

Վ.Թ. ՄԱՂՈՑԱՆ

**ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՀԱՇՎԻՉՆԵՐԻ ՍԽԱԼԱՆՔԻ
ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ուսումնասիրվել են էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչների սխալանքի չափագիտական բնութագրերը՝ ջերմաստիճանային կախվածության և թերմոկոմպենսացիայի կիրառմամբ:

Առանցքային բառեր. էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչ, լարման և հոսանքի ուժի տվիչներ, թերմոկոմպենսացիա:

Ներածություն: Ժամանակակից էլեկտրաէներգիայի հաշվառման համակարգերը բաղկացած են հոսանքի ու լարման տրանսֆորմատորներից և էլեկտրաէներգիայի հաշվիչից: Վերջինի տեսակներն են ինդուկցիոն կամ էլեկտրամեխանիկական և էլեկտրոնային հաշվիչները: Էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչները, ինդուկցիոնների համեմատ, ունեն ավելի փոքր չափեր, ավելի թեթև քաշ և բարձր ճշտություն:

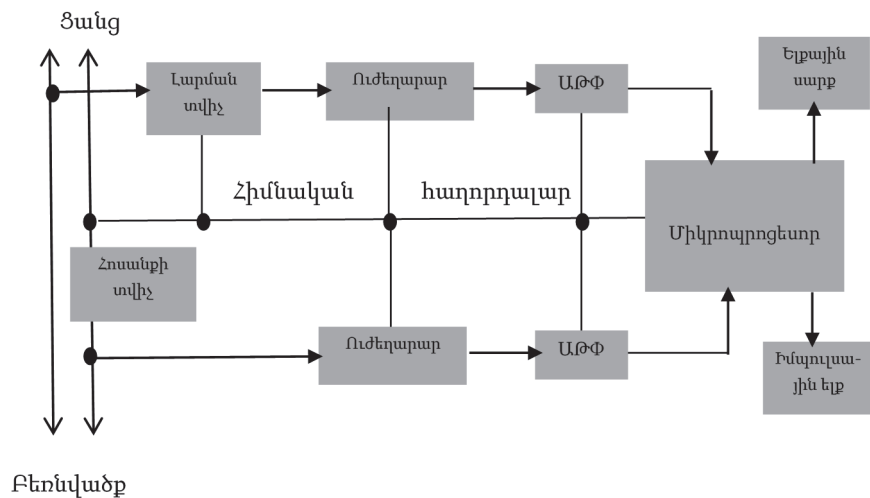
Ժամանակակից էլեկտրոնային հաշվիչներում օգտագործվում են թվային սխեմաների վրա հիմնված տեխնոլոգիաներ: Դրանք բաղկացած են .

1. սպառվող հզորությանը համեմատական անալոգային մեծությունների թվային փոխակերպիչ,

2. միկրոպրոցեսորից, որն ապահովում է թվային ազդանշանի մշկումը և արտահանումը ելքային սարքավորումներին[1]:

Հոսանքի ուժի և լարման ակնթարթային արժեքները չափվում են տվիչներով, թվայնացվում և մշակվում են նախապես ծրագրավորված ալգորիթմով: Հոսանքի և լարման տվիչներից ազդանշանը տրվում է ուժեղացման գործակցի կարգավորման հնարավորությամբ դիֆերենցիալ ուժեղարարների մուտքերին: Այնուհետև ազդանշաններն անցնում են սիգմա-դելտա անալոգա-թվային փոխակերպիչներով (ԱԹՓ): Թվայնացված ազդանշանները տրվում են միկրոպրոցեսորի մուտքին, որտեղ կատարվում է ազդանշանների բազմապատկում և ֆիլտրում (նկ. 1)[1]:

Ժամանակակից միկրոսխեմաներն իրականացնում են նաև անալոգա-թվային փոխակերպում:



Նկ.1. Էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչի սկզբունքային կառուցվածքը [2]

Որպես պարզագույն հոսանքի և լարման տվիչներ կարելի է վերցնել ճշգրիտ ռեզիստիվ տվիչները՝ համապատասխանաբար շունտ և լարման բաժանիչ: Լարման բաժանիչն ունի մուտքային՝ մեծ, և ելքային՝ փոքր, դիմադրություններ: Լարման բաժանիչը միացվում է ցանցի երկու լարերի միջև, իսկ շունտը՝ ֆազի լարից: Գոյություն ունի շունտի միացման երկու տարբերակ՝ բեռնվածքի կողմից կամ ցանցի կողմից՝ հաշվիչի ընդհանուր լարի նկատմամբ: Առաջին դեպքում լարման տվիչը միացված է մինչև շունտը, ինչի հետևանքով լարման տվիչի ծախսը չի հաշվվում: Երկրորդ դեպքում լարման տվիչի ծախսը հաշվվում է, սակայն շունտում հզորության կորուստը չի հաշվվում: Միացման սխեմայի ընտրությունը կախված է տվիչների ծախսած հզորությունների չափից [1]:

Տվիչների մյուս տեսակը տրանսֆորմատորայինն է: Դրանց կառուցվածքն ավելի բարդ է, սակայն ունեն մի շարք առավելություններ: Տրանսֆորմատորային տվիչներն ավելի խնայողական են ազդանշանի աղբյուրի նկատմամբ, իսկ հոսանքի տրանսֆորմատորները, ի տարբերություն շունտերի, աշխատում են ավելի ցածր լարման անկումների պայմաններում: Վերը նշվածը պայմանավորված է հոսանքի տրանսֆորմատորի աղբյուրի և բեռնվածքի շղթաների համաձայնեցման հատկությամբ: Դրանք ապահովում են նաև փաթույթների միջև ոչ գալվանական՝ մագնիսական կապ: Փաթույթների ելքերի փոփոխմամբ կարելի է փոխել փուլայնությունը [1]:

Որպես լարման տվիչ օգտագործվում է իջեցնող լարման տրանսֆորմատորը՝ պարապ ընթացքի ռեժիմում: Շնորհիվ նշված ռեժիմի՝ տրանսֆորմատորը տեսականորեն ծախս չունի: Որպես հոսանքի տվիչ օգտագործվում է երկու տիպի տրանսֆորմատոր.

1) հոսանքի տրանսֆորմատոր, որը բեռնված է փոքր ճշգրիտ դիմադրությամբ՝ R_b (burden resistor): Տրանսֆորմատորը բարձրացնող է (լարման նկատմամբ) դիմադրությունները հիմնականում երկուսն են՝ միջին կետից ելքով:

2) դիֆերենցող տրանսֆորմատոր (dI/dt)՝ պարապ ընթացքի ռեժիմում:

Երկրորդային փաթույթի էլշու հանդիսացող էլքյին լարումը համեմատական է առաջնային փաթույթում հոսանքի ուժին [1]:

Տրանսֆորմատորային տվիչների հետ համատեղ կարող են օգտագործվել լարման բաժանիչներ կամ շունտեր [1]: Տրանսֆորմատորային տվիչների օգտագործումը լավացնում է հաշվիչի չափագիտական բնութագրերը, սակայն բարդացնում է կառուցվածքը և ավելացնում ինքնարժեքը:

Ընդհանուր առմամբ, էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչներում հնարավոր է հասնել ցանկացած ճշտության՝ համապատասխան տարրերի ճիշտ ընտրության և ինֆորմացիայի մշակման պարագայում: Անալոգային ազդանշանի մշակումը՝ թվային տեսքով, թույլ է տալիս որոշել հզորության ինչպես ակտիվ, այնպես էլ ռեակտիվ բաղադրիչները, ինչը կարևոր է, օրինակ, եռաֆազ ցանցերում էներգիայի բաշխման հաշվառման ժամանակ: Ժամանակակից էլեկտրոնային հաշվիչներն ունեն կապի հանգույցներ (ինտերֆեյսներ), որոնց միջոցով հնարավոր է ինֆորմացիա ստանալ սպառած էլեկտրաէներգիայի, ցանցի պարամետրերի, որոշակի ժամանակահատվածում հաշվիչի գրանցած լարման կորստի, գերբեռնումների, բեռնվածքի բացակայության և այլ պատահարների վերաբերյալ, ինչպես նաև վերահսկել ծախսը, սահմանել սահմանաչափ, հեռակա անջատել (միացնել) սպառողին ցանցից [2]: Էլեկտրոնային հաշվիչների միջոցով հնարավոր դարձավ էլեկտրաէներգիայի հաշվառման և հսկման ավտոմատացված համակարգի (ACKYՅ) ներդրումը, ինչը նվազեցնում է մարդկային գործոնի ազդեցությունը էլեկտրաէներգիայի հաշվառման ժամանակ:

Աշխատանքի նպատակը: Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչների սխալանքը որպես ֆունկցիա ջերմաստիճանից: Էլեկտրաէներգիայի այն հաշվիչները, որոնք տեղադրվում են բաց տարածքներում կամ չջեռուցվող վայրերում, պետք է նախատեսված լինեն տարբեր ջերմաստիճանային պայմաններում աշխատելու համար:

Խնդրի դրվածքը: Կատարվել է էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչի սխալանքի ջերմաստիճանային կախվածության փորձնական ուսումնասիրություն՝ հաշվիչի աշխատանքային տիրույթում:

Փորձի իրականացման համար վերցվել են երեք տարբեր կազմակերպությունների արտադրության էլեկտրաէներգիայի էլեկտրոնային հաշվիչներ, որոնք, տեխնիկական նշագրերի տվյալների համաձայն, նախատեսված են $(-40...+70)^\circ\text{C}$

ջերմաստիճանային տիրույթում աշխատելու համար: Ուսումնասիրության համար օգտագործվել են.

1. Էլեկտրաէներգիայի հաշվիչների ստոռգաչափման և կարգաբերման UTEC 620 կայանքը, որը հանարավորություն է տալիս կարգավորել հոսանքի ուժը՝ (0...50) Ա, լարումը (40...480) Վ, փուլային շեղումը (0...360) °C: Կայանքը՝ ծրագրային ապահովման միջոցով հաշվում է հաշվիչի սխալանքը տարբեր բեռնվածքների դեպքում: Կայանքի ճշտության դասն է 0,025:

2. Мини Сабzero MC-71 տիպի թերմոխցիկ՝ (-80...+100) °C աշխատանքային տիրույթով՝ 0,1 °C-ով կարգավորման հնարավորությամբ, ինչպես նաև ունի դրսից թերմոխցիկի մեջ միացման լարերի համար նախատեսված անցքեր:

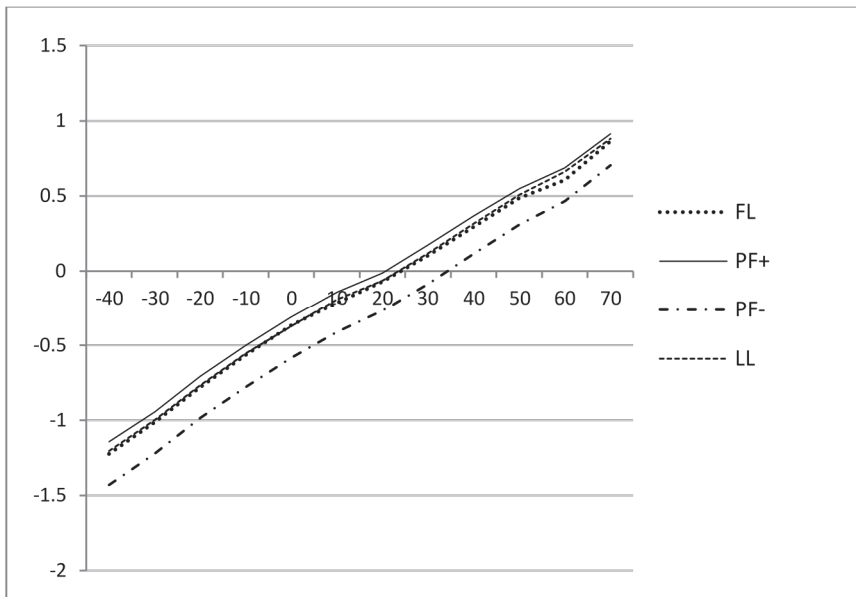
Հաշվիչները տեղադրվել են թերմոխցիկի մեջ, միացվել կայանքին և (-40...+70) °C տիրույթում՝ 10 °C-ով ջերմաստիճանը փոփոխելով, կատարվել է սխալանքի չափում՝ չորս տարբեր բեռնվածքների դեպքում:

Ստացված արդյունքները: Հաշվիչների սխալանքի ջերմաստիճանային կախվածությունը ներկայացվում է աղյուսակների 1-3 և գրաֆիկների միջոցով (նկ. 2-4):

Աղյուսակ 1

Առաջին հաշվիչի սխալանքի կախվածությունը ջերմաստիճանից

Ջերմաստիճանը, °C	Սխալանքը, %			
	FL	PF+	PF-	LL
-40	-1,223	-1,141	-1,431	-1,205
-30	-1,012	-0,943	-1,22	-0,997
-20	-0,78	-0,707	-0,984	-0,767
-10	-0,564	-0,499	-0,776	-0,552
0	-0,365	-0,309	-0,582	-0,372
10	-0,213	-0,14	-0,41	-0,19
20	-0,07	-0,013	-0,267	-0,063
30	0,104	0,176	-0,086	0,119
40	0,295	0,367	0,115	0,315
50	0,486	0,548	0,309	0,507
60	0,606	0,688	0,465	0,662
70	0,864	0,913	0,704	0,881

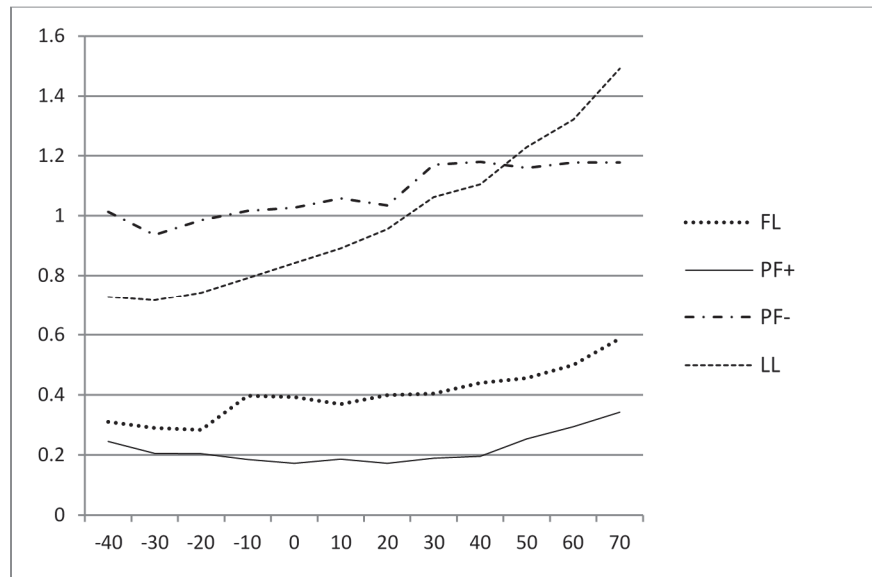


Նկ. 2. Առաջին հաշվիչի սխալանքի կախվածությունը ջերմաստիճանից

Աղյուսակ 2

Երկրորդ հաշվիչի սխալանքի կախվածությունը ջերմաստիճանից

Ջերմաստիճանը, °C	Սխալանքը, %			
	FL	PF+	PF-	LL
-40	0,31	0,245	1,013	0,728
-30	0,29	0,206	0,936	0,716
-20	0,284	0,204	0,985	0,743
-10	0,397	0,185	1,016	0,792
0	0,393	0,172	1,027	0,842
10	0,369	0,186	1,058	0,891
20	0,399	0,172	1,035	0,956
30	0,405	0,189	1,17	1,062
40	0,44	0,196	1,18	1,105
50	0,456	0,254	1,16	1,229
60	0,5	0,294	1,178	1,321
70	0,587	0,342	1,178	1,492

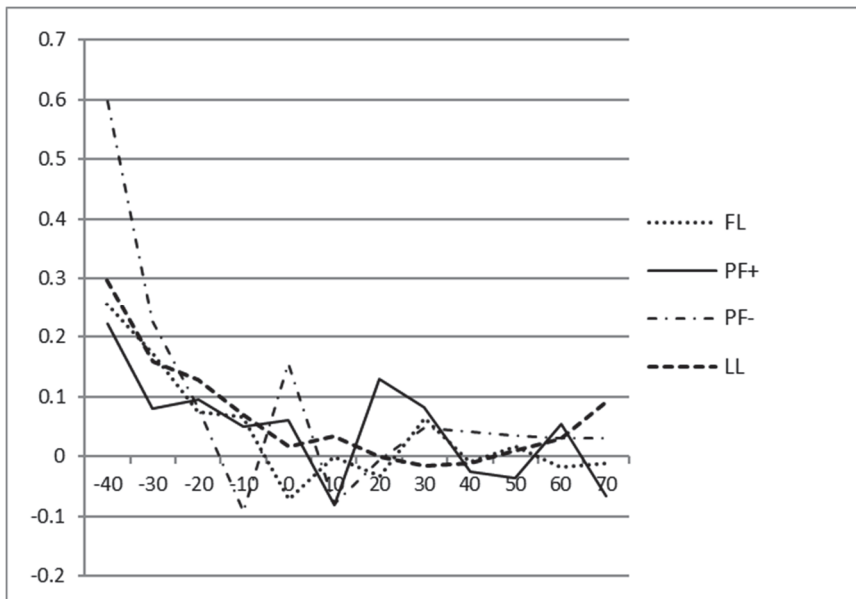


Նկ. 3. Երկրորդ հաշվիչի սխալների կախվածությունը ջերմաստիճանից

Աղյուսակ 3

Երկրորդ հաշվիչի սխալների կախվածությունը ջերմաստիճանից

Ջերմաստիճանը, °C	Սխալները, %			
	FL	PF+	PF-	LL
-40	0,256	0,222	0,597	0,296
-30	0,171	0,081	0,227	0,16
-20	0,075	0,095	0,08	0,128
-10	0,067	0,05	-0,092	0,07
0	-0,072	0,06	0,155	0,018
10	0	-0,08	-0,078	0,035
20	-0,032	0,131	-0,006	-0,001
30	0,065	0,082	0,049	-0,015
40	-0,009	-0,026	0,042	-0,01
50	0,018	-0,035	0,035	0,01
60	-0,017	0,055	0,03	0,03
70	-0,012	-0,065	0,03	0,093



Նկ. 4. Երրորդ հաշվիչի սխալանքի կախվածությունը ջերմաստիճանից

Աղյուսակներում FL-ը՝ 220 Վ, 5 Ա, $\cos \varphi = 1$, PF+-ը՝ 220 Վ, 5 Ա, $\cos \varphi = 0,8$, PF--ը՝ 220 Վ, 5 Ա, $\cos \varphi = 0,5$, LL-ը՝ 220 Վ, 0,25 Ա, $\cos \varphi = 1$ պարամետրերով բեռնվածքներ են:

Ինչպես երևում է գրաֆիկից (նկ. 2), առաջին դեպքում հաշվիչի սխալանքի կախվածությունը ջերմաստիճանից գծային է, քանի որ նրանում նախատեսված չէ թերմոկոմպենսացիա: Հաշվիչում լարման տվիչը ներկայացնում է ռեզիստիվ լարման բաժանիչ, որի դիմադրություններն ունեն ջերմաստիճանից ուղիղ համեմատական կախվածություն: Հետևաբար՝ նույն մուտքային ազդանշանի դեպքում ստացվում է ջերմաստիճանին ուղիղ համեմատական ելքային լարում, ինչը հանգեցնում է սխալանքի ջերմաստիճանից նմանատիպ կախվածության, որի հետևանքով հաշվիչի սխալանքը գերազանցում է նորմատիվ փաստաթղթերով սահմանված թույլատրելի արժեքը: Այս դեպքում կարելի է կիրառել թերմոկոմպենսացիայի մեթոդներից մեկը՝ թերմոդիմադրության կիրառմամբ: Լարման բաժանիչից առաջ նրան հաջորդաբար միացվում է թերմիստոր, որի ընտրությունը կատարվում է հետևյալ բանաձևի կիրառմամբ՝

$$R_{\theta} k_{\theta} = -(R_1 k_1 + R_2 k_2), \quad (1)$$

որտեղ R_{θ} , R_1 , R_2 -ը համապատասխանաբար թերմիստորի, լարման բաժանիչի առաջին և երկրորդ դիմադրությունների մեծություններն են 20 °C-ում, իսկ k_{θ} , k_1 , k_2 -ը՝ դրանց ջերմաստիճանային գործակիցները: Այս տվյալները նշվում են

դիմադրությունների տեխնիկական տվյալներում: Այս մեթոդի կիրառումը թույլ է տալիս թերությունների վերացմանն ուղղված աշխատանքներում հաշվիչի սխեմայում կատարել ավելի քիչ փոփոխություններ, ինչը նվազեցնում է ծախսը:

Գոյություն ունի թերմոկոմպենսացիայի մեկ այլ մեթոդ, որը իրականացվում է միկրոպրոցեսորի միջոցով: Միկրոպրոցեսորն ունի ջերմաստիճանի տվիչ, որից ստացված տվյալների միջոցով հաշվարկի ընթացքում կիրառվում են նախապես ծրագրավորված բանաձևով որոշվող գործակիցներ: Այս մեթոդի ճշտությունը կախված է ջերմաստիճանի տվիչի ճշտությունից:

Երկրորդ և երրորդ հաշվիչներում (նկ. 3,4) լարման բաժանիչներում օգտագործվել են բարձր ճշտությամբ լարային դիմադրություններ, որոնց ջերմաստիճանային գործակիցները փոքր են, ինչպես նաև քվարցային գեներատորի թերմոկոմպենսացիա: Միալանքի փոփոխությունը՝ ջերմաստիճանից կախված, կարող է պայմանավորված լինել քվարցային գեներատորի թերմոկոմպենսացիայի համար օգտագործված ջերմաստիճանի տվիչի ոչ ճշգրիտ աշխատանքով: Քվարցային գեներատորի հաճախականությունը տրվում է միկրոպրոցեսորի մուտքին, որտեղ կատարվում է ժամանակի հաշվարկը: Միկրոպրոցեսորը միացված է իմպուլսային գեներատորին, որը միկրոպրոցեսորից ստացված ինֆորմացիայի հիման վրա ծախսված էլեկտրաէներգիային համեմատական իմպուլսներ է գեներացնում և տալիս իմպուլսային էլքին, որից էլ հաշվիչների ստուգաչափման կայանքը կարողում և համեմատում է հաշվիչի չափած էլեկտրաէներգիան: Տվյալ դեպքում անհրաժեշտ է վերցնել հաշվիչի աշխատանքի ջերմաստիճանային տիրույթում ճշգրիտ աշխատող միկրոպրոցեսոր:

Եզրակացություն: Այսպիսով, լարման և հոսանքի ուժի տվիչների, նրանցից ստացված ազդանշանի մշակման մեթոդի ճիշտ ընտրությունը բարձրացնում է հաշվիչի ճշտությունը: Ներկայումս հայտնի են 10×10^{-6} ճշտությամբ էլեկտրաէներգիայի էտալոնային հաշվիչներ [3]:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Голуб В.** Электронные счетчики электроэнергии // Chip news. - 2002.- № 6.- С. 50-59.
2. **Аганичев А., Панфилов Д., Плавич М.** Цифровые счетчики электрической энергии // Chip_News. - 2000.- № 2.- С. 18-22.
3. http://www.sicon.ru/download/seminar2012/16_Shapiro.pdf

ՀՀ էներգետիկ ենթակառուցվածքների և բնական պաշարների նախարարություն:
Նյութը ներկայացել է խմբագրություն 30.08.2017:

В.Т. МАДОЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПОГРЕШНОСТИ
ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Проведены исследования температурной зависимости погрешности электронных счетчиков электроэнергии и их метрологических характеристик с применением термокомпенсации.

Ключевые слова: электронный счетчик электроэнергии, датчики напряжения и тока, термокомпенсация.

V.T. MADOYAN

**RESEARCH OF THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF AN ERROR OF THE
ELECTRONIC ELECTRICITY METERS**

Investigations of the temperature dependence of an error of electronic electricity meters and their metrological characteristics by applying thermal compensation are carried out.

Keywords: electronic electricity meter, voltage and current sensors, thermal compensation.