

ВІДГУК

офіційного опонента академіка НАПН України, доктора технічних наук, професора **Зіньковського Юрія Францевича** на дисертаційну роботу **Слободяна Олександра Петровича** «Спектральний метод перетворення сигналів у радіотехнічних системах на основі магнітооптичного перетворювача», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – «Радіотехнічні та телевізійні системи»

Актуальність теми дисертаційної роботи. Розвиток пристроїв та систем радіотехніки, а також суміжних галузей електроніки та телекомунікацій, характеризується широким впровадженням наукових, технічних та технологічних інновацій, серед яких одне з чільних місць займають розробка нової елементної бази та створення на її основі ефективних засобів обробки сигналів. В процесі послідовного вирішення цих проблем багато зусиль витрачається на поліпшення характеристик радіотехнічних пристроїв та вузлів, які функціонують на основі нелінійних ефектів. Тому роботи, орієнтовані на створення нових засобів спектрального перетворення сигналів, які б могли підвищити ефективність функціонування радіотехнічних систем викликають науковий і практичний інтерес у фахівців відповідного напрямку. Саме такій проблемі присвячена дисертаційна робота Слободяна О.П. Тому актуальність теми дисертації не викликає ніякого сумніву.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації пов'язана з програмою наукових досліджень кафедри авіоніки Національного авіаційного університету відповідно до держбюджетних науково-дослідних робіт: «Методологія побудови та застосування систем і технологій неінвазивного вимірювання глюкози в крові людини» (шифр Ф25/682-2007, номер державної реєстрації № 0107U009152); «Дослідження, обґрунтування та створення науково-методичного забезпечення підготовки

фахівців з авіоніки в умовах реформування вищої школи» (шифр 32/08.01.04), «Дослідження, обґрунтування та створення науково-методичного забезпечення підготовки магістрів з комплексів пілотажно-навігаційного обладнання та удосконалення підготовки бакалаврів з авіоніки» (шифр 93/22.01.05).

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та їх достовірність. Наведені в роботі наукові положення, висновки і рекомендації викладені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими за рахунок коректного використання відомих методів гармонійного балансу, теорії магнітооптичного явища (ефект Фарадея), теорії електричних кіл, методів математичного та імітаційного моделювання, методів теорії похибок, методів синтезу електричних та оптичних схем.

Достовірність основних наукових результатів роботи підтверджується коректністю використання математичних методів, логічністю отриманих висновків, збіжністю результатів моделювання та експериментального дослідження з теоретичними висновками та твердженнями

Структура, задачі, короткий зміст роботи.

Обсяг дисертаційної роботи складає 142 сторінки, що містять вступ, чотири розділи, висновки і додатки.

У вступі наведено обґрунтування вибору теми дослідження, мету дослідження, практичне значення одержаних наукових результатів, дані про впровадження та зв'язок роботи з науковими університетськими програмами.

У першому розділі проведено аналітичний огляд методів обробки сигналів у вузлах радіотехнічних пристроїв та систем, наведені їх основні сучасні апаратурні реалізації. Аналітичний огляд, незважаючи на його лаконічність, з достатньою повнотою розкриває суть та актуальність розширення області застосування фізичних явищ, які не пов'язані з електропровідністю. Автор запропонував створення низки нових радіотехнічних пристроїв на основі ефекту Фарадея.

У другому розділі розглянуті особливості побудови аналітичної моделі перетворення спектра сигналу в магнітооптичному перетворювачі. Отримано залежність вихідної напруги магнітооптичного перетворювача для вхідного сигналу з фазовою модуляцією. Також знайдено залежність вихідного сигналу магнітооптичного перетворювача від кута повороту площини поляризації світлового потоку з урахуванням впливу початкового кута між площинами максимального пропускання світла поляризатора та аналізатора.

Розкладання вихідної напруги магнітооптичного перетворювача за функціями Бесселя дозволив провести аналіз спектрального складу сигналу та визначити залежність амплітуд спектральних складових від кута між площинами максимального пропускання світла поляризатора та і аналізатора. Показано, що спектр вихідного сигналу є дискретним та, за певних умов, трансформується в спектр з кратними гармоніками.

Також розглядається перетворення спектра у випадку вхідного сигналу з амплітудною модуляцією.

Проведені аналітичні дослідження стали основою для отримання автором патентів України на способи магнітооптичного зсуву фази електричного сигналу та множення частоти сигналу.

У третьому розділі обґрунтовуються можливості розробки радіотехнічних пристроїв з використанням магнітооптичного перетворювача. Серед них пристрої, що реалізують важливі операції, а саме: аналогового перемноження сигналів, зсув за фазою та вимірювання різниці фаз сигналів, множення частоти сигналу. Зазначимо, що до операції перемноження сигналів зводиться принцип дії модуляторів та демодуляторів, перетворювачів частоти в приймачах, активних фільтрів та інших. Запропоновані рішення мають певні переваги, що пов'язані з обробкою оптичних сигналів, але за деякими характеристиками, наприклад, частотними вони поступаються відомим функціональним аналогам.

Автор отримав апаратну функцію, що характеризує розподілення освітленості в магнітооптичному перетворювачу. Знайдено умови, за якими у

вихідному сигналі помножувача амплітуди сигналів будуть відсутні спектральні складові вищого порядку.

Принцип дії фазообертача на основі магнітооптичного перетворювача полягає в зміні фазового кута вихідної напруги за рахунок кута повороту площини поляризації. Автор провів дослідження точнісних характеристик фазообертача. Похибка зсуву за фазою може досягати одиниць кутових секунд, що значно вище вимог до точності фазообертачів у радіотехнічних пристроях. Запропонована також схема магнітооптичного фазометра.

Проведені дослідження щодо побудови помножувача частоти з використанням магнітооптичного перетворювача. Принцип дії пристрою є аналогічним фазообертачу і здійснюється за рахунок визначення кута обертання площини поляризації світла у магнітооптичному перетворювачі. Тому за якісної реалізації вузлів пристрою можна отримати високу точність множення частоти.

Четвертий розділ присвячений експериментальним дослідженням моделі магнітооптичного перетворювача, аналізу отриманих вихідних характеристик та визначенням режимів управління пристроєм, за яким на виході отримують задані сигнали.

В роботі показано, що максимальні значення амплітуд спектральних складових світла відповідають великим кутам обертання площини поляризації. Тому в перетворювачі забезпечується багаторазове проходження активного кристала променем у резонаторі Фабрі-Перо. За методом найменших квадратів проведена апроксимація експериментальних характеристик перетворювача, в яких аргументом виступає струм підмагнічування котушки.

З метою спрощення користування магнітооптичним перетворювачем автор отримав множину зворотних характеристик. Це - залежності кута повороту площини поляризації від амплітуди струму підмагнічення.

У висновках до дисертаційної роботи підведені підсумки теоретичних та експериментальних досліджень і наведено рекомендації щодо впровадження матеріалів дисертації.

Наукова новизна результатів роботи. Основними науковими результатами дисертації можна вважати наступне:

1. Вперше розроблено математичну модель запропонованого магнітооптичного перетворювача, що відрізняється від відомих тим, що вона дозволяє досліджувати процеси нелінійної обробки радіотехнічних сигналів у перетворювачі та створення на цій основі нових радіотехнічних пристроїв з поліпшеними характеристиками.

2. Вперше розроблено метод перетворення модульованих гармонійних сигналів з використанням магнітооптичного перетворювача на основі ефекту Фарадея, який реалізується за рахунок перенесення інформації на світлову хвилю для її подальшої обробки та перетворення, що надає змогу підвищити швидкість обробки та покращити шумові характеристики.

3. Розроблено аналітичну модель нелінійних характеристик елементів магнітооптичного перетворювача з визначенням коефіцієнтів апроксимації на основі експериментальних вольт–амперних характеристик з урахуванням режимів глибокого насичення.

Практичне значення отриманих результатів роботи:

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень показано, що запропонований магнітооптичний перетворювач може служити основою для побудови радіотехнічних пристроїв, які здійснюють операції модуляції, демодуляції, перетворення частоти, зсуву за фазою, множення частоти та інші.

Побудована узагальнена математична модель магнітооптичного перетворювача, що являє собою систему нелінійних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами, може бути використана для проектування радіотехнічних пристроїв з блоками на основі магнітооптичного перетворювача.

Проведені дослідження дозволяють розробити обґрунтовані вимоги до параметрів елементів блоків перетворювачів сигналів, які в подальшому

можуть бути використані під час проектування вузлів радіотехнічного обладнання.

Розроблені математичні моделі та запропоновані пристрої дозволяють, насамперед, більш поглиблено вивчати фізичні процеси, що відбуваються в умовах інтенсивних вхідних сигналах. Матеріали дисертаційного дослідження можуть бути використано під час вивчення значно нелінійних систем різної фізичної природи (механічних, акустичних, оптичних та ін.).

Використання дисертаційної роботи підтверджено актами впровадження. Отримано 3 патенти України, два з них - на спосіб.

Повнота викладення основних результатів дисертації. Основні результати достатньо повно відображено в 22 опублікованих роботах. Серед яких: 11 статей, зокрема одна одноосібна стаття, у фахових наукових виданнях; 3 патенти на винахід. Апробація результатів дисертації відображена у 8 тезах доповідей на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях, в тому числі одна з конференцій проведена у відповідності до плану IEEE.

Автореферат відображає з достатньою повнотою основні положення дисертації.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності. Дисертаційна робота Слободяна О.П. відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – «Радіотехнічні та телевізійні системи».

Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації:

1. Важливою характеристикою радіотехнічних пристроїв та систем є частотні характеристики. В дисертаційній роботі відсутні дослідження щодо визначення максимальної робочої частоти запропонованих магнітооптичних перетворювачів.
2. Операція перемноження амплітуд аналогових сигналів широко використовується в вузлах радіопередавачів та радіоприймачів. На нашу думку було б доцільно більшу увагу приділити реалізації даних пристроїв.

3. Результати досліджень показали можливість отримання високої точності використання магнітооптичного перетворювача як фазообертача та фазометра. Проте матеріали роботи не містять загальних оцінок похибок даних пристроїв.

4. В дисертаційній роботі та авторефераті зустрічаються окремі орфографічні помилки.

Відмічені недоліки не носять принципового характеру і не знижують теоретичного й практичного значення дисертації.

Загальна оцінка роботи. Дисертаційна робота Слободяна О.П. містить теоретичні основи побудови магнітооптичних перетворювачів сигналів та приклади синтезу радіотехнічних пристроїв обробки сигналів на їх основі. Робота з достатньою повнотою розкриває принципи функціонування магнітооптичних перетворювачів та аналітичні зв'язки між об'єктами дослідження, що підтверджено експериментально. Дисертація представляє собою вагомий вклад в теорію нелінійних радіотехнічних пристроїв і являє собою завершену науково-дослідну роботу.

Загальні висновки. Дисертаційна робота Слободяна Олександра Петровича на тему «Спектральний метод перетворення сигналів у радіотехнічних системах на основі магнітооптичного перетворювача» є завершеним науковим дослідженням, що містить нові науково обґрунтовані та практично важливі результати, які у своїй сукупності забезпечують актуальність науково-прикладної проблеми.

Основні результати дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

За науковим рівнем, практичною цінністю, публікаціями та апробацією результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів» (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами) та іншим чинним вимогам, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, Слободян

Олександр Петрович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – «Радіотехнічні та телевізійні системи».

Професор кафедри прикладної радіоелектроніки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
академік НАПН України,
д. т. н, професор



Ю.Ф. Зінковський

Внешний секретар
КПІ ім. Ігоря Сікорського



В.В. Хольвико

Вх 14/51.03
Від 07.09.21