

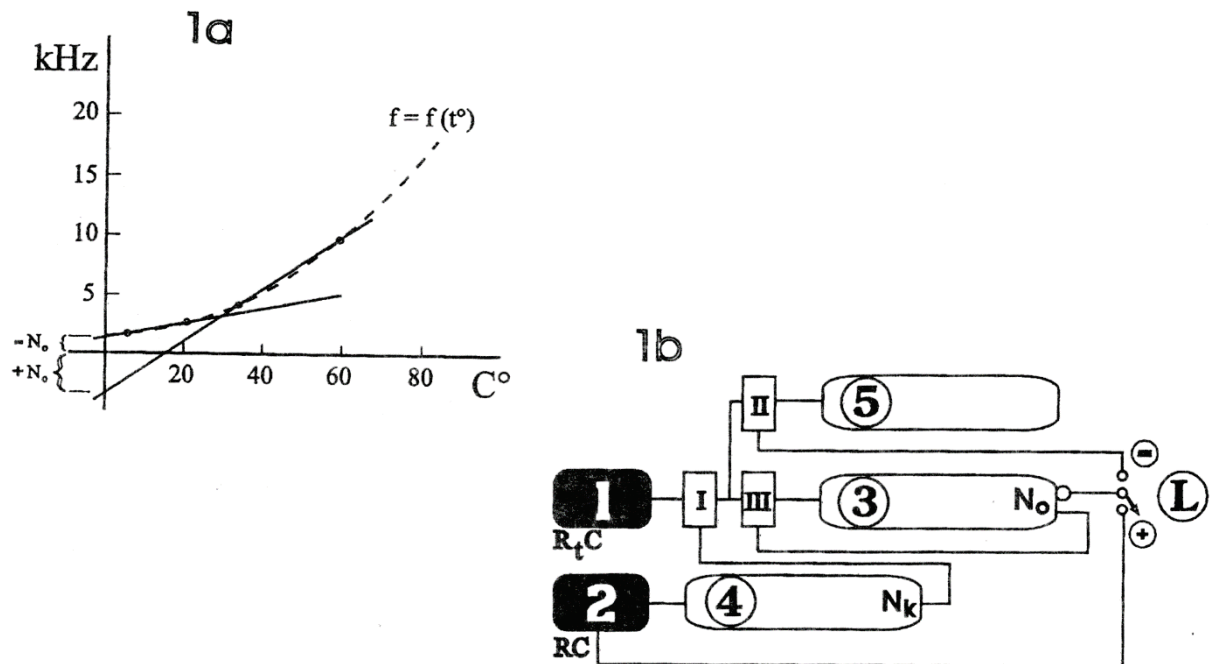
TERMISTORANDURIGA DIGITAALTERMOMEETRID PÕLLUMAJANDUSLIKEKS RAKENDUSTEKS

V. Poikalainen

Koduloomade füsioloogilisteks uuringuteks ja tervise kontrolliks, põllumajandustoodete kvaliteedi monitooringuks, temperatuuri mõõtmisteks toiduainete töötlemisel jne. vajatakse sageli kiiretoimelist, täpset, väikesegabariidilist, ökonoomset ja hõlpsasti käsitletavat digitaaltermomeetrit. Töökiiruse, stabiilsuse ja hinna poolest sobiks neis kasutada anduritena väikesegabariidilisi termistore. Kahjuks aga on termistoride takistuse sõltuvus temperatuurist mittelineaarne, mis üldjuhul piirab nende rakendamist lihtsamate skeemilahenduste korral.

Autor on aastate jooksul välja töötanud mitmeid digitaaltermomeetreid põllumajanduslikuks otstarbeks, milles termistorandur on lülitatud sagedust määrava elemendina RC-generaatori ahelasse. See ühendab termistoride suure tundlikkuse ja väikese termilise inertsi sageduslike andurite eelistega. Saadava pseudosagedusliku anduri sageduse loendamise teel kindla ajavahemiku jooksul on temperatuuri muundamine numbriliseks näiduks hõlbus.

Osutamaks, et mõõtegeneraatori sagedust määrava termoresistori takistus on sõltuv temperatuurist [$R = f(t^\circ)$], on autor võtnud kasutusele mõisted R_tC -generaator ja R_tC -termomeeter. Termistoride resistiivse tunnusjoone ebalineaarsus kompenseerub R_tC -generaatori sageduslikus tunnusjoones sedavõrd, et kitsama mõõtediapasooniga termomeetris pole täiendav lineariseerimine isegi vajalik. Eeltingimuseks on, et nullsageduse ekvivalentsuurus N_0 kompenseeritakse näidule mingi kindla arvulise väärtuse liitmise või lahutamise teel (joonis 1a).



Joonis 1. Veterinaarne R_tC -termomeeter: a – diapasooni valik, b – tööpõhimõte.

Figure 1. Veterinary R_tC -thermometer: a – choice of the range, b – circuit diagram.

Error! Switch argument not specified. Lineariseerimata tunnusjoonega nn. veterinaarse termomeetri skeem, mis põhineb näiduloendi 5 abil R_1C -mõdtegeneraatori 1 sageduse loendamisel teatud mõdteaja jooksul, on joonisel 1b. Mõdteaja määrab tugisageduse RC-generaatori 2 väljundi ning seda sagedust N_k impulsini loendav ajabaasi loendi 4. R_1C -generaatori nullsageduse kompenseerib mõdetsükli alguses loendi 3, mis teostav näidule nullsageduse ekvivalendi N_0 liitmise või lahutamise. N_k ja N_0 suurused määratakse termomeetri häälestamisel loendite 3 ja 4 loenduskoefitsientide muutmiseega.

Positiivse nullsagedusega diapasooni korral peab loendi 3 invertväljundisse ühendatud nullsageduse märgi lüliti L olema termomeetri häälestusel seatud asendisse *miinus*. Mõdetsükli käivitamisega algab generaatori 2 impulsside loendamine loendi 4 poolt, sulgub võti II ja avanevad võtmed I ja III, mille kaudu mõdtegeneraatori 1 impulsid pääsevad nullsageduse ekvivalendi loendisse 3. Kui sellesse on loendatud N_0 impulssi, sulgub loendi väljundite toimel võti III, keelates impulsside edasise pääsu loendisse 3 ja avaneb võti II, mille kaudu suunatakse impulsid näiduloendisse 5. Sellest momendist algab näiduloendis mõdtegeneraatori impulsside loendamine. Baasaja loendi täitumisel arvuni N_k , kaob tema väljundist juhtsignaal, võti I sulgub ning termomeetri mõdduloendisse 5 jääb saavutatud resultaatinäit.

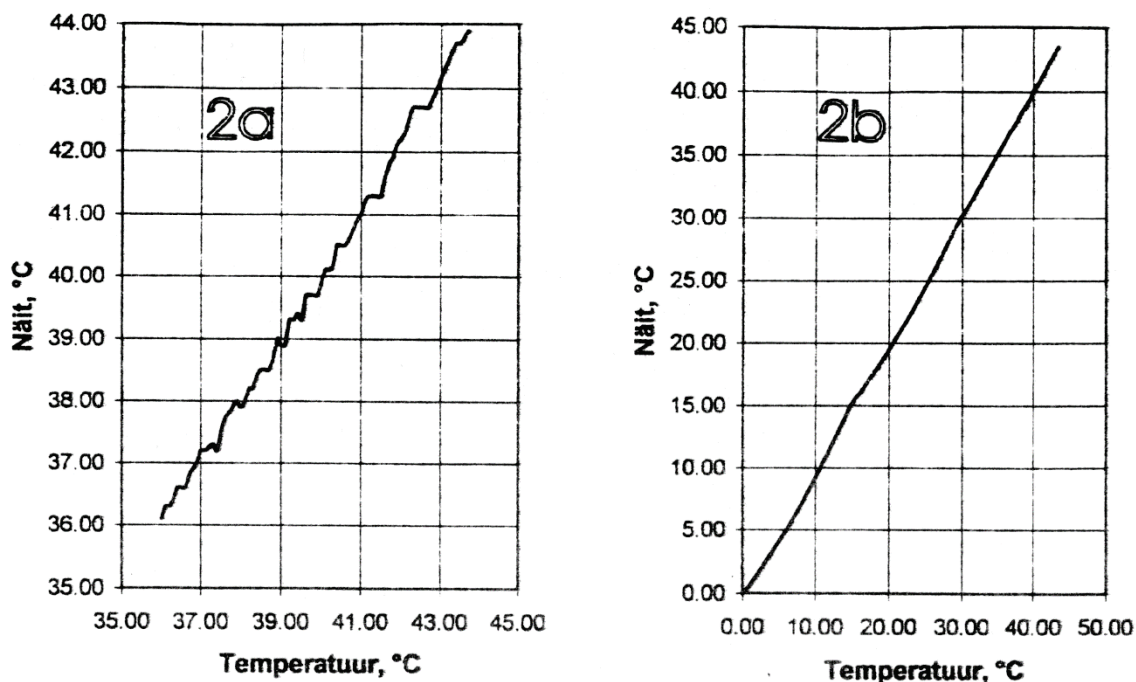
Kui mõdtepiirkond on selline, et nullsageduse ekvivalent on vaja näidule liita, peab lüliti L olema häälestatud asendisse *pluss*. Selle puhul on mõdetsükli käivitumisel avatud kõik võtmed, kuid tugisageduse generaator on blokeeritud lülitist L tuleva signaaliga. Mõdtegeneraatori impulsid pääsevad algul korraga nii näiduloendisse 5 kui nullsageduse ekvivalendi loendisse 3. Viimase täitumisel arvuni N_0 (sama arv on selleks ajaks salvestunud ka näiduloendisse 5), selle invertväljund sulgeb võtme III ning väljundisignaal kaotab blokeeringu tugisageduse generaatorilt 2. Edasi jätkub mõdetsükkel samuti nagu eelmises variandis.

Lineariseerimata diapasoonega veterinaarse R_1C -termomeetriga läbiviidud kontrollmõdtmised termostateeritud vees osutasid, et keskmine kõrvalekalle kontrolltermomeetri näidust oli $0,029^\circ\text{C}$. Keskmisest rohkem erinesid mõdtediapasooni otsmiste punktide vahetu ümbruse (36°C ja 45°C) temperatuurid. Mõdtediapasooni keskosas $38...41^\circ\text{C}$ vahemikus, milles on ka koduloomade kehatemperatuurid, jäi hälve nullilähedaseks, võrreldes kontrolltermomeetri näiduga (joon. 2a). Eristatavad olid vaid $0,1^\circ\text{C}$ suurused fluktuatsioonid. Samasugused andmed saadi ka lehmade rektaalse temperatuuri võrdleva mõdtmisel traditsioonilise elavhõbetermomeetri ja R_1C -termomeetriga.

Temperatuuride mõdtmiseks ulatuslikumas piirkonnas tuleb R_1C -termomeetri sagedus-karakteristik approsimeerida lineaarsete lõikudega. Üheks lahenduseks on siis mõdetsükli algaasis alamdiapasooni kiirmääramine, mille käigus suunatakse vastavast püsimalust digitaalse häälestuse sisenditele alamdiapasooni määrava tunnusjoone osa tõusu ja nullsageduse ekvivalendi väärtused (Poikalainen, 1984, 1986). Edasi aga jätkub mõdetsükkel samal põhimõttel kui lineariseerimata tunnusjoone puhulgi. Kuna termomeetri mõdtediapasoon siis laieneb, on ta sobilik kasutamiseks tehnoloogiliste protsesside temperatuuri mõdtmistel toiduainete töötlemisel, põllumajandusteaduslikes uuringutes jne.

Nimetatud termomeetritüübi üks variantidest on leiutisena juurutatud Võhma Lihakombinaadis tehnoloogiliste parameetrite kontrolliks. Temaga saab teha temperatuurimõdtmisi $1,0^\circ\text{C}$ täpsusega vahemikus $0...100^\circ\text{C}$. Sama termomeetrit rakendati Eesti Liha-Piimatööstuse KTB Türi tsehhis bakterkultuuride kontsentraadi valmistamise tehnoloogilises protsessis.

Üldisemateks bioloogilisteks uuringuteks kasutatav termomeeter peab võimaldama mõdta kiirelt ning $0,1^\circ\text{C}$ täpsusega inimeste, loomade või muude bioloogiliste objektide temperatuure. Samas on vajalik ca $0,5^\circ\text{C}$ täpsusega määrata ka ümbritseva keskkonna ja muid temperatuure. Siis tuleb temperatuurikarakteristik approsimeerida muutuva sammuga. Autor on nimetatud otstarbeks loonud lineariseeritud tunnusjoonega R_1C -termomeetri, milles approsimeerimine toimub alamdiapasooni kiirmääramist kasutamata.



Error! Switch argument not specified.

Joonis 2. R_1C -termomeetrite testimise tulemusi: a – veterinaarne termomeeter, b – termomeeter bioloogiliseks kasutuseks.

Fig. 2. R_1C -thermometer tests: a - veterinary thermometer, b - thermometer for biological use.

Esimeses alamdiapasoonis töötab termomeeter sama printsiibi kohaselt nagu lineariseerimata variandiski. Diapasooni edasine approsimeerimine aga teostatakse mõõteperioodi muutmisega sõltuvalt mõõdetavast temperatuurist. Iga mõõtettsükli kestel läbitakse seejuures järjestikku kõik alamdiapasoonid kuni selleni, millises on ka mõõdetav temperatuur. Ajafunktsiooni seos temperatuuriga realiseeritakse takistite matriitsi kasutamiseega mõõteaja ahelas, lülitades takisteid ümber alamdiapasoonide vahetust määravate näitude ületamisel näiduloendis (Poikalainen, 1985).

Kui sellise termomeetri mõõtepiirkond jaotada neljaks: ($0^{\circ}\dots 15^{\circ}$; $15^{\circ}\dots 30^{\circ}$; $30^{\circ}\dots 37^{\circ}$ ja $37^{\circ}\dots 44^{\circ}$), saame bioloogilisteks rakendusteks sobiliku termomeetri, mille mõõtetäpsus on $0,3^{\circ}\text{C}$ vahemikus $0^{\circ}\dots 30^{\circ}\text{C}$ ja $0,1^{\circ}\text{C}$ vahemikus $30^{\circ}\dots 44^{\circ}\text{C}$. Madalamates piirkondades on eristatav tunnusjoone teatud kõverus, kõrgematel on see aga praktiliselt lineaarne (joon. 2b).

Kõigi kolme termomeetritüübi testimisel ja kasutamisel ilmnes, et R_1C -generaatori rakendamine termomeetri mõõteahelas on igati õigustatud – ta võimaldab suurendada temperatuuri mõõtmiste täpsust ja kiirust ning lihtsustab tunduvalt digitaaltermomeetri ehitust.

Kirjandus

- Poikalainen: Пойкалайнен В. К. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU II38664. Устройство для измерения температуры. Москва 1984.
- Poikalainen: Пойкалайнен В. К. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU II55870. Устройство для измерения температуры. Москва 1985.
- Poikalainen: Пойкалайнен В. К. Описание изобретения к авторскому свидетельству SU I229595. Устройство для измерения температуры. Москва 1986.

Digital Thermometers with Thermistor Sensors for Agricultural Application

V. Poikalainen

Summary

In this paper the use of thermistors in digital thermometers has been described. They have been designed with a temperature sensitive $R_T C$ -oscillator which includes a thermistor as a frequency determining element.

The electronic circuit of a veterinary thermometer was constructed (Fig. 1b). It is based on counting the $R_T C$ -oscillator 1 output frequency for a period of time. This time is determined by counting the reference RC-oscillator 2 output frequency by the "divide-by N_k " time-base counter 4. For compensation of the zero frequency of the $R_T C$ -generator, a zero-frequency counter 3 has been added. This enables either addition or subtraction of the zero-frequency equivalent N_0 (Fig. 1a). Tests with a 36...44 °C range thermometer showed quite good accuracy for agricultural use (Fig. 2a).

Two wide-range versions of the $R_T C$ -thermometer were worked out on the basis of the approximation of the $R_T C$ -oscillator temperature-frequency curve with straight lines. These electronic circuits have been patented as inventions. In the first a fast establishment of sub-range has been used at the beginning of the temperature measurement cycle. In the second one the time-base has a feedback from the result counter, which switches sequentially the reference oscillator to the appropriate frequency in case of the overflow signal appearance at each sub-range. A temperature test curve of a thermometer for biological application with 4 sub-ranges from 0°C to 44°C is depicted in Fig 2b.