

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ З ЄМНІСНИМ СЕНСОРОМ

### Анотація

Розроблено математичну модель пристрою для вимірювання вологості з ємнісним сенсором на основі транзисторної структури з від'ємним диференціальним опором. Результати експериментальних досліджень показали, що на виході пристрою існують періодичні коливання частота яких зменшується зі збільшенням значення відносної вологості повітря.

**Ключові слова:** ємнісний сенсор, від'ємний диференціальний опір, періодичні коливання, частота.

### Abstract

A mathematical model of a device for measuring humidity with a capacitive sensor based on a transistor structure with negative differential resistance was developed. The results of experimental studies showed that there are periodic oscillations at the output of the device, the frequency of which decreases with an increase in the value of relative air humidity.

**Keywords:** capacitive sensor, negative differential resistance, periodic oscillations, frequency.

### Вступ

Сучасне виробництво потребує точного виконання технології виробництва та широкого застосування автоматизації виробничих процесів. Крім того, стан сучасної вітчизняної економіки суттєво визначається успішним розв'язанням питань створення та освоєння серійного випуску автоматичних засобів технічної діагностики, приладів контролю, систем перевірки якості продукції, контролю параметрів довкілля тощо. Ефективність вищезгаданого комплексу технічних засобів, передусім, залежить від якості сенсорів, які є основними чутливими органами вимірювальної апаратури [1–8]. Метою роботи є розробка пристрою для вимірювання вологості з ємнісним сенсором на основі транзисторної структури з від'ємним диференціальним опором.

### Результати дослідження

На рис. 1 подана електрична схема нового схемотехнічного рішення.

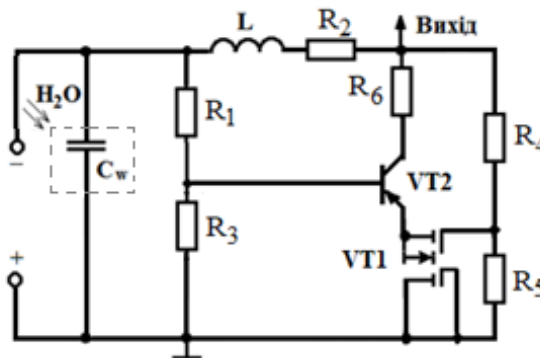


Рис. 1. Схема пристрою для вимірювання вологості з ємнісним сенсором

Для проведення експериментальних досліджень електричне коло пристрою для вимірювання вологості з ємнісним сенсором (рис. 1) було досліджене в середовищі схемотехнічного моделювання *LTSpice*. Дослідження проводились в діапазоні зміни ємності вологочутливого сенсора від  $C_w(W)=125$  пФ до

$C_W(W)=340$  пФ, що відповідає збільшенню значення відносної вологості повітря від 20% до 90%.

За результатами моделювання в середовищі *LTSpice* легко бачити, що через індуктивність протікає гармонічний струм (рис. 2). Підрахувавши частоту струму індуктивності можна побачити, що зі збільшенням ємності вологочутливого сенсора від 125 пФ ( $W = 20\%$ ) до 340 пФ ( $W = 90\%$ ) частота сигналу зменшується від 1061 кГц до 823 кГц.

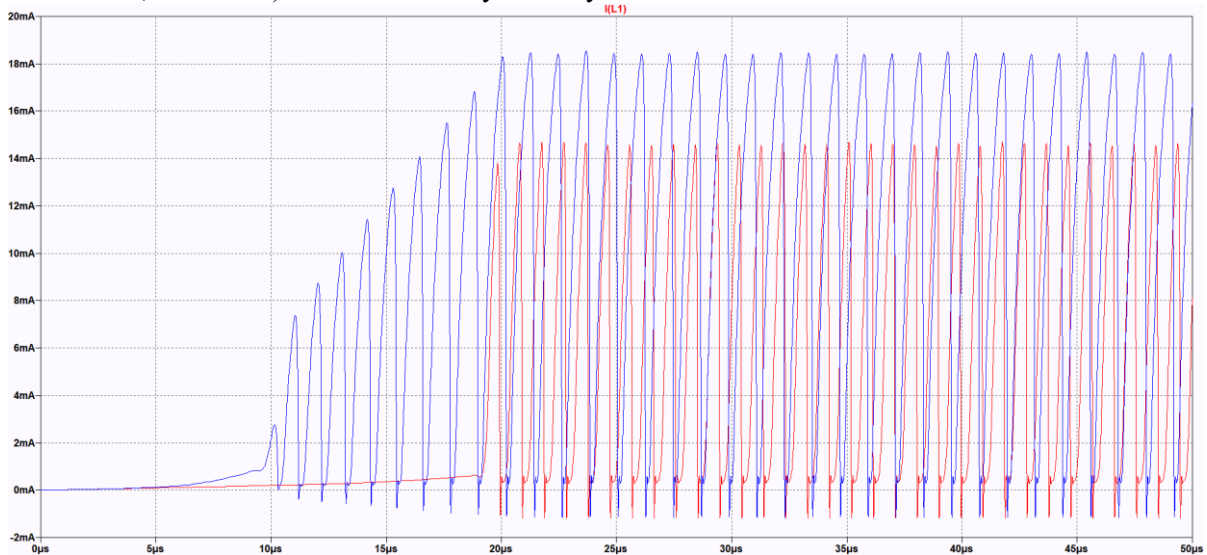


Рис. 2. Експериментальна залежність струму індуктивності від часу при різних значеннях вологочутливої ємності в *LTSpice*

Так на рис. 3 наведено експериментальну залежність струму індуктивності від часу при відносній вологості повітря  $W=90\%$ , що відповідає значенню вологочутливої ємності  $C_W(W)=340$  пФ, при цьому частота вихідного сигналу дорівнює  $F=823$  кГц. А на рис. 4 наведено експериментальну залежність струму індуктивності від часу при відносній вологості повітря  $W=55\%$ , при цьому частота вихідного сигналу дорівнює  $F=949$  кГц.

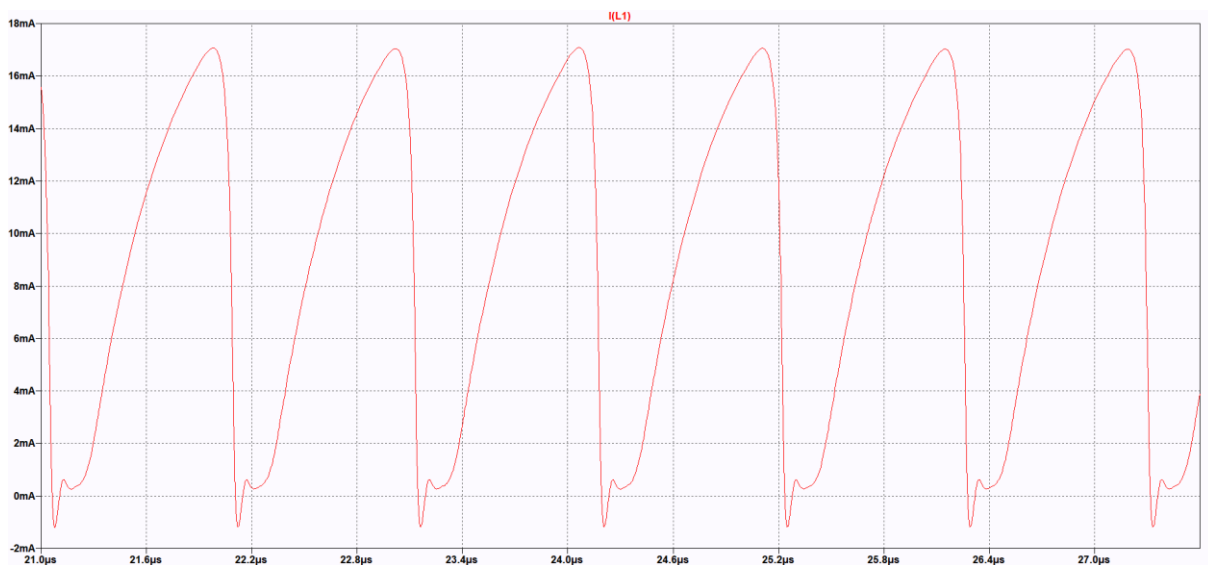


Рис.3. Експериментальна залежність струму індуктивності від часу при відносній вологості повітря  $W=90\%$

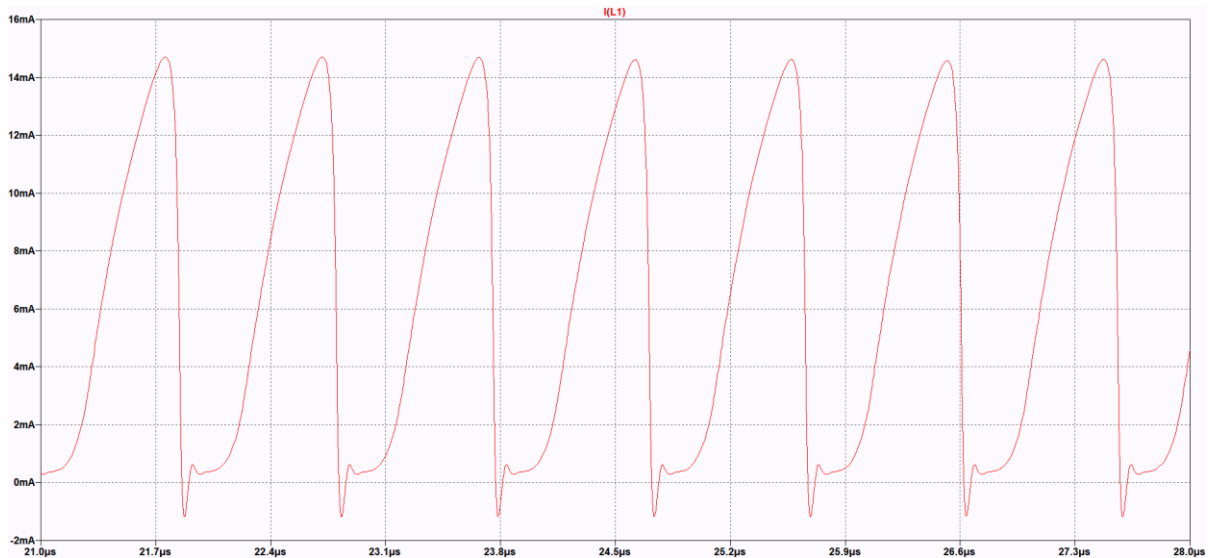


Рис.4. Експериментальна залежність струму індуктивності від часу при відносній вологості повітря  $W=55\%$

### Висновки

За результатами експериментальних досліджень легко бачити, що на виході пристрою для вимірювання вологості з ємнісним сенсором дійсно будуть існувати періодичні коливання частота яких буде зменшуватись зі збільшенням значення відносної вологості повітря. Отримані теоретичні та експериментальні дослідження мають гарний збіг, відносна похибка не перевищує 2%.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bozhi Yang, Burak Aksak, Qiao Lin, Metin Sitti. Compliant and Low-cost Humidity Sensors using Nano-porous Polymer Membranes. *Appeared in Sensors and Actuators B: Chemical*, 2006. Vol. 114, № 1. P.254–262.
2. Осадчук О.В., Осадчук В.С., Звягін О.С. Проблеми вимірювання вологості нафтопродуктів та метод підвищення його точності // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. 2010. №1(27). С. 135 – 139.
3. Осадчук О.В., Звягін О.С., Савицький А. Ю., Барабан С. В., Селецька О. О. The radiomeasuring humidity sensor with the frequency output signal // Вісник Хмельницького національного університету. 2016. №6. С. 216 – 218.
4. Hamid Farahani, Rahman Wagiran, Mohd Nizar Hamidon. Humidity Sensors Principle, Mechanism, and Fabrication Technologies: A Comprehensive Review. *Sensors*, 2014. № 14. P.7881–7939.
5. Mario Pelino, Carlo Cantalini. Principles and applications of ceramic humidity sensors. *Active and Passive Elec. Comp*, 1994. Vol. 16, P.69–87.
6. Ashis Tripathy, Sumit Pramanik, Ayan Manna, Satyanarayan Bhuyan, Nabila Farhana Azrin Shah, Zamri Radzi, Noor Azuan Abu Osman. Design and Development for Capacitive Humidity Sensor Applications of Lead-Free Ca,Mg,Fe,Ti-Oxides-Based Electro-Ceramics with Improved Sensing Properties via Physisorption. *Sensors*, 2016. № 16. P.1135.
7. Nathan Lazarus, Sarah S. Bedair, Chiung-C. Lo, and Gary K. Fedder. CMOS-MEMS Capacitive Humidity Sensor. *Journal of microelectromechanical system*, 2010. Vol. 19, № 1. P.183 – 191.
8. Zhi, Chen, Chi Lu. Humidity Sensors: A Review of Materials and Mechanisms. *Sensor Letters*, 2005. Vol. 3, P.274 –295.

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

**Звягіна Оксана Володимирівна** - к.м.н., асистент кафедри внутрішньої медицини №2, Вінницький національний медичний університет, Вінниця, e-mail: zviahina89@gmail.com

**Савицький Антон Юрійович** — к.т.н., доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: savitskyant@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

**Zviahina Oksana V.** - Ph.D., Assistant of the Department of Internal Medicine №2, Vinnytsia National Medical University, Vinnytsia, e-mail: zviahina89@gmail.com

**Savitskyi Anton Yu.** — Ph.D., Associate Professor of the Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: savitskyant@gmail.com