

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

ПОЛУПАНОВ ВАДИМ В'ЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 621.37

**ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ЧЕРЕЗ
ЕЛЕКТРИЧНУ МЕРЕЖУ ДЛЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ**

8.05090103 «Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2017

Роботу виконано на кафедрі радіотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, в.о.зав.каф. радіотехнічних систем.

Дунець Василь Любомирович

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Рецензент:

Захист відбудеться 25 лютого 2017 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №__ у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 612

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Магістерська робота присвячена розробці та реалізації алгоритмів обробки комунікаційного сигналу для пристроїв передачі даних по силовій електричній мережі. Силова електрична мережа являє собою універсальну дротову систему, наявну в кожному службовому та житловому приміщенні. Саме її повсюдне поширення робить електричну мережу привабливим середовищем для передачі інформації, оскільки не потрібно прокладати додаткові провідні комунікації.

Протягом ХХ століття властивості електричної мережі як комунікаційного середовища досліджувалися такими науковцями: Малака, Енгстроме, О'Ніла, Вінес і Труссела, Достерта і Циммермана. У них були розкриті частотні і шумові властивості електричної мережі, і ефекти, що ускладнюють передачу комунікаційного сигналу. На основі досліджень виробники елементної бази, такі як Philips, National Semiconductor, Echelon, Intellon розробили і налагодили серійний випуск електронних компонентів, призначених для виробництва пристроїв передачі даних по електромережі.

Недоліками передачі даних через мережу 220 В. є низький рівень достовірності отриманої інформації яка передавалася по електромережі та висока вартість існуючих пристроїв прийому-передачі даних. Тому задача магістерської орієнтована на підвищення достовірності передачі інформації за рахунок використання нових алгоритмів обробки комунікаційного сигналу і зниження вартості комунікаційних пристроїв за рахунок застосування новітньої мікроелектронної бази, є актуальною задачею.

Мета роботи. Мета і завдання полягають в розробці і реалізації на сучасній елементній базі алгоритмів обробки сигналів для передачі даних по силовій електричній мережі.

Об'єкт, методи дослідження. Основним об'єктом дослідження є процес передачі інформаційного сигналу по електромережі. Методи виконання роботи: математичної статистики, теорії функцій комплексного змінного, математичного моделювання, прикладної теорії інформації.

Наукова новизна отриманих результатів:

1) запропонована структура приймального пристрою і цифрові алгоритми обробки багаточастотного комунікаційного сигналу, відповідні для реалізації на недорогій елементній базі (мікроконтролери з функціями цифрової обробки сигналів) і в реалізації тільки пасивних компонентів в аналоговій частині пристрою;

2) вивчений клас комплексних цифрових фільтрів без операції множення, і з цього класу обраний фільтр, придатний для забезпечення частотної вибіркової в пристроях прийому-передачі даних по електричній мережі;

3) запропоновано новий клас комплексних фільтрів-дециматорів без операції множення, придатних для використання в приймально-передавальних пристроях, що застосовуються при передачі даних по електромережі.

Практичне значення отриманих результатів.

1) Вирішено ряд технічних завдань, які дозволили істотно спростити реалізацію пристрою передачі даних по електромережі.

2) Застосування багаточастотного комунікаційного сигналу і ефективного алгоритму обробки з використанням комплексного фільтра без операції множення дозволило істотно знизити вартість пристрою передачі даних по електромережі за рахунок використання недорогої елементної бази;

3) Комплексні цифрові фільтри, властивості яких досліджені в роботі, можуть ефективно використовуватися і в інших напрямках науки і техніки;

Апробація.

Окремі результати роботи доповідались на V Міжнародній науково-технічна конференція молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» № 216 згідно плану МОНУ Інформаційне повідомлення 17-18 листопада 2016 року ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА.

Структура роботи.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 9 розділів, списку використаних джерел з 41 найменувань, додаток містить 4 сторінки тексту, в тому числі - 60 малюнків і 14 таблиць. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – _____ арк. формату А4, графічна частина – _____ аркушів формату А1

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі визначено мету магістерської роботи, показана її актуальність і практична значущість, визначена новизна, представлені основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі на основі огляду літератури, технічної документації підприємств-виробників електронного устаткування і патентного пошуку наводиться короткий огляд існуючих систем передачі інформації по електричній мережі, описані основні труднощі і проблеми. Зроблено висновки про необхідність продовження наукових досліджень і технічних розробок в даній сфері, визначено найбільш важливі напрямки роботи.

У другому розділі на основі аналізу структурної схеми і шумової моделі системи передачі інформації по силовій електричній мережі обраний комунікаційний сигнал, найбільш підходящий для використання в системах передачі інформації на основі так званої «технології вузькосмугової передачі даних»

Для формування такого сигналу запропонований низько затратний спосіб формування сигналу з використанням мікроконтролера з модулем широтно-імпульсної модуляції і частотно-виборчої ланки, що складається з пасивних компонентів. Даний спосіб дозволяє істотно спростити, і, отже, здешевити пристрій передачі даних по електромережі. Платою за використання комунікаційного сигналу даного виду є неоптимальне використання смуги частот.

Таким чином, використання комунікаційного сигналу запропонованого виду є хорошим компромісом між складністю реалізації комунікаційного пристрою і якістю зв'язку, забезпеченого системою передачі даних.

Для збереження такої ж ймовірності помилкового прийому біта, як і в випадку з однією несучою частотою, при розумному виборі параметрів сигналу потрібно збільшити співвідношення сигнал-шум не більше ніж на 1 дБ

У **третьому розділі** запропонована інженерна методика проектування широкопasmового трансформуючої ланки узгодження з частотними властивостями ПФ, підходить для застосування в задачах передачі цифрової інформації по силовій електричній мережі. Широкопasmова трансформуюча ланка узгодження, розрахована за запропонованою методикою, може бути використана для узгодження електричної мережі, як джерела низьковольтного комунікаційного сигналу, і вхідного порту мікроелектронного комунікаційного пристрою, що використовує електропроводку в якості середовища передачі даних.

Ланка узгодження, синтезована за описаною методикою (Рис. 1), має високі узгоджуючі властивості, що підтверджено порівнянням з теоретичною межею якості узгодження, сформульованим Фано і Боде.

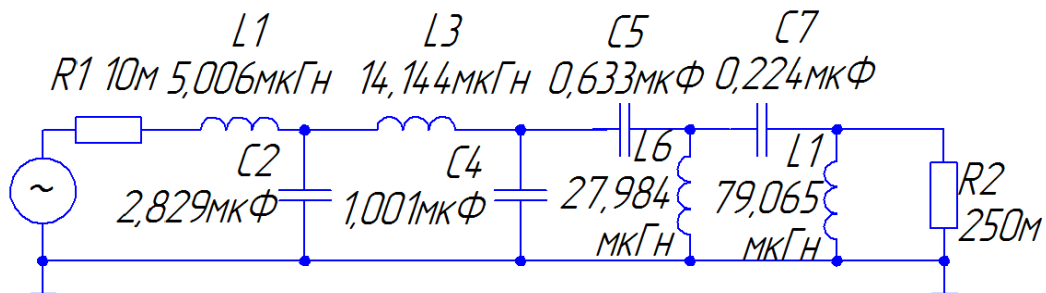


Рис. 1. Схема реактивної ланки узгодження з властивостями ПФ, синтезованої за запропонованою методикою.

До недоліків методики розрахунку ланок з частотною характеристикою ПФ можна віднести той факт, що вона не надає можливості отримати ланку узгодження з трансформуючими властивостями довільного порядку, а також те, що при зростанні порядку ланки погіршується якість узгодження

У **четвертому розділі** наведені результати розробки приймальних пристроїв для використання в системах передачі інформації по електричній мережі. Приймальний пристрій призначений для прийому багаточастотного сигналу. Структурна цифрового приймального пристрою схематично зображено на Рис.2.

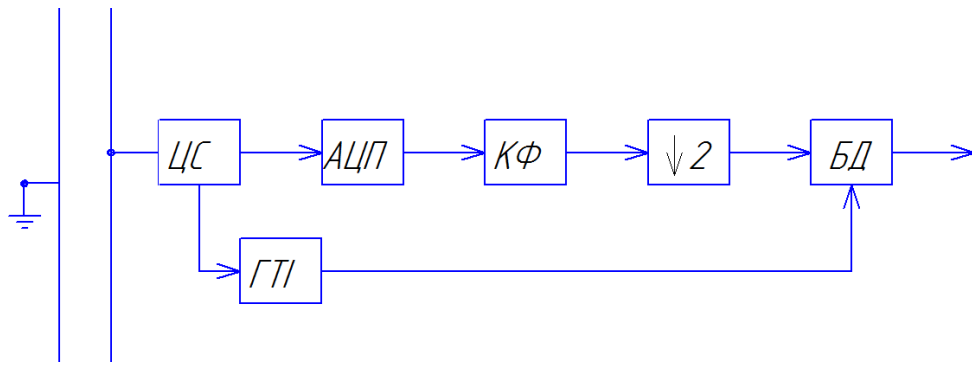


Рис. 2. Структурна схема приймального пристрою: ЦС- коло узгодження, АЦП - аналого-цифровий перетворювач, КФ - комплексний фільтр, $\downarrow 2$ - компресор частоти дискретизації, БД - блок демодуляторів, ГТІ - блок генерації тактових імпульсів.

У розділі показано, що для приймальних пристроїв, побудованих з використанням запропонованої схеми, немає необхідності відновлювати несучу частоту комунікаційного сигналу, так як досить кварцової стабілізації частоти в передавальному і приймальному пристроях. У приймальному пристрої запропонованого класу частота проходження інформаційних символів може бути отримана з частоти напруги.

Слід зазначити, що запропонована схема приймального пристрою являє собою менші вимоги до продуктивності мікропроцесора, ніж традиційна. Це досягається за рахунок:

- використання цифрового комплексного фільтра третього порядку, що дозволяє одночасно забезпечувати частотну фільтрацію для подальшої децимації і отримувати компоненти аналітичного сигналу;
- відмови від відновлення частоти несучого коливання на користь кварцової стабілізації частоти;
- формування частоти проходження інформаційних символів з частоти напруги.

Таким чином, запропонована схема приймального пристрою для застосування в пристроях прийому - передачі інформації по електричній мережі є простою, невибагливою до обчислювальних ресурсів використовуваної елементної бази. Схема адаптована до реалізації на мікроконтролерах з функціями сигнального процесора, що володіють низькою вартістю, придатна до масового виробництва в серійній апаратурі. Вся цифрова частина приймального пристрою реалізується на одній мікросхемі мікроконтролера з функціями цифрової обробки сигналів TMS320F2801 виробництва компанії Texas Instruments. Аналогова частина приймального пристрою містить тільки дешеві пасивні компоненти.

Для перевірки запропонованої структурної схеми і цифрового алгоритму в розділі змодельована схема для дослідження багатоканального приймального пристрою в середовищі Matlab. Дана програма дозволяє оцінити передбачувану якість функціонування при впливі шумів і перешкод довільного виду. При розробці і аналізі структурної схеми приймального пристрою використовувалися реалізації шуму і перешкод, близькі до реальних (Рис. 3).

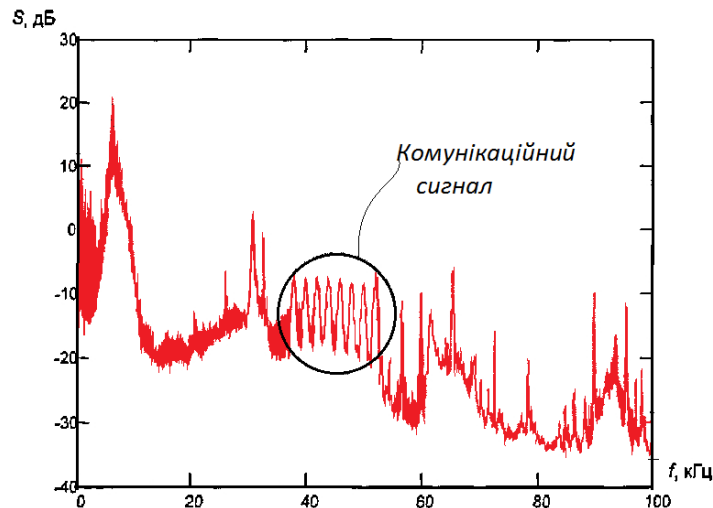


Рис. 3. Спектральна щільність суміші сигналу і шуму на моделі приймального пристрою (основна прийому біта від відношення сигнал шум для 16- гармоніка напруги видалена).

У загальних висновках щодо дипломної роботи сформовано основні результати магістерської роботи а саме:

1. Зпропонована структурна схема приймального пристрою і ефективний алгоритм обробки багаточастотного комунікаційного сигналу, підходящий для реалізації на елементній базі (мікроконтролер з функцією цифрової обробки сигналів) з використанням пасивних компонентів.

2 Досліджено інженерну методику розрахунку пасивних реактивних ланок узгодження на основі квазі-баттервортівської апроксимації без втрат, що володіють смуговою частотною вибірковістю, призначених для застосування в пристроях передачі даних по електромережі.

У додатку до магістерської наведено короткий огляд основних стандартів, які визначають норми в області передачі інформації по електричній мережі.

ВИСНОВКИ

Прийняті в дипломній роботі наукові та інженерні рішення дозволили розробити ефективний алгоритм формування та обробки комунікаційного сигналу, оптимізованого для реалізації в приймально-передавального пристрою на базі сучасних недорогих електричних компонентів.

Було ґрунтовно досліджено широкосмугові реактивні ланки узгодження без втрат для приймального пристрою.

Завдяки застосування САПР ТП було змодельовано пасивну реактивну широкосмугову мережу узгодження без втрат, придатну для використання в пристроях прийому-передачі даних по електричній мережі

Розрахунки економічної ефективності підтвердили правильність прийнятих проектних рішень і показали, що наукова доцільність досліджень досить висока.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Полупанов В.В. Підвищення достовірності передачі інформації через електричну мережу для систем керування. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – С.188.

АНОТАЦІЯ

Розроблено ефективний алгоритм формування та обробки комунікаційного сигналу, ґрунтовно досліджено широкосмугові реактивні ланки узгодження без втрат, змодельовано пасивну реактивну широкосмугову мережу узгодження без втрат, придатну для використання в пристроях прийому-передачі даних по електричній мережі.

Ключові слова: ПЕРЕДАЧА, ШИРОКОСМУГОВИЙ СИГНАЛ, ЕЛЕКТРОМЕРЕЖА, АЛГОРИТМ, ПРИСТРІЙ.

ANNOTATION

The effective algorithm development and processing communication signals, thoroughly researched jet broadband link-level coordination lossless modeled passive reactive broadband coordination lossless suitable for use in devices of reception and transmission of data on the electrical network.

Key words: TRANSMISSION, BROADBAND SIGNALS, ELECTRICITY, ALGORITHMS, DEVICE.