

Töö nr 1 TERMOPAARIDE KALIBREERIMINE

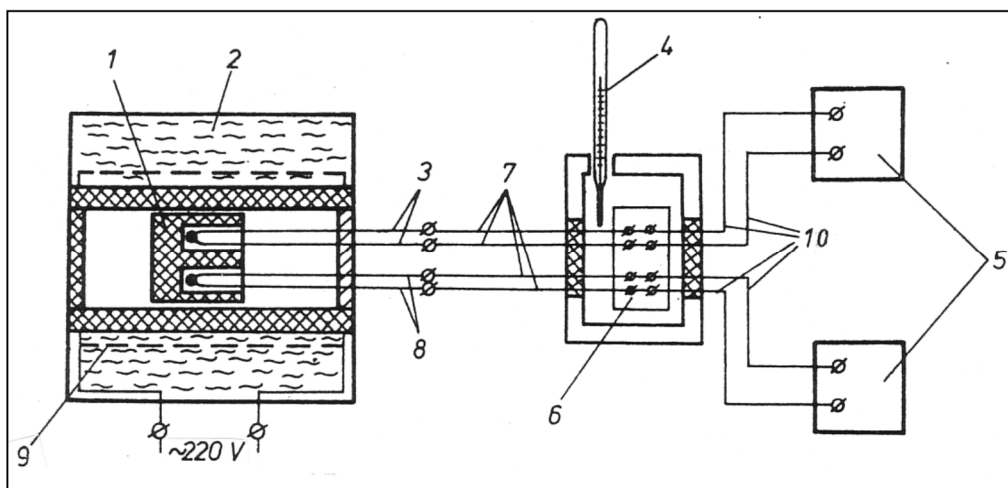
1. Töö eesmärk

Määrata tehnilise termopaari termoelektromotoorjõu E olenevus temperatuurist t ja koostada graafikud $E_1 = f_1(t)$ ning $t_1 = f_2(t)$. Arvutada termopaari absoluutne viga.

2. Tööks vajalikud vahendid

1. Elektriahi
2. Võrdlustermopaar (plaatina-plaatinaroodium termopaar)
3. Kalibreeritav termopaar
4. Voltmeetrid
5. Vedeliktäitega klaastermomeeter
6. Termopikendusjuhtmed
7. Termostateeritud klemmlaud
8. Termopaaride gradueerimistabelid

3. Katseseadme skeem ja tööpõhimõtte kirjeldus



Joonis 1.1. Termopaaride katseseadme skeem: 1 – metallplokk; 2 – elektriahi; 3 – võrdlustermopaar; 4 – vedeliktermomeeter; 5 – voltmeeter; 6 – termostateeritud klemmlaud; 7 – termopikendusjuhtmed; 8 – kalibreeritav termopaar; 9 – küttemähis; 10 – ühendusjuhtmed

Mõõdetulemuste jälgitavuse ja usaldusväärsuse saavutamiseks kontrollitakse mõõtevahendeid tüübikinnituse, taatlemise ja kalibreerimise teel. Kalibreerimine on kontrolli liik, millele allutatakse etalonid. Töömõõtevahendite kalibreerimine ei ole kohustuslik (Väljavõte Eesti mõõteseadusest).

Kalibreerimise all mõistetakse mõõtevahendi sisendsuuruse ja väljundsuuruse vahelise sõltuvuse määramist või mõõtehälvete määramist. Termopaaride korral on sisendsuuruseks mõõdetav temperatuur, väljundsuuruseks aga termopaari termoelektromotoorjõud. Tulemused

esitatakse kas tabeli, graafiku või valemite kujul. Antud laboratoorses töös püütakse kalibreerida tööstuslikult toodetud standardset termopaari. Termopaaride tööstuslikul tootmisel peab tootja tagama termopaari vastavuse kindlale sõltuvusele mõõdetava temperatuuri ja termopaari termoelektromotoorjõu vahel (võimalike kõikumistega lubatud hälvete piires). Standardtermopaaride sõltuvus termoelektromotoorjõu ja temperatuuri vahel antakse gradueerimistabelitena. Seeriaviisiliselt toodetavate termopaaride korral tootja termopaaride individuaalset kalibreerimist läbi ei vii, käesoleva töö käigus püütakse teha kindlaks konkreetse termopaari korral sõltuvust temperatuuri ja kalibreeritava termopaari termo-elektromotoorjõu vahel. Loomulikult peab tulemus olema küllalt ligilähedane selle termopaari standardgradueeringuga. Katse võimaldab määrata sellise termopaari mõõtmisvead (mõõtehälbed) standardse gradueeringu suhtes ja selgitada kas konkreetse termopaari hälbed jäävad lubatud hälvete piiridesse või mitte.

Termopaaride kalibreerimisel määratakse katseliselt nende termo-elektromotoorjõu E sõltuvus temperatuurist. Tegelikku temperatuuri mõõdetakse suure täpsusega termomeetri vahendusel. Antud töös kasutatakse mõõdetava temperatuuri andurina suure täpsuse ja stabiilse karakteristikaga plaatina-plaatinaroodium (gr. S) termopaari. Gradueeritavaks termopaariks võib olla mis tahes gradueeringuga standardne või mittestandardne termopaar. Antud töös on vaja katsetada (kalibreerida) kromell-alumel termopaari (gr K). Töö käigus mõõdetakse temperatuuri ahju metallplokis, fikseerides samaaegselt nii plaatina-plaatinaroodium kui ka kalibreeritava termopaari elektromotoorjõudu, kusjuures termopaaride külmiited hoitakse termostateeritult temperatuuril 0°C .

Kalibreeritava termopaari 8 (joonis 1.1) ja võrdlustermopaari 3 kaitsehülsist vabastatud kuumliited on asetatud elektriahjus 2 oleva metallploki 1 kanalitesse. Metallploki ülesanne on vältida temperatuurivälja ebaühtlust ahju ristlõikes termopaaride kuumliidete juures. Termopaaride ahjust väljaviigu ava on tihendatud. Termopaaride külmiited on viidud ahjust eemale termopikendusjuhtmete abil termostateeritud klemmlauale 6. Külmiidete temperatuuri mõõtmiseks on klemmlaua vedeliktermomeeter 4. Termoelektromotoorjõu mõõtmiseks on kummagi termopaari ahelasse lülitatud voltmeeter 5. Elektriahju temperatuuri reguleerimiseks kasutatakse firma OMRON elektronregulaatorit BS1200.

4. Töö käik

Ahju elektriline toide lülitatakse sisse ahju esipaneelil paikneva lüliti abil, süttib kontroll-lamp. Ahju toite sisselülitamisel antakse elektriline toide ka OMRON BS1200 tüüpi automaatregulaatorile, mis peale lühiajalise kontrolltesti (*selftest*) läbiviimist on valmis tööks. Ahju kütteelement saab elektrilise toite temperatuurireguleerimise süsteemi kaudu. Vajalik temperatuur ahjus antakse ette digitaalsena, valides regulaatoril SP (*SetPoint*, so etteande-) režiimi. Peale etteande temperatuuri sisestamist tuleb see fikseerida ENTER nupuga ja valida seejärel näidurežiim. Selles režiimis on elektronregulaatori tablool kaks arvulist näitu, need on etteande temperatuur (kuvatakse punasena) ja tegelik temperatuur anduri paigalduskohas (kuvatakse rohelisena). Regulaatoriga ühendatud temperatuuriandur on paigaldatud mõõtmaks ahju keraamilise toru temperatuuri. Selle keraamilise toru ümber paikneb elektriline küttekeha, keraamilise toru sisse on aga paigaldatud metallplokk võrdlus- ja kalibreeritava termopaariga. Temperatuuriregulaator töötab pulseerivas režiimis, s.o. korduvate sisse/välja lülitumistega.. Ahju soojusliku inertsitõttu stabiliseerub temperatuur aeglaselt etteantud väärtuse juures. Stabiliseerunud temperatuuride korral fikseeritakse mõlema voltmeetri näidud. Kalibreerimise lõpptemperatuur ei tohi ületada antud ahju lubatavat maksimaalset töötemperatuuri (1000°C). Mõõtmiste üldine ulatus ja lugemite tihedus tuleb kooskõlastada juhendajaga. On oluline, et

ahju temperatuur fikseeritakse termilise tasakaalu olekus. Termiliseks tasakaaluks võib lugeda olukorda, kus ahju temperatuur 1 – 2 minuti jooksul ei muutu enam kui 0,1 K.

Kui esimene temperatuur tasakaaluolukorras on fikseeritud, suurendatakse temperatuuri etteannet ligikaudu 50 – 100 °C võrra ja jälgitakse temperatuuri muutumist regulaatori näidu järgi ja võrdlustermopaariga ühendatud voltmeetri näidu järgi. Kui temperatuur on stabiliseerunud, fikseeritakse näidud. Nii jätkatakse kuni viimase valitud temperatuurini. Lugemeid tehakse vähemalt viiel temperatuuril.

5. Katseandmete töötlemine

Mõõtmistulemused koondatakse tabelisse 1.1. Selle põhjal koostatakse sõltuvused $E_1 = f_1(t)$ ja $t_1 = f_2(t)$.

Mõõdetud termoelektromotoorjõu järgi leitakse temperatuur termopaari gradueerimistabelist. Standardtermopaaride gradueerimistabelid on koostatud tingimusel, et termopaari külmlühte temperatuur on 0 °C. Vastasel juhul saadakse voltmeetriga mõõtes termopaari kuumliites ja külmlühtes tekkivate kontaktpotentsiaalide vahe ($E' = E - \Delta E$, mV). Termopaari kuumliite tegeliku temperatuuri leidmiseks tuleb määrata külmlühte temperatuuri parand (mV) sõltuvalt külmlühte temperatuurist. Parand ΔE leitakse külmlühte vedeliktermomeetriga mõõdetud temperatuuri t_{kl} järgi termopaari gradueerimistabelist. Tegelikult temperatuuriks loetakse kontrolltermopaariga mõõdetud temperatuur t .

Katse tulemused võimaldavad määrata gradueeritava termopaari mõõtmisvea (mõõtemääramatuse). Kalibreeritava termopaari (gr K) lubatav viga temperatuurivahemikus - 50...+300 °C on 0,16 mV. Temperatuurivahemikule + 300 ...+800 °C määratakse lubatav see valemiga

$$\Delta E_1 = 0,16 + 2,0 \cdot 10^{-4} (t - 300) \text{ mV} \quad (1.1)$$

Kalibreeritava termopaari absoluutne viga leitakse valemiga

$$\Delta = t - t_1 \quad ^\circ\text{C} \quad (1.2)$$

kus t – ahju temperatuur ehk temperatuur mõõdetuna võrdlustermopaariga °C;

t_1 – kalibreeritava termopaariga mõõdetud temperatuur °C.

ja

$$\Delta E_{mV} = E_0 - E_1 \quad (1.3)$$

kus E_0 – kalibreeritava termopaari emf ahju temperatuuril t (K - gradueerimistabeli järgi) mV;

E_1 – kalibreeritava termopaari emf ahju temperatuuril t mõõdetuna kalibreeritava termopaariga mV.

Töö aruandes võrreldakse katsel määratud absoluutset viga lubatava veaga ja tehakse järeldused taadeldava termopaari kasutuskõlblikkuse kohta.

Tabel 1.1

Lugemi nr.	Võrdlustermopaar (gr. S)			Kalibreeritav termopaar (gr. K)			Termopaari külmiide		Absoluutne- viga		
	Lugem E'	Tegelik termoeemj E = E'+ΔE	Temperatuur t	Lugem E' ₁	Tegelik termoeemj E ₁ = E' ₁ +ΔE ₁	Temperatuur t ₁	Temperatuur t _{kl}	Parand		Δ = t – t ₁	ΔE _{mV} = E ₀ – E ₁
								gr. S	gr. K		
								Δ E	Δ E ₁		
	mV	mV	°C	mV	mV	°C	°C	mV	mV	°C	mV
1											
2											
3											
4											
5											

6. Kontrollküsimusi ja ülesandeid

1. Millistele põhinoüetele peavad vastama termopaaride materjalid?
2. Tutvuda tööstusliku termopaari konstruktsiooniga.
3. Mis on termoelektriliste termomeetrite (termopaaride) põhilised eelised ja puudused?
4. Selgitada külmiide parandi siseseviimise korda.
5. Milleks on vajalikud termopikendusjuhtmed? Millistele nõuetele need peavad vastama?
6. Nimetage mõned standardsed ja kasutatavamad mittestandardised termopaarid.
7. Millised tegurid vähendavad termoelektriliste termomeetrite (termopaaride) täpsust?
8. Mis on termopatarei ja diferentsiaaltermopaar?

7. Kirjandus

1. Kull, A. Soojustehnilised mõõtmised. Tallinn: Valgus, 1974.
2. Soojustehnika käsiraamat. Tallinn: Valgus, 1977.
3. Мурин Г. Теплотехнические измерения. Москва: Энергия, 1979.
4. Laaneots, R., Mathiesen O. Mõõtmise alused. TTÜ Kirjastus. Tallinn. 2002, 206 lk.