

М.П. Василенко, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Система моніторингу параметрів ґрунтів

Моніторинг параметрів ґрунту життєво важливий для різних сфер, таких як кліматологічні та екологічні дослідження, сільське господарство тощо. У роботі запропоновано систему моніторингу параметрів ґрунтів на основі шумового методу, що дозволяє з високою точністю вимірювати температуру та вологість.

Структура системи вимірювання параметрів ґрунту

Запропонована система складається з масиву датчиків і головного блоку, який забезпечує збір даних від датчиків і телеметрію для користувача. Він також може надати інформацію про поточні значення вологості ґрунту для систем автоматичного поливу. Спрощена структура запропонованої системи показана на рис. 1.

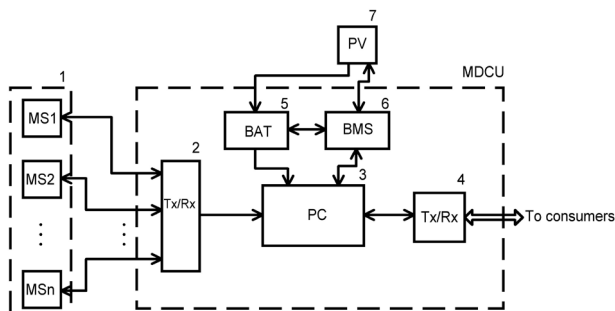


Рис. 1. Спрощена структура системи

Система включає в себе масив датчиків вологості 1, які взаємодіють з головним блоком збору даних (MCDU) через бездротовий зв'язок 2, що дозволяє збирати дані вимірювань і телеметрію датчика, а також дистанційно коригувати параметри роботи датчика. Телеметрія для споживачів може надаватися за допомогою бездротового або дротового підключення до Інтернету 4.

Система також забезпечує автономну роботу, що забезпечується батареєю 5 з окремою системою керування батареєю 6 та системою зарядки від сонячних батарей 7. Усі процеси зв'язку та зберігання даних здійснюються комп'ютером 3.

Структура окремого датчика показана на рис. 2.

Кожен датчик складається з електродів 1 і 2, керованих перемикачів 3, 4 і 10, резонансного контуру, що складається з конденсатора 5 і котушки індуктивності 6, пари смугових підсилювачів 7 і 8, загальної землі 9, аналого-цифрового перетворення (ADC) 11, цифровий сигнальний процесор (DSP) 12, мікропроцесор (CPU) 13, пульт керування та відображення інформації (CDU) 14,

комунікаційний модуль 15, батарея 16, система керування батареєю 17 (BMS), фотоелектрична система 18. Позиція 19 представляє контрольований ґрунт.

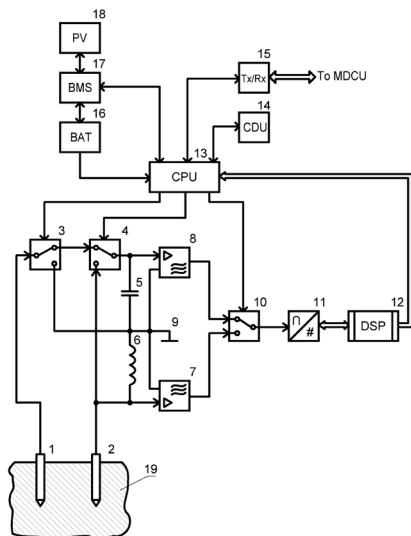


Рис. 2. Структурна схема датчика вологості

Електроди 1 і 2 поміщають у ґрунт. Вхід автоматичного перемикача 3 з'єднаний з електродом 1. Перший з його виходів з'єднаний зі входом автоматичного перемикача 4, інший вихід - з точкою між конденсатором 5 і котушкою індуктивності 6 резонансного контуру. Другий вхід автоматичного перемикача 4 з'єднаний з електродом 2, котушкою індуктивності 6 і високопотенційним входом смугового підсилювача 7. Вихід автоматичного перемикача 4 з'єднаний з конденсатором 5 і високопотенційним входом смугового підсилювача 8. Низькопотенційні входи смугових підсилювачів 7 і 8 підключені до загальної землі 9. Виходи підсилювачів 7 і 8 підключені до входів автоматичного перемикача 10, вихід якого з'єднаний із входом DSP 12 за допомогою АЦП. 11. Вихід DSP 12 підключений до входу CPU 13. Логічні виходи центрального процесора підключені до керуючих входів автоматичних перемикачів 3, 4 і 10. Він також підключений до CDU 14, комунікаційного пристрою 15 і BMS 17, який підключений до батареї 16 і фотоелектричної системи 18.

Робота датчика заснована на вимірюванні природного теплового шуму, який присутній у вологому ґрунті внаслідок теплових флуктуацій носіїв електричного заряду (електронів та іонів).

Датчик працює наступним чином. Теплові шумові сигнали, що утворюються у вологому ґрунті, сприймаються електродами 1 і 2. Шумові сигнали проходять через автоматичні перемикачі 3 і 4 і приймаються резонансним контуром, утвореним конденсатором 5 і котушки індуктивності 6. Цей резонансний контур може бути переконфігурований з послідовного на

паралельний за допомогою перемикачів 3 і 4. Реконфігурація виконується відповідно до програми, завантаженої в CPU 13.

Спочатку перемикачі встановлюються таким чином, щоб налаштувати резонансний контур як послідовний. При такій конфігурації резонансного контуру отримується інформація про електричний опір контрольованого ґрунту R_x . Вимірний опір R_x пов'язаний з вологістю ґрунту W логарифмічною залежністю, яка повинна бути попередньо завантажена в пам'ять процесора як калібрувальна крива. Розрахункова величина вологості ґрунту відображається на дисплеї CDU 14 і передається у головний блок (MDCU) для реєстрації та подальшого використання.

Далі, за командою від мікропроцесора, за допомогою керованих перемикачів конфігурація резонансного контуру змінюється на паралельну. В даному режимі отримується інформація про температуру контрольованого середовища T_x .

Розраховане значення температури також відображається на екрані CDU і передається до MDCU для зберігання та подальшої обробки.

Збережені дані можна використовувати для візуалізації рівнів вологості ґрунту та температури на контрольованій території.

Система також може виводити дані для зовнішніх систем, таких як системи автоматичного зрошення, що усуває потребу в додаткових датчиках.

Висновки

Запропонована система моніторингу ґрунтів дозволяє вимірювати одночасно два параметри за допомогою єдиного джерела інформації – теплового шуму контрольованого середовища.

Він забезпечує незалежне вимірювання вологості та температури ґрунту. Для отримання інформації з носія використовуються лише два електроди. Зміна глибини занурення електродів дозволяє отримати інформацію про вологість і температуру ґрунту на різній глибині.

Відсутність зондуючого електричного струму через контрольоване середовище виключає неминучі локальні підвищення температури та відповідні зміни вологості ґрунту.

Бездротовий зв'язок між датчиками та блоком збору основних даних дозволяє використовувати величезну кількість датчиків, розподілених по території.

Список літератури

1. Tyson E. Ochsner, Michael H. Cosh, Richard H. Cuenca, Wouter A. Dorigo, Clara S. Draper, Yutaka Hagimoto, Yann H. Kerr, Kristine M. Larson, Eni G. Njoku, Eric E. Small, Marek Zreda State of the Art in Large-Scale Soil Moisture Monitoring Soil Sci. Soc. Am. J. 77:1888–1919 [doi:10.2136/sssaj2013.03.0093](https://doi.org/10.2136/sssaj2013.03.0093)
2. Binayak P. Mohanty, Michael H. Cosh, Venkat Lakshmi, and Carsten Montzka Soil Moisture Remote Sensing: State-of-the-Science Vadose Zone Journal. [doi:10.2136/vzj2016.10.0105](https://doi.org/10.2136/vzj2016.10.0105)

3. Ciabatta, L., L. Brocca, C. Massari, T. Moramarco, S. Gabellani, S. Puca, and W. Wagner. 2016. Rainfall–runoff modelling by using SM2RAINderived and state-of-the-art satellite rainfall products over Italy. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 48:163–173. [doi:10.1016/j.jag.2015.10.004](https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.10.004)
4. Dumedah, G., J.P. Walker, and O. Merlin. 2015. Root-zone soil moisture estimation from assimilation of downscaled soil moisture and ocean salinity data. *Adv. Water Resour.* 84:14–22. [doi:10.1016/j.advwatres.2015.07.021](https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2015.07.021)
5. Lloret, J.; Sendra, S.; Garcia, L.; Jimenez, J.M. A Wireless Sensor Network Deployment for Soil Moisture Monitoring in Precision Agriculture. *Sensors* 2021, 21, 7243. <https://doi.org/10.3390/s21217243>