

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OILY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI**

“ENERGETIKA” FAKULTETI

ISSIQLIK ENERGETIKASI KAFEDRASI

“ISSIQLIK TEXNIK O'LCHOVLARI ” FANIDAN

REFERAT

BAJARDI:

**IE-328 GURUH TALABASI
YO'LDASHEV OTABEK**

QABUL QILDI:

ALIYAROVA LOLA

Qarshi-2014 yil

MAVZU:

**TERMOELEKTRIK TERMOMETRLAR. MILLIVOLTMETRLAR VA
POTENSIOMETRLAR.**

REJA:

- 1. Kirish.**
- 2. Termoelektrik termometrlar.**
- 3. TE YuK ni kompensasion usul yordamida o'lchash.**
- 4. Millivoltmetr va potensiometrlar.**
- 5. Xulosa**
- 6. Foydalanilgan adabiyotlar.**

KIRISH

So'nggi paytda energetika va boshqa sanoat sohalarini texnologik jarayonlarini jadal sur'atlar bilan rivojlanishi kuzatilmoqda. Issiqlik energetikasi sohasida birlamchi quvvatlarni oxirgi yillarda 10-15 marta oshishi, texnologik jarayonlarni tezligini ham oshirmoqda, ulardagi o'lchanayotgan parametrlar soni ham ortib bormoqda.

Hozirgi kunda energetikani zamonaviy o'lchash vositalarisiz tasavvur qilish qiyin. O'lchash texnologik jarayonlarni, qurilmalarni ishonchli ishlashini, ishlab chiqarish xavfsizligini, masalan, issiqlik elektr stansiyalarining ob'ektiv nazoratini ta'minlaydi. Ishlab chiqarish samaradorligi va energiya tejamkorligi, ayniqsa katta quvvatli qurilmalarning muammolarini yechishda texnologik jarayonlar nazorati muhim ahamiyatga ega.

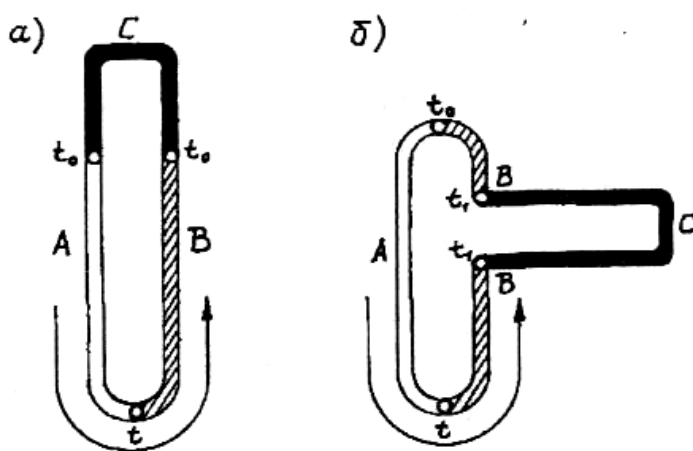
Har qanday o'lchash natijasi, xatoligi, o'lchash jarayonining parametrlaridan qat'iy nazar, o'lchash vositasiga ham bevosita bog'liqdir. Issiqlik texnikasi qurilmalarining ishlashini, o'lchashni bajarish, o'lchash vositalari va usullarini bilmasdan turib o'rganish mumkin emas. Turli o'lchash vositalari mavjudligi o'lchash texnikasini to'g'ri tanlashni talab qiladi, u berilgan sharoitlarda nazoratni kerakli aniqligi bilan ta'minlaydi. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishda o'lchash aniqligi va o'lchash vositalarining ishonchli ishlashi muhim ahamiyatga ega.

Issiqlik va elektr energiyasini tejash masalalariga bizning davlatimizda katta ahamiyat berilayotganligi va so'ngi paytlarda qator davlat ahamiyatiga ega qarorlar qabul qilinayotganligini inobatga olsak, issiqlik texnik o'lchovlari muhim ahamiyatga egaligini ko'rishimiz mumkin bo'ladi. "Issiqlik texnik o'lchovlari" fani sanoatda, jumladan issiqlik energetikasida keng qo'llaniladigan o'lchov asboblari, harorat, bosim, sarf, sath va gaz tarkibini tahlillagich qurilmalarini tuzilishi, ishlash prinsipi, ularni o'lchash xatoliklari to'g'risida amaliy va nazariy ko'nikmalar hosil qilishga yordam beradi.

2. Termoelektrik termometrlar.

Termojuftlangan elektr o'lchash asbobi termoelektrik asbob deyiladi. U haroratni 50 dan 2500°C gacha o'lchash uchun qo'llaniladi va boshqa asboblarga solishtirilganda qator afzalliklarga ega: o'lchashlarda aniqligi yaxshi, ularning mutlaq qiymatlarini katta haroratlar oralig'ida o'lchash mumkinligi, bir nechta termojuftlarni qayta ulagich yordamida bitta elektr o'lchash asbobiga ulash bilan harorat nazoratini markazlashtirishga imkon beradi. Haroratni o'lchash uchun termoelektrik termometrlar ishlatishi termojuftning termoelektr yurituvchi kuchi haroratga bog'liqligiga asoslangan. Termoelektr yurituvchi kuch ikki xil o'tkazgichdan tuzilgan zanjirda, bu o'tkazgichlar ulangan joylarida haroratlar farqi natijasida hosil bo'ladi (1-rasm).

Termoelektrik termometrlarni tayyorlash uchun ishlatiladigan materiallarga qator talablar quyiladi: issiqlikka chidamlilik, issiqlikka mustahkamlik, kimyoviy chidamlilik, barqarorlik, tiniqlik, darajalangan tavsiflari chiziqliligi, yuqori sezgirligi va boshqalar. Ularning orasida majburiy va ma'qul keladiganlari bor. Majburiy talablar qatoriga darajalangan tavsiflar barqarorligi va ma'lum termoelektrik xossalarga ega kerakli miqdorda materiallarni qayta ishlab chiqarish kiradi. Qolgan talablar esa ma'qul keladigan bo'ladi.



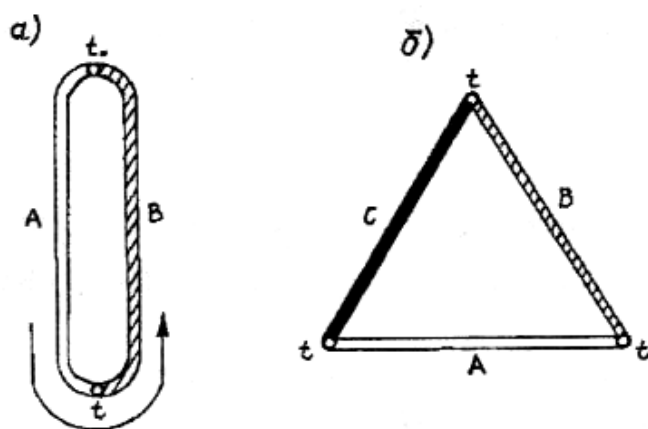
1-rasm. Ikki xil o'tkazgichdan tuzilgan zanjir.

a) ikki o'tkazgichli; b) uch o'tkazgichli.

Termoelektrodli materiallarni tanlashda ularni tayyorlash texnologiyasini inobatga olish kerak, hamda ularning narxi uncha yuqori bo'lmisligiga harakat qilish kerak. Termoelektrik termometrlarning ishonchli o'lchashi faqat termoelektrod materiallar sifati va xossalari bilan emas, balki armaturasining sifati va konstruksiyasi bilan ham belgilanadi.

Termojuftlarning (2-rasm) termoelektrod materialining tavsifiga ko'ra ikki guruhga bo'lish mumkin: qimmatbaho va qimmatbaho emas metallardan tayyorlangan metall termoelektrodli termojuftlar, qiyin eruvchan birikmalardan yoki ularning grafit va boshqa materiallar bilan kombinasiyasidan tayyorlangan termoelektrodli termoelektrik termojuftlar.

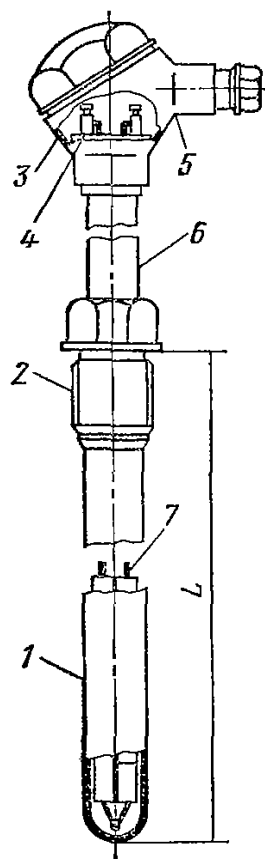
Qimmatbaho metalli termojuftlar yuqori haroratlarga va tajovuzkor muhitlarga qarshi o'ta chidamli hamda doimiy TEYuK ga ega bo'lib, sanoatda va laboratoriya tadqiqotlarida keng qo'llaniladi. Ikkinchi guruh termoelektrik termometrlar haroratning texnologik nazorati vositasidan ko'ra amaliy tadqiqot ishlari ob'ektlari sifatida ishlatiladi. Qimmatbaho metallardan tayyorlangan termoelektrodli termojuftlar, asosan, platina guruhlar, haroratni 300 dan 1600°C sohasida o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Texnikaviy platinali termojuftlarning qo'llanilish sohasi $-260 \div +1100^{\circ}\text{C}$.



2-rasm. Termojuft.

a-elektrodni uzish; b-kavsharni uzish.

Platinarodiy-platinali termojuftlar aniqligi va TEYuK ni qayta hosil qilishga ko'ra eng yaxshilar qatorida joylashgan. Uzoq vaqt davomida 0 dan 1300°C gacha, qisqa vaqt davomida esa 1600°C haroratlar oralig'ida qo'llaniladi. Bu termometrlarda musbat termoelektrod platinarodiydir (qotishma 90% Pt, 10% Rh dan iborat): manfiy termoelektrod – sof platina. Platinarodiy-platinali termoelektrodlari termoelektrik termometrlar odatda 0,5 mm diametrli simdan tayyorlangan. Bunday termoelektrodlarning diametri platina guruhli termometrlar uchun odatiy holdir, chunki u etarlicha mustahkamlik talablarini qondiradi va bu termometrlarning narxi uncha yuqori emas.



**3-rasm. Termoelektrik
termometrning
konstruktiv sxemasi.**

Xromel-kopelli termojuftlar turli muhit haroratlarini o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Musbat termoelektrodni tayyorlash uchun xromel T ishlatiladi, u issiqlikka mustahkam nikel asosida magnitsiz qotishmadir (89%Ni+9,8Cr+10%Fe+0,2%Mn). Manfiy termoelektrod-kopel bu mis va nikel qotishmasidir. Diametriga ko'ra, kopel simdan

tayyorlangan termoelektrodlarning uzoq vaqt davomida toza havo muhitida ishlashida haroratlar oralig'i $-50 \div +600^{\circ}\text{C}$.

Xromel-alyumelli termojuftlar gaz, bug' va havo muhitlar haroratini o'lchash uchun keng qo'llaniladi. Musbat termoelektrod xromelli simdir, manfiyi alyumellidir, u nikel asosida magnitli qotishmadir. Havo muhitida ishlashda boshqa qimmatbaho emas metallardan yasalgan termometrlarga qaraganda ular oksidlanishga qarshi yaxshi qarshilikka ega. Ularni ishlatish tajribasidan shuni ko'rish mumkinki, 1000°C haroratga yaqinida alyumelli elektrodning xromelliga ko'ra oksidlanishga chidamliligi past. Xromel va alyumelli termoelektrod simlarni qo'llash harorat chegaralari, havo muhitida ishlashida, uning diametriga ko'ra $-50 \div +1000^{\circ}\text{C}$ ni tashkil etadi.

Volfram, reniy, molibden va ularning qotishmalari asosidagi elektrodli termojuftlar asosan eritilgan metallarning qisqa vaqt davomida haroratini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Volfram-reniylil qotishma elektrodli termojuftlar keng ko'lamda uzoq va qisqa vaqt davomida neytral yoki tiklanuvchi gazli muhitda $2000-2500^{\circ}\text{C}$ gacha haroratni o'lchash uchun ishlatiladi.

Ikki har xil materialli termoelektrodlar termojuftning ishchi uchiga ulanadi, keyin ular bir-biridan yaxshi ajratilgan bo'lishi lozim.

Ekspluatatsiya sharoitida termojuftlar har xil chuqurlikda qozonning o'txonasida, pechlarda, tutun yo'llarida va boshqa qurilmalarida o'rnatiladi, shuning uchun asboblarning mexanik va kimyoviy ta'siridan yaxshi himoyalangan bo'lishi zarur. Shu maqsadda ular issiqlikka chidamli metallardan yasalgan yopiq g'iloflarga joylanadi (3-rasm).

Turli xil muhit haroratini o'lchash uchun ishlatiladigan ishchi termoelektrodlarning g'ilofi himoyalash gilzasi 1 dan, salnikli zichlanishli siljmaydigan 2, siljiydigan shtuserlardan va boshqa 3 dan iborat bo'lib, u quvurcha 6 yordamida siljmaydigan shtuser bilan yoki siljiydigan shtuserda bevosita gilza bilan ulanadi. Salnikli zichlanishli patrubok 5 va qopqoq bilan ta'minlangan boshchada termoelektrodlar 7 ga ulanish uchun izolyatsiya materialli rozetka 4 qisqichlari bilan va termometrni o'lchash asbobi yoki o'zgartirgichni ulaydigan simlar joylanadi. Harorati o'lchanayotgan muhitga tushiriladigan har qanday ma'lum rusumli termoelektrik termometr 1 uchun har xil bajariladi.

3. TEYuK ni kompensasion usul yordamida o'lchash.

Haroratni o'lchash uchun termoelektrik termometrlar ishlatilishi termojuftning termoelektr yurituvchi kuchi haroratga bog'liqligiga asoslangan. Termoelektr yurituvchi kuch ikki xil o'tkazgichdan tuzilgan zanjirda, bu o'tkazgichlar ulangan joylarida haroratlar farqi natijasida hosil bo'ladi (3-rasm).

Agar a va v o'tkazgichlarning zanjirga ulanish joyida haroratlar bir xil va teng bo'lsa, unda potentsiallar farqi ham qiymati bo'yicha bir-biriga teng, faqat har xil ishoraga ega bo'ladi.

$$E_{av}(t) = - E_{va}(t)$$

E_{av} yig'indisi va zanjirdagi tok nolga teng bo'ladi:

$$E_{av}(t, t_0) = E_{av}(t) - E_{va}(t) = 0$$

Agar $t \neq t_0$, unda TEYuK yig'indisi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$E_{av}(t, t_0) = E_{av}(t) - E_{va}(t) \neq 0 \quad (1)$$

TEYuK ni o'lchash uchun termoelektrik termometrning zanjiriga o'lchash asbobi ulanadi, uning ulanishi zanjirga yana bitta uchinchi o'tkazgich joyini kiritishni talab etadi.

Uchta o'tkazgich ulash joyining harorati teng bo'lsa, unda TEYuK quyidagiga teng:

$$E_{avc}(t) = E_{av}(t) + E_{vc}(t) + E_{ca}(t) = 0 \quad (2)$$

Agar uchta o'tkazgichdan iborat termoelektrik zanjirni ko'rib chiqsak, unda uchinchi o'tkazgichning ulash joyida harorat o'lchanayotgan haroratga teng bo'lmasa, (2, b-rasm) dan kelib chiqadi:

$$E_{avc}(t, t_0) = E_{av}(t) + E_{vc}(t_0) + E_{ca}(t_0) \quad (3)$$

(1) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$E_{vc}(t_0) + E_{ca}(t_0) = E_{va}(t_0) \quad (4)$$

(3) dan quyidagi kelib chiqadi:

$$E(t, t_0) = E_{av}(t) - E_{va}(t_0) \quad (5)$$

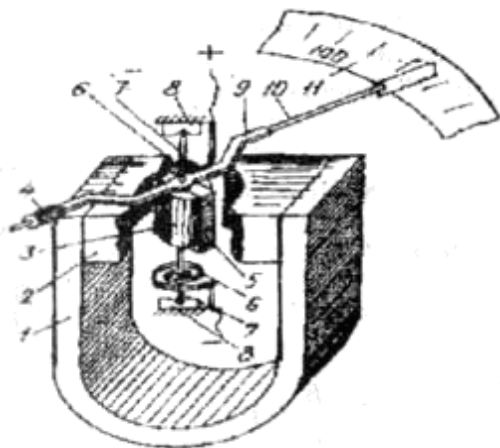
Ya'ni uch xil o'tkazgichdan tashkil topgan zanjirning TEYuKi ikki xil o'tkazgichdan tashkil topgan zanjirning TEYuKi dan farqlanmaydi. Uchinchi o'tkazgichni termometr zanjiriga ulash xususiyatlariga ko'ra o'lchash asbobi zanjirga ikki varinat: elektrodni uzish va kavsharni uzishga ko'ra kiritilishi mumkin.

4. Millivoltmetr va potensiometrlar.

Termoelektrik termometrlar (termojuftlar) komplektidagi TEYuK ni o'lchash uchun millivoltmetr va potensiometrlar qo'llaniladi.

Millivoltmetrlarning tuzilishi va u yordamida TEYuK o'lchash.

Millivoltmetr – bu magnitoelektrik asbobdir. Ularning ish prinsipi o'tkazgichlar va magnit maydonining o'zaro ta'siriga asoslangan.



3-rasm. Millivoltmetrning tuzilishi.

bo'ylab siljishi mumkin. Ramka termojuft zanjiriga ulanganda spiral-prujina 6 orqali keladigan tok ramkadan o'tadi. Ramkaning cho'lg'ami orqali tok o'tganda hosil bo'lgan magnit maydoni bilan doimiy magnit maydon o'rtasidagi o'zaro ta'sir natijasida aylantiuvchi moment hosil bo'ladi, shu sababli ramka strelka 10 bilan birga aylanadi. Spiral 6 bu aylanishga teskari ta'sir qiladi. Ramkada o'rnatilgan har bir tokning qiymatiga, ya'ni termojuft TEYuK ga strelkaning muayyan bir holati to'g'ri keladi.

Tok o'tmagan paytda qayishqoq, prujina 6 lar ramkani boshlang'ich holatga qaytaradi, strelkaning shkala 11 bo'yicha ko'rsatishi esa nolga teng bo'ladi. Kronshteyn 9 strelkani muvozanat holatida saqlash uchun posangi 4 bilan ta'minlangan. Asbob shkalasi $^{\circ}\text{C}$ da darajalangan. Ramkadan o'tgan tok bilan doimiy magnit maydoni orasidagi o'zaro ta'sir tufayli paydo bo'lgan aylantiruvchi moment quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$M_{\text{ayl}} = C_1 \cdot B \cdot J \quad (6)$$

bu erda M_{ayl} -aylantiruvchi moment; C_1 -ramkaning geometrik hajmi va cho'lg'amlari soni bilan aniqlanadigan doimiy koeffisient; V -oraliqdagi magnit induksiyasi; J -ramkadagi tok. Aylanishga teskari ta'sir etuvchi moment

$$M_{tes} = C_2 \cdot E \cdot \varphi \quad (7)$$

bu erda C_2 -qayishqoq unsur (spiral – prujina yoki cho'zilgan tolalar) hajmidan aniqlanadigan doimiy koeffisient; E -spiral prujinalarning elastik moduli yoki cho'zilgan tolalarning siljish moduli; φ -qayishqoq unurning burilish burchagi.

Asbob harakatchan tizimning burilish burchagi ramkadan o'tayotgan tok kuchidan tashqari yana termojuft, ulaydigan simlar va millivoltmetrning ichki qarshiliklariga ham bog'liq:

$$\varphi = K \cdot J = K \frac{E_t}{R_t + R_s + R_m} \quad (8)$$

bu erda E_t -TEYuK; R_t -termojuft qarshiligi; R_s -ulaydigan simlar qarshiligi; R_m -millivoltmetrning ichki qarshiligi.

Sanoatda o'lchash chegarasi, tashqi ko'rinishi va gabaritlari turlicha bo'lgan, haroratni o'lchashga mo'ljallangan pirometrik millivoltmerlar ishlab chiqariladi. Sanoat asboblari 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 va 2,5 aniqlik sinfiga ega.

O'lchash asbobi sifatida ishlatiladigan millivoltmetrli termoelektrlar komplektining kamchiligi o'lchash asbobida tok mavjudligidir. Tok miqdoriga, ya'ni millivoltmetrning ko'rsatishiga TEYuK dan tashqari zanjirning qarshiligi ham ta'sir qiladi:

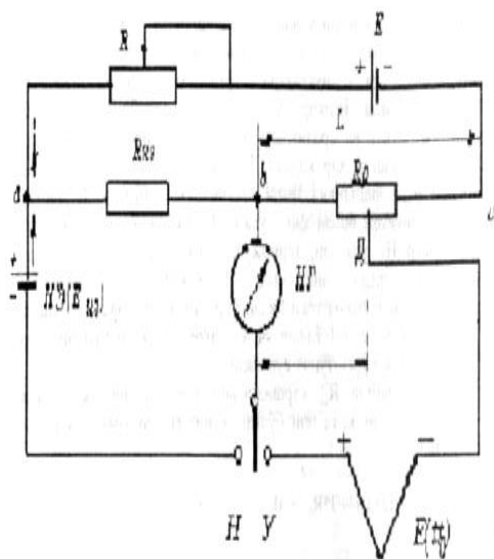
$$\sum R = R_t + R_s + R_m \quad (9)$$

Har bir qarshilikning o'zgarishi o'lchashda sodir bo'ladigan xatoga olib keladi. Noqulay sharoitda bu xato asosiy xato miqdoridan (aniqlik sinfidan) oshib ketishi mumkin. Yuqorida aytilganlarning hammasi aniqlik sinfi unchalik yuqori bo'lmagan jamlovchi xatosining bir necha o'n gradusga etishiga olib keladi.

O'lchash aniqligi nuqtai nazaridan ishlatilish talablarning oshganligi sababli hozirgi paytda haroratni termojuft bilan o'lchashda millivoltmetrdan foydalangandagi kamchiliklardan holi bo'lgan kompensasion yoki potensiometrik usul tobora keng qo'llanilmoqda.

Potensiometrik o'lchash usuli millivoltmetrlar yordamida olib boriladigan o'lchovdan afzaldir: potensiometrning ko'rsatishi tashqi zanjir qarshiliklarining o'zgarishiga, asbob haroratiga bog'liq emas. Potensiometrda termojuft erkin uchlariing haroratiga avtomatik ravishda tuzatish kiritiladi, shuning uchun o'lchash aniqligi yuqori bo'ladi. Potensiometrlar millivoltmetrdan o'zlarining o'tkir sezgirligi bilan ajralib turadi. Potensiometrik o'lchash

usuli o'lchanayotgan termojuft TEYuK ni potensiallar ayirmasi bilan muvozanatlashtirishga (kompensasiyalashga) asoslangan. Bu potensiallar ayirmasi kalibrlangan qarshilikdagi yordamchi tok manbaidan hosil bo'ladi. Potensiallar ayirmasi termojuft TEYuK ning teskari ishorali qiymatiga teng. Buni juda ko'p uchraydigan misolda tushuntirish mumkin.



5-rasm. TEYuK ni o'lchaydigan potensiometrning prinsipial sxemasi.

Ma'lumki, analitik tarozida og'irlikni o'lchash jism og'irligini tarozi toshlari yig'indisining og'irligi bilan muvozanatlashdan iborat. Shu bilan birga bu tarozining strelkasi og'irlik miqdorini ko'rsatmay, balki tarozi toshlarining og'irligi jism og'irligiga aniq mos kelganligini ko'rsatadi. Shundan so'ng toshlarning og'irligi hisoblanadi va olingan natija jismning og'irligini beradi.

Potensiometr zanjiridagi tok manba va termojuftda bir-biriga tomon oqadi hamda YuEK muvozanatlashganda zanjirdagi tok kuchi nolga tenglashadi, ana shu nol asbob strelkasining nol holatini ko'rsatadi.

O'lchov paytida nolaviy asbobning strelkasi nolni ko'rsatganda tok manbai zanjiridagi kuchlanishning kamayishini aniqlash kerak. U termojuft TEYuK ga teng bo'ladi. TEYuK ni potensiometr orqali o'lchashning prinsipial sxemasi 5-rasmda keltirilgan. Tok yordamchi YE manbadan zanjirga o'tadi. Bu zanjirning "v" va "s" nuqtalari o'rtasidagi

reoxord R_r o'zgaruvchan qarshilik ulangan. Reoxord L uzunlikdagi kalibrlangan simdan iborat. "a" nuqta va oraliqdagi reoxordning sirpanuvchi kontakt dvijogi joylashgan har qanday D nuqta o'rtasidagi potensiallar ayirmasi R_{vd} qarshilikka to'g'ri proporsional bo'ladi. Ketma-ket ulangan termojuft bilan qayta ulagich P orqali sezgir asbob nol galvanometr NG ulanadi, termojuft zanjirida tok borligi shu galvanometr orqali aniqlanadi. Termojuft uning toki R_{vd} tarmoqqa yordamchi manba toki bilan bir yo'nalishda yuradigan qilib ulanadi. TEYuK ni o'lchash uchun reoxord dvijogi galvanometr strelkasi nolni ko'rsatguncha suriladi.

Shunday qilib, TEYuK ni kompensasion usul bo'yicha o'lchash termojuft zanjirida tok yo'q paytida bajariladi. Shuning uchun termojuft ulash simlari va NG dan hosil bo'lgan zanjir qarshiligi o'lchov natijasiga ta'sir qilmaydi va bu ushbu usulning afzalligi hisoblanadi.

Xulosa.

“Termoelektr termometrlar. Minivortmetrlar va potentsiometrlar” mavzusida referat yozish davomida termojuftlarning ishlash printsipi, ishlatilish sohalari, o'lchash diapazoni haqida tushunchalarga ega bo'lish bilan bir qatorda standart termoelektr berimetrlar turlari va tuzilishi, TEYuKni kompensatsion usul yordamida o'lchash usullarini o'rgandim. Bundan tashqari termoelektr termometrning ikkilamchi o'lchash asbobi avtomatik potentsiometr va magnitoelektrik millivortmetrlarining ishlash printsipini, tuzilish sxemalari vazifalari yutuq va kamchiliklari bilan tanishdim. Termoelektrik termometr bilan ikkilamchi asbobni o'lchash termoelektrod simlar xususiyatlari, xossalari va ularga qo'yilgan talablarni bir so'z bilan aytganda termojuftlar bilan harorat o'lchashning turli usullarni o'rganib chiqdim.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Raximdjanoʻv R.T., Shoyunusov Sh.Sh., Alimov X.A. Issiqlik texnika oʻlchovlari. Oʻquv qoʻllanma. T., TDTU, 2003 (31-71).
2. Zohidov R.A., Koroli M.A., Taktaeva L.N., Raximdjanoʻv R.T. Oʻquv qoʻllanma. T., TDTU, 2008 (26-40).
3. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. Учебник для вузов. М.: МЭИ, 2005 (59-132).
4. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергия, 1978 (86-186).
1. Рахимджанов Р.Т., Шоюнусов Ш.Ш., Алимов Х.А. Иссиқлик техника ўлчовлари. Ўқув қўлланма. Т., ТДТУ, 2003.
2. Зоҳидов Р.А., Короли М.А., Тактаева Л.Н., Рахимджанов Р.Т. Ўқув қўлланма. Т., ТДТУ, 2008.
3. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. Учебник для вузов. М.: МЭИ, 2005.
4. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергия, 1978.
5. Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам. М.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Чистяков В.С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям. М.: Энергоатомиздат, 1990.
7. Тактаева Л.Н., Короли М.А., Алимова М.М. Иссиқлик техник ўлчовлари фанидан методик кўрсатмалар. Т., ТДТУ, 1998.
8. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Основы метрологии. М.: Изд-во стандартов, 1995.
9. Новицкий П.В., Зограв И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
10. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978.
11. Гонек Н.ф. Манометры. Л.: Машиностроение, 1979.
12. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л.: Машиностроение, 1989.