

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ДРУГОГО (МАГІСТЕРСЬКОГО) РІВНЯ

Дипломник: Коваль Максим Олегович

Тема роботи: «Антенна решітка GPS сигналу на базі спіральних і патч-антен»

Спеціальність: 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Обсяг дипломної роботи

Кількість листів креслень: 19 презентаційних слайдів.

Кількість сторінок записки: 107

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в результаті виконаного наукового дослідження

У дипломній роботі розроблено конструкцію та зроблені дослідження моделі антенної решітки GPS-навігації на базі спіральних антен. Визначенні оптимальні параметри її геометрії та взаємного розташування і узгодження елементів з метою забезпечення високої якості приймання сигналів у відповідних частотних діапазонах.

В роботі досліджено конструкції та параметри спіральних і патч антен. Проведено аналіз сучасних супутникових радіонавігаційних систем, розглянуто особливості обробки сигналів GPS (L1/L2/L5), визначено основні джерела похибок позиціонування та сформульовано вимоги до антенних систем нового покоління. Обґрунтовано вибір циліндричної спіральної антени як базового елемента решітки завдяки її стабільності фазового центру, широкосмуговості та кращим поляризаційним характеристикам. Проведено розрахунок та моделювання спроектованої антенної решітки розмірністю 2×2 та представлено їх результати.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню

Дипломну роботу другого (магістерського) рівня виконано відповідно до виданого завдання. Усі поставлені завдання виконані у повному обсязі, а отримані результати відповідають темі та меті роботи.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки та техніки і передових методів роботи

У першому розділі проведено аналіз сучасних систем супутникової навігації, структурні схеми та принципи функціонування супутникових навігаційних систем. У другому розділі розглянуті конструкції, матеріали, параметри антен для GPS-навігації, порівняння спіральних і патч-антен. У третьому розділі виконано математичне моделювання та методи оптимізації геометричних параметрів випромінювачів. У четвертому розділі У

роботі на основі розрахованих параметрів було проведено синтез антенної решітки з використанням програмних продуктів.

4. Позитивні сторони роботи

Актуальність тематики проєкту. Комплексний підхід до розробки апаратної та програмної частин системи. Теоретичний аналіз підтвердив, що використання антенних решіток, зокрема планарної конфігурації 2×2 , є найбільш ефективним способом підвищення енергетичного потенціалу радіолінії та забезпечення просторової фільтрації завад. В роботі обґрунтовано вибор базового випромінювального елемента решітки. Наявність інженерних розрахунків та практична спрямованість роботи. Якісне виконання графічної частини проєкту.

5. Негативні сторони роботи

До недоліків роботи можна віднести відсутність дослідження інтеграції розробленої решітки з активними НВЧ-компонентами та цифровими діаграмоутворюючими схемами для створення повнофункціональної адаптивної антенної системи. Проте зазначені недоліки не мають суттєвого впливу на загальну оцінку роботи.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи

Пояснювальна записка оформлена відповідно до встановлених вимог. Графічна частина виконана на належному технічному рівні, креслення та схеми є інформативними, логічно побудованими та відповідають змісту роботи.

7. Відгук про роботу в цілому

Дипломна робота другого (магістерського) рівня є завершеною науковою роботою, виконаною на достатньо високому науковому та технічному рівні. автор продемонстрував належні знання за спеціальністю, уміння самостійно вирішувати поставлені наукові завдання та застосовувати сучасні технічні рішення при розробці електронних систем.

8. Інші зауваження

Суттєвих зауважень до змісту та оформлення роботи немає.

9. Оцінка дипломної роботи

Дипломна робота відповідає вимогам, що висуваються до дипломних робіт другого (магістерського) рівня за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», а його автор заслуговує на присвоєння освітнього ступеня магістр.

Оцінка: «відмінно».

10. Рецензент

Начальник КВ №1 КЦ ТОВ «Новатор», м. Хмельницький

Олег ВОЙТЮК

Головний інженер ТОВ «Новатор», м. Хмельницький

«10» грудня 2025 р.



Сергій ОНИЩУК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувач: Суберляк Дар'я Олександрівна

Тема роботи: Методика інтелектуального декодування завадостійких кодів у 5G/6G

Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», гр. ЕКР_м-24-1

Освітньо-професійна програма «Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі»

Освітній рівень «Магістр»

Обсяг кваліфікаційної роботи

Графічний матеріал (презентаційні слайди) 18 Кількість сторінок записки 240

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в результаті виконаного наукового дослідження Кваліфікаційну роботу присвячено розробці методики інтелектуального декодування завадостійких кодів LDPC та Polar на фізичному та каналному рівнях систем зв'язку 5G/6G. Проаналізовано умови передавання радіосигналу в каналах абонентського доступу з адитивним білим гаусівським шумом (AWGN) та багатопроменевим згасанням Rayleigh, а також вимоги до завадостійкого кодування у 5G NR — висока швидкодія, низька латентність, енергоефективність та надійність в умовах щільної міської забудови. Досліджено класичні алгоритми декодування (Belief Propagation, Min-Sum та його модифікації для LDPC; Successive Cancellation, SCL, CA-SCL, Fast-SC для Polar-кодів) з оцінкою за показниками BER/BLER, обчислювальної складності та латентності. На основі порівняльного аналізу нейромережових підходів (DNN, RNN/LSTM, GNN, DRL) обґрунтовано вибір концепції глибокого навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning) та розроблено оригінальну архітектуру гібридного декодера DRL+Soft-Decision на базі схеми Actor-Critic, здатну адаптувати стратегію декодування залежно від типу завад і поточних умов каналу. Побудовано повну модель фізичного каналу 5G (кодер, модулятор, моделі шуму, класичний та інтелектуальний декодери) у середовищі MATLAB/Simulink і проведено комплексне експериментальне порівняння традиційного та інтелектуального підходів.

2. Висновок про відповідність роботи виданому завданню Кваліфікаційна робота відповідає виданому завданню та виконана в повному обсязі.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки та техніки і передових методів роботи: У першому розділі проаналізовано характеристики каналу зв'язку в 5G та вимоги до завадостійкого кодування, розглянуто принципи, структури, переваги й обмеження LDPC- та Polar-кодів і особливості їх застосування для низхідного та висхідного каналів 5G NR. У другому розділі наведено математичний опис ітеративних алгоритмів декодування LDPC (BP, MS, NMS/OMS) та алгоритмів декодування Polar-кодів (SC, SCL, CA-SCL, Fast-SC/SC-Flip) з порівнянням продуктивності. У третьому розділі обґрунтовано доцільність застосування штучного інтелекту в декодуванні, детально розглянуто архітектури нейромереж (DNN, RNN/LSTM, GNN, DRL) та синтезовано архітектуру гібридної системи інтелектуального декодування DRL+Soft-Decision. У четвертому розділі виконано експериментальні дослідження продуктивності запропонованого декодера за індикаторами BER та BLER від SNR у каналах AWGN і Rayleigh, а також досліджено метрики навчання агента, обчислювальну складність та стійкість до різних типів завад. Робота спирається на сучасні досягнення у сфері машинного навчання та стандартизовані рішення 5G NR, що свідчить про високий науково-технічний рівень дослідження.

4. Позитивні сторони роботи: Робота має виражену наукову новизну та прикладну спрямованість. Уперше запропоновано адаптивну архітектуру DRL+Soft-Decision декодера, здатну змінювати стратегію декодування залежно від умов каналу, та здійснено її повноцінне порівняння з класичними алгоритмами за багатьма типами завад (AWGN, Rayleigh, імпульсний, фазовий шум). Отримано вагомі кількісні результати: енергетичний виграш до 1,5–2 дБ для LDPC (порівняно з BP) та близько 1,0–1,2 дБ для Polar-кодів (порівняно з CA-SCL); підтверджено робастність декодера до фазових та імпульсних завад, за яких класичні алгоритми втрачають продуктивність; продемонстровано швидку конвергенцію агента (стабілізація вже після 20–60 епізодів навчання). Особливо цінним з погляду практичного впровадження в мережах абонентського доступу є зниження обчислювальної складності — близько 120 млн FLOP проти 320 млн у BP (до 2,5 рази ефективніше) та зменшення часу обробки блоку з 4,8 мс до 1,6 мс, що безпосередньо покращує показники QoS на RPL-рівні. Практична цінність підтверджується можливістю економії потужності передавання на 20–30 % у сценаріях eMBB та підвищення надійності для URLLC, що є актуальним для операторів

телекомунікаційних послуг на мережах останньої милі, зокрема для енергоефективності абонентських пристроїв (UE) та IoT-обладнання. Результати роботи апробовано публікацією статті у фаховому виданні «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» № 3 за 2025 р.

5. Негативні сторони роботи: У роботі доцільно було б приділити більше уваги питанням апаратної реалізації запропонованого декодера на реальних SDR/SoC-платформах, а також оцінці впливу процесу навчання агента на споживання ресурсів у польових умовах експлуатації мережі. У тексті трапляються поодинокі граматичні неточності та описки. Зазначені зауваження мають формальний характер, не впливають на достовірність отриманих результатів і не знижують загального високого враження від роботи.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка та графічний (презентаційний) матеріал обсягом 18 слайдів виконані на належному рівні, згідно з чинними вимогами до кваліфікаційних робіт.

7. Відгук про роботу в цілому: Кваліфікаційна робота виконана на високому науковому та інженерному рівні, має безперечну актуальність у галузі електронних комунікацій та радіотехніки. Запропоновані рішення у сфері інтелектуального декодування завадостійких кодів мають важливе практичне застосування для проектування приймальних трактів мереж 5G/6G, зокрема мереж абонентського доступу, де ключовими є завадостійкість, енергоефективність та низька латентність.

8. Інші зауваження: немає

9. Оцінка кваліфікаційної роботи: Кваліфікаційна робота відповідає встановленим вимогам і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Суберляк Дар'я Олександрівна — присудження ступеня вищої освіти «магістр» за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» (освітньо-професійна програма «Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі»).

10. Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи) Яна Божок — заступник директора ТОВ «Х-CITY»

«05» грудня 2025 р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Здобувач: Разовий Олександр Олегович, студент гр. ЕКРм-24-1.

Тема роботи: Метод відновлення значень біфуркаційних параметрів хаотичного генератора.

Спеціальність: 172 Електронні комунікації та радіотехніка.

Освітня програма: Електронні інформаційно-комунікаційні системи та мережі.

Обсяг кваліфікаційного проекту: 84 сторінок записки, 14 демонстраційних плакатів.

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в результаті виконаного наукового дослідження

В роботі розглядається аналітична та імітаційна модель нелінійної динамічної системи із хаотичною поведінкою, що відома як генератор Ракліджа, на основі яких розроблений, сконструйований, реалізований та представлений лабораторний макет для перевірки працездатності запропонованого методу відновлення значень біфуркаційних параметрів аналітичної моделі за часовими рядами отриманої із неперервних значень фазових змінних в умовах дії флуктуаційних завад та апаратних спотворень.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню

Кваліфікаційна робота магістра виконана відповідно завдання на дипломну роботу в повному обсязі. Отримані результати відповідають темі та меті роботи та мають наукову цінність, працездатність запропонованих методів та методик підтверджені на практиці.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки та техніки і передових методів роботи

У першому розділі магістерської роботи виконано огляд нелінійних динамічних систем із хаотичною поведінкою та проблематику відновлення їх біфуркаційних параметрів на основі використання аналітичного та імітаційного моделювання, сформовані вимоги та обмеження ідентифікації біфуркаційних параметрів в умовах практичної реалізації.

У другому розділі запропоновано методи відновлення біфуркаційних параметрів хаотичного генератора Ракліджа та подано алгоритм відновлення біфуркаційних параметрів в моделях ідеального генератора та генератора в умовах дії флуктуаційних завад та апаратних спотворень. Розроблена концепція апаратної реалізації методу із використанням статистичного аналізу форми сигналів фазових змінних.

У третьому розділі подано результати проведених експериментальних досліджень програмно-апаратного комплексу дослідження параметрів хаотичної динаміки на основі запропонованого методу відновлення біфуркаційних параметрів в умовах адитивного шуму та апаратних спотворень та кількісно встановлено порогові межі достовірного відновлення.

4. Позитивні сторони роботи

Актуальність тематики роботи, що може бути використана для побудови телекомунікаційних систем які ґрунтуються на нетрадиційних принципах хаотичної обробки сигналів в електронних комунікаціях. Розробка, представлення та дослідження практичної реалізації стенду для дослідження хаотичних процесів нелінійних динамічних систем. Розробка програмного забезпечення для багатоканального апаратно-програмного комплексу дослідження хаотичних режимів нелінійних динамічних систем. Наглядне представлення результатів досліджень. Наявність апробації у вигляді статті.

5. Негативні сторони роботи

До недоліків роботи можна віднести недостатню обґрунтованість можливості застосування та переваги запропонованого методу та методик для застосування в діючих системах електронних комунікацій із високою прихованістю дії та криптографічною стійкістю.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи

Пояснювальна записка оформлена відповідно до встановлених вимог. Графічна частина є інформативною та лаконічно відбиває зміст пояснювальної записки, представлено підтвердження розробки лабораторного стенду у вигляді чітких фото по тексту, наявний лістинг програмного забезпечення роботи стенду для мікроконтролерів сімейства ESP32.

7. Відгук про роботу в цілому

Кваліфікаційна робота здобувача освітнього ступеня «магістра» Разового Олександра Олеговича є завершеною інженерно-науковою розробкою, виконаною на високому науково-технічному рівні. Автор продемонстрував належні знання за спеціальністю, уміння самостійно вирішувати поставлені професійно-наукові завдання та застосовувати сучасні апаратно-програмні рішення під час побудови перспективних систем електронних комунікацій.

8. Інші зауваження

Суттєвих зауважень до змісту та оформлення роботи немає.

9. Оцінка дипломної роботи

Кваліфікаційна робота відповідає вимогам, що висуваються до магістерських робіт за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», а його автор заслуговує на присвоєння освітнього ступеня «магістр».

Оцінка: «Відмінно».

10. Рецензент

Гуменко Петро Іванович
Голова правління SIA "DiGas"
«14» зрудня 2025 р.

