

## Радіовимірювальний перетворювач вологості ґрунту на базі первинного сенсора YL-69

### Анотація

Розроблено радіовимірювальний перетворювач вологості ґрунту на основі транзисторної структури з від'ємним опором. Проведено схемотехнічне моделювання роботи пристрою в середовищі OrCAD. Отримано значення чутливості радіовимірювального перетворювача вологості ґрунту на базі первинного сенсора YL-69.

**Ключові слова:** моніторинг ґрунту, вимірювання вологості ґрунту, параметри ґрунту, від'ємний опір, сенсор.

### Abstract

A radio-measuring soil moisture transducer based on the transistor structure with negative resistance has been developed. Schematic simulation of device operation in OrCAD environment was carried out. The sensitivity value of the radio-measuring soil moisture transducer based on the primary sensor YL-69 was obtained.

**Keywords:** soil monitoring, soil moisture measurements, soil parameters, negative resistance, sensor.

### Вступ

Моніторинг вологості ґрунту стає важливою складовою для досягнення оптимальних урожаїв та забезпечення високої якості сільськогосподарських продуктів. Вимірювання рівня вологості у ґрунті є вирішальним аспектом для сільського господарства, оскільки допомагає підтримувати оптимальні умови для росту рослин та уникнення надмірного зволоження, що може негативно вплинути на урожай. Крім того, вологість ґрунту має значний вплив на екологічну різноманітність та стійкість екосистем. Це важливий фактор для збереження природних ресурсів та екологічної рівноваги. У зв'язку зі зміною клімату та зростанням населення, контроль за вологою ґрунту стає ще більш важливим. Останнім часом спостерігається зростання популярності бездротових сенсорних мереж для вимірювання вологості ґрунту. Використання таких мереж дозволяє забезпечити постійний потік даних про стан ґрунту у реальному часі, що є ключовим для ефективного сільського господарства та екологічного управління[1]. Напрямок розвитку сучасних сенсорів вимірювання вологості ґрунту відіграє важливу роль у цьому процесі. Сучасні енергоефективні сенсори, такі як сенсори вимірювання вологості ґрунту, дозволяють збирати точні дані про вологість та передавати їх бездротово, забезпечуючи ефективне управління ґрунтовими ресурсами та максимізуючи врожайність. Такий підхід відкриває широкі перспективи для вдосконалення агротехнологій та збереження навколишнього середовища[2].

### Схема радіовимірювального перетворювача вологості ґрунту

Схема радіовимірювального перетворювача вологості ґрунту складається з р-п-р-біполярного транзистора і двозатворного п-канального МДН-транзистора, живлення яких здійснюють джерела постійної напруги  $U_1$  і  $U_2$ , пасивної індуктивності  $L$ , подільника напруги  $R_1$  та  $R_2$ , конденсатора  $C$  і чутливого елемента  $R_w$ , а саме сенсора для вимірювання вологості YL-69 (рис. 1) [3].

Розглянемо роботу радіовимірювального перетворювача вологості ґрунту. В початковий момент часу зміна вологості не діє на вологочутливий сенсор  $R_w$ . Із збільшенням напруги джерел  $U_1$  і  $U_2$  до величини, коли на електродах колектор–стік біполярного транзистора VT1 і польового транзистора VT2 виникає від'ємний опір, який призводить до виникнення електричних коливань у контурі, утвореному послідовним увімкненням повного опору з ємнісним характером на електродах колектор–стік транзисторів VT1 і VT2 та індуктивним опором індуктивності  $L$ . Конденсатор  $C$  запобігає проходженню змінного струму через керуюче джерело напруги  $U_2$ . Під час подальших змін вологості ґрунту, опір  $R_w$  змінюється, що

призводить до зміни ємнісної складової повного опору на електродах колектор–стік транзисторів VT1 і VT2. Це, у свою чергу, призводить до зміни резонансної частоти коливального контуру.

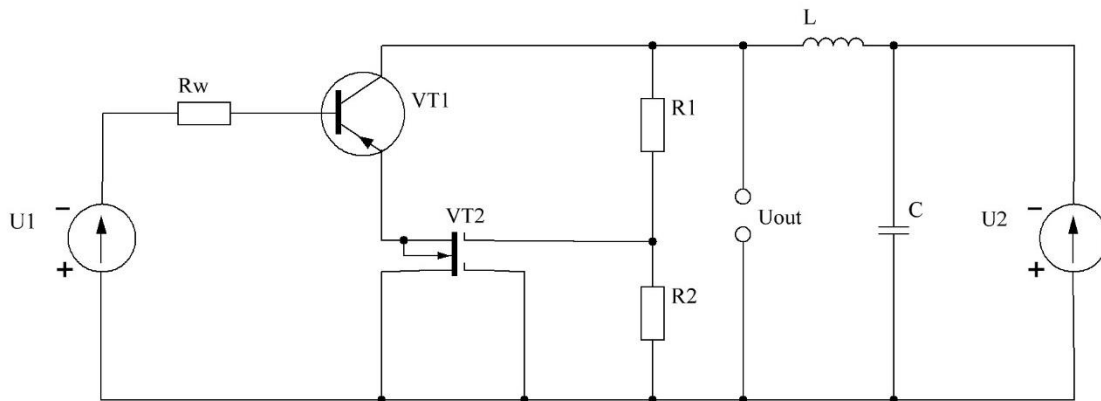


Рис. 1. Електрична схема радіовимірювального перетворювача вологості ґрунту

На рисунку 2 представлено залежність зміни вологочутливого опору сенсора YL-69 від масової частки води для торф'яного, сульфідного та суглинного ґрунтів [3].

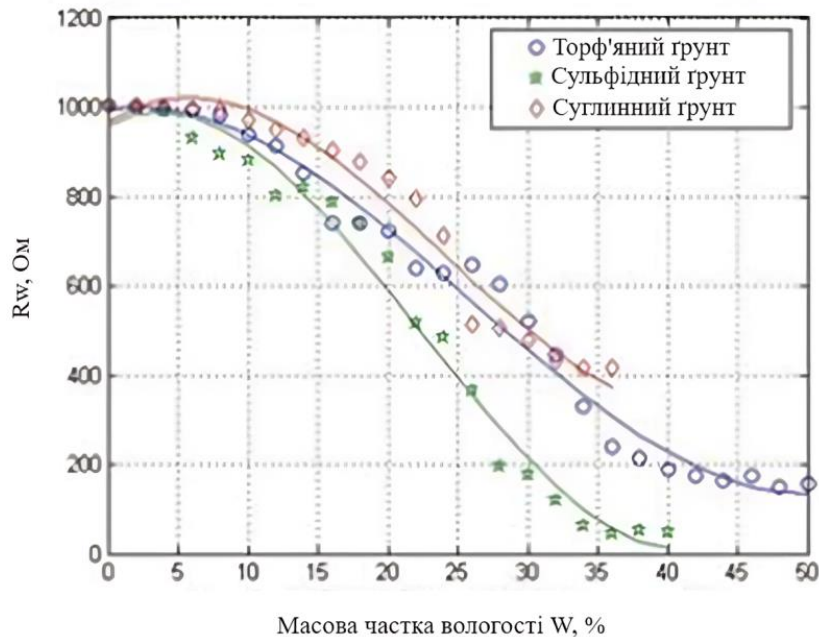


Рис. 2. Графік залежності вологочутливого опору від масової частки вологості ґрунту

### Моделювання радіовимірювального перетворювача вологості ґрунту

Для моделювання цього пристрою скористаємося схематехнічним пакетом програми OrCAD. В якості біполярного транзистора візьмемо транзистор марки BC857A, а в якості польового транзистора BF998. У процесі моделювання перетворювача вологості ґрунту стало зрозумілим, що для утворення від'ємного опору в транзисторній структурі VT1-VT2 (рис. 1) необхідно використати ділянку напруги, який ми й під'єдали в коло першого затвора МДН-транзистора VT2. Спираючись на залежність опору первинного сенсора YL-69 від масової частки води ґрунту (рис. 2) було здійснене моделювання при значеннях вологості 10 % та 30 %.

На рисунку 3 представлено залежність зміни вихідної напруги від часу при рівні вологості ґрунту 10%. Значення напруг для джерел живлення U1 і U2 було вибрано 5 В. У результаті моделювання отримано вихідний сигнал із частотою 676 кГц.

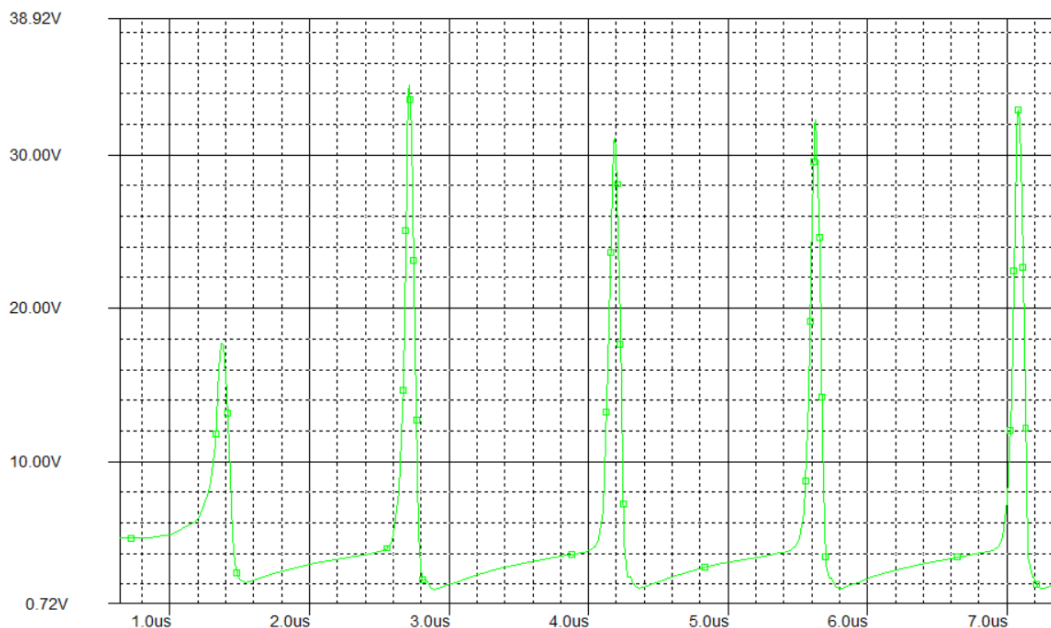


Рис. 3. Залежність вихідної напруги від часу при 10 % масової вологості торф'яного ґрунту

На рисунку 4 представлено залежність зміни вихідної напруги від часу при рівні вологості ґрунту 30%. В результаті моделювання отримано вихідний сигнал із частотою 583 кГц.

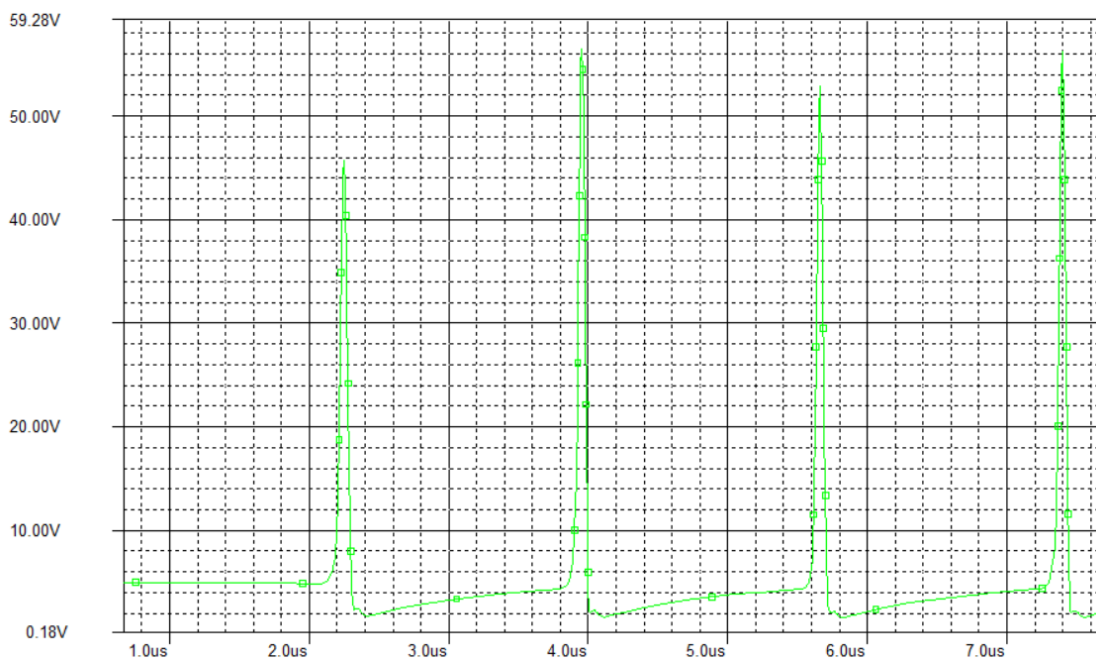


Рис. 4. Залежність вихідної напруги від часу при 30 % масової вологості торф'яного ґрунту

### Висновки

Розроблено радіовимірювальний перетворювач вологості ґрунту на основі транзисторної структури з від'ємним опором. Даний перетворювач може бути використаний для вимірювання вологості ґрунту у сільському господарстві та при охороні довкілля, особливо в умовах зміни клімату та зростання населення. У статті описано принцип роботи перетворювача вологості та його основні компоненти, побудовано схему та проведено моделювання в середовищі OrCAD для рівнів вологості ґрунту на рівнях 10% та 30%. Розраховане середнє значення чутливості радіовимірювального перетворювача вологості ґрунту на базі первинного сенсора YL-69 складає 4,7 кГц/% в діапазоні зміни вологості ґрунту від 10 % до 30 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кропив'янський Є.О. Інноваційні бездротові сенсорні мережі для моніторингу якості ґрунту в сільському господарстві. Тези доповіді, Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СПРН-2023), Вінниця, Україна, 2023р.
2. Панас, Р., Маланчук, М. (2013). Сучасні проблеми здійснення моніторингу ґрунтового покриття України. Геодезія, картографія і аерофотознімання, 78, 201.
3. Newly calibrated analytical models for soil moisture content and pH value by low-cost YL-69 hygrometer sensor [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026322411831008X>.
4. Controlled Microwave Autogenerator on a Complementary Pair of Mosfet Transistors [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9840980>.

**Кропив'янський Євгеній Олександрович** – аспірант, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: machete325@gmail.com.

**Кропив'янський Євгеній О.** — postgraduate, faculty of information electronic systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: machete325@gmail.com.

**Звягін Олександр Сергійович** — к.т.н., доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zviahin86@gmail.com

**Zviahin Oleksandr S.** — Ph.D., Associate Professor of the Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zviahin86@gmail.com