

SENZORJI - KLJUČNI PROBLEM AVTOMATSKIH METEOROLOŠKIH OPAZOVANJ
SENSORS - KEY PROBLEM OF AUTOMATIC METEOROLOGICAL OBSERVATIONS

Andrej HOČEVAR
Biotehniška fakulteta, Ljubljana

SUMMARY

A short survey of sensors used at automatic meteorological observations is given, together with the troubles arising in connection with their use. Since, at present, these troubles are still predominant at automatic observations, the question arises: when, where and in which manner automatic measurements should be carried out? According to author's opinion, a combination of classic and automatic measurements is still necessary. The solution of the problem how to measure meteorological parameters automatically, is not simple. It requires much more than perfect electronic techniques which assure a reliable record of electronic signals.

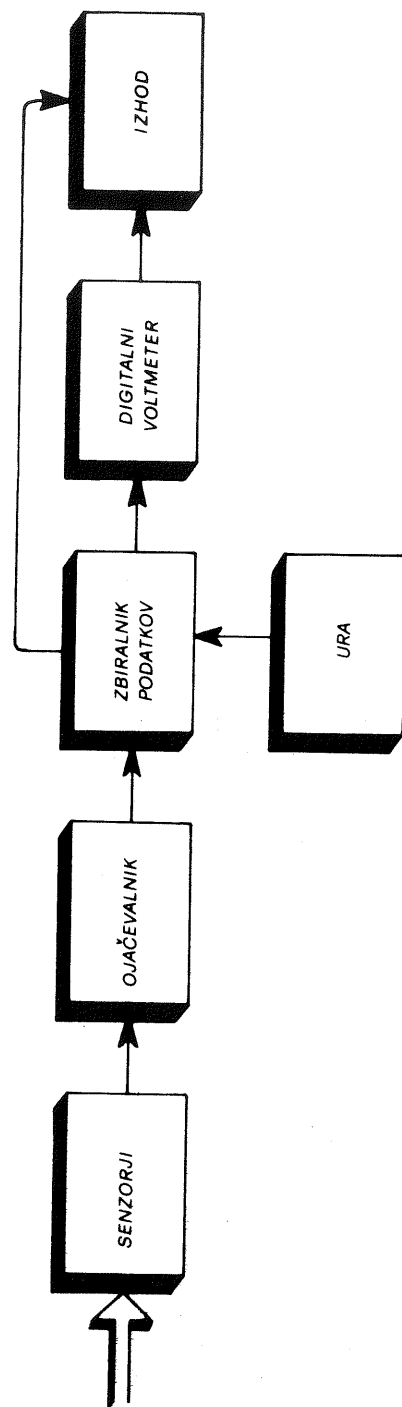
POVZETEK

Podan je kratek pregled senzorjev, ki se uporabljajo pri avtomatskih meteoroloških opazovanjih, in težave, ki se v zvezi z njimi pojavljajo. Ker so te težave v sedanjem času še ene izmed glavnih, ki otežkočajo avtomatske meritve, se postavlja dilema: kdaj in kje avtomatsko merjenje in v kakšni obliki? Za zdaj je nujna kombinacija avtomatskih in klasičnih meritev. Rešitev problema avtomatskih opazovanj meteoroloških parametrov ni preprosta: zahteva precej več kot samo dodelano elektronsko tehniko, ki zagotavlja zanesljiv zapis električnih signalov.

UVOD

Meteorologija je znanost, ki sloni na opazovanjih. Kako meriti oziroma zaznavati posamezne parametre, ki opredeljujejo fizikalne parametre lastnosti atmosfere v bolj ali manj fini časovni in prostorski skali, je zato izredno pomembno vprašanje. Dokaz, da je temu tako, so najrazličnejše meritve, ki so se v novejšem času z razvojem tehnike močno izpopolnile, v operativni rabi so razna daljinska merjenja z radiosondami, raketami, letali in sateliti kot tudi avtomatska merjenja meteoroloških parametrov prizemne plasti zraka z instrumenti na zemeljski površini.

V našem prispevku se bomo omejili na avtomatska merjenja meteoroloških parametrov v prizemni plasti zraka za mikrometeorološke in agrometeorološke potre-

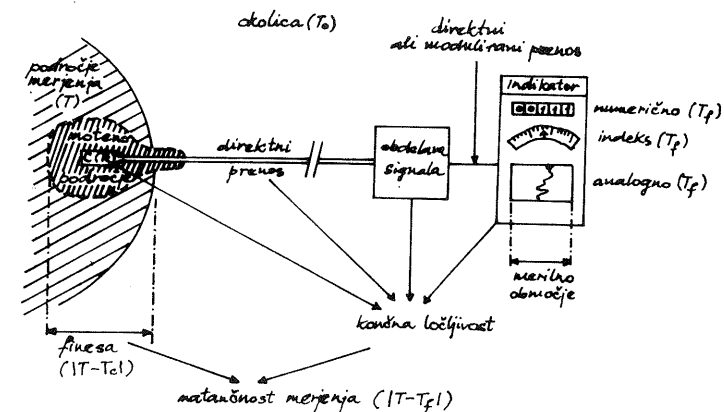


Slika 1 Osnovna shema opreme za avtomatska meteorološka merjenja
 Fig. 1 Basic scheme of devices for automatic meteorologic measurements

be /1/. To so merjenja profilov meteoroloških elementov in raznih energijskih in masnih tokov v fini časovni skali, ki jo zahtevata dinamična in termična turbulenca (velikostni red sekund in minut).

Pri obravnavi senzorjev ne bo odveč, če podamo najprej osnovno shemo avtomatskih merjenj (slika 1). Ta je sestavljena iz naslednjih členov: senzorja, ki zaznava posamezen meteorološki element električno, ojačevalca signala, zbiralnika podatkov, ki priključuje nase ob določenem času posamezne senzorje, in naprave za analogni ali digitalni zapis signala. Ta mora biti tak, da je praviloma na takem mediju, da ga lahko čita računalnik.

Natančnost zapisa določenega meteorološkega parametra je odvisna seveda od natančnosti posameznih členov naprav. Natančnost elektronskega dela je odvisna od elektronike in se jo da ugotoviti /1/. Natančnost zaznave senzorja, ki nas tu bolj zanima, pa je odvisna od časovne konstante, ravnovesja z okoljem, ki ga zaznava, motenj, ki jih pri tem povzročajo, njegove velikosti in v veliki meri od njegovega vzdrževanja (slika 2).



Slika 2 Podrobnejša shema za avtomatsko merjenje temperature skupaj s prikazom odvisnosti končne ločljivosti in natančnosti merjenja od opreme in drugih parametrov

Fig. 2 Detailed scheme for automatic measurement of temperature

Tu bomo dali kratek pregled senzorjev, ki so v rabi za avtomatska merjenja parametrov prizemne plasti zraka z instrumenti na zemeljski površini, in opozorili na osnovi delovnih izkušenj na nekatere težave, ki se v zvezi z njimi pojavljajo. Te smo dobili pri delu z avtomatsko meteorološko postajo za ugotavljanje evapotranspiracije v okviru katedre za melioracije in kmetijsko mehanizacijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

SENZORJI

Parametri, ki za mikrometeorološke ter agrometeorološke potrebe opredeljujejo prizemno plast zraka in deloma površino in gornjo plast tal, so naslednji: temperatura, zračna vlaga, hitrost vetra, sevanje (globalno in neto sevanje) ter toplotni tok v tleh, če naštejemo najvažnejše. Parametre, ki smo jih omenili, lahko merimo z najrazličnejšimi senzorji, ki so osnovani na spremembah njihovih električnih lastnosti. O senzorjih za merjenje sevanj in toplotnih tokov v tleh ne bomo govorili. Ti instrumenti so v splošnem dobri in brez večjih težav; osnovani so na termoelektričnem efektu. Značilnosti in težave senzorjev za merjenje drugih parametrov pa so zelo različne /2, 3/. (Tabele 1, 2, 3).

SKLEP

Naj na koncu povzamemo glavne značilnosti senzorjev, njihove težave in na osnovi izkušenj nekaj napotkov za delo pri avtomatskih meritvah v prizemni plasti zraka za posebne potrebe.

Vsi senzorji imajo dandanes praktično že linearno odvisnost.

$$MP = aEP + b$$

Zabeležena vrednost meteorološkega parametra (MP) je odvisna od vrednosti električnega parametra (EP) in konstant a in b, ki sta eksperimentalno določeni in vključeni pri izvrednotenju podatkov. Konstanta b je pogosto signifikantno različna od nič tudi pri anemometrih, kot je to ugotovil Baynton, pri kalibriranju 11 anemetrov različne proizvodnje in jo je potrebno upoštevati /3/.

Opozorimo naj na težave pri merjenjih. Anemometri morajo biti postavljeni vertikalno, kar je pri meritvah na terenu potrebno večkrat kontrolirati. Problem namakanja mokrih termometrov zahteva pazljivost, natančnost in stalno kontrolo. Higrometri na osnovi kemičnih snovi imajo v veliki večini histerezo in veliko časovno konstanto, če je ventilacija šibka; nekateri pa se v nasičenem zraku povsem pokvarijo. Glavna hiba tranzistorjev pa je v tem, da včasih kar nenadoma odpovedo.

Glede na težave z vzdrževanjem avtomatske naprave, zlasti senzorjev, zahteve po stalni električni napetosti - pri tem je potrebno upoštevati tudi električna polja v atmosferi, ki lahko meritve pokvarijo - lahko strnemo naše napotke za avtomatske meritve za posebne potrebe v naslednjem:

1. Avtomatske meritve za posebne potrebe brez stalne človeške kontrole pri tehnikih, ki jo danes uporabljamo, niso mogoče.
2. Smiselna so le občasna natančna merjenja, ki so vnaprej dobro pripravljena in izvedena z veliko natančnostjo in pazljivostjo; od natančne kontrole, senzorjev, ki niso vsi idealni, do potrebnih zapisov in priprave avtomatskih recorderjev. Kupe nezanesljivega materiala dobimo, če teh podatkov ne upoštevamo.

Tabela 1

MERJENJE TEMPERATUR		
Ime instrumenta	Princip merjenja	Značilnosti
Termometer na termoelement	Termoelektrični efekt	Majhen izhod (40 μ V/K), potreba po referenčnem stiku, drugače meri le temp. razlike, enostaven in poceni, natančnost $\pm 0,1$ K, možna tudi znatno večja natančnost
Uporovni termometer	Odvisnost električne upornosti kotvine od temperature (platina)	Težave pri merjenju temperature tal zaradi Joulove toplote, dobra linearna odvisnost, natančnost $\pm 0,1$ K
Termistor	Odvisnost električne upornosti polprevodnikov od temperature	Velik izhod, v kombinaciji z upori dobra linearna odvisnost, enostaven in poceni, časovno manj zanesljiv kot prva dva, natančnost $\pm 0,1$ K
Termometer na dioco (Junction diode)	Polprevodniška dioda z nesimetrično V-A karakteristiko, ki je posledica stika med n- in p tipoma polprevodniških materialov	Velik izhod (2,3 mV/K), v rabi v novejšem času
Termometer na kvarc kristal	Sprememba frekvence nihanja kristala s temperaturo	Drag, razmeroma velik, velika občutljivost $\pm 0,02$ K

Tabela 2

MERJENJE ZRAČNE VLAGE		
Ime instrumenta	Princip merjenja	Značilnosti
Psihrometer	Merjenje temperature mokrega in suhega termometra	Natančni in občutljivi; močnejše mokrega termometra in ventilacija problematična
Higrometer na rosišče	Ugotavljanje kondenzacije vodne pare na zrcalu in merjenje temperature rosišča s termistorjem	Natančnost $\pm 1,0$ K
Higrometer na litijev klorid	Merjenje ravnovesne temperature litijvega klorida v trdnem in tekočem stanju	Natančnost $\pm 0,3$ K ali $f \pm 1,5\%$, brez ventilacije velika časovna konstanta (4 min.)
Higrometer na aluminijev oksid	Odvisnost električne kapacitivnosti plasti aluminijevega oksida od vlage	Brez histereze, velika natančnost $\pm 0,1\%$ relativne vlage
Higrometer na požveplan polistiren	Sprememba električne upornosti požveplanega polistirena z vlago	Natančnost $\pm 2,5\%$ relativne vlage
Infra-analizatorji	Meritev količine CO ₂ in vodne pare z diferencialno absorpcijo infrardečega sevanja	Natančnost $\pm 0,01$ mb parnega pritiska

Tabela 3

MERJENJE HITROSTI VETRA		
Ime instrumenta	Princip merjenja	Značilnosti
Anemometer, rotacijski	Vrtenje Robinzonovega križa daje električne kontakte ali pa prekinja svetlobni žarek, ki je usmerjen na fototranzistor	Hitrost vrtenja je praktično linearno odvisna od hitrosti vetra, če je ta nad pragom občutljivosti, ta je lahko med 5 in 10 cm/s; razmeroma velik in neprimeren v fini prostorski in časovni skali
Anemometer na vročo žico	Princip kompenzacije; konstanten električni tok, ali napetost, ali konstantna temperatura	Velika občutljivost nekaj cm/s, možnost merjenj v fini prostorski in časovni skali, slaba stran, velika lomljivost, nelinearen izhod
Anemometer na ogrevan termoelement	Ohlajanje segrevanega termoelementa, razlika med ogrevanim in neogrevanim	Bolj robusten, podobne lastnosti kot prejšnji
Anemometer na termistor	Merjenje temperature difference med ogrevanim in neogrevanim termistorjem, odvisnost od vetra	Podobne lastnosti kot prejšnji

3. Človek je še vedno tisti, ki igra pri avtomatskih meritvah glavno vlogo, če hočemo pravilno izmeriti in prav zapisati željene podatke. Šele tedaj, ko bomo tudi pri meritvah na zemeljski površini uporabljali tehnične naprave, ki jih s seboj nosijo sateliti, bo mogoče delež človeka v večji meri izključiti.

Poseben problem so senzorji v zvezi z avtomatskimi rednimi meritvami, o katerih tu nismo govorili. Pri teh se pojavljajo dodatne težave v zvezi z vremenom. Ivje, zaledenitve, rosa, onesnaženje zraka in podobno vplivajo na senzorje na najrazličnejše načine. Te težave so znane tudi pri klasičnih meritvah, pri avtomatskih pa se še potencirajo. Zato je potrebno kvaliteto podatkov oziroma senzorje na tak ali drugačen način kontrolirati.

Rešitev problema avtomatskih meteoroloških opazovanj torej ni preprosta, zahteva precej več kot samo izpopolnjeno elektronsko tehniko, ki zagotavlja zanesljiv zapis električnih signalov.

LITERATURA

- /1/HALLAIRE, M.M. (redakcijski komite): Techniques D'Etude des Facteurs Physiques de la Biosphere. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris 1970.
- /2/MONTEITH, J.L.: Survey of Instruments for Micrometeorological Blackwell Acientific Publications. Oxford, London 1972.
- /3/BAYNTON, H.W.: Errors in Wind Run Estimates from Rotational anemometers. Bull. Am. Meteor. Soc. Vol 57, Nr. 9, Boston 1976, 1127-1130.