

Spracovanie údajov v senzorových systémoch (3)

Ján Šturcel, Milan Mišeje, Miroslav Kamenský

(pokračovanie z AT&P journalu č. 9/2002)

Linearizácia prevodovej charakteristiky meracích členov teploty

Jedna z najdôležitejších funkcií predspracovania informácií rieši úlohu linearizácie prevodovej charakteristiky príslušného meracieho člena. Dôležitosť tejto operácie narastá so stále sa zvyšujúcou požiadavkou na presnosť merania, v súčasnosti (0,1 až 0,5 %).

ISS teploty s termočlánkom

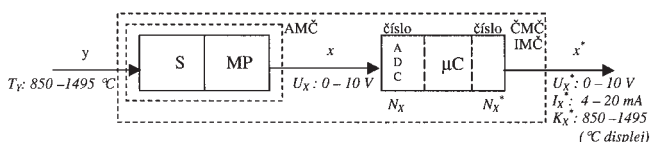
Číslicový merací člen teploty (ČMČ):

- termočlánok PtRh 30 – PtRh 6,
- merací rozsah (850 až 1 495) (C),
- požadovaná presnosť

$$T_{p_c} = 0,1\% \Rightarrow \Delta_C = 0,645^\circ\text{C} \quad (27)$$

Výstup:

- (0 až 10) V,
- (4 až 20) mA,
- displej, číslo.



Obr.8 Linearizácia prevodovej charakteristiky ČMČ: aproximácia funkcie $T = f(U)$ v mikropočítači, S – snímač, MP – merací prevodník, IMČ – inteligentný MČ, N_X – číslo v ADC

Úlohu reprezentuje linearizácia prevodovej charakteristiky ČMČ, tzn. aproximácia funkcie $T = f(U)$ v mikropočítači. ČMČ je zobrazený blokovou schémou na obr. 8. Prevodová charakteristika je určená hodnotami danými normou vlastného snímača – termočlánku:

$$\begin{aligned} x_i &= 3,546; 3,898; 4,264; 4,643; 5,035; 5,439; 5,855; 6,283; 6,721; \\ &7,170; 7,628; 8,096; 8,571; 9,053; 9,542; 10,036 \quad [mV] \\ y_i &= 850; 893; 936; 979; 1022; 1065; 1108; 1151; 1194; \\ &1237; 1280; 1323; 1366; 1409; 1452; 1495 \quad [^\circ\text{C}] \end{aligned} \quad (28)$$

Inverzná prevodová charakteristika AMČ získaná z daných bodov pomocou splajnovej aproximácie je na obr. 9. Hodnota napätia na výstupe AMČ – U_{TX} je v rozsahu $U_{TX} = (3,546 \text{ až } 10,036) \text{ mV}$.

X			X^*	
h_X	N_X	index	N_{X^*}	
	0	0		0,500000
	241	1		74,395517
	482	2		145,278149
241
	3615	16		918,211689
	3856	17		971,24825
	4097	18		1023,93725

Tab.1 Uzly pre linearizáciu pomocou NIP 1. stupňa

X		absolutná chyba				relat. chyba
N_X	U_X [V]	Δ_C	Δ_C [V]	Δ_C [mA]	Δ_C [°C]	δ_C [%]
363,5	0,887668	0,991236	0,00969	0,015503	0,624973	0,096895

Tab.2 Chyba aproximácie

Táto charakteristika sa upraví pomocou vloženého meracieho prevodníka (MP) na rozsah $U_X = (0 \text{ až } 10) \text{ V}$ na vstupe AD prevodníka

$$U_X = 1540,83204930663 U_{TX} - 546,379044684129 \quad (29)$$

V ďalšom kroku sa zvolí metóda aproximácie tejto funkcie a vhodný AD prevodník:

- metóda – algoritmus 1. a 2.stupňa NIP,
- 12 bit – AD prevodník,
- 10 bit – DA prevodník..

Z toho vyplývajú rozsahy a hodnoty chýb:

$$\begin{aligned} N_X : 0 - 4095; N_{XR} : 4095 \Rightarrow \\ \text{chyba ADC: } \Delta_{AD} = 0,5 \Rightarrow \Delta'_{AD} = 0,1548 \sim 0,09760^\circ\text{C} \\ N_X^* : 0 - 1023; N_{XR}^* : 1023 \Rightarrow \text{zaok. chyba } \Delta_Z = 0,5 \sim 0,3152^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (30)$$

a) NIP 1. stupňa

Pre požadovanú chybu aproximácie platí:

$$\Delta_{APR} = \Delta_C - \Delta_Z - \Delta'_{AD} = 0,2300^\circ\text{C} \quad (31)$$

Pre minimálny počet uzlov n_{\min} , s ktorým sa aproximácia „trafí“ do koncového bodu pre príslušný krok h_{\max} a chybu aproximácie platí:

$$h_{\max} 240,882; n_{\min} = 18; \Delta_{APR} = 0,3604 \sim \Delta_{APR} = 0,2272^\circ\text{C} \quad (32)$$

Zvolí sa celočíselná hodnota:

$$h = 241 \quad (33)$$

$$n = 18 \quad (34)$$

a potom vychádza pre

$$\Delta_{APR} = 0,3606 \sim 0,2274^\circ\text{C} \quad (35)$$

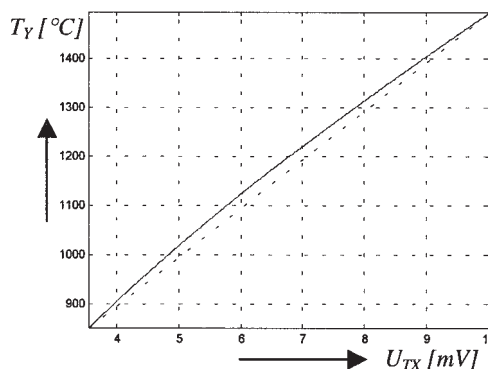
Získané uzly sú v tab. 1, kde sú v hrubom rámečku hodnoty vložené do pamäte mikropočítača. V tab. 2 je vyhodnotená chyba takejto aproximácie. Pre nároky na pamäť a pre čas výpočtu platí (M – pamäť hex. súboru, DM – pamäť dát, T – maximálny čas výpočtu).

$$M = 3649 \text{ byte}; DM = 73 \text{ byte}; T = 3427 \mu\text{s} \quad (36)$$

b) NIP 2. stupňa

Pre požadovanú chybu aproximácie platí:

$$\Delta_{APR} = \Delta_C - \Delta_Z - \Delta'_{AD} = 0,2322^\circ\text{C} \quad (37)$$



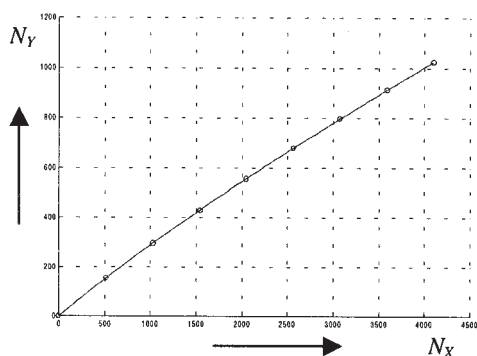
Obr.9 Inverzná prevodová charakteristika AMČ

X		absolútna chyba				relat. chyba
N_X	U_X [V]	Δ_C	Δ_C [V]	Δ_C [mA]	Δ_C [°C]	δ_C [%]
284,5	0,69475	0,917714	0,008971	0,014353	0,578617	0,089708

Tab.4 Chyba aproximácie

X			X^*
h_X	N_X	index	N_X^*
	0	0	0,500000
	512	1	153,922772
	1024	2	296,123203
	1536	3	429,857609
512	2048	4	556,960947
	2560	5	678,851289
	3072	6	796,560651
	3584	7	911,351991
	4096	8	1023,7171098

Tab.3 Uzly pre linearizáciu pomocou NIP 2. stupňa



Obr.10 Teoretický priebeh navrhutej aproximácie pomocou NIP 2. stupňa

a podľa rovnakého postupu ako v predchádzajúcej časti sa získa

$$h_{\max} = 511,875; n_{\min} = 9; \Delta_{APR} = 0,1797 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (38)$$

Zvolí sa:

$$h = 512 \quad (39)$$

$$n = 9 \quad (40)$$

a platí pre

$$\Delta_{APR} = 0,2852 \sim 0,1798 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (41)$$

Získané uzly sú v tab. 3, kde v hrubom rámciku sú hodnoty vložené do pamäte mikropočítača. Na obr. 10 je zobrazená teoretická aproximácia, t. j. bez uvažovania obmedzení v číslicovom spracovaní. V tab. 4 je vyhodnotená chyba aproximácie. Pre nároky na pamäť a pre čas výpočtu platí (M – pamäť hex. súboru, DM – pamäť dát, T – maximálny čas výpočtu).

$$M = 4169 \text{ byte}; DM = 39 \text{ byte}; T = 9365 \text{ } \mu\text{s} \quad (42)$$

Pokračovanie v budúcom čísle.

doc. Ing. Ján Šturcel, PhD.
Ing. Milan Mišeje

Katedra automatizácie a regulácie FEI STU
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
Tel.: 02/60 29 16 78
e-mail: sturcel@nov1.kar.elf.stuba.sk

Ing. Miroslav Kamenský

Katedra elektrotechnológie Sjf STU
Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava
Tel.: 02/57 29 64 28
e-mail: kamensky@sjf.stuba.sk