viskozitou. Hodnoty fyzikálnych parametrov testovaných kvapalín uvádza tab. 1.

Konštantný prietok testovanej kvapaliny zabezpečovala Mariottova fľaša, ktorá udržiavala konštantný tlak kvapaliny pretekajúcej cez prietokomer.

Pri konštantnom tlakovom spáde  $\Delta p$  na prietokomeri (zo snímača kvapalina vytekala do odmernej nádoby pri atmosferickom tlaku) platí, že objemový prietok cez snímač je daný vzťahom

$$Q = \frac{\sqrt{\Delta p}}{R}, \quad (1)$$

kde  $R$  je hydraulický odpor vstupného kanála (hydraulický odpor výstupného kanála a rotujúcej turbíny je zanedbateľný v porovnaní s odporom vstupného kanála). Ak je  $\Delta p$  konštantné, je konštantný aj prietok cez snímač.

Pri konštantnom prietoku  $Q_v$  (overovanom pomocou odmernej nádoby objemu  $V$ , ktorá sa naplnila za čas  $t$ , vypočítanom zo vzťahu  $Q_v = V/t$ ), odčítaval sa číselný údaj z displeja (tvoreného tromi sedemsegmentovými zobrazovacími jednotkami LQ410) niekoľkokrát za sebou (aby sa vylúčili hrubé chyby merania a aby sa overila hodnovernosť a opakovateľnosť údajov) pri konštantnej perióde pracovného cyklu  $T = 0,65$  s nastavovanej pomocou premenných odporov  $R_6$  (hrubo) a  $R_7$  (jemne).

Závislosť prietoku testovaných kvapalín od tlakového spádu na snímači sú na obr. 5.

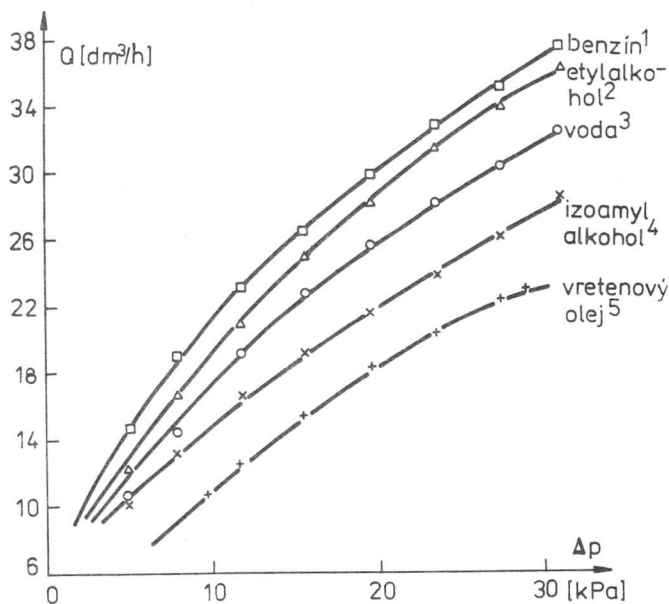
Uvedené závislosti možno približne opísať analytickým vzťahom (ktorý vyjadruje prietokovú závislosť turbulentného odporu)

$$Q_v = \frac{\pi d^2}{4} \alpha \frac{\sqrt{2 \Delta p}}{\varrho}, \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2)$$

kde  $d$  [m] je priemer dýzy napájacieho kanála ( $d = 1,2$  mm),  $\alpha$  — prietokový

súčiniteľ pre danú kvapalinu,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] — hustota pretekajúcej kvapaliny,  $\Delta p$  [Pa] — tlakový spád na snímači.

Prietokový súčiniteľ  $\alpha$  od určitej hodnoty Reynoldsovho čísla  $Re_{hr}$  nezávisí od prietoku. Hodnoty  $Re_{hr}$  a prietokového súčiniteľa  $\alpha$  pre testované kvapaliny sú v tab. 1.



Obr. 5. Prietokové závislosti snímača.

Fig. 5. Through-flow dependence of reader. (1 — Petrol, 2 — Ethyl alcohol, 3 — Water, 4 — Isoamyl alcohol, 5 — Spindle oil.)

Tabuľka 1. Hodnoty  $Re_{hr}$  a prietokového súčiniteľa  $\alpha$  pre testované kvapaliny  
 Table 1.  $Re_{hr}$  values and  $\alpha$  flow coefficient for tested liquids

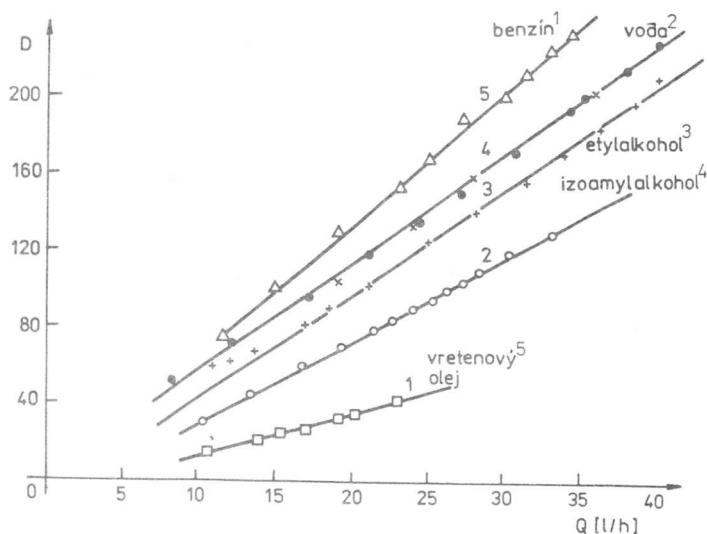
Testovaná kvapalina <sup>1</sup>	Parameter <sup>2</sup>			
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\nu \cdot 10^{-6}$ [m <sup>2</sup> /s]	$Re_{hr}$	$\alpha$
voda <sup>3</sup>	998,2	1,007	6500	1
etylalkohol <sup>4</sup>	789,0	1,492	6000	1
benzín <sup>5</sup>	710,0	0,644	12000	1
izoamylalkohol <sup>6</sup>	813,6	5,031	1500	0,82
vretenový olej <sup>7</sup>	874,7	12,941	460	0,68

1 — Tested liquid, 2 — Parameter, 3 — Water, 4 — Ethyl alcohol, 5 — Petrol, 6 — Isoamyl alcohol, 7 — Spindle oil.

Hodnoty  $Re_{hr}$  a prietokového súčiniteľa  $\alpha$  sa vypočítali zo vzťahov

$$Re = \frac{4Q}{\pi d v}, \quad \alpha = \frac{4Q\sqrt{\rho}}{\pi d^2 \sqrt{2\Delta p}}. \quad (3)$$

Závislosti číselného údaj zobrazovacích jednotiek  $D$  od objemového prietoku  $Q$  cez snímač sú na obr. 6.



Obr. 6. Závislosti údaj displeja of objemového prietoku.

Fig. 6. Dependence of display data on volume flow. (1 — Petrol, 2 — Water, 3 — Ethyl alcohol, 4 — Isoamyl alcohol, 5 — Spindle oil.)

Tieto závislosti môžeme opísať jednoduchým analytickým vzťahom

$$D = kQ - n, \quad (4)$$

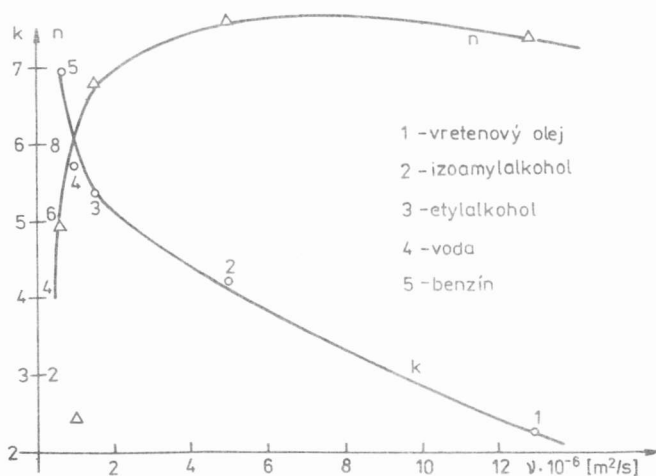
kde  $k$  je smernica priamky pre danú testovanú kvapalinu,  $n$  — necitlivosť snímača.

Necitlivosť je daná zotrvačnosťou turbíny (trením osky turbíny v klznom ložisku) a viskóznymi vlastnosťami pretekajúceho média — pri akom minimálnom prietoku sa prúd testovanej kvapaliny vytekajúcej z dýzy vstupného kanála odtrhne od vnútornej steny komory snímača.

Grafy závislosti parametrov  $k$  a  $n$  kinematickej viskozity pretekajúcej kvapaliny sú na obr. 7. Ako je z obrázku zrejmé, oba parametre veľmi závisia od viskozity pretekajúcej kvapaliny.

Aby sa údaj displeja číselového snímača okamžitého prietoku zhodoval s hodnotou okamžitého prietoku testovanej kvapaliny od  $Q_{min}$  (keď už prietoko-





Obr. 7. Závislosť parametrov  $k$ ,  $n$  priamky od viskozity testovanej kvapaliny.

Fig. 7. Dependence of  $k$ ,  $n$  parameters on viscosity of tested liquid. 1 — Spindle oil, 2 — Isoamyl alcohol, 3 — Ethyl alcohol, 4 — Water, 5 — Petrol.

vý súčiniteľ  $\alpha$  nezávisí od hodnoty  $Re_{hr}$ ) do  $Q_{max}$ , nastavíme pracovnú periódu vyhodnocovacieho zariadenia pomocou premenných odporov  $R_6$  a  $R_7$ , alebo treba údaj  $D$  vynásobiť prepočítavacím koeficientom  $Z$  (napr. na obr. 6 pre benzín  $Z = 1/7$ ).

Testovaný prietokomer je vhodný na meranie okamžitého prietoku máloviskózných kvapalín v rozsahu od  $8 \text{ dm}^3/\text{h}$  do  $80 \text{ dm}^3/\text{h}$ .

## Literatúra

1. DANKO, J.: Číslicový merač prietoku malých množstiev kvapalných látok. In: Automatizované systémy riadenia technologických procesov v chemickom a potravinárskom priemysle. Vysoké Tatry 1983.
2. Amatérske rádio: ARB/78, ARB 5/82, ARB 3/83, ARA 1/85.

Do redakcie došlo 15. 10. 1990

## **Цифровые измерительные приборы неэлектрических величин.**

### **I. Цифровой датчик расхода**

#### **Резюме**

Целью исследовательской работы был проект, реализация и проверка действия универсальных схем измерительных преобразователей и оценивающих устройств (представляющих единицы), которые после подключения датчика технологической величины (температура, давление и т. п.) были бы способны измерять данную технологическую величину, указывать ей величину в цифровом виде и вести диалог с управляющим ЭВМ без использования аналого-цифровых преобразователей.

Статья состоит из двух частей. Первая часть занимается описанием действия и результатами проверки реализованного цифрового датчика расхода.

## **Digital measuring instruments for non-electric constants measurements.**

### **I. Digital reader of flow**

#### **Summary**

The aims of this paper were suggestion, realization and verification of functions of universal schemes for measuring converters and plotting equipments. These image-forming units ought to be able to measure the given technological quantity (temperature, pressure, etc.) after connection of these units to the reader of technological quantity, to indicate its value in digital form and to communicate with control computer without using the analog-to-digital converter.

The paper consists of two parts. The first part is concerned with the description of the work and testing results of the realized digital flow reader.