



Napsugárzás-intenzitás és szélesség-mérő rendszer egy hulladéklerakó dombon, 2. rész

Solar radiation intensity and wind velocity measuring system on a landfill hill, part 2

^{1,2} Imre Emőke, ² Pálincás Tibor, ² Felker Péter, ³ Mayer Martin, ^{2,4} Ürmös Antal, ⁵ Weidinger Tamás

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Kar. Budapest, Hungary, felker.peter@uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, EKIK HBM Kutatóközpont. Budapest, Hungary, imre.emoke@uni-obuda.hu

³ BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék. Budapest, Hungary, Mayer@energia.bme.hu

⁴ Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Kar. Budapest, Hungary, urmos.antal@uni-obuda.hu

⁵ ELTE, TTK. Budapest, Hungary, weidi@caesar.elte.hu

Összefoglalás

Az Óbudai Egyetem EKIK HBM Kutatóközpontjának irányításával a 2007-ben indult (BME-SZIE-ELTE) Jedlik és norvég-kutatási projekt folytatásaként a Bánki kar önálló munkát végez, adatbázis bővítést hozva létre a hazai kommunális hulladéklerakókról diák kutatás révén. Partnerek többek között a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, a Naplopó Kft, valamint a KFKI ELKH Energetikai Kutatóközpontja. A diákok a pusztazátori kommunális hulladéklerakón napsugárzás intenzitás mérést és szélesség mérést végeznek, a mért adatokat összehasonlítják a meteorológiai kutatóállomáson mért adatok alapján prognosztizált adatsorokkal. Jelen munka a napsugárzás intenzitás mérő és a szélességmérő egység prototípusának elkészítéséhez kapcsolódik, ez a második, az érzékelőket bemutató rész.

Kulcs szavak: napsugárzás intenzitás mérés, szélmérés, kommunális hulladéklerakó

Abstract

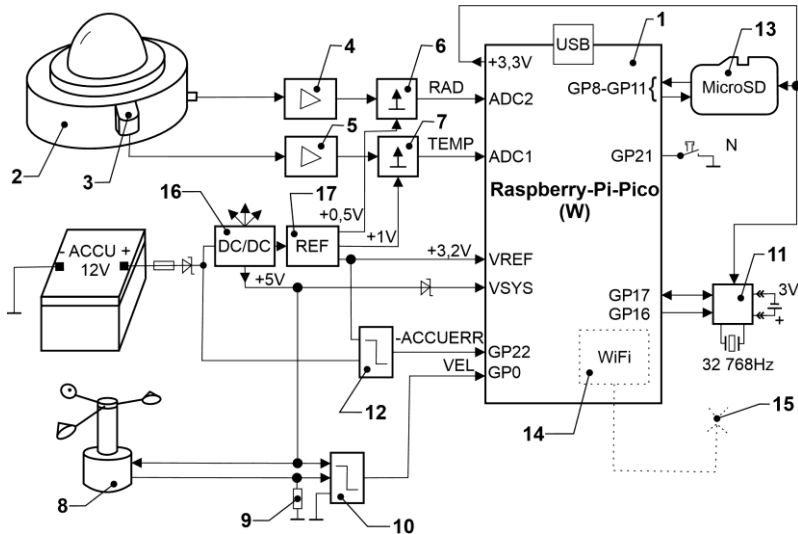
Under the direction of the EKIK HBM Systems Research Center of the University of Óbuda, as a continuation of the Jedlik and Norwegian research project started in 2007, the Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering is doing independent work, making an extension of the existing database of domestic municipal landfills. Partners include the Department of Energy Engineering of the BME, Naplopó Kft., and the ELKH Energetic Research Center of KFKI. The solar radiation intensity measurements and wind speed measurements are carried out at the municipal landfill of Pusztazámor, by students. The measured data are compared with the forecasted data sets based on meteorological research station data. This work is related to the preparation of the prototype of the solar radiation intensity meter and the wind speed measuring unit. This is part 2, presenting the various sensors.

Keywords: solar intensity meter, wind speed measuring unit, MSW landfill

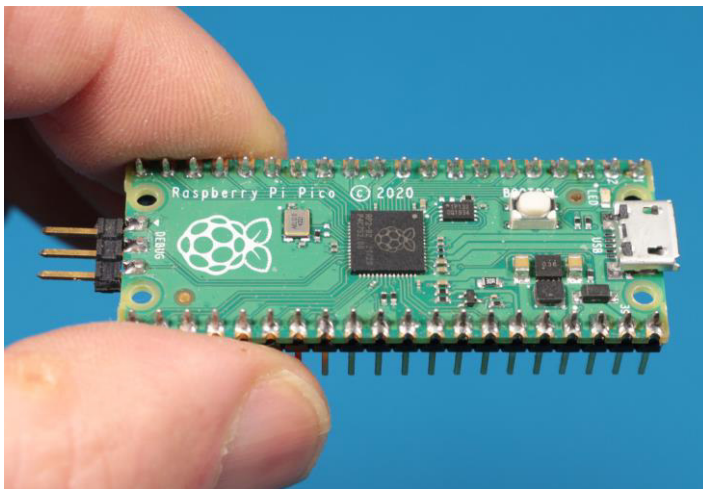
1. Bevezetés

A közlemény három részből áll, a második részben megkezdjük a diákok számára készítendő mérőcella elkészítéséhez kapcsolódó munka bemutatását, a kísérleti rendszer ismertetését. Ezt az rendszert nevezhetjük mérőcellának. Része egy analóg feszültség-jelet szolgáltató piranométer, az

ahhoz kifejlesztett, analóg feszültség-jelet szolgáltató hőfokérzékelő, valamint egy impulzusfrekvencia-kimenőjelű kanalas anemométer jeleinek kondicionálására, digitalizálására és az adatsomagok eltárolására alkalmas.



1. ábra. A mérőcella tömbvázlata



2. ábra. Mikroszámítógép

2. A kísérleti rendszer rendszerszintű bemutatása

Az elkészült mérőcella tömbvázlatát az 1. ábra mutatja. Az alapját jelenleg az 1 Raspberry Pi Pico típusú olcsó, de kifogástalan hőfoktűrésű (-20...+85 °C között üzemeltethető) és meglehetősen intelligens, kétmagos ARM struktúrájú, 32 bites mikrokontrollerrel felszerelt mikroszámítógép

képezi (2. ábra, [1]). Az apró egység a képen már az általunk beforrasztott dugaszolható túsorokkal látható. További előnyei többek között a számos, sokféle feladatra konfigurálható portvonal, a négycsatornás multiplexerrel felszerelt 12 bites analóg-digitál átalakító, a Micro USB port, mindezek mellett a láthatóan kis méret és a rendkívül alacsony ár. A kísérleteket ezzel végezzük, de valószínűleg áttérünk a W kiegészítő jelzésű változatára, ami teljesen kompatibilis a jelenlegivel, ám az ugyanakkora nyomtatott áramköri lapkájára még WiFi modul és on-board WiFi antennát is elhelyeztek [2]. Utóbbit valószínűleg külső antennával kell kiváltanunk, amihez majd a modul minimális átalakítása szükséges.

A rendszer egyik alapvető érzékelője a 2 piranométer, azaz a napsugárzás fluxussűrűségének mérésére alkalmas, a fluxussűrűséget azzal arányos feszültségjellel alakító mérőjel-átalakító. A fluxussűrűséget W/m^2 -ben definiálják, a műszert erre kalibrálták. Az érzékelési spektrumuk általában a 300...3000 nm közötti hullámhossztartomány, lapos (azaz egyenletes) spektrális érzékenységgel. A látómezőjük félgömb. Az egyenletes térbeli irányérzékenységet az érzékelőt borító, speciális összetételű üvegből készült kupola (félgömb-héj) biztosítja. Egyben az üveg anyaga korlátozza a spektrum felső határát, ami anélkül 50 000 nm volna. Az érzékelő különleges technológiával készült hőelem-array, más néven hőtelep vagy termooszlop, ezernyi sorba kapcsolt réz-konstatán (az ipari gyakorlatban *T típusúnak* nevezett) hőelemmel. Ezek melegpontjai egy adott, kör alakú – a konkrét érzékelőben kb. 20 mm átmérőjű – sík felületet foglalnak el, a hidegpontjaik az érzékelő fémházával állnak termikus kapcsolatban. A melegpontokból álló érzékelősíkot széntartalmú hőelnyelő lakk borítja. Ez a bevonat elnyeli a széles spektrumú napsugárzást, amelyet hővé alakít. A hőelemeken a két felület közötti hőmérsékletkülönbség hatására a Seebeck- vagy termoelektromos hatás alapján feszültség keletkezik. Az egyes hőelemek feszültségei összeadódnak, így a cella kimenetén akár 50 mV-os eredő jelfeszültség is felléphet. A prototípus-mérőcella piranométerén feltüntetett érzékenység: $16,17 \mu V/W/m^2$.

Az adott műszer egy CM3 típusú, „C” osztályú, azaz másodosztályú mérőjel-átalakító ([3]). A piranométereket ui. „A”, „B” vagy „C” osztályba sorolják olyan specifikációk alapján, mint a válaszdő, az irányreakció, a hőmérséklet-válasz, a dőlésreakció és a kalibrálási módszer, az ISO 9060 szabvány szerint. A „C” osztályú eszköz több paramétere tekintetében gyengébb az elsőosztályú („B”) gyártmányoknál, pláne a másodlagos etalonoknál („A”). Az egyes kategóriák paraméterei összevethetők pl. a [4] adattáblázata alapján. A mi piranométerünkön okkultációs korong sincs. (Ez a kúppalást alakú, a piranométer házára az érzékelő síkjánál alacsonyabban felerősített, fehérre festett körgallér a diffúz sugárzás mérésére és a felületről érkező nyalábsugárzás blokkolására [okkultációjára] szolgál.)

A CM3 környezeti hőmérséklettől való függősége kirívóan magas: $\pm 6\%$ a $-10...+40$ °C tartományban. Ezt célszerűnek látszik kompenzálni, aminek két feltétele van: fel kell szerelni az érzékelőt egy, a házzal jó termikus kapcsolatban levő külső hőfokszenzorral, ill. klímakamrában, konstans mesterséges besugárzás mellett fel kell venni az érzékenység-hőfokfüggés karakterisztikát. A kompenzáls szoftveresen történik a PC-n folyó utólagos adatfeldolgozás során, a mérőcella mikroszámítógépe, több adat átlagolása után, elmenti az adatpárokat. A karakterisztika felvételéhez szükséges speciális mérési körülmények megteremtése folyamatban van.

A CM3 tokhőmérsékletét különleges, a ház hengeres palástjához simuló, egyedi gyártású fémtokba zárt 3 monolit hőmérséklet-feszültség átalakítóval mérjük. A hőfokérzékelő olyan magasságban helyezkedik el a tokban, hogy nagyjából a hőelem-array alsó síkjában helyezkedjen el. A hermetikusan zárt tokocskát UV-álló bandázsszalaggal rögzítjük a piranométerhez, miután az érintkező felületeket bevontuk szilikonzsírral (3. ábra).

A fenti két érzékelő feszültségjelét a 4, ill. az 5 kalibrált mérőerősítőbe vezetjük. A felerősített

kimenőfeszültségek a 6 és a 7 szinteltoló fokozat által módosítva jutnak a mikroszámítógép két analóg bemenetére.



3. ábra. A piranométer előkészítése

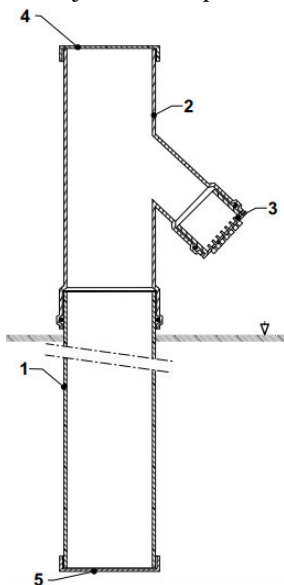


4. ábra. Az anemométer előkészítése

A következő érzékelő a 8 anemométer, típusa és gyártója ismeretlen. Közöséges, 3 kanalas, kúppalásthéj alakú műanyag kanalakkal felszerelt szélesebségmérőről (4. ábra) van szó, amely tengelyfordulatonként 14 db impulzust szolgáltat. Hogy az impulzussorozat frekvenciája milyen függvénykapcsolatban van a légáramlás sebességével, azt szélcsatornában leszünk kénytelenek megállapítani.

Az anemométerbe épített eredeti impulzusformáló áramkör (5. ábra) gyárilag háromeres árnyékolt kábelben keresztül csatlakozott a feldolgozó elektronikához. Amikor a műszer hozzánk került, ez a kábel többől le volt vágva. A konkrét telepítés helyén kb. 30 m hosszúságú árnyékolt kábelre volna szükség, amely jelenleg eléggé drágán szerezhető be. Úgy döntöttünk, hogy áttérünk

az iparban már régóta bevált kétvezetékes rendszerhez hasonló adatátviteli módszerre: az impulzusokat magán a tápvezetéken továbbítjuk, áramimpulzusok formájában.



5. ábra. A tervezett mérőegység elhelyezés

Ehhez tökéletesen megfelel az az olcsó, kétszeres szigetelésű vezeték, ami pl. az asztali lámpákat látja el hálózati feszültséggel (a beszerzett laposvezeték típusa: H03WH2-F 2×0,75 mm²). Az anemométer amúgy is elavult elektronikáját kicseréltük az erre az üzemmódra tervezett saját áramkörre. Az áramugrások a 9 figyelő-ellenálláson feszültségugrásokat hoznak létre. Ezeket alakítja át a 10 komparátor a 3,3 V-os logikai rendszer számára értelmezhető feszültszintekkel bíró, kellő élmeredekségű impulzusokká. Az impulzusfrekvenciát a mikroszámítógép fogja megmérni.

Terveink szerint a méréseket ötpercenként végezzük. Ekkor 10-10 adatot digitalizálunk a piranométer és a hőmérséklet-átalakító jeléből, ezekből a legnagyobb és a legkisebb értékűt eldobjuk, a megmaradó 8-8-at átlagoljuk, és az így keletkezett adatok kerülnek az adatsomagba. Az anemométer frekvenciáját előreláthatólag 5 s kapuidővel mérjük majd.

A célszerű számlálási időt a szélcsatornás kísérlet után tudjuk megállapítani. A csomagban szerepelni fog ezen kívül a külső 11 Real Time Clock (RTC) dátum- és időadata, valamint a mikrokontroller chip hőmérséklete is, amit a chipen integrált dióda érzékel, és az A/D „rejtett” csatornája digitalizál.

Az akkumulátor állapotát (kapocsfeszültségét) a 12 komparátor érzékeli; ez a státusz ugyancsak az adatsomagba kerül. A csomagokat a szintén kívülről csatlakoztatott 13 Micro SD kártyára menti a kontroller, a programmemóriába beégetett rendszervezérlő szoftver parancsára.

Az összegyűjtött adatok kinyerésére többféle módszer kínálkozik. A megfelelő szoftverrel felvértezett laptopot csatlakoztatjuk a mikrogép USB portjához, ha pedig rendelkezik a 14 WiFi modulal, akkor a rádiós adatátvitelt is használhatjuk. Az elektronika telepítési körülményei miatt valószínűleg ehhez a 15 külső, célszerűen irányított antennát kell csatlakoztatnunk (ld. később). Végül soron magán a Micro SD kártyát is kiemelhetjük a foglalatából, és egy kártyaolvasóval a

helyszínen, de akár a laborban is letölthetjük róla az adatállományt.

A fent tárgyalt mérőcella áramköreit egy 12 V-os ólomakkumulátor-telep látja el elektromos energiával. Ebből egy 5 V-os kapcsolótáp (16) állítja elő a Raspberry, az anemométer és a külső komparátora számára a tápfeszültséget. Az analóg rendszer tápfeszültségét disszipatív jellegű tápáramkör (17) biztosítja, előállítva a referenciefeszültségeket és a negatív tápfeszültséget is.

3. Összegezés

A korábban a Naplopó Kft valamint a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék által használt piranometer- és anemométer-készletet az Óbudai Egyetem Bánki Donát kara átvette a Pusztázamori Hulladéklerakó 1. szakasz dombján való mérés céljából, és az **1 - 5. ábra** szerinti mérőegységet tervezi létrehozni. A berendezések felújításra kerültek, és mérőcellában kerülnek telepítésre. A cél kutatási lehetőség biztosítása a 2007-ben indult (BME-SZIE-ELTE) Jedlik és norvég-kutatási projekt folytatásaként a megújuló energetikai témakörben készülő diplomamunkák számára.

4. Hivatkozások

- [1] Raspberry Pi Ltd.: Raspberry Pi Pico Datasheet An RP2040-based microcontroller board (netes dokumentáció)
- [2] Raspberry Pi Ltd.: Raspberry Pi Pico W Datasheet An RP2040-based microcontroller board with wireless; (netes dokumentáció)
- [3] Kipp & Zonen: CM3 pyranometer Instruction Manual; (netes dokumentáció)
- [4] Kipp & Zonen: CM series Pyranometer range; Pyranometers for atmospheric research and industry