

Ա.Ս. ՇԱՂԳԱՄՅԱՆ, Լ.Կ. ԲԵԳՈՅԱՆ

ԹՎԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՉԱՓ

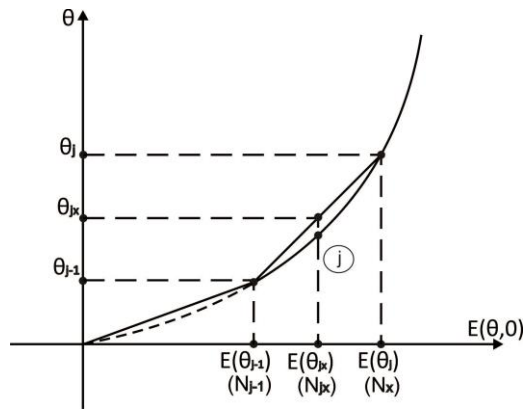
Մշակվել է ջերմաէլեկտրական կերպափոխիչով աշխատող թվային ջերմաչափի կառուցվածքային սխեման, առաջարկված է ջերմաէլեկտրական կերպափոխիչի (ՋԿ) ստատիկ բնութագրի գծայնացման եղանակ, բերված են գծայնացման պարամետրերի հաշվարկի բանաձևերը և հաշվարկների արդյունքները:

Առանցքային բառեր. թվային ջերմաչափ, ջերմաէլեկտրական կերպափոխիչ, գծայնացում:

Ջերմաստիճանի չափման համակարգերում լայն տարածում են ստացել ջերմաէլեկտրական կերպափոխիչները (ՋԿ), որոնք օգտագործվում են հիմնականում բարձր ջերմաստիճանների չափման համար: Շահագործման ընթացքում առաջանում է լրացուցիչ սխալանք՝ կախված շահագործման պայմաններից, այդ պատճառով անհրաժեշտ է իրականացնել ՋԿ-ի պարբերական ստուգաչափում: Սովորաբար այդ նպատակով ՋԿ-ները հանվում են օբյեկտից և ուղարկվում չափագիտական լաբորատորիա, ինչը պահանջում է լրացուցիչ ծախսեր, իսկ որոշ դեպքերում հանգեցնում է նաև օբյեկտի տեխնոլոգիական ռեժիմի խախտման: Նշված թերությունների վերացման համար նպատակահարմար է ՋԿ-ների ստուգաչափումն իրականացնել տեղում՝ օբյեկտի նույն ջերմաստիճանային դաշտում տեղադրելով համապատասխան ճշգրտությամբ տվիչ՝ ստուգաչափվող ՋԿ-ի հարևանությամբ: Ներկայումս արտադրվում են KTXA, KTXK, KTHH, KTXA, KTXK տիպերի ՋԿ-ներ, որոնց պահպանիչ պատյանում նախատեսված է լրացուցիչ անցք՝ ճշգրիտ մալուխային տվիչ տեղադրելու համար:

Մալուխային տվիչներն ունեն համեմատաբար բարձր չափագիտական բնութագրեր ու փոքր չափսեր և ներկայումս լայն տարածում են ստանում ջերմաստիճանի չափման ու հսկման համակարգերում [1]: Արդյունաբերական օբյեկտներում տեղադրված ՋԿ-ների ստուգաչափման նպատակով առաջարկվում է մշակել մալուխային տվիչներով աշխատող բարձր ճշգրտությամբ թվային ջերմաչափ: Գործնականում 600°C -ից բարձր ջերմաստիճանների չափման համար հիմնականում օգտագործվում են ՋԿ-ներ, որոնց սխալանքները մեծ են $1,5^{\circ}\text{C}$ -ից, հետևաբար՝ մշակվող թվային ջերմաչափում օգտագործվող ՋԿ-ի ազատ ծայրերի ջերմաէլեկտրական կոմպենսացման սխալանքը նպատակահարմար է ընտրել փոքր $0,25^{\circ}\text{C}$ -ից:

Թվային ջերմաչափների մշակման հիմնական խնդիրներից է տվիչների ոչ գծային ստատիկ բնութագրի գծայնացումը: Ներկայումս օգտագործվում են գծայնացման տարբեր եղանակներ: Մշակվող թվային ջերմաչափում նպատակահարմար է օգտագործել տվիչի ստատիկ բնութագիրը բեկյալով մոտարկելու եղանակը (նկ.):



Նկ. ԶԿ-ի ստատիստիկական մոդելի մոդելավումը բեկյալով

Մոտարկման ճշգրտությունը կախված է մոտարկման քայլից: Թվային ջերմաչափի սխեմայի պարզեցման նպատակով մոտարկումը կատարվում է հաստատուն քայլով՝ ըստ ջերմաէլշուի: Մոտարկող բեկյալի գազաթներին համապատասխանող ջերմաստիճանների արժեքները գրանցվում են միկրոկոնտրոլների հիշողությունում, իսկ մոտարկման j -րդ տեղամասի ներսում ջերմաստիճանի արժեքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\theta_{jx} = \theta_{j-1} + K_j(E_{jx} - E_{j-1}), \quad (1)$$

որտեղ θ_{j-1} -ը բեկյալի j -րդ տեղամասի սկզբնակետին համապատասխանող ջերմաստիճանն է, K_j -ն՝բեկյալի թեքությունը j -րդ տեղամասում, E_{jx} -ը՝ բեկյալի j -րդ տեղամասի ներսում գտնվող չափվող ջերմաստիճանի ջերմաէլշուն, E_{j-1} -ը՝բեկյալի j -րդ տեղամասի սկզբնակետին համապատասխանող ջերմաէլշուն:

Թվային ջերմաչափում ԶԿ-ի ջերմաէլշուն ուժեղացվում է սարքային ուժեղարարով (ՍՈ) և միաժամանակ կատարվում է ջերմազույգի ազատ ծայրերի ջերմաէլշուի ավտոմատ կոմպենսացում: ՍՈ-ի ելքային լարումը տրվում է անալոգաթվանշանային կերպափոխիչին (ԱԹԿ), որի ելքում ստացվում է ջերմաէլշուի երկուական կոդը: Ներկայումս չափիչ սարքերում լայնորեն են օգտագործվում սիգմա-դելտա ԱԹԿ-ները, որոնք ունեն բարձր ճշգրտություն և աղմկապաշտպանվածություն: ԱԹԿ-ի ելքային կոդին համապատասխան թիվը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$N_x = \frac{U_d}{q} = \frac{U_d}{U_h/2^n} = 2^n U_d/U_h, \quad (2)$$

որտեղ U_d -ն ԱԹԿ-ի մուտքային լարումն է, U_h -ն՝ ԱԹԿ-ի հենային լարումը, q -ն՝ ԱԹԿ-ի մուտքային լարման քվանտը, n -ը՝ԱԹԿ-ի կոդի կարգերի թիվը:

Եթե ԱԹԿ-ի կոդի կարգերի թիվն ընտրենք $n=16$, ապա ԱԹԿ-ի կոդին համապատասխան ամենամեծ թիվը կստացվի՝ $N_{x\max}=65536$: Հետևաբար՝ $N_x=65536 U_d/U_h$:

Եթե ԱԹԿ-ի հենային լարումն ընտրենք հավասար $U_h=2,62144$ Վ, ապա կստանանք՝ $q=40$ մկՎ, $N_x=U_h/40$ (որտեղ U_h -ը արտահայտվում է մկՎ-ով): Քանի որ ԱԹԿ-ի մուտքային լարումն ուժեղացվում է K_{nl} ուժեղացման գործակցով, ապա ԱԹԿ-ի ելքային կողին համապատասխան թիվը կստացվի՝

$$N_x = K_{nl} E(\theta, 0) / 40, \quad (3)$$

որտեղ $E(\theta, 0)$ -ն ԶԿ-ի ջերմաէլշուի ստանդարտացված արժեքն է ըստ ԳՕՍՍ 3044-ի [2]:

Եթե սարքային ուժեղարարն ընտրենք $K_{nl}=100$ ուժեղացման գործակցով, իսկ $E(\theta, 0)$ -ն արտահայտվի մկՎ-ով, ապա $N_x = 2,5E(\theta, 0)$:

ԶԿ-ի ստատիկ բնութագրի մոտարկման ֆունկցիայի գագաթների արժեքների օպտիմալ ընտրության համար նպատակահարմար է մոտարկման քայլն ըստ ջերմաէլշուի ընտրել այնպիսին, որ դրա ուժեղացված արժեքն արտահայտվի 2° թվով:

Մոտարկման սխալանքը թույլատրելի սահմաններում ստանալու նպատակով ընտրում ենք $k=13$, որը $\theta > 600^\circ\text{C}$ տիրույթում համապատասխանում է մոտավորապես 68°C : Նկատի ունենալով, որ ԶԿ-ները հիմնականում օգտագործվում են բարձր ջերմաստիճանների չափման համար, կարելի է ստատիկ բնութագրի մոտարկումը բեկյալով սկսել $N_x=2048$ թվին համապատասխան ջերմաստիճանից ($112,33^\circ\text{C}$) և մոտարկման քայլն ընտրել $\Delta N=2048$: Աղյուսակում բերված են պլատին-պլատինառողիումային ԶԿ-ի ստատիկ բնութագրի մոտարկման բեկյալի գագաթներին համապատասխան ջերմաստիճանների և դրանց համապատասխան ելքային կողի թվային արժեքներն ու դրանց երկուական կոդերը, ինչպես նաև մոտարկման տեղամասերի K_j^* զգայնությունները (բեկյալի թեքությունները): Մոտարկման տեղամասերի K_j^* զգայնությունները որոշվել են հետևյալ բանաձևով՝

$$K_j^* = (\theta_j - \theta_{j-1}) / (N_j - N_{j-1}) = (\theta_j - \theta_{j-1}) / 2048, \quad (4)$$

որտեղ N_{j-1} -ը և N_j -ն մոտարկման j -րդ տեղամասի սկզբնակետին ու վերջնակետին համապատասխան թվային արժեքներն են (աղ.):

Եթե K_j^* զգայնության արժեքները կլորացնենք 5 նիշով (3 նշող թվանշանով), ջերմաստիճանի չափման սխալանքը կստացվի փոքր $0,1^\circ\text{C}$ -ից: Ընտրված պարամետրերի համար մոտարկման տեղամասերի միջանկյալ արժեքների համար կստանանք՝

$$\theta_{jx} = \theta_{j-1} + \Delta\theta_{jx} = \theta_{j-1} + K_j(E_{jx} - E_{j-1}) = \theta_{j-1} + K_j^*(N_{jx} - N_{j-1}), \quad (5)$$

որտեղ $\Delta\theta_{jx} = K_j^*(N_{jx} - N_{j-1})$ - մոտարկման j -րդ տեղամասի ներսի կողին համապատասխանող լրացուցիչ ջերմաստիճանային աճի արժեքն է, N_{jx} -ը՝ մոտարկման j -րդ տեղամասի ներսի կողին համապատասխան թիվը:

Օրինակ, եթե $N_{jx}=11240$, ապա $j=6$, $\theta_{j-1}=465,35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_j^*=0,03667\text{ }^{\circ}\text{C}$, $N_{jx}-N_{j-1}=1000$,
ապա կստանանք՝ $\theta_{jx}=36,67\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\theta_{jx}=502,02\text{ }^{\circ}\text{C}$:

Աղյուսակ

Պլազին-պլազինառողիումային ՋԿ-ի ստացիկ բնութագրի մոտարկման բեկյալի
գագաթների ջերմաստիճանների արժեքները և ջերմաէջուների երկուական կոդերը

j	N_j	$\theta_j, ^{\circ}\text{C}$	N_j -ի 2-ական կոդը						$K_j^*, ^{\circ}\text{C}$
			2^{15}	2^{14}	2^{13}	2^{12}	2^{11}	$2^{10}-2^0$	
1	2048	122,33	0	0	0	0	0		0,05973
2	4096	218,95	0	0	0	0	1		0,04717
3	6144	305,86	0	0	0	1	0		0,04243
4	8192	387,38	0	0	0	1	1		0,03981
5	10240	465,35	0	0	1	0	0		0,03807
6	12288	540,45	0	0	1	0	1		0,03667
7	14336	613,25	0	0	1	1	0		0,03555
8	16384	683,03	0	0	1	1	1		0,03407
9	18432	752,50	0	1	0	0	0		0,03392
10	20480	819,50	0	1	0	0	1		0,03271
11	22528	880,50	0	1	0	1	0		0,02978
12	24576	948,50	0	1	0	1	1		0,03320
13	26624	1010,5	0	1	1	0	0		0,03027
14	28672	1070,5	0	1	1	0	1	-	0,02929
15	30720	1132,0	0	1	1	1	0		0,03002
16	32768	1196,0	0	1	1	1	1		0,03125
17	34816	1250,0	1	0	0	0	0		0,02637
18	36864	1309,0	1	0	0	0	1		0,02881
19	38912	1367,2	1	0	0	1	0		0,02842
20	40960	1425,2	1	0	0	1	1		0,02832
21	43008	1483,8	1	0	1	0	0		0,02861
22	45056	1541,4	1	0	1	0	1		0,02812
23	47104	1600,8	1	0	1	1	0		0,02900
24	49152	1659,0	1	0	1	1	1		0,02841
25	51200	1719,8	1	1	0	0	0		0,02968
26	53248	1779,8	1	1	0	0	1		

Միկրոկոնտրոլերի միջոցով ԱԹԿ-ի ելքային կոդի 2^{11} -ից մինչև 2^{15} կշռային գործակիցներով կարգերով կորոշվեն մոտարկման տեղամասի j համարը, սկզբի գագաթի ջերմաստիճանն ու K_j^* զգայնությունը, իսկ 2^0 -ից մինչև 2^{10} կշռային գործակիցներով կարգերով՝ մոտարկման տեղամասի ներսում $\Delta\theta_{jx}$ ջերմաստիճանների արժեքները, և բանաձև (5)-ով կորոշվի չափվող ջերմաստիճանը:

ԱԹԿ-ի ընտրությունը կատարվում է՝ ելնելով աղմուկից զերծ կոդի ցածր կարգի միավորի պահանջվող արժեքից, որը տվյալ դեպքում 40 մկՎ է: Լայն տարածում ստացած սիգմա-դելտա ԱԹԿ-ներից նպատակահարմար է ընտրել AD7791 տիպի ԱԹԿ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Каржавин В.А., Каржавин А.В.** Методика периодической поверки термоэлектрических преобразователей непосредственно на термометрируемом объекте. temperatures.ru/pdf/tesey.pdf
2. ГОСТ 3044-94. Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статические характеристики преобразования.- 200 с.
3. ГОСТ 8.558-2009. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры.- 10 с.
4. http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD7715.pdf

Ա.Տ. ՄԱՃԿԱՄՅԱՆ, Լ.Կ. ԲԵԳՅԱՆ

ЦИФРОВОЙ ТЕРМОМЕТР

Разработана структурная схема цифрового термометра, работающего с термоэлектрическим преобразователем (ТП). Предложен метод линеаризации статической характеристики ТП. Приведены формулы для расчета параметров линеаризации и результаты расчета для ТП статической характеристики ПП(R).

Ключевые слова: цифровой термометр, термоэлектрический преобразователь, линеаризация.

A.S. SHAGHGAMYAN, L.K. BEGOYAN

A DIGITAL THERMOMETER

A block diagram of a digital thermometer with a thermoelectric transducer is developed. A method for the static characteristic linearization of a thermoelectric transducer is proposed. Formulae for the parameter calculation of linearization and the calculation results for static characteristics of a thermoelectric transducer are introduced.

Keywords: digital thermometer, thermoelectric transducer, linearization.

ՀՏԴ 681.518

Կ.Ջ. ՄԻՐԶԱԲԵԿՅԱՆ, Ս.Ռ. ԴԱԼԼԱՔՅԱՆ, Ա.Կ. ՄԻՐԶԱԲԵԿՅԱՆ

ՍԱՐՔԱՇԻՆԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՈՐԱԿԻ ԾԱԽՍԵՐԻ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԻՄՆԱՀԱՐՑԵՐ

Դիտարկվում է սարքաշինական արտադրանքի որակի ծախսերի դասակարգումը, մշակված են որակի ծախսերի օրինակելի թվարկը, արտադրանքի որակի ապահովման ծախսերը, որոնք կապված են որակի մենեջմենթի համակարգի հետ:

Առանցքային բառեր. նախազգուշական միջոցառումների ծախսեր, վերահսկողության ծախսեր, ներքին կորուստներ, արտաքին կորուստներ:

Ներածություն: Արտադրանքի արտադրությունն ուղեկցվում է արտադրական ու սպասարկման ծախսերով: Նույնիսկ որակի բավականաչափ բարձր մակարդակի դեպքում արտադրանքը չի կարող բավարարել պատվիրատուին, եթե նրա համար