

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Щодо моніторингу сейсмічної активності

У роботі запропонована нова бездротова система, яка дозволяє: ефективно організувати моніторинг сейсмічної активності завдяки простоті розгортання і використання, надійності роботи; дає змогу розділити модулі та систему обробки інформації; забезпечує незалежність роботи кожного із модулів і системи обробки інформації один від одного; позбавляє від затрат на дротові з'єднання. Використання бездротового зв'язку та ключа, підключеного до приймача імпульсів, забезпечує доступ до модулів у довільному порядку. Надано опис принципу дії бездротової системи, що територіально розподілена. Зображено структурні схеми сенсорного вузла, базової станції, конструктивна електрична схема чутливого елемента вузла і частотних генераторів радіо передавальних пристроїв базової станції, а також сенсорного вузла, наведено розрахунок чутливого елемента сенсорного вузла. Використання мікропроцесора у якості блока керування дозволяє підвищити точність та швидкодію. Відзначено, що можна збільшити зону покриття системи шляхом встановлення додаткових базових станцій, а також використання змішаної топології, яка включає у себе зв'язки за допомогою топологій «зірка» та коміркова мережа.

Ключові слова: система моніторингу; сейсмічна активність; ємнісний перетворювач.

Галузь використання. Підвищена сейсмічна активність викликає природні катастрофи: землетруси, цунами та ін. Тому моніторинг сейсмічної активності сприяє забезпеченню безпеки людей та соціальної інфраструктури. Моніторинг сейсмічної активності дозволяє виявити та завчасно попередити про небезпеку і, як наслідок, запобігти багатьом жертвам і значним матеріальним втратам [1–11].

Сучасний стан проблеми. Сьогодні для моніторингу сейсмічної активності використовуються дротові мережі. Відомі системи моніторингу [1, 2] мають велике енергоспоживання та низьку ефективність використання енергії, низьку мобільність та надійність роботи. Мають високу собівартість та неможливість доступу до довільного модуля без послідовного опитування всіх модулів системи.

Постановка задачі. У статті поставлено задачу моніторингу сейсмічної активності шляхом удосконалення системи збору сейсмічної інформації. У запропонованій системі введення нових конструктивних елементів та зв'язків дозволить: підвищити енергетичну незалежність системи, зменшити енергоспоживання та збільшити ефективність використання енергії, збільшити мобільність системи та надійність її роботи, забезпечити доступ до модулів у довільному порядку, знизити собівартість виготовлення та встановлення кожного окремого модуля [2, 11].

Мета статті. Запропонувати нову бездротову систему моніторингу сейсмічної активності, використання якої дозволить підвищити безпеку та якість моніторингу сейсмічної активності, а також забезпечить простоту і ефективність розгортання [2].

Викладення основного матеріалу статті. Бездротові сенсорні мережі використовуються у різноманітних сферах промислового та громадського застосування таких як промисловий моніторинг та контроль, моніторинг машин та устаткування, моніторинг навколишнього середовища, автоматизація будинку, контроль руху та ін., тому що вони мають значні переваги порівняно із дротовими [1–3].

Бездротова сенсорна мережа складається із просторово розподілених вузлів спільного контролю параметрів навколишнього середовища, таких як звук, температура, тиск, вібрація, рівень забруднюючих речовин. Кожен вузол має радіочастотний передавач чи інший пристрій бездротового з'єднання, мікро - контролер, джерело енергії (зазвичай, акумуляторну батарею), один чи декількох чутливих елементів. Сенсорний вузол має розміри від декількох сантиметрів до долей міліметра. Ціна сенсорного вузла від сотень доларів до кількох центів, залежно від складності вузлів та розміру інтегрованої платформи. Ціна та розмір вузла задають рамки властивостей сенсорного вузла, накладають обмеження на такі використані ресурси, як енергоспоживання, пам'ять, обчислювальні потужності та ширина каналу [1, 2]. Побудова бездротових сенсорних мереж використовує дві основні технології: зірка та коміркова мережа [1].

У мережі з топологією «зірка» неможливі конфлікти, управління обміном є повністю централізованим. Базова станція є найбільш потужною і відповідає за всі функції управління обміном даними. Весь обмін інформацією відбувається лише через базову станцію. Зірка має явно виділений центр, до якого під'єднуються інші вузли. Порівнювати такі різні елементи, як вузли та базові станції у цьому випадку неможливо [1].

У комірковій мережі кожен вузол – незалежний маршрутизатор, що забезпечує зв'язок без необхідності під'єднання до існуючої мережі. Це забезпечує постійне з'єднання і переналаштування пошкоджених або заблокованих шляхів між вузлами для досягнення місця призначення. Недолік такої мережі – внаслідок обмеження мінімальної щільності мережі знижена мобільність [1].

Найкраще рішення це використання в якості архітектури системи моніторингу топологію «зірка», враховуючи вищенаведені особливості топологій.

Склад та принцип роботи запропонованої системи моніторингу. Запропонована система моніторингу складається з двох основних типів робочих елементів: сенсорного вузла (рис. 1) та базової станції (рис. 2) [2].

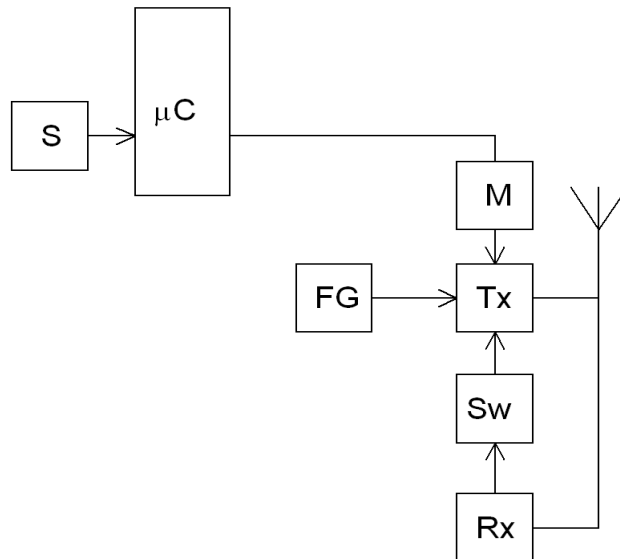


Рис. 1. Структурна схема сенсорного вузла системи моніторингу [2]

Сенсорний вузол (рис.1) складається із сенсора S (рис. 3), мікро контролера μC , частотного генератора FG [2] (рис. 4), модулятора M, електронного ключа Sw, радіопередавача Tx, радіоприймача Rx та антени [2].

Базова станція (рис. 2) складається з мікро контролера μC , який може бути приєднаним до ПК за допомогою інтерфейсу USB, частотного генератора FG (рис. 5), модулятора M, радіопередавача Tx, радіоприймача Rx та антени [2].

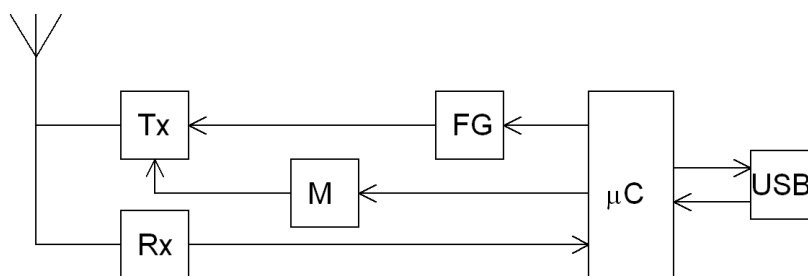


Рис. 2. Структурна схема базової станції системи моніторингу [2]

Запропонована система моніторингу працює таким чином [2].

Мікроконтролер базової станції (рис. 2) передає до частотного генератора (рис. 4) керуючу напругу, яка відповідає одному із сенсорних вузлів. У результаті варикап змінює ємність, і, відповідно, змінюється генерована частота. На модулятор M подається контролюючий сигнал. Цей сигнал вмикає сенсорний вузол. Після модуляції результуючий сигнал іде на радіопередавач Tx, який передає сигнал на сенсорний вузол за допомогою радіоканалу [2].

Приймач Rx сенсорного вузла (рис. 1) має коливальний контур, який налаштований на певну частоту. Якщо сигнал, що передається з базової станції, відповідає частоті приймача, модульований сигнал іде з приймача на електронний ключ Sw, який вмикає вихідний каскад передавача Tx. Сенсор S, мікроконтролер μC , частотний генератор FG (рис. 3) і модулятор M працюють постійно. Коли вихідний каскад передавача Tx ввімкнений, сенсорний вузол передає сигнал на базову станцію [2].

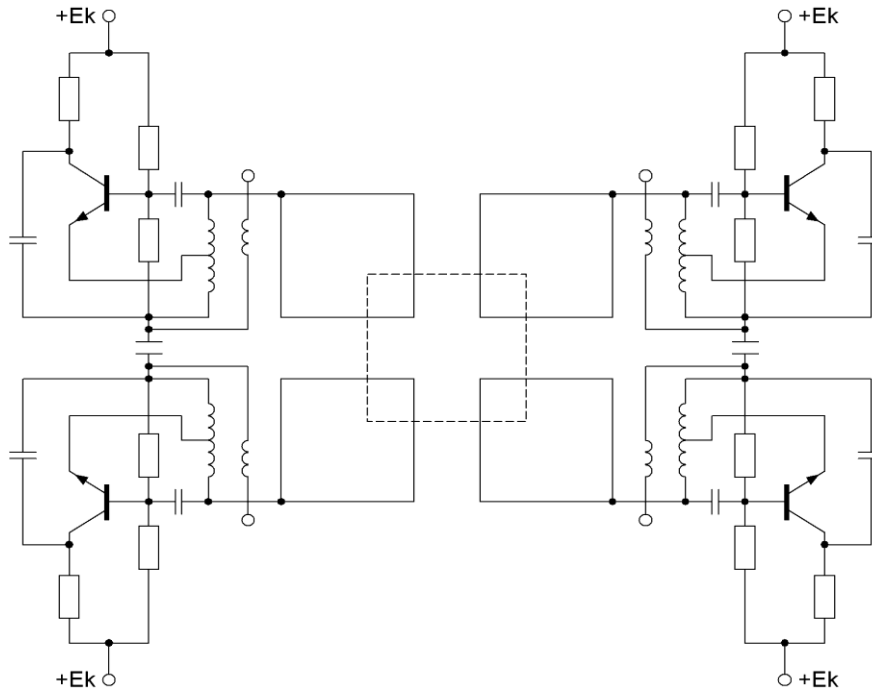


Рис. 3. Сенсор системи моніторингу [2]

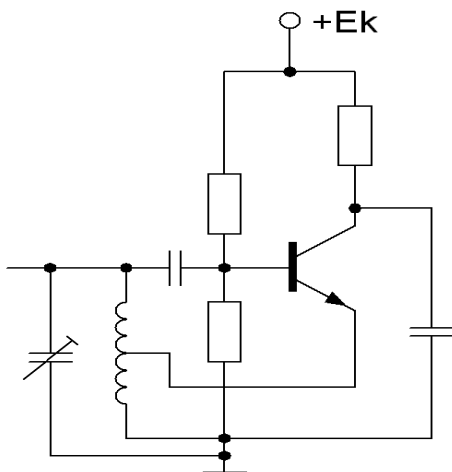


Рис. 4. Частотний генератор сенсорного вузла системи моніторингу[2]

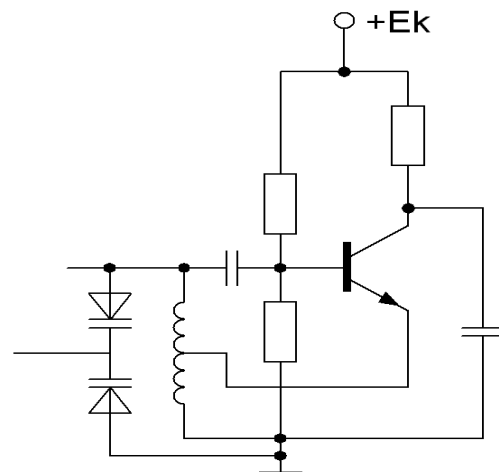


Рис. 5. Частотний генератор базової станції системи моніторингу[2]

Базова станція приймає сигнал з відповідного сенсорного вузла і змінює частоту передавача для перевірки наступного сенсорного вузла. Цикл продовжується, доки всі сенсори не будуть перевірені [2].

Сенсорний вузол працює за рахунок джерела живлення, яке складається з акумуляторної батареї та сонячного елемента, з'єднаних паралельно.

У випадку, коли відповідний сенсорний вузол не відповідає протягом певного часу, базова станція передає сигнал тривоги на ПК, який сповіщає про необхідність заміни сенсорного вузла. Якщо потужність сигналу, що приймається з сенсорного вузла, менша за мінімальну, базова станція передає сигнал тривоги, який сповіщає про необхідність діагностики сенсорного вузла [2].

Конструкція сенсора запропонованої мережі. Датчик величини та напрямку прискорення (рис. 3) побудовано на основі ємнісних перетворювачів [4, 8, 9]. Значення величини прискорення у будь-якому напрямку знаходиться у межах $0 \dots 19,62 \text{ м/с}^2$. Напрямок визначається за допомогою використання диференціальної схеми [2].

Вихідною величиною, що надає інформацію про величину та напрям прискорення, є частота коливального контуру. Для забезпечення вимірювання необхідних параметрів за трьома координатами

використовуються 4 однакових генератори. Ємністю коливального контуру є система із двох послідовно з'єднаних конденсаторів, один з яких складається з нерухокої обкладинки, витравленої на кремнієвій підкладці та рухокої обкладинки; інший – з рухокої обкладинки та кришки корпусу, яка є металевою. Між обкладинками першого конденсатора знаходиться полімерний діелектрик, який виступає у ролі пружного елемента. Для правильної роботи усіх генераторів чотири нерухокі обкладинки виготовлені на одній підкладці та розділені рівними проміжками. Між обкладинками другого конденсатора знаходиться повітря [2].

Частота кожного коливального контуру буде дорівнювати [2]:

$$f_i = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_i}}, i = 1 \dots 4; \quad (1)$$

де L – індуктивність розділеної котушки;

C_i – ємність відповідної системи конденсаторів, геометричні параметри якої змінюються під дією величини та напрямку прискорення. Визначається за формулою [2–10]:

$$C_i = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_n \varepsilon_d S_i S}{d_i S \varepsilon_n + \varepsilon_d S_i (b - d_i)}, i = 1 \dots 4. \quad (2)$$

де S_i – площа обкладинок відповідного першого конденсатора системи;

d_i – відстань між обкладинками відповідного першого конденсатора.

Висновки. Запропонована у статті нова бездротова система дозволяє: ефективно організувати моніторинг сейсмічної активності завдяки простоті розгортання і використання, надійності роботи; дає змогу розділити модулі та систему обробки інформації; забезпечує незалежність роботи кожного із модулів і системи обробки інформації один від одного; позбавляє від затрат на дротові з'єднання. Використання бездротового зв'язку та ключа, підключеного до приймача імпульсів, забезпечує доступ до модулів у довільному порядку. Використання мікропроцесора у якості блока керування дозволяє підвищити точність та швидкодію. У перспективі можна збільшити зону покриття системи шляхом встановлення додаткових базових станцій, а також використання змішаної топології, яка включає у себе зв'язки за допомогою топологій «зірка» та коміркова мережа [2].

Список використаної літератури:

1. Хабловски И. Электроника в вопросах и ответах / И.Хабловски, В.Скулимовски ; под ред. В.И. Котикова ; пер. с польск. – М. : Радио и связь, 1984. – 304 с.
2. Пат. 102352 Україна. Бездротова система моніторингу сейсмічної активності / О.М. Безвесільна, К.С. Козько ; опубл. 25.06.13, Бюл. № 12.
3. Безвесільна О.М. Наукові дослідження в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій : підручник / О.М. Безвесільна, Г.С. Тимчик, Ю.О. Подчаїшинський. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 592 с.
4. Two-channel MEMS gravimeter of the automated aircraft gravimetric system/ I.Korobiichuk, O.Bezvesilna, M.Kachniarz, A.Tkachuk, T.Chilchenko // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2017. – Vol. 543. – Pp. 481–487.
5. Piezoelectric gravimeter of the aviation gravimetric system / I.Korobiichuk, O.Bezvesilna, A.Tkachuk, M.Nowicki, R.Szewczyk // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2016. – Vol. 440. – Pp. 753–761.
6. Design of piezoelectric gravimeter for automated aviation gravimetric system/ I.Korobiichuk, O.Bezvesilna, A.Tkachuk, M.Nowicki, R.Szewczyk // Journal of Automation. Series : Mobile Robotics and Intelligent Systems. – 2016. – Vol. 10 (1). – Pp. 43–47.
7. Bezvesilnaya E. Three-Axis Low-Frequency Piezoelectric Sensor / E.Bezvesilnaya, A.Tkachuk // Sheffield Science and Education LTD. – England. – 2017. – Vol. 10. – Pp. 44–47.
8. Безвесільна О.М. Розробка нового двоканального гравіметра для вимірювань прискорення сили тяжіння / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук, Т.В. Хильченко // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – No. 3/2 (23). – С. 41–44.
9. Безвесільна О.М. Simulation of influence of perturbation parameters of the new dual-channel capacitive MEMS gravimeter performance / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук, Т.В. Хильченко, С.О. Нечай // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – № 6/7 (84). – С. 50–57.
10. Bezvesilna O.M. Artificial Neural Network as a Basic Element of the Automated Goniometric System / О.М. Bezvesilna, I.Cherepanska, A.Sazonov // Recent advanced in systems, Control and Information Technology. – 2017. – P. 5 ; pp. 43–51.
11. Пат. 113033 Україна. Трикоординатний п'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук ; опубл. 11.09.16.

References:

1. Hablovski, I. and Skulimovski, V. (1984), *Jelektronika v voprosah i otvetah*, in Kotikov, V.I. (ed.), Translated from Polish, Radio i svjaz', Moskva, 304 p.
2. Bezvesil'na, O.M. and Koz'ko, K.S. (2013), *Bezdrotova sistema monytorynghu sejsmichnoi' aktyvnosti* [Wireless monitoring system for seismic activity], Ukrai'na, opubl. vid 25 chervnja, Bjul. No. 12, Pat. № 102352.

3. Bezvesil'na, O.M., Tymchyk, G.S. and Podchashyns'kyj, Ju.O. (2018), *Naukovi doslidzhennja v galuzi avtomatyzacii ta komp'juterno-integrovanyh tehnologij*, ZhDTU, Zhytomyr, 592 p.
4. Korobiichuk, I., Bezvesilna, O., Kachniarz, M., Tkachuk, A. and Chilchenko, T. (2017), «Two-channel MEMS gravimeter of the automated aircraft gravimetric system», *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 543, pp. 481–487.
5. Korobiichuk, I., Bezvesilna, O., Tkachuk, A., Nowicki, M. and Szewczyk, R. (2016), «Piezoelectric gravimeter of the aviation gravimetric system», *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 440, pp. 753–761.
6. Korobiichuk, I., Bezvesilna, O., Tkachuk, A., Nowicki, M. and Szewczyk, R. (2016), «Design of piezoelectric gravimeter for automated aviation gravimetric system», *Journal of Automation, Series Mobile Robotics and Intelligent Systems*, Vol. 10 (1), pp. 43–47.
7. Bezvesilnaya, E. and Tkachuk, A. (2017), «Three-Axis Low-Frequency Piezoelectric Sensor», *Sheffield Science and Education LTD*, Vol. 10, England, pp. 44–47.
8. Bezvesil'na, O.M., Tkachuk, A.G. and Hyl'chenko, T.V. (2016), «Rozrobka novogo dvokanal'nogo gravimetra dlja vymirjuvan' pryskorennja syly tjazhinnja», *Tehnologicheskij audyt y rezervy proyzvodstva*, No. 3/2 (23), pp. 41–44.
9. Bezvesil'na, O.M., Tkachuk, A.G., Hyl'chenko, T.V. and Nechaj, S.O. (2016), «Simulation of influence of perturbation parameters of the new dual-channel capacitive MEMS gravimeter performance», *Shidno-Jevropejs'kyj zhurnal peredovyh tehnologij*, No. 6/7 (84), pp. 50–57.
10. Bezvesilna, O.M., Cherepanska, I. and Sazonov, A. (2017), «Artificial Neural Network as a Basic Element of the Automated Goniometric System», *Recent advanced in systems, Control and Information Technology*, P. 5, pp. 43–51.
11. Bezvesil'na, O.M. and Tkachuk, A.G. (2016), *Trykoordinatnyj p'jezoelektrychnyj gravimetr aviacijnoi' gravimetrychnoi' systemy* [Three-dimensional piezoelectric gravimetric aviation gravimetric system], Ukrai'na, opubl. vid 11 veresnja, Pat. № 113033.

Безвесільна Олена Миколаївна – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри приладобудування Приладобудівного факультету Київського політехнічного інституту ім. Ігоря Сікорського.

Наукові інтереси:

– вимірювачі прискорень, вібрацій, сейсмічної активності.

Тел.: (095) 160–32–18.

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2018.