

THE CURRENT TRENDS OF AIR TEMPERATURE AND AIR HUMIDITY MEASURING IN MONITORING SYSTEMS

J. Čimo

Katedra biometeorológie a hydrológie, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,
Slovakia, Jan.Cimo@uniag.sk

Abstract

The paper deals with the design and realization of the air temperature and humidity sensor. The air humidity sensor based on capacity principle. Sensor of air temperature is modern programmable digital sensor. There were used methods and materials conformable with the modern electronic and informatics as well as mathematic – statistic methods of the linear regression, which were used in the process of the calibration characteristic in the work. The air temperature sensor works in measuring range from -55 to 125 °C with accuracy better than 0,1 °C and the humidity sensor works in measuring range from 0 to 98 % with accuracy better than 1%. The prime area application of the air temperature and humidity sensor is in the automatic weather–stations, in the agricultural (microclimatic weather–stations) in the field conditions and in the industry for the other technological operations where monitoring of air temperature and humidity is required. This function sensor will be used as model for the educational purposes on the lessons of the biometeorology and climatology.

Keywords: air humidity sensor, air temperature sensor, monitoring systems, capacity principle, digital thermometer

Abstrakt

Predkladaný príspevok sa zaoberá návrhom a samotnou realizáciou monitorovacieho systému teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu s využitím čo najmodernejšej a najdostupnejšej elektroniky a informačných technológií v poľnohospodárstve. V práci je spracovaný aplikovaný výskum s cieľom hľadania a zostavenia čo najoptimálnejšieho elektronického a konštrukčného riešenia monitorovacieho zariadenia z dôrazom zameraným na výber a výskum jednotlivých senzorov fyzikálnych veličín. Navrhlo sa zariadenie s použitím výsledkov aplikovaného výskumu ako optimálne riešenie monitorovacieho systému.. Zmeny jednotlivých fyzikálnych veličín boli monitorované navrhnutým zariadením a porovnávané s inými monitorovacími zariadeniami. Na základe výsledkov možno dospieť k záveru, že takto navrhnuté zariadenie pracuje s dostatočnou presnosťou (snímač teploty meria s presnosťou 0,1 °C a snímač relatívnej vlhkosti vzduchu s presnosťou 1% v rozsahu 0-98%) a nájde široké uplatnenie v rôznych oblastiach poľnohospodárskej i nepoľnohospodárskej výroby, v technologických procesoch potravinárskeho a chladiarenského priemyslu a všade tam, kde je treba monitorovať a uchovávať jednotlivé údaje o teplote vzduchu, relatívnej vlhkosti.

Úvod

V súčasnosti ale predovšetkým v poslednom období pätnástich rokov sa stretávame s čoraz častejším využitím čo najmodernejšej a najdostupnejšej elektroniky a informačných technológií v agrometeorológii a meteorológii. Kedysi používané mechanické meteorologické prístroje (teplomery, smerovky, vlasové vlhkomery, zrážkomery, snehové lavy, a iné.) dnes plne nahrádzajú moderné monitorovacie elektronické meracie systémy, ktoré dokážu merať a zároveň vyhodnocovať stav atmosféry v príbehu niekoľkých minút až sekúnd.

Súčasný monitorovacie systémy pozostávajú z jednotlivých snímačov fyzikálnych veličín a dataloggera (meracej ústredne). Úlohou snímačov (najčastejšie digitálnych) je zosnímať hodnotu meranej fyzikálnej veličiny, ktorú následne prijme a zároveň spracuje datalogger. Úlohou dataloggera nie je len prijímať a spracúvať merané informácie ale zároveň aj ukladať vo zvolených časových intervaloch, ktoré sa neskôr spracovávajú pomocou matematicko-štatistických metód a na základe

ktorých sa vypracovávajú rôzne štúdie. Takto spracované informácie nám slúžia v mnohých vedných odboroch (meteorológia, klimatológia, fenológia, hydrológia, fyziológia rastlín a iné), priemysle na sledovanie teploty a vlhkosti vzduchu pri rôznych zložitých technologických operáciách a iné. Úlohou práce bolo navrhnuť a zrealizovať finančne nenáročný monitorovací systém na snímanie teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu, ktorý by svojimi technickými parametrami a presnosťou merania dosahoval svetový štandard.

Materiál a metódy

Metódy merania teploty vzduchu

Najčastejšie využívané senzory teploty využívajú teplotnú závislosť odporu kovových alebo polovodičových materiálov, prípadne Seebakovho javu. Ten spočíva vo vzniku termoelektrického napätia v obvode, tvorenom dvojicou na konci spojených vodičov z rôznych kovov, úmernému rozdielu teplôt týchto koncov. Prísne definovanú teplotnú závislosť, využiteľnú pre meranie teploty, má aj napätie na priepustne polarizovanom prechode P-N, buď diódy, alebo na prechode tranzistora báza-emitor. V podstate prevládajú tieto technológie:

- odporové senzory (RTD),
- termočlánky (TC),
- a najnovšie integrované senzory teploty (IST).

V dnešných digitálnych stanicích sa najčastejšie používajú integrované senzory teploty (IST).

Metódy merania relatívnej vlhkosti vzduchu

Meranie relatívnej vlhkosti vzduchu je ďalšia sledovaná veličina v meteorológii. Poznáme dve metódy merania, ktoré sa najčastejšie využívajú na meranie relatívnej vlhkosti vzduchu v automatických meteorologických stanicích:

1. psychrometrická metóda
2. kapacitná metóda

Veľký význam pri voľbe merača vlhkosti majú rozdielne vlastnosti – výhody a nevýhody jednotlivých meracích metód.

Psychrometrická metóda je základná metóda merania vlhkosti v meteorológii. Snímače pracujúce touto metódou sa skladajú z dvoch teplotných senzorov (PT100, IST ...), ktorými sa meria teplota suchá a vlhká. Vlhký teplomer je neustále vlhčený destilovanou vodou. Odparovaním vody z vlhkého teplomera sa odoberá teplo z jeho blízkosti, a to sa prejaví poklesom teploty tohto teplomera. Medzi teplotami oboch teplomerov vzniká rozdiel tzv. psychrometrická diferencia. Táto sa využíva k výpočtu vlhkosti podľa závislosti vyjadrenej psychrometrickou rovnicou alebo sa k nej určí vlhkosť priamo podľa psychrometrických tabuliek.

V súčasnosti sa v AMS na meranie relatívnej vlhkosti vzduchu používa aj kapacitná metóda, ktorá využíva závislosť relatívnej permitivity materiálu od relatívnej vlhkosti vzduchu.

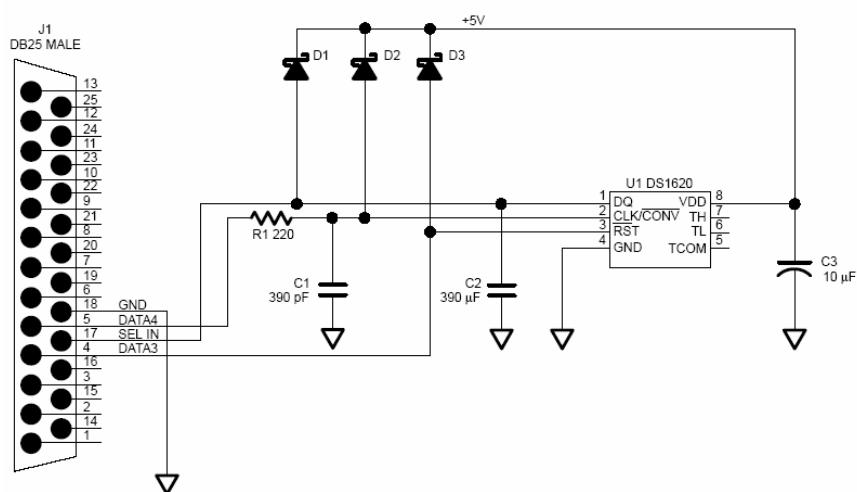
Výsledky a diskusia

Návrh meracej jednotky na meranie teploty vzduchu

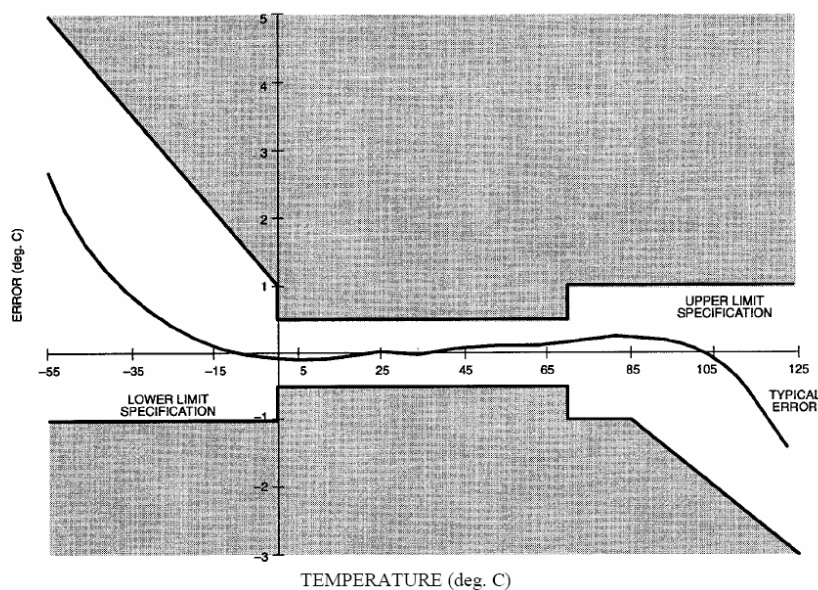
Použitím IST senzorov získa užívateľ priamo číslcový ekvivalent meranej teploty a zbaví sa starostí z linearizáciou a kalibráciou, prípadne prevodom A/D (analogovo – digitálnym), čo je v prípade číslcového systému výhodné. Senzory sú kalibrované už pri výrobe. Ich funkcia je založená na meraní počtu cyklov teplotne závislého oscilátora po dobu odvodenú z oscilátoru teplotne stabilného. Tieto obvody sú využiteľné pri monitorovaniach, meraniach a riadení teploty v

technologických procesoch v spotrebnej elektronike a prístrojoch citlivých na teplotu. Takéto obvody umožňuje merať teplotu v rozsahu cca. -50 až $+150$ °C s rozlíšením až $0,1$ °C.

V práci bol použitý zaujímavý obvod Texaskej firmy Dallas Semiconductor DS 1620, ktorý umožňuje merať teplotu v rozsahu -55 až $+125$ °C s rozlíšením $\pm 0,1$ °C. Obvod pracuje ako prevodník A/D, ktorý behom 1 sekundy prevedie vnútornú teplotu obvodu na deväťbitové slovo. Obvod sa používa predovšetkým vo spojení s procesorom alebo mikrokontrolerom, ktorý potom pomocou trojvodičovej zbernice komunikuje s obvodom a ďalej spracúva namerané údaje. Okrem toho je možné predvoliť a predprogramovať veľkosť maximálnej a minimálnej teploty, ktorej dosiahnutie spôsobí zopnutie príslušného výstupu, a tak je možnosť aplikovať obvod aj samostatne len ako termostat. Obvod je určený ako pre priemyselné aplikácie, tak aj ku komerčnému využitiu. Dodáva sa v puzdre DOP8 pre klasickú montáž, alebo SOIC8 pre SMD.



Obr.1 Ukážka možnej schémy zapojenia snímačej jednotky v AMS na meranie teploty pomocou digitálneho senzoru DS 1620



Obr.2 Typická prevodová charakteristika obvodu DS1620

Návrh meracej jednotky na meranie relatívnej vlhkosti vzduchu

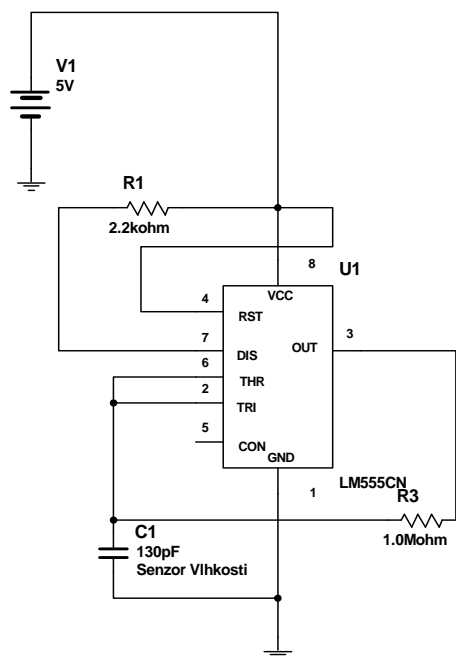
Vlhkosť je veľmi dôležitá a sledovaná veličina v meteorológii. Jej meranie pomocou počítača (PC) je veľmi dôležité pri dlhodobom pozorovaní, plánovaní a automatickom riadení.

Pre meranie atmosferickej vlhkosti existujú rôzne senzory, ich základným princípom je zmena kapacity v závislosti na vlhkosti okolia. Na trhu je k dispozícii niekoľko lacných sensorov, na ktoré sa nesmie pripojiť jednosmerné napätie. V tomto prípade sa volil kvalitný senzor relatívnej vlhkosti vzduchu od firmy Philips (katalógové označenie „Humidity sensor“ s číslom 2322 691 90001).

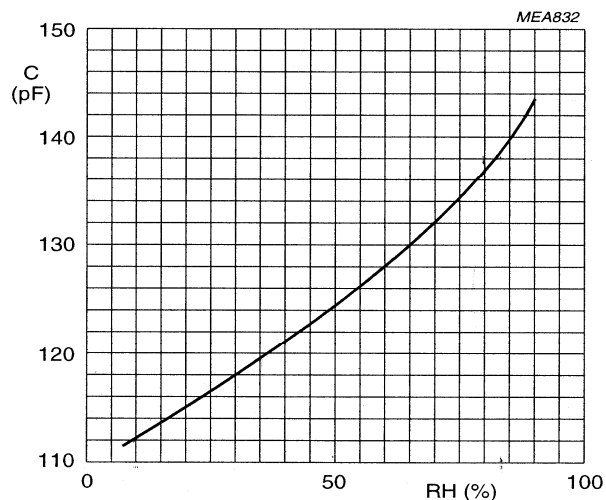
Senzor vzdušnej vlhkosti Philips je kondenzátor zo špeciálnym dielektrikom, ktorého kapacita sa zväčšuje z rastúcou relatívnou vlhkosťou vzduchu.

Hlavnou časťou navrhnutého snímača vlhkosti vzduchu je kapacitný senzor relatívnej vlhkosti vzduchu (môže byť rôzneho konštrukčného prevedenia, závisí od výrobcu), ktorý sa skladá z perforovaného krytu z plastu, v ktorom sú napnuté špeciálne fólie z obidvoch strán pozlátené tenkým napareným filmom. Fólia predstavuje dielektrikum rovinného kondenzátora, zlaté tenké vrstvy sú jeho elektródy. Vplyvom vlhkosti vzduchu sa mení permitivita fólie a kapacita kondenzátora. Jednoduchým meracím prístrojom meriame kapacitu, prípadne jej zmeny, a meníme ju na jednosmerné napätie, ktoré využívame na priame vyhodnotenie relatívnej vlhkosti alebo ako menovitú hodnotu na automatizáciu klimatizačného zariadenia.

Senzor je relatívne necitlivý na škodlivé látky vo vzduchu. Výnimkou sú pary rozpúšťadiel. Relatívne vlhkosti nad 95 % spôsobia veľmi ľahko chyby merania, pretože môže vzniknúť orosenie senzoru vplyvom rozdielov teploty v miestnosti a kolísania teploty. Relatívnu vlhkosť môžeme merať aj pod 10 %, ale v tomto rozsahu nie je ešte špecifikovaná citlivosť senzoru. Zmeny kapacity v senzore vlhkosti musíme pretransformovať na príslušnú hodnotu elektrického signálu čo nám zabezpečuje A/D prevodník (analogovo-digitálny). Použitý senzor má kapacitu 122 pF pri vlhkosti 43 %.



Obr.3 Schéma zapojenia snímačej jednotky na meranie relatívnej vlhkosti vzduchu



Obr.4 Závislosť kapacity na relatívnej vlhkosti pre senzor Philips

Kalibrácie senzorov

Kalibrácia tvorí jednu z najdôležitejších častí samotnej práce, bez nej by monitorovací systém poskytovala síce meteorologické údaje, ale nedôveryhodného charakteru.

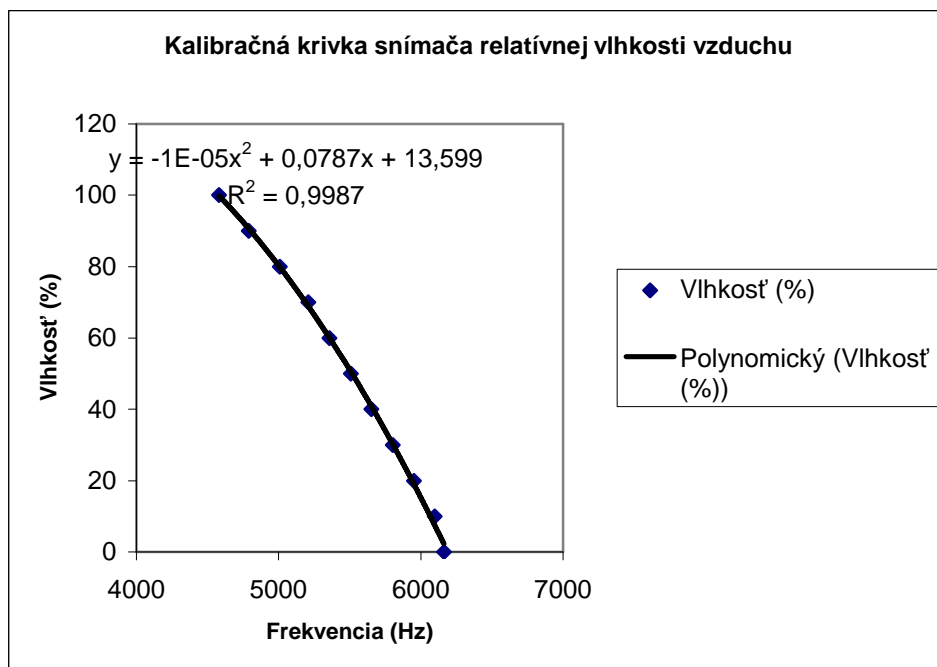
Pri návrhu tohto kompaktného snímacieho systému bola tendencia minimalizovať počet externých nastavovacích prvkov, ako sú odporové alebo kapacitné trimre. Všetky kalibračné hodnoty sú uložené v pamäti programu.

V procese kalibrácie jednotlivých snímačov sa využili simulačné programové aplikácie Multisim 2001 alebo Electronics Workbench a katalógové údaje výrobcu o jednotlivých parametroch snímačov. Pre samotnú kalibráciu boli použité profesionálne meracie prístroje, na základe ktorých boli senzory teploty a vlhkosti kalibrované.

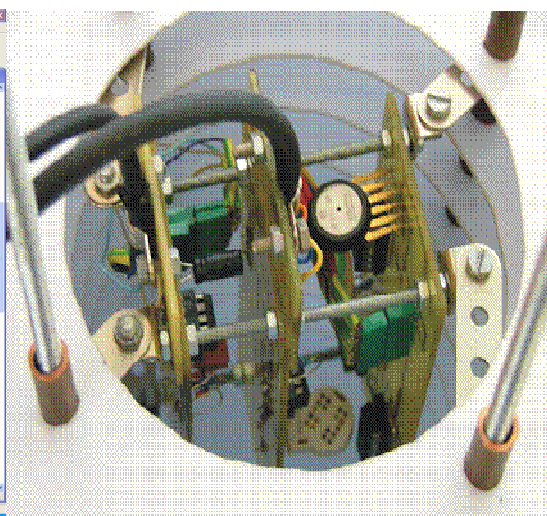
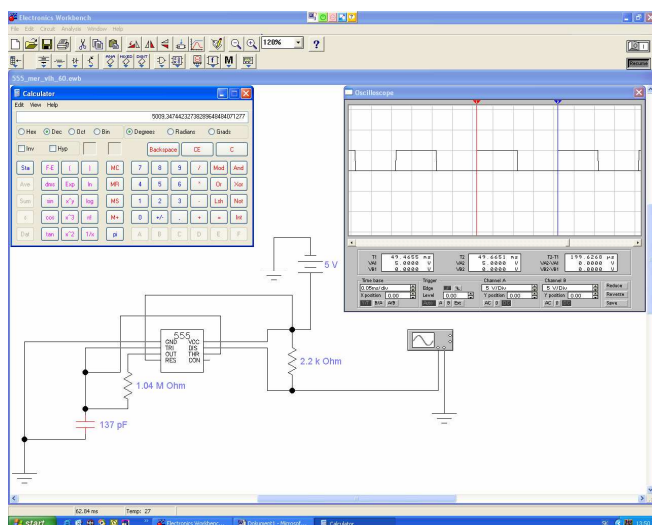
Podľa už spomínanej závislosti kapacity od relatívnej vlhkosti vzduchu snímaču relatívnej vlhkosti vzduchu Philips sa pri kalibrácii postupovalo nasledovne:

Na základe katalógových údajov sa stanovili hodnoty kapacity snímača pre danú vlhkosť. Pomocou simulačného programu Electronics Workbench sa simulovalo zapojenie snímača na meranie relatívnej vlhkosti vzduchu *obr.6*, v ktorom sa menili hodnoty kapacity kapacitného senzora podľa už spomínanej charakteristiky (výrobcom daná závislosti kapacity na relatívnej vlhkosti pre snímač Philips *obr.4*). Na výstupe zapojenia obvodu 555, ktorý tu plní funkciu analógovo – digitálneho prevodníka sa pomocou softvérového osciloskopu sledovali výstupné TTL signály, z ktorých sa zisťovali výsledné frekvencie obvodu pre jednotlivé hodnoty kapacity. Takto nameraná frekvencie obvodu zodpovedajú skutočnej relatívnej vlhkosti vzduchu, ktorá sa overovala a porovnávala aj z profesionálnym vlhkomerom H-822t, ktorého presnosť merania je $\pm 2,5\%$.

Z nameraných údajov sa pomocou MS Excel *obr.5* zostavila kalibračná závislosť, ktorá sa zakomponovala do programu *Meteostation*.



Obr.5 Kalibračná krivka pre snímač relatívnej vlhkosti



Obr.6 Ukážka kalibrácie snímača vlhkosti pomocou softvéru Multisim2001

Obr.7 Detailný záber na monitorovaciu jednotku teploty a vlhkosti vzduchu

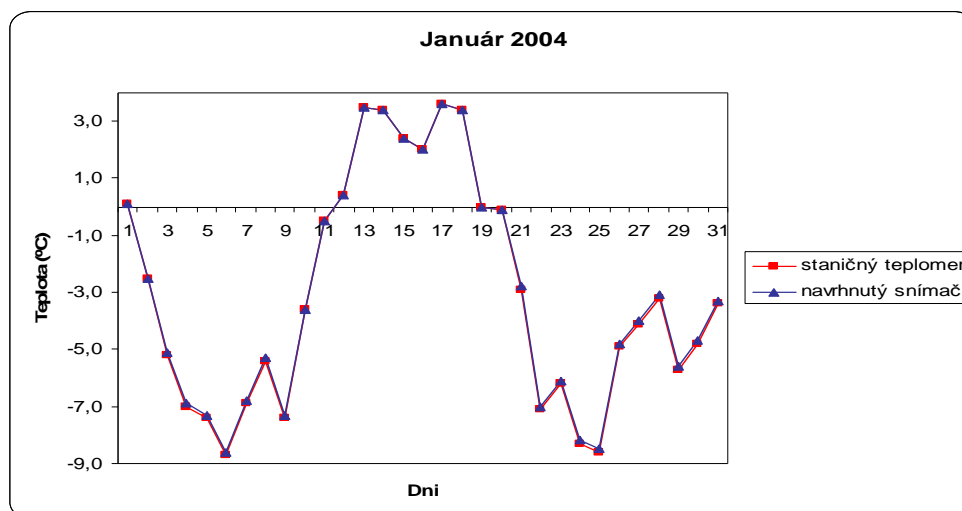
Záver

Na záver môžeme povedať, že snímač teploty pracuje s presnosťou 0,1 °C v rozmedzí -20 až 65 °C a presnosťou 0,25 °C v rozmedzí od -55 do -20 °C a od 65 do 125 °C. Snímač relatívnej vlhkosti pracuje z rozsahu 0-98 % s presnosťou merania do 1%.

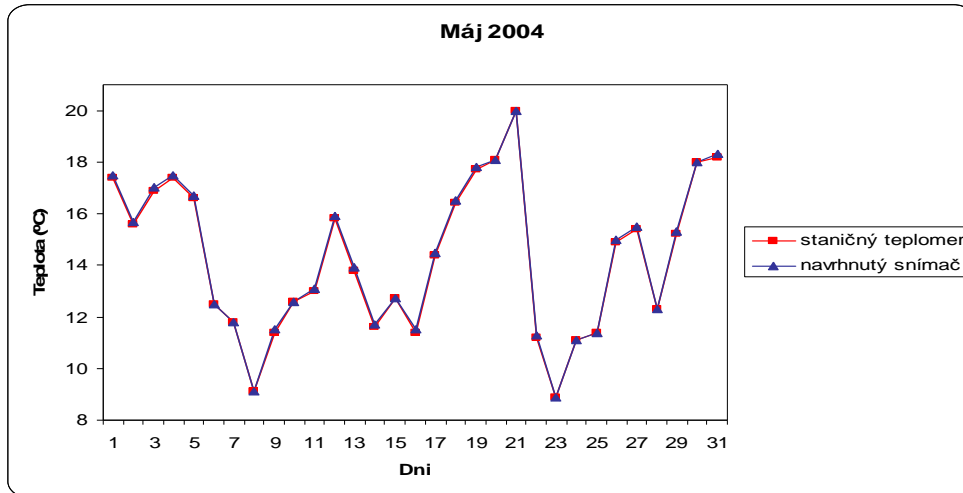
Vzhľadom k tomu, že z finančných dôvodov nebola pre kalibráciu meteorologickej stanice použitá kalibračná komora a samotné kalibrovanie jednotlivých snímačov sa vykonávalo za pomoci softvérovej aplikácie Multisim2001 a dostupných meracích prístrojov, možno povedať, že dosiahnutá presnosť pri jednotlivých snímačoch je pre poľnohospodárske účely plne postačujúca.

Presnosť jednotlivých snímačov sa dá zvýšiť pomocou už spomínanej kalibrácie prebiehajúcej v kalibračnej komore, kde sú presne stanovené podmienky merania v celom rozsahu merania pre jednotlivé fyzikálne veličiny. Na základe takéhoto merania sa dá docieľiť čo najpresnejšia kalibračná charakteristika pre každý snímač.

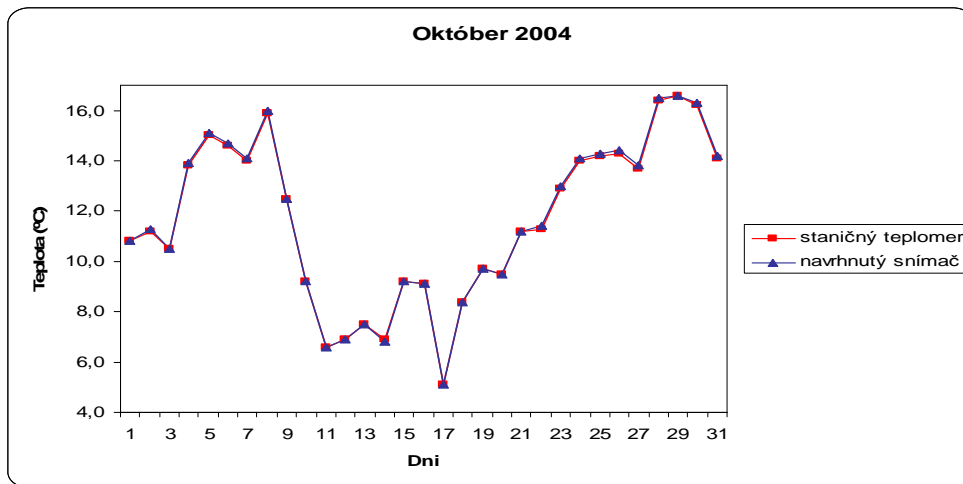
Verifikácia nameraných údajov



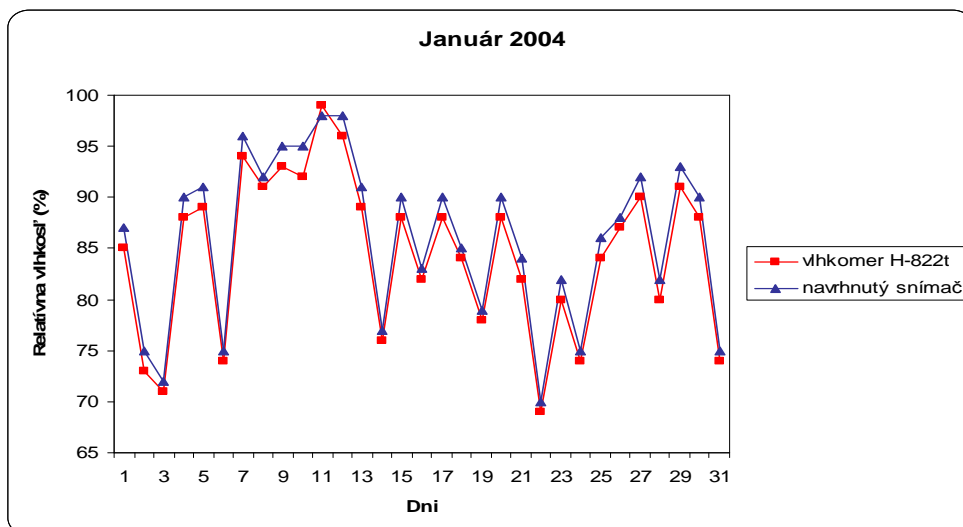
Obr.8 Porovnanie nameraných hodnôt pomocou staničného teplomera a navrhnutého snímača



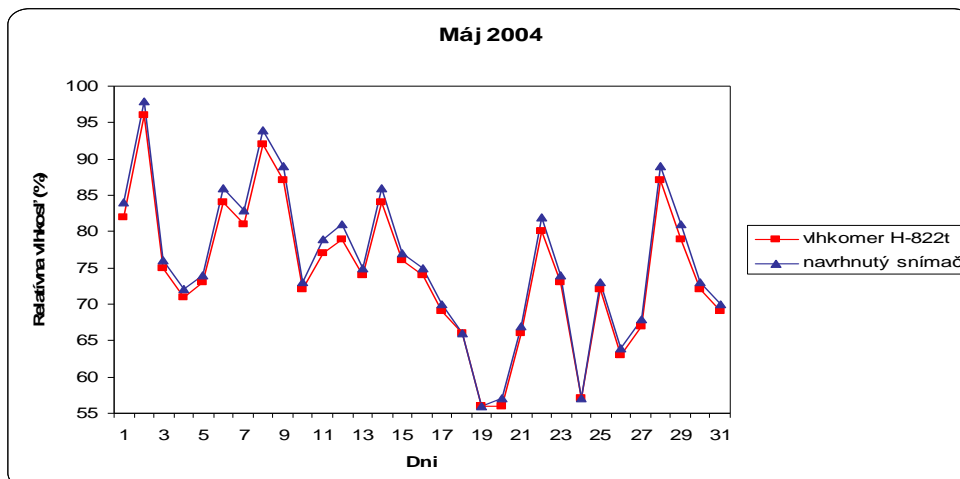
Obr.9 Porovnanie nameraných hodnôt pomocou staničného teplomeru a navrhnutého snímača



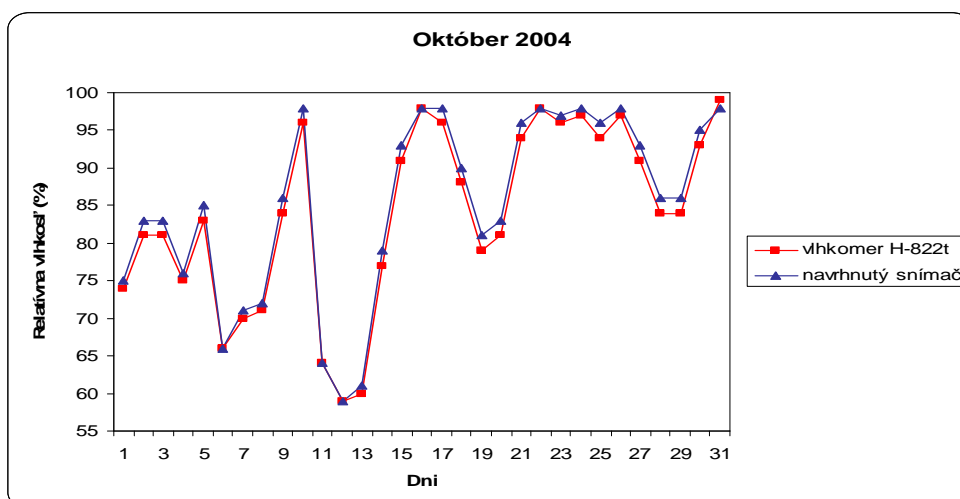
Obr.10 Porovnanie nameraných hodnôt pomocou staničného teplomeru a navrhnutého snímača



Obr.11 Porovnanie nameraných hodnôt pomocou vlhkomera H-822t a navrhnutého snímača



Obr.12 Porovnanie nameraných hodnôt pomocou vlhkomera H-822t a navrhnutého snímača



Obr.13 Porovnanie nameraných hodnôt pomocou vlhkomera H-822t a navrhnutého snímača

Literatúra

1. Havlíček, V.: Agrometeorologie, SZN 1986
2. Il'ko, J.: Minilexikon meteorológie, Alfa 1990
3. Brož, J.: Základy fyzikálních měření (I), SPN 1983
4. Brož, J.: Základy fyzikálních měření (III), SPN 1983
5. Fexa, J.: Měření vlhkosti, SNTL 1983,
6. Limann, O.: Elektronika bez balastu, Alfa 1990
7. Mádr, V.: Fyzikálních měření, SNTL 1991
8. Krčula, J.: Základy automatizácie a robotizácie, VŠP 1990
9. Skalický, P.: Mikroprocesory řady 8051, Ben 1998
10. Kočiš, I.: Mikroprocesory a mikropočítače, Alfa 1986
11. Rezák, M.: Jednočipové mikropočítače, Magnet-Press 1983
12. Smolka, J.: Programovanie jednočipových mikropočítačov série 8051, Bratislava 1989
13. Hájek, J.: Časovač 555 praktická zapojení, BEN 1999
14. Kainka, B.: Využití rozhraní PC pod Windows – měření, řízení a regulace pomocí standardních portů PC, BEN 2000

15. Dallas Semiconductor: Application Note 105 High Resolution Measurement With Dallas Direct-to-Digital Temperature Sensors,
<http://www.maxim-ic.com>, (20.2.2003)
16. Philips: Data Sheet 74HC/HCT14 Hex nvertor Schmitt trigger, 1993
17. National Semiconductor: LM131A/LM131, LM231A/LM231, LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converter, National Semiconductors Corporation, USA 1995
18. EXAR ... the analog plus company: XR-4151 Voltage-to-Frequency Converter, EXAR Corporation, USA 1997
19. STMicroelectronics: Low noise J-FET quad operation amplifiers, Italy 2001
<http://www.st.com>, (8.9.2001)
20. Dallas Semiconductor: DS1620 Digital Thermometer and Thermostat, USA
<http://www.dalsemi.com>, (15.2.2002)
21. Analog Devices: AD654 Low Cost Monolithic Voltage-to-Frequency Converter, USA
<http://www.analogdevices.com>, (12.9.2001)