

АВТОГЕНЕРАТОРНИЙ МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТИСКУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано автогенераторний мікроелектронний перетворювач тиску на основі транзисторної структури з від'ємним диференціальним опором з первинним тензочутливим елементом на базі тунельно-резонансного діода, причому первинний тензочутливий перетворювач є активним елементом схеми автогенератора, що спрощує конструкцію вимірювального перетворювача тиску. Виходячи з розгляду фізичних процесів у первинному тензочутливому елементі та в автогенераторі на основі методу перетворення енергії постійного електричного поля на вході первинного перетворювача у енергію змінного електричного поля на виході автогенератора, розроблено математичну модель автогенераторного перетворювача тиску.

Ключові слова: перетворювач тиску, автогенератор, від'ємний диференціальний опір, тунельно-резонансний діод.

На теперішній час в багатьох галузях виробництва і техніки, таких як газова і нафтова промисловість, автомобільна техніка, побутова техніка, медицина, будівельна промисловість, дослідження навколишнього середовища, атомна енергетика, космічні дослідження, військова техніка потрібно вимірювання тиску, що вимагає створення вимірювальних приладів високої точності та чутливості, високої швидкодії, здатність витримувати значні перевантаження, мати лінійні та безінерційні характеристики [1, 2, 3].

На сучасному етапі розвитку науки і техніки вимірювання тиску виконується за допомогою приладів ємнісного, магнітопружного, індуктивного, п'єзорезистивного, п'єзоелектричного та акустоелектричного типів. Прилади ємнісного типу мають високу точність і чутливість, термостабільність, проте вони не придатні працювати при високих тисках, а також мають високу вартість. П'єзорезистивні прилади тиску мають низькі вихідні сигнали, низьку точність, чутливі до зміни температури, проте мають високу міцність. П'єзоелектричні прилади мають низькі вихідні сигнали, низьку точність і чутливість недостатню стабільність, малий температурний діапазон. Одним з основних недоліків перетворювачів тиску є низький вихідний сигнал, окрім індуктивних сенсорів тиску, виготовлення яких несумісне з інтегральною мікроелектронною технологією. Це приводить до значних похибок вимірювання, внаслідок втрат інформації в каналі між виходом сенсора і входом підсилювально-перетворювальної апаратури, що обумовлює низьку точність і чутливість, низьку завадостійкість і швидкодію. Усунути вище перераховані недоліки можливо на основі автогенераторних перетворювачів, що працюють у режимі перетворення «тиск-частота», це дає можливість значно покращити їх метрологічні показники [4, 5]. Одним з перспективних наукових напрямків у створенні приладів вимірювання тиску є дослідження в області сенсорів з частотним вихідним сигналом на базі квантово-розмірних та транзисторних мікроелектронних структур з від'ємним диференціальним опором, що дозволяє створювати прилади з вихідним частотним сигналом. Автогенераторні перетворювачі тиску поєднують простоту і універсальність, які мають аналогові пристрої, з точністю і завадостійкістю, що характеризують прилади з кодовим виходом. Застосування принципу перетворення «тиск-частота» на базі автогенераторних параметричних приладів тиску суттєво знижує собівартість інформаційно-вимірювальної апаратури, дозволяє значно зменшити масогабаритні показники приладів тиску, підвищити точність і чутливість перетворення тиску у частотний сигнал [6].

Електрична схема перетворювача тиску являє собою інтегральну схему, що складається з двох біполярних транзисторів (інтегральна схема HFA3096), опорів R1-R5, а також тензочутливого елемента на основі тунельно-резонансного діода VD1, що дозволяє створити автогенераторний

пристрій. Коливальний контур пристрою реалізовано на основі еквівалентної ємності повного опору на електродах колектор-колектор біполярних транзисторів VT1 і VT2 та індуктивності L1. Електричне коло R3C1 забезпечує термостабільність приладу тиску.

При дії зовнішнього тиску на діод відбувається як зміна ефективної маси електронів, так і генерація п'єзоелектричних полів у квантовій ямі та потенціальних бар'єрах структури діода. Гідростатичний тиск викликає зміну ефективної маси електронів у квантовій ямі, що приводить до зміни розташування енергетичних рівнів електронів у квантовій ямі. Зміна енергії електронів у діоді приводить до зміни вольт-амперної характеристики. Це, у свою чергу, викликає зміну частоти електричних коливань у приладі тиску. Виходячи з розгляду фізичних процесів у первинному тензочутливому елементі і автогенераторі на основі методу перетворення енергії постійного електричного поля на вході первинного перетворювача у енергію змінного електричного поля на виході автогенератора, розроблено математичну модель приладу тиску.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Di Leo V, Speroni A, Ferla G, Blanco Cadena JD. Design and Validation of a Compact, Low-Cost Sensor System for Real-Time Indoor Environmental Monitoring. *Buildings*. 2025; 15(19):3440. <https://doi.org/10.3390/buildings15193440>
2. Han D, Kim K, Shin J, Park J. Gesture-Based Secure Authentication System Using Triboelectric Nanogenerator Sensors. *Sensors*. 2025; 25(16):5170. <https://doi.org/10.3390/s25165170>
3. Wang Y, Chen B, Wu G, Xue C, Gao L. Fiber-Optic Pressure Sensors: Recent Advances in Sensing Mechanisms, Fabrication Technologies, and Multidisciplinary Applications. *Sensors*. 2025; 25(20):6336. <https://doi.org/10.3390/s25206336>
4. Osadchuk I, Osadchuk O, Baraban S, Semenov A, Baraban M. Model-Based Design and Sensitivity Optimization of Frequency-Output Pressure Sensors for Real-Time Monitoring in Intelligent Rowing Systems. *Electronics*. 2025; 14(20):4049. <https://doi.org/10.3390/electronics14204049>
5. Osadchuk I.A.; Osadchuk, A.V.; Osadchuk, V.S. Semenov, A.O. Nanoelectronic Pressure Transducer with a Frequency Output Based on a Resonance Tunnel Diode // Proc. of IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 25-29.02.2020, pp. 452-457. doi: 10.1109 / TCSET49122.2020.235474.
6. Osadchuk, A.V., Osadchuk, V.S., Osadchuk, I.A., Kisała P., Zyska T., Annabaev A., Mussabekov K. Radiomeasuring pressure transducer with sensitive MEMS Capacitor // *Przegląd Elektrotechniczny* 2017, R93(3), pp. 113–116.

Осадчук Ярослав Олександрович – д.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osadchuk.j93@gmail.com

Осадчук Олександр Володимирович – д.т.н., професор, завідувач кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osadchuk.av69@gmail.com

Шикун Костянтин Віталійович – аспірант кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: shykunkv@gmail.com

SELF-OSCILLATING MICROELECTRONIC PRESSURE TRANSDUCER

Abstract

A self-oscillating microelectronic pressure transducer based on a transistor structure with a negative differential resistance with a primary strain-sensitive element based on a tunnel-resonant diode is proposed, and the primary strain-sensitive transducer is an active element of the self-oscillating circuit, which simplifies the design of the measuring pressure transducer. Based on the consideration of physical processes in the primary strain-sensitive element and in the self-oscillating based on the method of converting the energy of a constant electric field at the input of the primary transducer into the energy of an alternating electric field at the output of the self-oscillating, a mathematical model of the self-oscillating pressure transducer is developed.

Keywords: pressure transducer, self-oscillating, negative differential resistance, tunnel-resonant diode.

Osadchuk Iaroslav Oleksandrovych - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department information radioelectronic technologies and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osadchuk.j93@gmail.com

Osadchuk Oleksandr Volodymyrovych - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of information radioelectronic technologies and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osadchuk.av69@gmail.com

Shykun Kostyantyn Vitaliyovych – postgraduate student of the Department of information radioelectronic technologies and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shykunkv@gmail.com.