

УДК: 612.117.5

ISSN 1729-4428 (Print)
ISSN 2309-8589 (Online)

Т.Г. Бенько, І.Т. Когут, В.І. Голота, В.М. Грига

Комп'ютерне моделювання мобільних пристроїв радіоелектронного впливу

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна,
taras.benko@pnu.edu.ua

В роботі розглянуто принцип роботи мобільних засобів радіоелектронного впливу. Запропоновано схему компактного пристрою радіоелектронного впливу на частоті 2,4 ГГц та проведено її моделювання. Запропоновано спосіб підняття потужності пристрою за допомогою високочастотних та надвисокочастотних транзисторів. Завдяки компактності габаритних розмірів пристрою, дає змогу інтегрувати його як окремий модульний елемент у різноманітні системи радіоелектронного впливу. Також даний пристрій може використовуватися для подавлення інтернету та мобільного зв'язку.

Ключові слова: Радіоелектронний вплив, мобільний пристрій, контролер частоти, сигнал.

Подано до редакції 01.04.2025; прийнято до друку 02.12.2025.

Вступ.

Сучасні засоби радіоелектронного впливу – це різностороння та комплексна сфера. Вона постійно еволюціонує, а її ефективність систематично зростає. В сучасних реаліях радіоелектронний вплив є досить важливим.

Перш за все засоби радіоелектронного впливу перешкоджають функціонуванню систем зв'язку та управління супротивника, а це дозволяє ускладнити чи взагалі унеможливити координацію, що в свою чергу може призвести до безладу в інформаційному просторі противника [1-2]. Завдяки засобам радіоелектронного впливу можна виявляти та придушувати радіо-, мобільний чи супутниковий зв'язок ворога, виводити з ладу електроніку, супутникову навігацію та дезорієнтувати у просторі, замінивши координати на хибні.

Актуальність дослідження зумовлена збільшенням ролі засобів радіоелектронного впливу у сучасних військових конфліктах. На даний час успішно використовуються системи радіоелектронного впливу для боротьби з безпілотниками літальними апаратами та засобами комунікації. Вони показують свою ефективність але

потребують постійного вдосконалення та адаптації.

I. Схема компактного мобільного пристрою радіоелектронного впливу

Зазвичай наш мобільний зв'язок працює на певному діапазоні частот. Коли в цьому діапазоні частот додається шум, мобільний зв'язок перестає працювати або переривається.

Коли ми додаємо такий діапазон частот у мобільному зв'язку за допомогою будь-якої схеми, то така схема називається мобільним глушителем.

Припустимо, що якщо деякі програми працюють у діапазоні частот 445 МГц, і ми додаємо шум у тому діапазоні, то ці програми не працюватимуть належним чином.

Розроблена схема пристрою для глушіння мобільного зв'язку у програмному середовищі MULTISIM.

У даній схемі транзистор Q1 - працює в режимі підсилення та забезпечує позитивний зв'язок, який потрібний для генерації. Котушка індуктивності та конденсатор з'єднані таким чином, щоб утворювати

налаштований генераторний контур, який створює дуже високу частоту з мінімальним демпфуванням [3]

Резистор R1 - забезпечує живлення бази транзистора. Резистор R2 - емітерний резистор, який допомагає стабілізувати роботу транзистора. Конденсатор C3 - розділяє постійну складову живлення (5В), від змінної, використовується для розв'язки по живленню. Та конденсатори C4 та C5 - працюють, як фільтри.

Схема працює так: живлення 5 В подається до транзистора та LC-конттуру. Далі, LC-контур формує резонансну частоту, зворотній зв'язок через C1 та C2 подає частину сигналу з колектора назад на базу. Коли транзистор вмикається, він підсилює цей сигнал і процес повторюється - виникають коливання.

Щоб збільшити діапазон частот, слід змінити значення котушки індуктивності (22 нГн) та конденсатора (15 пФ). У міру зменшення значень цих двох компонентів діапазон буде збільшуватися.

Щоб визначити, який діапазон частот створюватиме схема, треба скористатися формулою:

$$\frac{1}{2 \times \pi \sqrt{L \times C}}$$

Частота коливання для цієї схеми становить 131.83 МГц.

Якщо брати конденсатор ємністю 1 пФ і котушку індуктивністю менше 22 нГн, то схема вироблятиме частоту 1 ГГц, тобто схема зможе глушити частоти до 1 ГГц.

На рисунку 3 показано графік залежності частоти від ємності та частоти від індуктивності. Відповідно, на лівому графіку показано, що чим більша індуктивність, тим нижча частота. І це логічно, бо резонансна частота обернено пропорційна $\sqrt{L}$. На правому графіку показано, що чим більша ємність, тим нижча частота. Отже, зменшуючи L та C можна

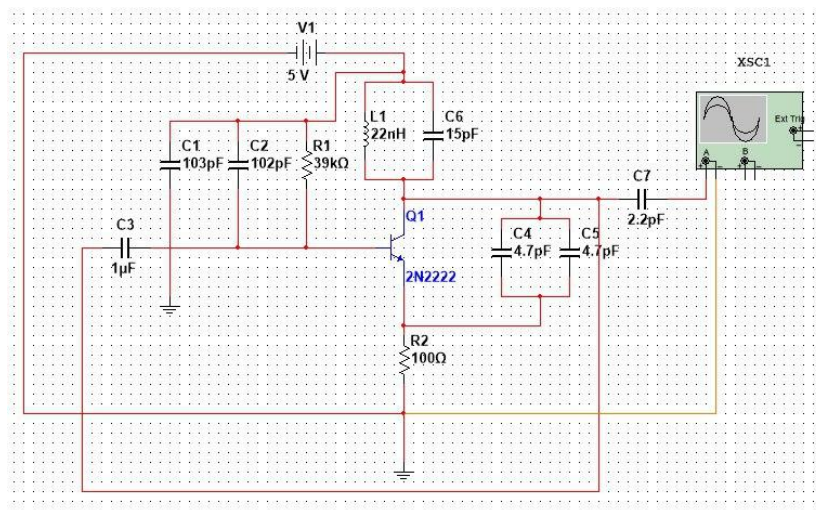


Рис. 1. Схема пристрою глушіння мобільного зв'язку.

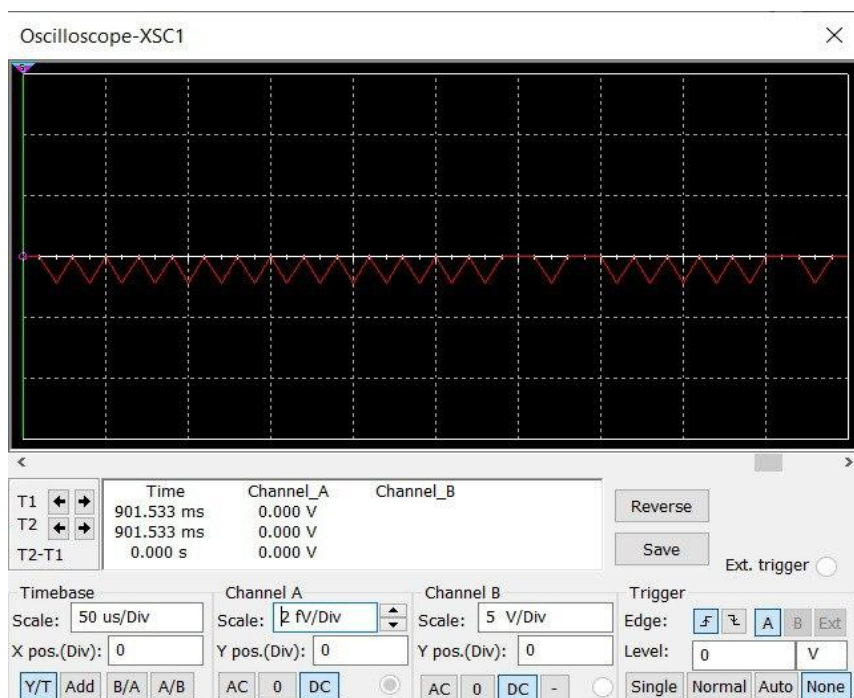


Рис. 2. Частота з мінімальним демпфуванням.

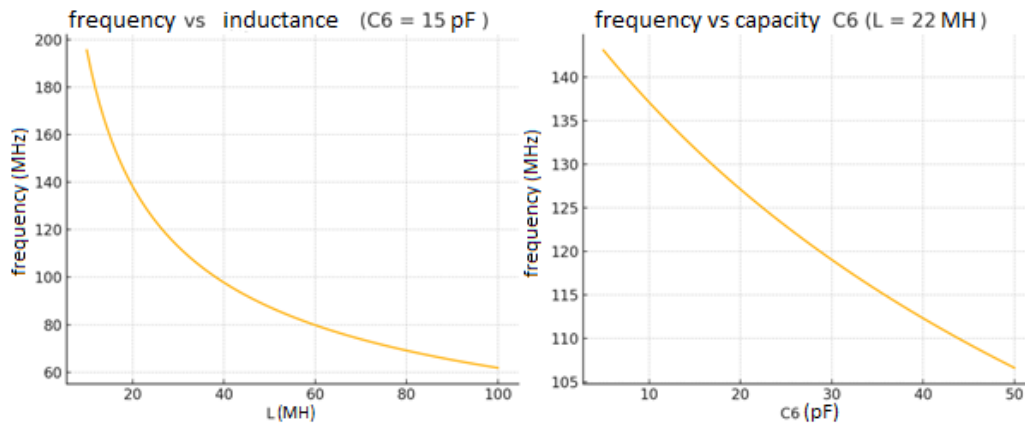


Рис. 3. Графік залежності частоти від ємності та частоти від індуктивності.

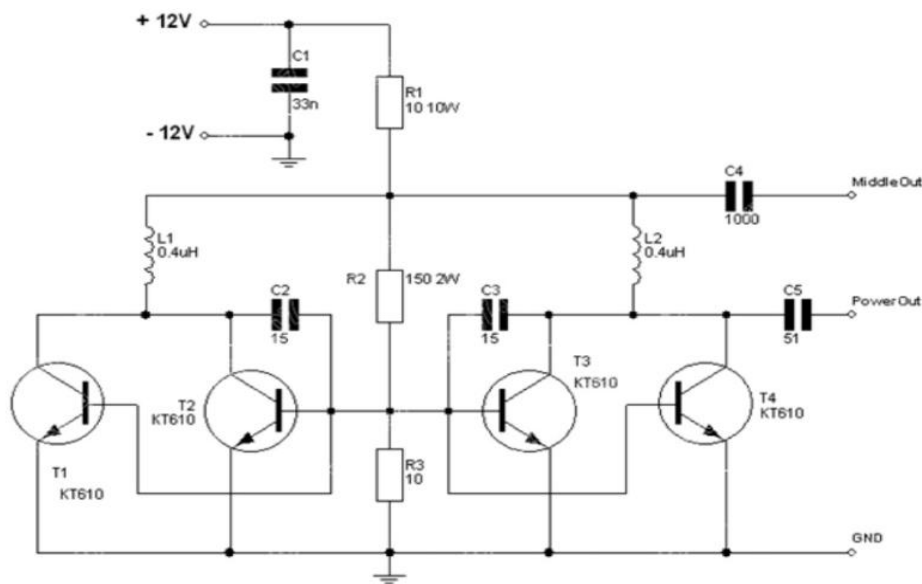


Рис. 4 Схема пристрою глушіння 2,4 ГГц.

підвищити частоту генератора.

II. Мобільний пристрій радіоелектронного впливу на частоті 2,4 ГГц

На рисунку 4 представлена схема де розміщені два ідентичні генератори, кожен на парі паралельних транзисторів KT610. Генератор побудований на використанні ефекту Міллера, тому на одному транзисторі працювати не буде [4]. Генерація має нестабільний характер, що призводить до дуже широкого спектра генерації, від сотень кілогерц і практично до верхньої межі частоти використовуваних транзисторів.

Потужності близько 1 вата цілком вистачає, щоб змусити замовкнути телевізори та інтернет зв'язок. Паралельне ввімкнення двох і більше транзисторів дає змогу сильно збільшити загальну потужність, але потрібні деякі заходи щодо рівномірного розподілу струму по кожному, наприклад - «вирівнювальні» резистори в емітерах номіналом від 0,1 до 10 Ом, залежно від транзисторів [5].

Цілком реально підняти потужність пристрою до

кількох десятків ват. Тип транзистора впливає як на вихідну потужність, так і на вид спектра генерованих сигналів. Застосовувати можна практично будь-які ВЧ- і НВЧ-транзистори, виходячи із загальної потужності і граничної частоти використовуваних приладів, важлива типова напруга живлення, на яку розраховані застосовувані транзистори. У жодному разі не можна перевищувати максимальний струм транзистора, інакше згорить. Краще обмежувати його потужним резистором до значення 0,7...0,8 від максимально допустимого. Припустимо, максимальний струм колектора за довідником – 2 А, типова напруга живлення 12 В. Застосовуємо 4 транзистори. Отримуємо максимальний допустимий струм на один транзистор 1,4А. Транзисторів 4 - отже, загальний струм пристрою не повинен перевищити 5,6 А. Це граничне значення, за якого потрібне дуже хороше, бажано примусове охолодження транзисторів.

На рисунку 5 показано зібрану схему у середовищі Multisim. Де подається живлення +12 В, тоді схема починає свою роботу як височастотний генератор.

Перші два транзистори формують перемикаючий каскад, що працює у височастотному режимі. Так само роблять і наступні два транзистори. А вже

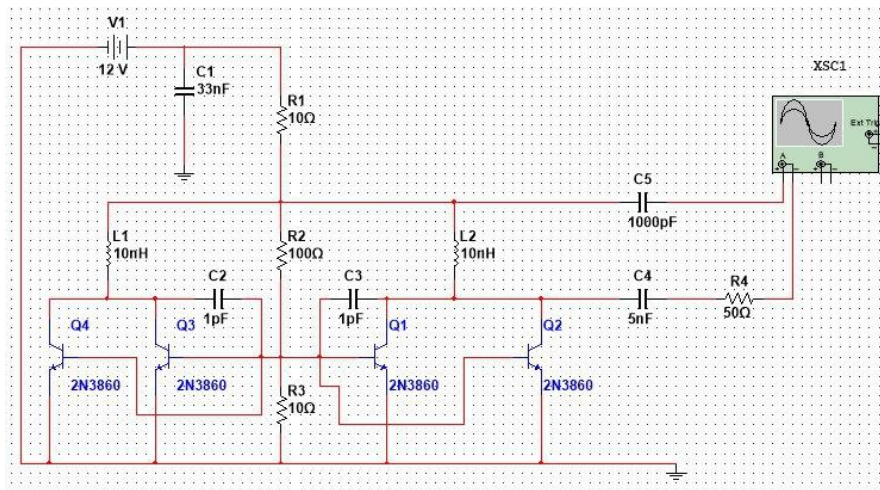


Рис. 5. Схема приглушення сигналу 2,4 ГГц.

індуктивність разом із транзисторами формують генерацію сигналу 2,4 ГГц, що перекриває робочий діапазон Wi-Fi.

Отже, це вже досить потужний ВЧ-генератор, що створює широкосмугові перешкоди у цьому діапазоні, блокуючи зв'язок у доволі великому радіусі.

III. Перспективи розвитку

Мобільні засоби засоби радіоелектронного впливу найбільше ефективні, коли вони інтегровані в загальну систему розвідки, управління, зв'язку та ураження. Їхня дія в контексті комбінованих операцій (сухопутні війська, авіація, дрони) підсилює бойову міць. Під цим поняттям зазвичай мають на увазі переносні або платформні (транспортні) засоби і пристрої, що можуть створювати електронні перешкоди, виявляти радіосигнали або виконувати електронну розвідку в рухомих умовах. Мобільність дає змогу швидко розгортати засоби радіоелектронного впливу ближче до цілей, змінювати позиції й уникати ураження. Міні-модулі - плати для тактичних задач – модульні рішення, які можна інтегрувати в інші платформи (розвідка, протидронні системи тощо) [6].

Мобільні пристрої засобів радіоелектронного впливу стають одним із вирішальних факторів у забезпеченні інформаційної переваги на полі бою. Саме завдяки гнучкості розгортання, швидкій зміні позицій та адаптивності вони здатні суттєво впливати на ефективність дій супротивника. З одного боку, мобільні засоби радіоелектронного впливу можуть придушувати засоби зв'язку, навігації, керування – істотно обмежуючи бойові можливості ворога. З іншого — власні платформи й засоби комунікації потребують захисту від аналогічних дій супротивника. Успіх залежить від добре продуманого балансу між наступом і обороною.

Автономність мобільних систем залежить від джерел живлення, радіуса дії й якості антенних

систем. Крім того, ризики колатерального впливу (на цивільні мережі, інші електронні системи) обов'язково враховувати під час розгортання в густонаселених зонах [7]. Мобільні засоби радіоелектронного впливу найбільше ефективні, коли вони інтегровані в загальну систему розвідки, управління, зв'язку та ураження. Їхня дія в контексті комбінованих операцій (сухопутні війська, авіація, дрони) підсилює бойову міць.

Висновки

Розроблена нами схема радіоелектронного впливу показала свою високу ефективність в придушенні мережі інтернет та мобільного зв'язку на частоті 2.4 ГГц. А її компактність дає можливість інтегрувати її у різноманітні мобільні пристрої радіоелектронного впливу.

Для забезпечення дієвого захисту потрібні великі ресурси: значна потужність, габаритні установки та окремі модулі для кожної з антен.

Це ускладнює мобільність і вимагає серйозного технічного забезпечення.

Разом із тим, відмова від розвитку засобів радіоелектронного впливу неможлива – це ключовий елемент інформаційного та технологічного протистояння. Тому, попри всі труднощі, необхідно й надалі вдосконалювати підходи, адаптувати стратегії та розробляти ефективніші засоби протидії в умовах постійно змінюваного характеру бойових дій.

Бенько Т.Г. – доктор філософії, доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки;

Козут І.Т. – д.т.н., професор кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки;

Голота В.І. – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки;

Грига В.М. – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки.

- радіоелектронної боротьби з урахуванням досвіду країн НАТО, 36. наук. праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил, 1(1), 15 (2005); http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2010_1_31.
- [2] С.О. Тишук, С.М. Шолохов, *Електромагнітна зброя основа формування нової ідеології ведення РЕБ у сучасній збройній боротьбі та у майбутньому*, Супер-Волонтер, 5(37), 18 (2005).
- [3] В. Г. Шолудько, В. В. Ольшанський, С. А. Пивоварчук, М. І. Стойчев, В. В. Філіпов, Організація військового зв'язку (Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, 2023).
- [4] О.М. Черниш, Г.В. Певцов, В.І. Волков, В.А. Лупандін, С.В. Закіров, Г.В. Мегельбей, *Інформаційно-розрахункова система начальників служб радіоелектронної боротьби органів військового управління*, Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2(2), 71 (2009).
- [5] І. К. Нестеренко, О. П. Федієнко, *Малопомітні радіостанції солдата*, Wireless Ukraine, 22, 3-8 (2018); 23, 11-17 (2018).
- [6] С.М. Шолохов, Е.В. Лучук, О.Б. Завацький, *Тенденції та перспективні напрямки розвитку радіоелектронної боротьби*, Арсенал-XXI, 12(38), 39 (2006).
- [7] Г.В. Певцов, С.М. Шолохов, Г.М. Тіхонов, І.М. Тіхонов, *Наукові основи обґрунтування способів бойового застосування сил та засобів радіоелектронного подавлення в операціях*, Системи управління, навігації та зв'язку, 3(7), 120 (2008).
- [8] С.М. Шолохов, Ю.В. Гордієнко, *Методика розробки сценаріїв радіоелектронного та електромагнітного подавлення національної телекомунікаційної мережі та складної сигнально-завадової обстановки для синтезу адаптивних алгоритмів завадозахисту*, Труды академії, 17(167), 127 (2020).

T.G. Benko, I.T. Kohut, V.I. Holota, V.M.Hryha

Computer modeling of mobile devices exposed to radio-electronic interference

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine, taras.benko@pnu.edu.ua

The paper considers the principle of operation of mobile means of radio-electronic influence. A scheme of a compact device of radio-electronic influence at a frequency of 2.4 GHz is proposed and its modeling is carried out. A method of increasing the power of the device using high-frequency and ultra-high-frequency transistors is proposed. Due to the compact dimensions of the device, it allows it to be integrated as a separate modular element into various electronic interference systems. This device can also be used to suppress the Internet and mobile communications.

Keywords: Radioelectronic impact, mobile device, logic element, frequency controller, signal.