

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Круглика Олега Станіславовича

на тему «Ефективна демодуляція та ідентифікація сигналів із фазовою маніпуляцією у каналах із несприятливими умовами радіоприймання»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

у галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації  
за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

### **Актуальність теми дисертації.**

У сучасному світі спостерігається значне зростання кількості інформації, яку необхідно передавати на значні відстані за допомогою інфокомунікаційних систем. Оскільки інформацію в наш час переважно передають у цифровому вигляді – у вигляді даних, то одним із важливих показників якості передавання інформації такими системами є ймовірність помилки при передаванні даних. Такі помилки виникають як завдяки наявності шумів та завад у лінії зв'язку, що входить до складу інфокомунікаційної системи, так і неідеальності параметрів та характеристик пристроїв для формування й оброблення сигналів, що використовують для передавання даних.

Методи фазової та амплітудно-фазової модуляції є часто вживаними при побудові сучасних інфокомунікаційних систем, що пояснюється порівняно високою завадостійкістю та інформативністю таких методів. До недоліків при використанні цих методів належить ускладнення пристроїв формування та оброблення сигналів порівняно із застосуванням амплітудної модуляції, зокрема необхідністю забезпечення фазової синхронізації опорного генератора приймального пристрою відносно опорного генератора передавального пристрою. При використанні в сучасних системах цифрових методів модуляції (маніпуляції) сигналу з'явилась потреба забезпечення тактової та кадрової (фреймової) синхронізації в приймальному пристрої. Погіршення фазової, тактової та кадрової синхронізації, зокрема в несприятливих умовах приймання, є суттєвими причинами збільшення ймовірності помилки при передаванні даних. Проте необхідність підвищення якості та ефективності інфокомунікаційних систем обумовлює потребу у вдосконаленні згаданих вище методів. Саме тому дисертаційна робота Круглика О. С., що присвячена аналізу та розробленню нових, більш ефективних методів ідентифікації та демодуляції сигналів із фазовою маніпуляцією в каналах з адитивними білими гаусівськими

та негаусівськими шумами при швидких змінах характеристик каналу передавання, характеризується значною актуальністю.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Удосконалено метод різницевої кореляції за рахунок введення адаптивного порогу прийняття рішення.

2. Запропоновано гібридний метод демодуляції сигналів, який поєднує схеми синхронізації типів feedforward та feedback і забезпечує кращу, у порівнянні із класичними методами демодуляції, обробку сигналів із фазовою маніпуляцією в каналах зі швидкою зміною характеристик передавання для широкого діапазону відношень потужності сигналу до потужності шуму.

3. Розроблено метод демодуляції сигналів із фазовою маніпуляцією на основі теорії багаточасткової фільтрації та нелінійного адаптивного оцінювання невідомих параметрів сигналу, що дає змогу суттєво підвищити точність оцінки параметрів сигналу та, відповідно, покращити завадостійкість його оброблення в порівнянні із класичними схемами синхронізації.

4. Запропоновано новий метод декодування поля PLHEADER фізичних рівнів стандартів DVB-S2\S2X, який дає змогу вирішити задачу «сліпого» розрізнення сигналів стандартів DVB-S2 і DVB-S2X.

5. Розроблено новий метод ідентифікації сигналів типу Carrier-in-Carrier на основі розрахунку кумулянтів вищих порядків.

Достовірність наукових результатів обґрунтована теоретично, підтверджена результатами математичного моделювання в середовищі MATLAB та натурних експериментів.

Отже, у дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Круглика О.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Телекомунікації та радіотехніка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею й свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям приймання та оброблення радіосигналів у каналах зі складними умовами передавання.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Круглика Олега Станіславовича є результатом самостійних досліджень здобувача й не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, що викладена послідовно, доступно, логічно.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 141 сторінка.

У вступі висвітлені актуальність дисертаційних досліджень, мета й задачі дослідження, наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, інформація про наукові публікації здобувача.

У першому розділі здійснено постановку задачі та загальний аналітичний огляд демодуляції сигналів із фазовою маніпуляцією.

У другому розділі розглянуто запропонований гібридний метод демодуляції сигналів та вдосконалений метод різницевої кореляції, що забезпечують кращу, у порівнянні із класичними методами демодуляції, обробку сигналів із фазовою маніпуляцією.

Третій розділ присвячений опису методу демодуляції сигналів із фазовою маніпуляцією на основі теорії багаточасткової фільтрації та нелінійного адаптивного оцінювання невідомих параметрів сигналу, що дає змогу суттєво підвищити точність оцінки параметрів сигналу.

У четвертому розділі розглянуто запропонований метод декодування поля PLHEADER фізичних рівнів стандартів DVB-S2/S2X для вирішення задачі «сліпого» розрізнення сигналів стандартів DVB-S2 і DVB-S2X.

У п'ятому розділі здійснено та досліджено розроблений метод ідентифікації сигналів типу Carrier-in-Carrier на основі розрахунку кумулянтів вищих порядків.

Загальні висновки до роботи засвідчують переваги вдосконалених та запропонованих методів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені в 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті в наукових виданнях України категорії “А”,



включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, 1 стаття в періодичному науковому виданні проіндексованому в базі Scopus і 1 стаття в іноземному виданні, у якій додатково висвітлені наукові результати дисертаційної роботи.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень перерахованих публікацій може бути оцінений як високий, у них дотримано принципів академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені в наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. У пунктах 2-5 наукової новизни не зазначено чітко, якого ступеня наукової новизни (вперше запропоновано, удосконалено, набуло подальшого розвитку) досягнуто в роботі здобувача.

2. У роботі зроблено акцент на вдосконаленні методів фазової, тактової та кадрової синхронізації за умови дії негаусових завад у лінії зв'язку, проте з роботи не зрозуміло, завади з якими розподілами випадкової величини було взято до уваги.

3. У розділі 3 мова йде про розроблений метод демодуляції сигналів із фазовою маніпуляцією на основі теорії багаточасткової фільтрації та нелінійного адаптивного оцінювання невідомих параметрів сигналу, проте метод не сформульований чітко, хоча детально описані алгоритми, на яких він базується.

4. У роботі присутні рисунки з написами іноземною мовою, наприклад, рис. 5.5, рис. 5.7 – рис. 5.12.

5. На деяких рисунках відсутні відомості про величини, що відображені на осі абсцис чи осі ординат, наприклад, на рис. 5.2 - рис. 5.4, а на деяких не вказано розмірність таких величин, наприклад, на рис. 5.2 - рис. 5.4, рис. 5.7 - рис. 5.12. На рис. 1.11 не позначено, чому відповідають криві червоного та синього кольорів.

6. У роботі присутні деякі терміни, які доцільно замінити на українські відповідники, зокрема “передача” чи “прийом” (у розумінні процес) – на “передавання” чи “приймання”. Також ряд термінів ужито некоректно, зокрема, на стор.37 “фільтр низьких частот” доцільно замінити на “фільтр нижніх частот”, оскільки до низьких належать виключно частоти від 30 до 300 кГц.

Проте вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними й не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Круглика Олега Станіславовича на тему «Ефективна демодуляція та ідентифікація сигналів із фазовою маніпуляцією у каналах із несприятливими умовами радіоприймання» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Круглик Олег Станіславович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка.

### **Офіційний опонент:**

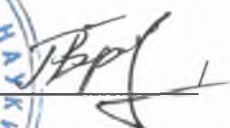
Завідувач кафедри теоретичної  
радіотехніки та радіовимірювань  
Національного університету  
“Львівська політехніка”,  
д.т.н., професор



Іван ГОРБАТИЙ

Підпис І. ГОРБАТОГО засвідчую:

Вчений секретар  
Національного університету  
“Львівська політехніка”, к.т.н. доцент



Роман БРИЛИНСЬКИЙ

М.П.

« 7 » квітня 2023 року