

АНОТАЦІЯ

Бенедюк С.В. Метод виявлення корисного сигналу у шумі в короткохвильовому діапазоні радіохвиль. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Роботу присвячено розробленню методу виявлення корисного сигналу у шумі в короткохвильовому діапазоні радіохвиль. Проаналізовано вже існуючі методи фільтрації сигналів, та встановлено, що використання активних смугових фільтрів на операційних підсилювачах дозволить покращити якісні параметри радіоприймачів. Метод фільтрації з використанням фільтрів на операційних підсилювачах простіший у реалізації і стабільніший в роботі. В пакеті прикладних програм MATLAB змодельовано фільтри з потрібними характеристиками і проведено фільтрацію ними зашумлених сигналів.

Ключові слова: односмугова модуляція, радіоаматорський зв'язок, селективність, фільтрація.

ABSTRACT

Benediuk S.V. METHOD FOR DETERMINING USEFUL SIGNAL IN NOISE IN RANGE OF SHORT RADIO WAVES - Manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puliuy National Technical University, Ternopil, 2019.

The work is devoted to the development of detection of a useful signal in noise in the shortwave range of radio waves. The existing methods of signals filtering have been analyzed, and it is found that the use of active bandpass filters on operational amplifiers will improve the quality of radio receivers. The filtering method using filters on operational amplifiers is easier to implement and more stable in operation. The application package MATLAB simulates filters with the desired characteristics and filters the noisy signals.

Keywords: single-sideband modulation, amateur radio, selectivity, filtering.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК	9
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 ОДНОСМУГОВА МОДУЛЯЦІЯ І ПАРАМЕТРИ ПРИЙМАЧІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЯКІСТЬ ПРИЙМАННЯ ОДНОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ.....	14
...	14
1.1 Проблеми, що виникають при прослуховуванні радіостанцій.....	14
1.2 Формування сигналу з односмуговою модуляцією.....	16
1.3 Переваги односмугової модуляції.....	17
1.4 Особливості поширення коротких радіохвиль.....	19
1.5 Іоносфера, її склад і роль окремих компонентів.....	20
1.6 Радіолюбительські піддіапазони.....	23
1.7 Види зв'язку в сорокаметровому діапазоні.....	25
1.8 Існуючі проблеми і методи їх вирішення в радіолюбительських діапазонах.....	26
1.9 Висновки до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕЛЕГРАФНОГО І РАДІОТЕЛЕФОННОГО СИГНАЛІВ.....	31
2.1. Аналіз телеграфного сигналу методами кореляційного аналізу..	31
2.2. Аналіз радіотелефонного сигналу методами кореляційного аналізу.....	36
....	36
2.3 Періодично-корельований випадковий процес як математична модель телеграфного і радіотелефонного сигналів.....	38

2.4 Висновки до розділу 2.....	45
РОЗДІЛ 3 ОПИС МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛУ В	
КОРОТКОХВИЛЬОВОМУ	
ДІАПАЗОНІ.....	46
3.1 Радіоприймачі для прийому сигналів з односмуговою модуляцією.....	46
.....	46
3.2 Використання фільтрів в схемах радіоприймачів.....	48
3.3 Характеристики фільтрів.....	51
3.4 Схемне рішення смугового фільтра на операційному підсилювачі.....	54
.....	54
3.5 Висновки до розділу 3.....	56
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ВИЯВЛЕННЯ ОДНОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ З	
ВИКОРИСТАННЯМ ФІЛЬТРІВ.....	
4.1 Фільтрація телеграфного сигналу фільтром Баттерворта.....	57
4.2 Фільтрація телеграфного сигналу фільтром Чебишева.....	63
4.3 Фільтрація радіотелефонного сигналу фільтром Баттерворта.....	65
4.4 Фільтрація радіотелефонного сигналу фільтром Чебишева.....	68
4.4 Висновки до розділу 4.....	70
РОЗДІЛ 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
5.1 Приймач Wide-band WebSDR	71
5.2 Пакет прикладних програм MATLAB.....	73
5.3 Побудова графіків в MATLAB.....	75
5.4 Інструмент Filter Design&Analysis	76
5.5 Інструмент Spectrum Analyzer.....	79
5.6 Висновки до розділу 5.....	80
РОЗДІЛ 6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	
6.1 Обґрунтування економічної ефективності розробки нових методів опрацювання радіосигналів.....	81

6.2 Розрахунок затрат на виготовлення активного смугового фільтра	82
6.3 Визначення лімітної ціни пристрою.....	87
6.4 Висновок до розділу 6.....	87
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
.....	89
7.1 Охорона праці.....	89
7.1.1 Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону	
.....	89
7.1.2 Випромінювання оптичного діапазону	91
7.1.3 Іонізуючі випромінювання	96
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	98
7.2.1 Дія електричного струму на організм людини, види електротравм.....	
.....	98
7.2.2 Захист від статичної електрики.....	101
РОЗДІЛ 8 ЕКОЛОГІЯ.....	105
8.1 Забруднення довкілля, що виникають внаслідок виготовлення друкованих плат.....	
	105
8.2 Заходи щодо зменшення забруднення при виготовленні друкованих плат.....	108
ВИСНОВКИ.....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	111
ДОДАТКИ.....	114

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

AM	–	амплітудна модуляція;
ARC	–	активний фільтр виконаний на резисторах і конденсаторах;
CW	–	телеграфний сигнал;
DSB	–	балансна модуляція;
DX	–	дальній кореспондент;
FM	–	частотна модуляція;
LC	–	фільтр виконаний на індуктивностях і конденсаторах;
LSB	–	нижня бічна смуга при односмуговій модуляції;
QSL	–	карта для підтвердження зв'язку між кореспондентами;
QRP	–	малопотужні передавачі;
RC	–	фільтр виконаний на резисторах і конденсаторах;
RTTY	–	телетайп, друкарська машинка для листування через канал зв'язку;
SAR	–	питома швидкість поглинання;
SDR	–	використання програмного забезпечення ПК як радіоприймача;
SSB	–	односмугова модуляція;
SSTV	–	телебачення з повільною розгорткою;
USB	–	верхня бічна смуга при односмуговій модуляції;
АЧХ	–	амплітудно-частотна характеристика;
ВП	–	випадковий процес;
ГДР	–	гранично-допустимий рівень;
ЕМВ	–	електромагнітне випромінювання;
ЕМХ	–	електромагнітні хвилі;
ІЧВ	–	інфрачервоне випромінювання;
КХ	–	короткі хвилі;
НЧ	–	низькочастотні;
ОМ	–	односмугова модуляція;

ОП	–	операційний підсилювач;
ПК	–	персональний комп'ютер;
ПКВП	–	періодично-корельований випадковий процес;
ПВЧ	–	підсилювач високої частоти;
ПНЧ	–	підсилювач низької частоти;
ППА	–	прийомо-передавальна апаратура;
СФ	–	смуговий фільтр;
УКХ	–	ультракороткі хвилі;
УФВ	–	ультрафіолетове випромінювання;
ФВЧ	–	фільтр високої частоти;
ФНЧ	–	фільтр низької частоти;
«Фільтр Баттерворта»	–	фільтр з апроксимацією поліномами Баттерворта;
«Фільтр Чебишева»	–	фільтр з апроксимацією поліномами Чебишева;
«Шум ефіру»	–	шум, що прослуховується в приймачі при відсутності сигналу радіостанції.

ВСТУП

Актуальність роботи. З розвитком радіозв'язку все більше і більше з'являється вчених і експериментаторів, які займаються його покращенням. Яскравим прикладом таких дослідників є радіоаматори-короткохвильовики, котрі проводять зв'язок один з одним з допомогою купованого або саморобного обладнання, тим самим розробляючи нові або удосконалюють існуючі методи, пристрої для зв'язку, а також вивчають вплив різних чинників на якість сигналів і дальність їх розпоширення.

На сьогоднішній день найбільш актуальними проблемами короткохвильового зв'язку є забезпечення стабільного зв'язку, розробка близької до ідеальної прийомо-передавальної апаратури і антен. Варто відмітити, що заняття радіоаматорством не є дешевим. Для хорошого і якісного зв'язку в короткохвильових діапазонах потрібне обладнання з хорошими параметрами яке коштує недешево, тому звідси з'являється ще потреба в дешевих пристроях з високими параметрами. Галузь радіоаматорства потребує нових розробок, які допоможуть вирішити основні проблеми. Короткі хвилі – це єдині хвилі, які можуть здійснювати зв'язок між будь-якими двома точками на Землі без додаткових ретрансляторів. Цю перевагу можна використати для порятунку людей в місцях, де важко чи взагалі неможливо проводити радіозв'язок будь-якими іншими пристроями.

Особливістю радіоаматорського зв'язку є також використання односмугової модуляції, яка має ряд переваг і недоліків. Самі радіолюбительські короткохвильові діапазони часто переповненні різними сигналами, які створюють завади один одному. Тому для прослуховування станцій потрібні приймачі з хорошими якісними показниками. Найбільше значення в цьому випадку відіграє такий параметр як селективність, яка визначається фільтрами радіоприймача. Конструкція фільтрів доволі довгий залишається майже незмінною – пасивною фільтруючою ланкою. Але оскільки науковий прогрес в галузі розробки нової

елементної бази радіосхем не стоїть на місці, і зараз одна мікросхема дозволяє замінити сотні і тисячі транзисторів, причому володіючи не гіршими параметрами за транзисторні схеми, то є можливість покращення старих схем і створення нових на сучасній елементній базі. Теж саме стосується і фільтрів радіоприймачів.

Розробка нового високоякісного фільтра дозволить покращити такі якісні параметри радіоприймачів як: селективність, співвідношення сигнал\шум, завадостійкість.

Мета і задачі дослідження. Метою цієї роботи дослідження й розроблення методів підвищення ефективності завадостійкості і селективності радіоприймачів для прийому односмугових сигналів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- Огляд літературних джерел за тематикою дослідження;
- Вибір та обґрунтування адекватної математичної моделі для задачі виявлення корисного сигналу у шумі в короткохвильовому діапазоні радіохвиль;
- Розроблення методу виявлення сигналів на основі обґрунтованої математичної моделі;
- Проведення аналізу отриманих результатів фільтрації.

Об'єкт дослідження. Процес фільтрації сигналів з використанням фільтрів Баттерворта і Чебишева (виявлення корисного сигналу серед завад, оцінка якості сигналу після фільтрування).

Предмет дослідження. Вивчення поведінки сигналів з односмуговою модуляцією після фільтрації, удосконалення методу виявлення сигналів шляхом їх фільтрації.

Методи дослідження. Побудовано на основі методів спектрально-кореляційного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше представлено телеграфний і радіотелефонний сигнали як математичні моделі періодично-корельованих випадкових сигналів.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи можна використати для конструювання і виготовлення радіоприймачів з вбудованими активними фільтрами замість пасивних.

Публікації. На VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів (28-29 листопада 2019 року) було оприлюднено тези до цієї роботи, в яких стисло викладено актуальність і суть роботи.

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 110 сторінках, списку використаних джерел з 31 назв на 3 сторінках, додатків на 1 сторінці. Загальний обсяг роботи становить 115 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ОДНОСМУГОВА МОДУЛЯЦІЯ І ПАРАМЕТРИ ПРИЙМАЧІВ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬ ЯКІСТЬ ПРИЙМАННЯ ОДНОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ

В цьому розділі розглянуто метод формування сигналів з односмуговою модуляцією її переваги і недоліки, перераховано проблеми, що виникають при прослуховуванні радіосигналів. Проаналізовано залежність властивостей поширення радіохвиль 40-ка метрового діапазону від пори року і часу доби, вплив різних факторів на прийом сигналів (вимова диктора, параметри приймача і тд.). Наведено уже існуючі методи покращення якісних показників радіоприймача.

1.1 Проблеми, що виникають при прослуховуванні радіостанцій

Прослуховування сигналів радіостанцій радіоприймачем завжди супроводжувалось рядом проблем: одночасний прийом сигналу корисної радіостанції і сусідніх радіостанцій, нечіткий прийом сигналу, перепади рівня гучності, прослуховування різних шумів при прийманні (атмосферні, індустриальні, власні шуми прийомо-передавальної апаратури), нестабільність частоти радіосигналу і тд.

Найкращого прийому сигналу найбільше хочеться при прослуховуванні інформативних сигналів (новини, попередження про небезпечні ситуації і тд.). Таку інформацію по радіо завжди читають диктори, тому що незважаючи на всі завади радіоприйому інформативні сигнали мають бути найбільш сприйнятливими для людського слуху. Голос диктора повинен бути гучним і чітким, окрім того диктор має правильно підбирати темп мови, інтонацію, тон, ритм, володіти хорошою артикуляцією, робити правильно наголоси у словах і паузи між словами.

Якщо при прийомі сигналів з фазовою модуляцією (FM-діапазон з частотами 88-108МГц), який є найбільш поширеним в усьому світі, на звичайний

приймач – великої ролі усі вищезгадані проблеми не мають, то для спецслужб, авіації, рятувальників, радіолюбителів і інших людей, які використовують ППА для розмови між собою це має велике значення.

Найчастіше проводять розмови в ефірі радіолюбителі – люди, які якраз і досліджують вплив вище перелічених проблем на прийом сигналів, оцінюють якість сигналів, розробляють методи і обладнання для вирішення проблем неякісного прийому сигналів. Окрім того мета такого радіозв'язку полягає ще і в [1]:

- участь в змаганнях по радіоспорту;
- колекціонування (QSL-карток) карток-квитанцій, які висилають як підтвердження про проведення зв'язку між радіоаматорами;
- проведення радіозв'язку з найбільш віддаленими місцями на Земній кулі;
- використання найпростішої, малопотужної радіоапаратури;
- відновлення ретро-апаратури і проведення зв'язку з її використанням;
- проведення радіоекспедицій – вихід в ефір з важкодоступним місць на Землі і тд.

Для зв'язку радіолюбителі мають спеціально відведені короткохвильові діапазони, для трансляції в яких потрібний документальний дозвіл. Зв'язуються між собою за допомогою сигналів з односмуговою модуляцією. Сама ППА є доволі кошовною для покупки. Самостійне виготовлення і модернізація уже існуючої апаратури теж несе не малі затрати на високоякісну елементу базу і різного роду вимірювальні пристрої, які необхідні для налаштування. Радіолюбителі-початківці починають своє захоплення з прослуховування радіопередач приймачем, без трансляції, тому їх називають радіолюбителями-спостерігачами. Але навіть просто для прослуховування сигналів з ОМ потрібно спеціальний приймач з хорошими параметрами.

Найбільше значення при прийомі сигналів відіграють якісні показники радіоприймачів (чутливість, відношення сигнал/шум, селективність, завадостійкість), особливо для приймачів односмугових сигналів.

Основна мета цього дослідження – покращення параметрів приймачів для прийому сигналів з ОМ шляхом використання в них активних смугових фільтрів виконаних на операційних підсилювачах. Введення такого способу фільтрації також має бути відносно дешевим і доступним для широкого кола радіоаматорів.

1.2 Формування сигналу з односмуговою модуляцією

Інформація, що передається при амплітудній модуляції знаходиться в бокових смугах, причому обидві ці смуги містять в собі однакову інформацію.

Припустимо, що ми якимось чином видалили нижню бокову частоту. Після детектора ми знову ж таки отримаємо коливання з частотою модулюючого сигналу, але вдвічі меншої амплітуди, оскільки тепер на виході детектора приймача не відбувається додавання напруг двох бокових смуг.

Щодо носійного коливання, несуча амплітудно-модульованого сигналу несе допоміжну функцію – переносить інформацію про точне значення частоти і фази коливання, необхідних для правильного детектування АМ сигналу.

подавивши в передавачі одну з бокових смуг АМ сигналу, можна передати по каналу зв'язку ту ж інформацію, але при цьому напруга на виході детектора зменшиться вдвічі, що не вигідно. Набагато вигідніше подавити при передачі носійну, зберігши при цьому бокові смуги. Така передача називається двосмуговою з подавленою носійною – DSB(балансна модуляція) рис.1.1,б.

При DSB з подавленою носійною використовується для прийому, як правило, лише одна бокова смуга. Інша ж смуга не просто даремно зникає, а й займає місце в ефірі, створюючи перешкоди для сусідніх станцій.

Набагато вигіднішим виявляється використання для передачі повідомлень тільки однієї бокової смуги з подавленою носійною рис.1,в. Тут вже ефективно використовується потужність однієї смуги, потужність передавача на зайві потреби не використовується, і в режимі мовчання, так саме як і при DSB передавач не випромінює ніякої енергії. При детектуванні носійна вводиться в детектор в місці прийому.

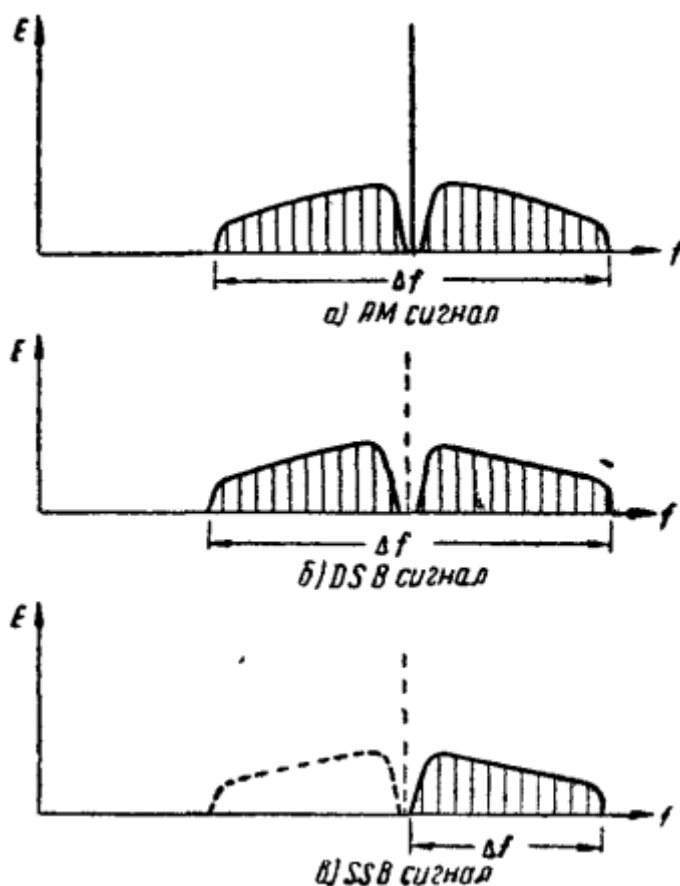


Рисунок 1.1 Частотні спектри: а – АМ сигналу; б – двосмугового сигналу з подавленою носійною, в – односмугового сигналу

ОМ використовують військові, спецслужби і розвідка для зв'язку між собою, в авіації для зв'язку з літаками і аеропортами, відведено також спеціальні частоти для порятунку людей (аварійні канали частот).

1.3 Переваги односмугової модуляції

Односмугова модуляція має ряд переваг [2]. Якщо порівнювати ОМ з АМ, то вона має вигреш в 4 рази по потужності (6дБ) або в два рази по напрузі.

При хороших умовах радіозв'язку, коли співвідношення сигнал\шум велике, цим діло і завершується. Але для короткохвильовиків, які проводять далекий зв'язок, більший інтерес представляє радіозв'язок із завадами, коли прийом супроводжується завмираннями. Завдяки звуженню ширини смуги частот і деяким

іншим факторам вдається досягнути деякої потенційної завадостійкості односмугового зв'язку і збільшити співвідношення сигнал\шум.

В Європі і Північній Америці ефір наскільки завантажений, що знайти вільний канал (2-3кГц) не завжди вдається.

В результаті ОМ радіосигнал має на одну смугу частот менше, відповідно на одному діапазоні можливо розмістити в два рази більше радіостанцій ніж при АМ.

АМ передавач, промодульований спектром 300-3000Гц, займає в ефірі смугу частот 6кГц, тоді коли односмуговий сигнал займає 2700Гц, або 45% смуги АМ, так як в радіолюбительських умовах прийнято подавляти носійну якомога більше, не менше ніж на 30дБ. При такому подавленні односмуговий передавач з піковою потужністю 100Вт випромінює 0,1Вт на несучій частоті – сигнал, який може бути практично не чутний за декілька тисяч кілометрів. При подавленні носійної на 40дБ і 50дБ відповідно її потужність відповідно зменшиться до 0,01Вт і 0,001Вт. Такий сигнал вже практично не дасть завади навіть в межах міста. В комерційній ОМ несуча часто подавляється не повністю. Залишок носійної з рівнем приблизно на 20дБ нижче рівня бокової смуги, називається пілот-сигналом, використовується для детектування односмугового сигналу.

Оскільки при ОМ носійна частота не випромінюється, вихідний каскад підсилення потужності в режимі мовчання практично не споживає енергії. Теж саме відбувається в паузах між передачами повідомлень. Це значно підвищує економічність передавача. При ОМ відпадає потреба в потужному модулюючому пристрої.

При проходженні радіосигналів в областях Арктики і Антарктики часто присутні глибокі завмирання сигналу, які супроводжуються втратою розбірливості мови і не тільки, в таких умовах зв'язок односмугових сигналом є єдиним виходом.

До недоліків ОМ варто віднести велику складність формування сигналу, відповідно і велику вартість передавача. Крім того, при односмуговій модуляції до

стабільності частот передавача і приймача ставлять великі вимоги. Саме керування передавачем ОМ децю важче ніж іншими.

1.4 Особливості поширення коротких радіохвиль

До діапазону КХ (декаметрові хвилі) відносять радіохвилі довжиною 10-100м (частоти 30-3МГц), розглянемо поширення радіохвиль короткохвильового діапазону описаний в [3]. На відміну від більш коротких хвиль, які поширюються земною хвилею, декаметрові хвилі поширюються, в основному, шляхом відображення від іоносфери рис.1.2.

Декаметрові хвилі за рахунок їхньої властивості багаторазового перевипромінення від іоносфери дозволяють здійснювати дальній зв'язок (DX), проводити дослідження шарів іоносфери, створювати системи загоризонтної радіолокації і інше.

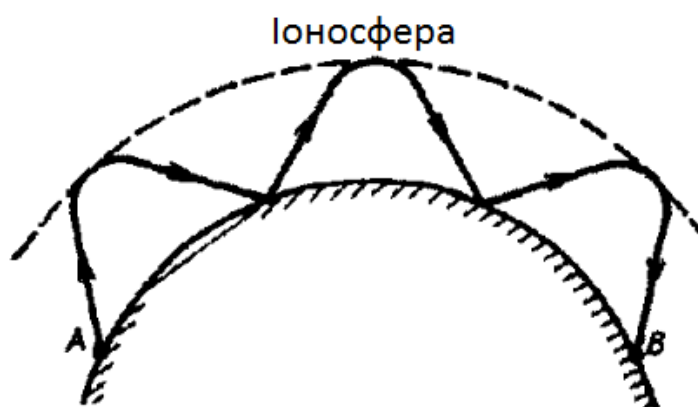


Рисунок 1.2 Основний механізм розповсюдження радіохвиль короткохвильового діапазону (просторове розпоширення радіохвиль)

Недоліки коротких хвиль зменшують ефективність практичного використання цих радіохвиль. До таких відносяться:

- багатопроменистість (яка є причиною завмирань (федінгу));
- схильність іоносфери до збуджень;
- ширина смуги передачі обмежена спотвореннями і мінливістю іоносфери.

З останнім пунктом радіоаматори борються шляхом зміни піддіапазону радіохвиль в залежності від умов (наприклад вдень працюють в діапазоні 20 метрів, а вночі переходять на 80 або 160 метрів). Діапазон 40 метрів не має істотної залежності від мінливості іоносфери.

1.5 Іоносфера, її склад і роль окремих компонентів

Через нерівномірний розподіл електронів в іоносфері на висотах від 50км до 400км є декілька областей (шарів), які плавно переходять з одного в інший і суттєво впливають на розпоширення радіохвиль в короткохвильовому діапазоні.

Найщільніша область (верхня) підвищеної концентрації електронів, називається область F . Вона розміщена на відстані 150км над Землею і є найбільш важливішим відбиваючим шаром, оскільки більша частина радіохвиль при дальній передачі відбивається від нього. Влітку можливе розбивання цієї області на два шари F_1 і F_2 . Шар F_1 займає межі від 200км до 500км, а шар F_2 – змінює свої межі від 300км до 400км. Іонізація зазвичай краща в області F_2 . В нічний час область F_1 починає зникати, а область F_2 поступово втрачає іонізацію. Втрати іонізації в ньому можуть сягати до 60%.

Під впливом м'якого рентгенівського випромінювання сонця проходить іонізація в області E (90км -150км) і рівень іонізації нижчий ніж в області F . Але всі зв'язки на відстані до 1000км-1500км на низькочастотних діапазонах проходять завдяки відбиттю від цієї області. Вночі ступінь іонізації цієї області суттєво падає, але вона все рівно непогано відбиває радіохвилі. В області E інколи утворюються прошарки сильно підвищеної іонізації товщиною 2км-3км, площа яких може змінюватись. Ця область підвищеної іонізації утворюється на висотах 100км-110км, отримала назву спорадичного шару E і позначається E_s . Область E_s може переміщуватись всередині області E під впливом вітрів, швидкість яких досягає 250км/год. В середніх широтах земної кулі шар E_s протягом місяця буває 15-20 днів, в високих широтах E_s з'являється зазвичай вночі, а в екваторіальних – присутній майже увесь час. Коли іонізація шару E_s перевищує іонізацію шару F_2 ,

він перешкоджає відбиванню коротких хвиль від шару F_1 . Але в цьому випадку завдяки відбиванню від E_8 з'являється можливість зв'язку на високочастотних діапазонах КХ діапазону і наддальнього розпоширення низькочастотної ділянки УКХ діапазону.

Найнижчий шар іоносфери – область D (60км – 90км над поверхнею Землі). Вона придатна тільки для відбивання середніх і довгих хвиль, через малу кількість вільних електронів. Це основна область поглинання радіохвиль низькочастотних діапазону КХ. Після заходу сонця іонізація цієї області дуже швидко зникає і появляється можливість проведення дальнього зв'язку на діапазонах 160 і 80 метрів при відбиванні від шарів F_2 і E .

Є два шляхи розпоширення радіохвиль іоносферний (просторовий) і поверхневий. При поверхневому розпоширенні короткі хвилі відчують сильне поглинання, а при іоносферному з допомогою передавачів відносно невеликої потужності (в декілька сотень, а то і десятків ват) можливий двосторонній зв'язок між радіостанціями, віддаленими одна від одної на тисячі кілометрів.

Як відбувається іоносферне поширення радіохвиль? Хвиля рис 1.3 випромінювана під кутом до горизонту, на своєму шляху до місця прийому пронизує області іоносфери D і E і відбивається від шару F_2 назад до Землі. Тобто відбувається не відбивання хвилі іонізованого шару, а дзеркальне перевипромінювання. Радіохвиля, проходячи через іонізовану область викликає коливання з частотою хвилі вільних електронів, які в свою чергу, самі стають джерелом випромінювання. На збудження електронів витрачається хвилі в областях E і D , де щільність газу вища, ніж в області F , енергія хвилі частково втрачається переходячи в теплову після зіткнення електронів з молекулами. Таким чином, пройшовши через області D і E іоносфери і відбившись від області F , хвилі повертаються до Землі, знову проходячи через області E і D . Відстань між пунктами A і $Ж$ називають скачком. Максимальна довжина скачка може досягати 3500км або чуть більше в випадку використання передавальної антени, яка може випромінювати під малими кутами до горизонту.

При послідовному відбиванні від іоносфери і поверхні землі або води короткі хвилі можуть поширюватись на відстані, які перевищують один скачок. Це так зване багатоскачкове поширення радіохвиль. Воно дозволяє перекривати відстані в багато тисяч кілометрів. Основна складність такого багатоскачкового відбивання полягає в суттєвому поглинанні хвилі при багаторазовому відбиванні через області D і E . В області F хвиля також поглинається, але набагато менше. Практично багатоскачковий зв'язок можливий тільки через нічну сторону Землі. Але деколи на денній стороні створюються особливі умови розпоширення КХ, при яких хвиля, відбивається від шару F_2 і E . В цьому випадку виникає рикошетний розподіл, при якому можливий зв'язок на далекі відстані з малими втратами. Характерним прикладом цього виду іоносферного поширення є зв'язок європейських радіолюбителів з Антарктидою, коли зв'язок по короткому нічному шляху є менш стійкою, ніж зв'язок по довгому шляху, який проходить по сонячній стороні Землі. Радіоехо також обумовлено утворенням іоносферного хвилеводу з дуже малими втратами енергії хвилі.

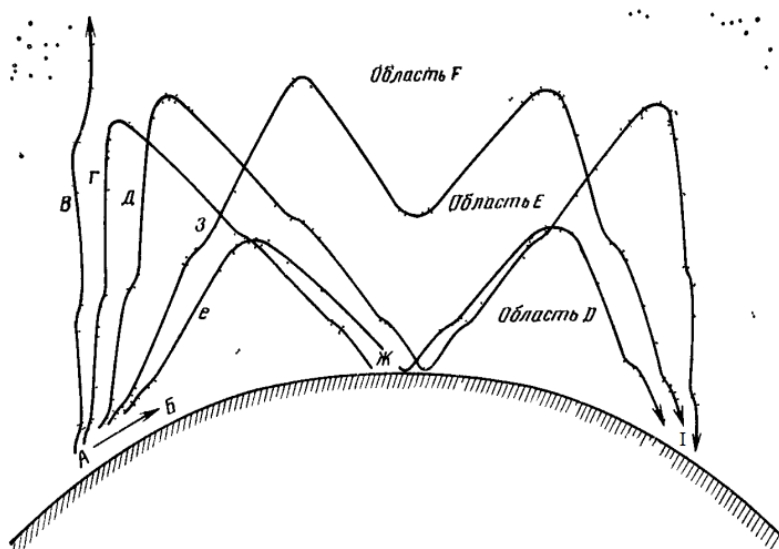


Рисунок 1.3 Можливі варіанти поширення радіохвиль (передавач знаходиться в точці А) АБ – поверхнева радіохвиля, z – односкачкове відбивання від області F (БЖ – «мертва» зона), $д$ – двоскачкове відбивання від області F , $в$ – частота перевищує відбивальну здатність області F , хвиля в іоносферному хвилеводі між областями E і F , e – двоскачкове відбивання від області E .

На високочастотних КХ діапазонах доволі рідко появляються ультракороткохвильове тропосферне поширення радіохвилі. Тропосферою називається нижня частина атмосфери Землі до висоти 8км-18км (в залежності від широти). Стан тропосфери характеризується тиском, температурою і вологістю повітря. Зміна цих параметрів в залежності від пори року, доби, метеорологічних умов приводить до утворення в тропосфері неоднорідностей з відмінними між собою електричними параметрами (головним чином діелектричною проникністю). Неоднорідність тропосфери в горизонтальному напрямі приводить до викривлення траєкторії хвилі, тобто рефракції. Неоднорідність тропосфери в вертикальному напрямі приводить до утворення своєрідних хвилеводів як між шарами повітря, так і між шаром повітря і поверхнею Землі. На КХ тропосферне проходження радіохвиль дає можливість проводити зв'язок на відстань до 1000км.

1.6 Радіолюбительські піддіапазони

Для радіолюбителів в усьому світі відведені спеціальні діапазони з строго встановленими межами [4]. Для того, щоб проводити радіозв'язок в цих діапазонах потрібний ліцензійний дозвіл відповідно до регламенту аматорського радіозв'язку (Radio Regulations)).

Всього цих діапазонів є 9, вони поділені між в залежності від довжини хвилі, від характеру поширення радіохвиль і інших специфічних особливостей:

Діапазон 160м (1,8МГц): 1,8-2МГц;

Діапазон 80м (3,5МГц): 3,5-3,8МГц;

Діапазон 40м (7МГц): 7-7,2МГц;

Діапазон 30м (10МГц): 10,1-10,15МГц;

Діапазон 20м (14МГц): 14-14,35МГц;

Діапазон 17м (18МГц): 18,068-18,168МГц;

Діапазон 15м (21МГц): 21-21,45МГц;

Діапазон 12м (25МГц): 24,89-24,99МГц;

Діапазон 10м (28МГц): 28-29,7МГц.

Для дослідження використаємо КХ діапазон «40 метрів».

Діапазон 40м (7МГц) цілодобовий [5], займає смугу частот від 7 до 7,2кГц, в США і деяких країнах замає частоти від 7 до 7,3кГц. Вдень на ньому можна почути станції прилеглих районів (влітку - на відстані 500-600, взимку - 1000-1500км). У вечірній і нічний час з'являються сигнали іоносферне поширення.

Атмосферних перешкод влітку набагато менше, але є інша проблема, – перешкоди від потужних радіомовних станцій, що працюють по сусідству на мовній діпазоні 41м. Дальність зв'язку вдень 1000км - 2000км, вночі 1000км - 9000км. "Мертва зона" з'являється вночі і може скласти 1000км - 1500км. Також найкращі умови для поширення радіохвиль цього діпазону утворюються під час магнітних бур.

Використовують у цьому діпазоні переважно такі види зв'язку як телеграф CW і радіотелефон SSB. Сам по собі цей діпазон схожий із діпазонами 80 метрів і дещо з 160 метрів, тільки в порівнянні з ними він має ряд переваг: цілодобове поширення сигналу, менша кількість завад, можливість працювати в ньому використовуючи трансивери меншої складності і з гіршими параметрами, тому цей діпазон є найбільш використовуваний діпазон серед усіх короткохвильових діпазонів.

В таблиці 1.1 наведено з інтернет посилання [6] використання 40-ка метрового діпазону в залежності від частот. Як видно із цієї таблиці, що на нижніх частотах – початок діпазону, працюють переважно радіотелеграфуванням CW і цифровими видами зв'язку RTTY (телетайп), а на верхніх частотах радіотелефоном SSB.

1.7 Види зв'язку в сорокаметровому діпазоні

CW – телеграф, зв'язок за допомогою азбуки Морзе (кожна буква і символ алфавіту яким ми користуємось для писання і розмови має свій відповідний сигнал – послідовність крапок і тире. Крапка короткий сигнал, тире – втричі

довший). Формуються коди цієї азбуки з допомогою електричного телеграфа (телеграфного ключа) – звичайного вимикача, який має два стійких стани 0 і 1, або простішими словами відсутність і наявність сигналу. Цей ключ зазвичай подає низькочастотний сигнал частотою $\sim 1\text{кГц}$ на вхід модулятора, тобто коли ключ замкнений на вході модулятора є модулюючий сигнал, коли розімкнений – сигнал відсутній. Перевага такого зв'язку в тому, що його можна просто реалізувати, і дуже велика дальність (навіть при великій кількості завад сигнали телеграфа можна розрізнити на слух). Цей вид зв'язку є найстарішим з усіх, але знаходить своє використання і до сьогодні. Мінусами такого зв'язку є те, що цей зв'язок є симплексним, тобто під час зв'язку радіолюбители по черзі передають повідомлення, низька швидкість передачі повідомлень, для зв'язку потрібно знати азбуку Морзе.

Таблиця 1.1

Використання діапазону 40 метрів

Частота(кГц)	Максимальна смуга сигналу (кГц)	Використання
1	2	3
7000-7040	200	CW
7040-7050	500	Вузько смугові види – цифрові види
7050-7053	2700	Вузько смугові види – цифрові види
7053-7060	2700	Всі види – цифрові види
7060-7100	2700	Всі види, переважно для SSB змагань
7175-7200	2700	Всі види, переважно для SSB змагань, переважно для міжконтинентальних зв'язків

Найбільш поширеним видом зв'язку в цьому діапазоні є звичайно зв'язок радіотелефоном з використанням односмугової модуляції. Для передачі повідомлень використовується мікрофон, а для прийому гучномовець, або комбінований варіант мікрофона і гучномовця – тангента. Такий зв'язок вже є

дуплексним. Ширина смуги частот при передачі SSB сигналу не перевищує 2700 Гц.

Також в цьому діапазоні можливе використання таких видів зв'язку як RTTY, BPSK31 і BPSK63 (Binary Phase Shift Keying, двійкова фазова маніпуляція), цифрові види зв'язку FT8 і JT65, передача зображень SSTV (телебачення з повільною розгорткою) і тд.

1.8 Існуючі проблеми і методи їх вирішення в радіолюбительських діапазонах

Дослідження в напрямі покращення якісних показників приймачів неодноразово проводив Поляков В.Т.(RA3AAF) [7]. Найбільших завад завдають в радіолюбительських діапазонах сигнали сусідніх радіостанцій, оскільки кількість радіолюбителів збільшується, а межі діапазонів залишаються незмінними. Якщо розглядати шлях проходження завад і місце їх фільтрації в радіоприймачі, то можна сказати, що ці завади мало того, що проходять через вхідне коло приймача, то ще й підсилюються в підсилювачі високої частоти (ПВЧ). Відбувається таке явище як «забиття» [7], окрім того завада ще промодульована по амплітуді, а це безперервно змінює коефіцієнт модуляції, як наслідок носійна корисного сигналу теж модулюється сигналом завади. Таке явище має назву крос-модуляції (перехресна модуляція).

При впливі більше ніж двох завад на приймач відбувається явище інтермодуляції, тобто взаємної модуляції сигналів, утворюються нові завади на частотах $2f_1-f_2$, $2f_2-f_1$ рис.1.4.

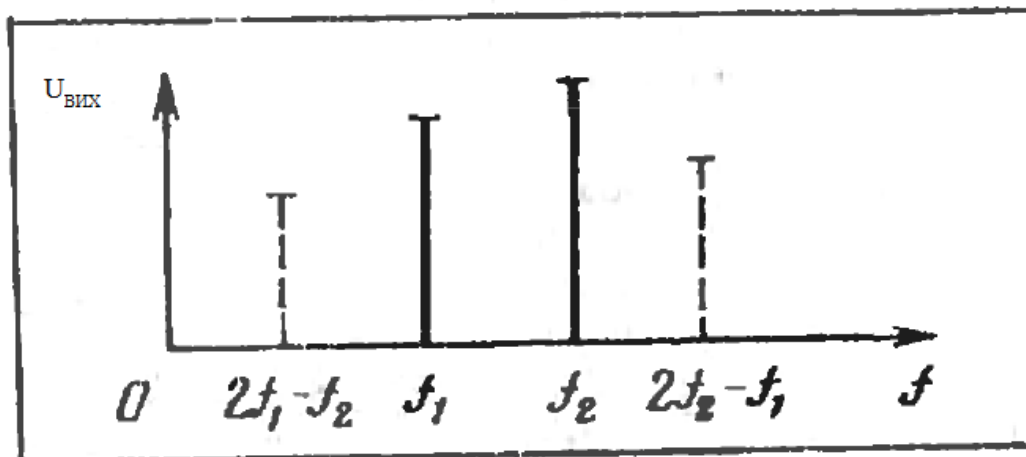


Рисунок 1.4 Інтермодуляція сигналів завад

Розпізнати такий вид завад набагато важче ніж забиття чи крос-модуляцію. Основним методом боротьби з такими завадами є фільтрація. Переважно це є пасивний фільтр низьких частот, налаштований на частоту $\pm 3\text{кГц}$, як приклад наведено схему фільтра і його частотні характеристики із книги [8] рис.1.5 і рис.1.6.

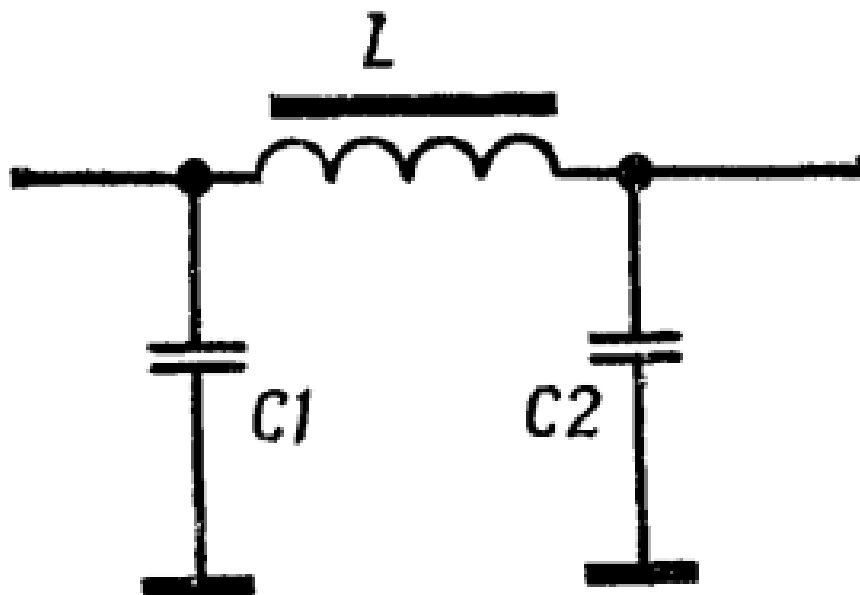


Рисунок 1.5 Одноланковий фільтр низьких частот

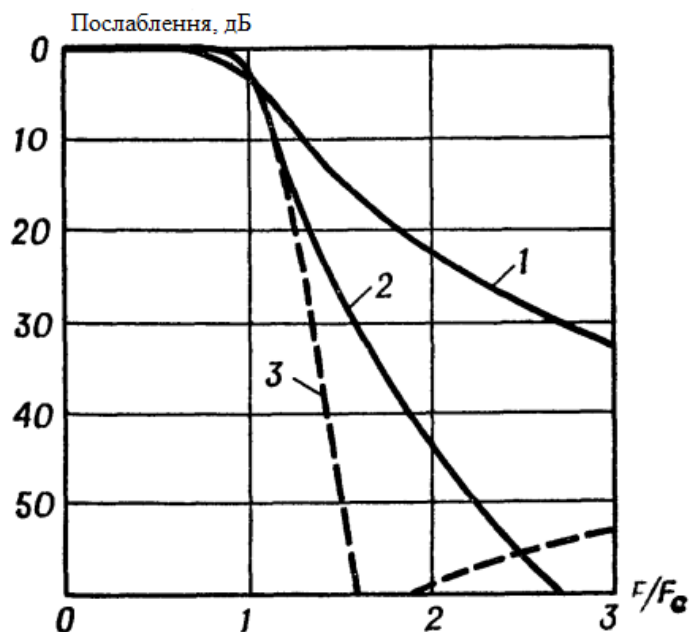


Рисунок 1.6 Частотні характеристики одноланкового фільтра низької частоти

Розраховується такий фільтр за простими формулами [8], де всі номінали елементів залежать від вхідного опору R підсилювача низької частоти:

$$C_1 = C_2 = 1 / (2\pi F_3 R) , \quad (1.1)$$

$$L = R / (\pi F_3) , \quad (1.2)$$

де F_3 – частота зрізу фільтра.

На рис.1.6 показано характеристики фільтра: крива 1 характеристика одноланкового фільтра, крива 2 характеристика дволанкового фільтра, крива 3 характеристика дволанкового фільтра в якому котушка індуктивності в другому каскаді зашунтована конденсатором. Як видно із рис.1.6 із збільшенням кількості каскадів фільтра характеристика наближується до ідеальної. Але ці характеристики мають великий розкид параметрів обумовлений неідеальністю елементів фільтра, особливо великий вплив мають котушки індуктивності, які непрості у виготовленні, громіздкі і потребують екранування[9].

Для отримання кращих параметрів можна використовувати активні фільтри, які не мають істотної залежності від параметрів елементів і крім того дозволяють підсилювати сигнал. Для прикладу розглянемо схему із книги [8] рис.1.7.

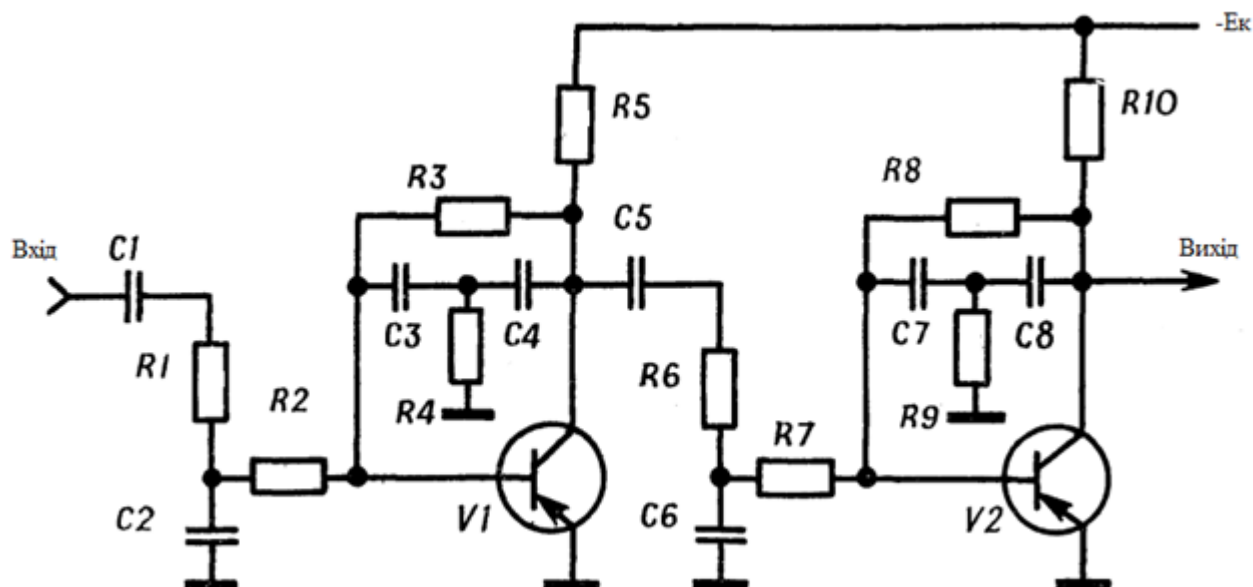


Рисунок 1.7 Схема активного двокаскадного фільтра на транзисторах

Основними фільтруючими частинами є так звані Т-мости представлені елементами R1, R2, C2 і C3, C4, R4 теж саме дублюється і в другому каскаді фільтра.

Але використовувати таку схему після змішувача Поляков В.Т. не рекомендує [8] тому, що активні елементи є джерелом додаткових шумів і можуть створювати перехресну модуляцію через нелінійність елементів. Або якщо використовувати, то в поєднанні з пасивним фільтром на виході змішувача, чи розміщувати ланки активного фільтра поміж каскадів ПНЧ.

Використовуючи для виконання схем фільтра сучасні операційні підсилювачі можна істотно зменшити рівень шумів, оскільки на сьогоднішній час операційні підсилювачі володіють майже прецензійними параметрами, в них низький рівень шумів і високий коефіцієнт підсилення. Але вони все ж таки мають недоліки такі як: споживання енергії від джерела живлення і обмежений динамічний діапазон [10].

Активні фільтри дозволяють регулювати ширину смуги пропускання, що при прийомі сигналів дуже важливо, адже змінюючи ширину цієї смуги змінюється тембр звучання голосу диктора при прослуховуванні сигналу. Вирізання деяких частотних складових з сигналу впливає на чіткість звучання.

Активні фільтри дозволяють змінювати ширину смуги пропускання в широких межах, чого не можна робити з пасивними фільтрами.

1.9 Висновки до розділу 1

Односмугова модуляція набула широкого поширення серед радіолюбителів через ряд своїх переваг, але використання її короткохвильових діапазонах для зв'язку проблематичне, через деякі труднощі пов'язані з нестабільністю розповсюдження сигналу. Короткі хвилі можуть переносити інформацію на тисячі кілометрів шляхом відбиття від іоносфери, з однієї сторони це добре, а з іншої це створює в місці прийому додаткові завади. Перешкоди створюють також індустриальні і атмосферні завади. Всі ці умови вимагають підвищення якісних показників радіоприймачів для хорошого прийому сигналів, а саме селективності. Селективність в свою чергу визначається методами і якістю фільтрації в приймачах. Для якісного і економічно вигідного прийому сигналів потрібний дешевий фільтр з хорошими параметрами.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕЛЕГРАФНОГО І РАДІОТЕЛЕФОННОГО СИГНАЛІВ

У розділі обґрунтовано вибір імовірнісної математичної моделі телеграфного і радіотелефонного сигналів з односмуговою модуляцією, а також досліджено їх імовірнісні характеристики.

2.1. Аналіз телеграфного сигналу методами кореляційного аналізу

Розглянемо телеграфний сигнал представлений в часовій формі і його збільшені вибірки рис.2.1.

Як видно із рис.2.1 що телеграфний сигнал $x_k(t)$ представляє собою випадковий процес – тобто послідовність імпульсів гармонійного сигналу із випадковими довжинами імпульсів і детермінованими значеннями амплітуд цих імпульсів. Обвідна такого сигналу представляє послідовність додатніх і від’ємних імпульсів [11], в яких змінюється амплітуда від c до $-c$, змінюється полярність імпульсів в інтервалі $t, t+\tau$ з інтенсивністю α , де τ – тривалість імпульса [12] рис.2.2

Прийнявши за випадкову величину телеграфного сигналу значення n - кількість змін знака полярності всередині інтервалу τ , то розподіл ймовірностей значень n буде описуватися законом Пуассона:

$$P(n) = (\alpha|\tau|)^n \exp(-\alpha|\tau|) / n!. \quad (2.1)$$

Кореляційна функція телеграфного сигналу, графік якої зображений на рис.2.3 взятої із книги [11] записується наступним чином:

$$R_x(\tau) = M \{ x_k(t) x_k(t+\tau) \} = c^2 \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n P(n) =$$

$$c^2 \exp(-\alpha|\tau|) \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n (\alpha|\tau|)^n / n! = c^2 \exp(-2\alpha|\tau|), \quad (2.2)$$

де M – математичне сподівання.

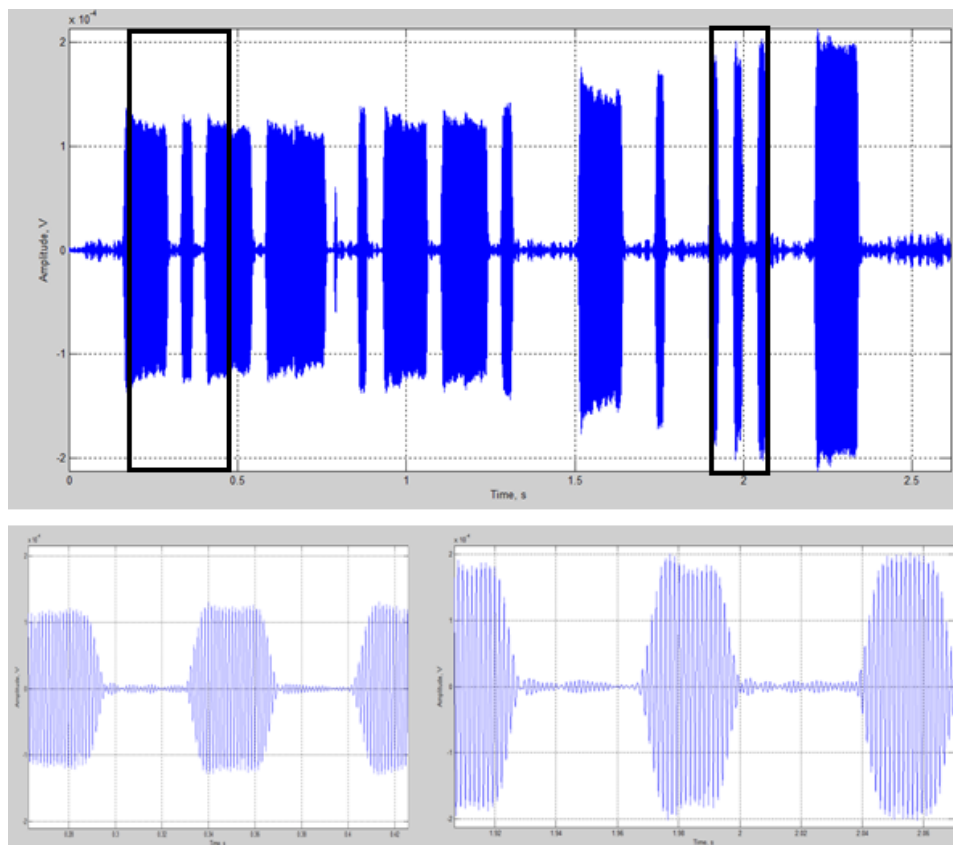


Рис.2.1 Вибірки з телеграфного сигналу

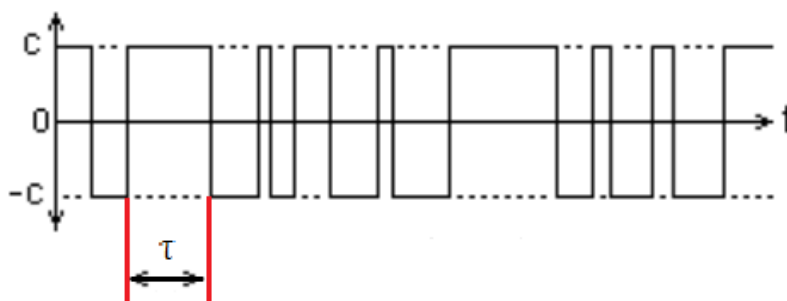


Рисунок 2.2 Узагальнена форма телеграфного сигналу (обвідна) представленою послідовністю імпульсів.

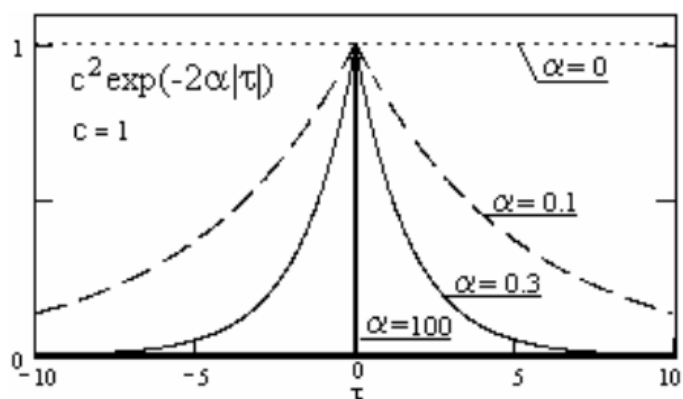


Рисунок 2.3 Графік зміни кореляційної функції в залежності від інтенсивності α .

Кореляційна функція для нашого телеграфного сигналу зображена на рис.2.4, оцінюючи цю функцію можна сказати, що досліджуваний сигнал є гармонійним і періодичним.

Оцінка математичного сподівання M телеграфного сигналу рис.2.5 є усередненням сигналу вибірки із телеграфного сигналу, до якого прямує наш телеграфний сигнал (тобто ідеальний сигнал).

Інтервал коваріації для такого сигналу становить:

$$T_K = 2 \int_0^{\infty} (R_x(\tau)/c^2) d\tau = 2/\alpha \quad (2.3)$$

Двостороння спектральна щільність такого сигналу визначається як:

$$S_x(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) \exp(-j\omega\tau) d\tau = \alpha c^2 / (\alpha^2 + \omega^2). \quad (2.4)$$

Параметр α повністю визначає коваріаційні і спектральні властивості телеграфного сигналу. При $\alpha \rightarrow 0$, $T_K \rightarrow \infty$ характеристики сигналу наближаються до характеристик з постійною складовою, а при $\alpha \rightarrow \infty$ до характеристик білого шуму.

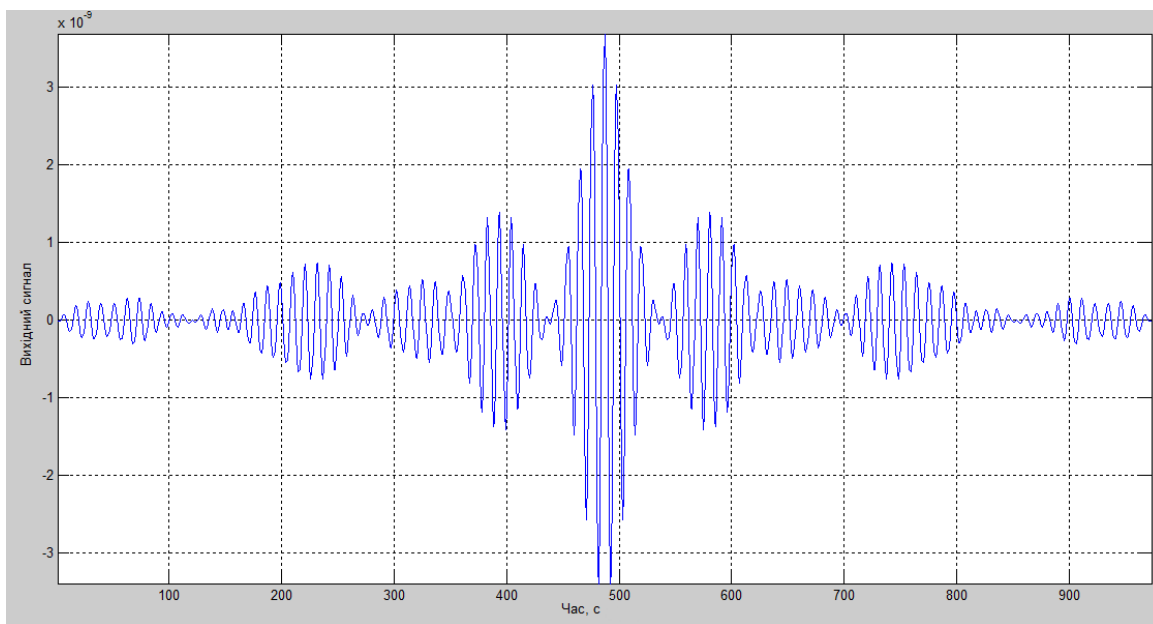


Рисунок 2.4 Крос-корелограма телеграфного сигналу.

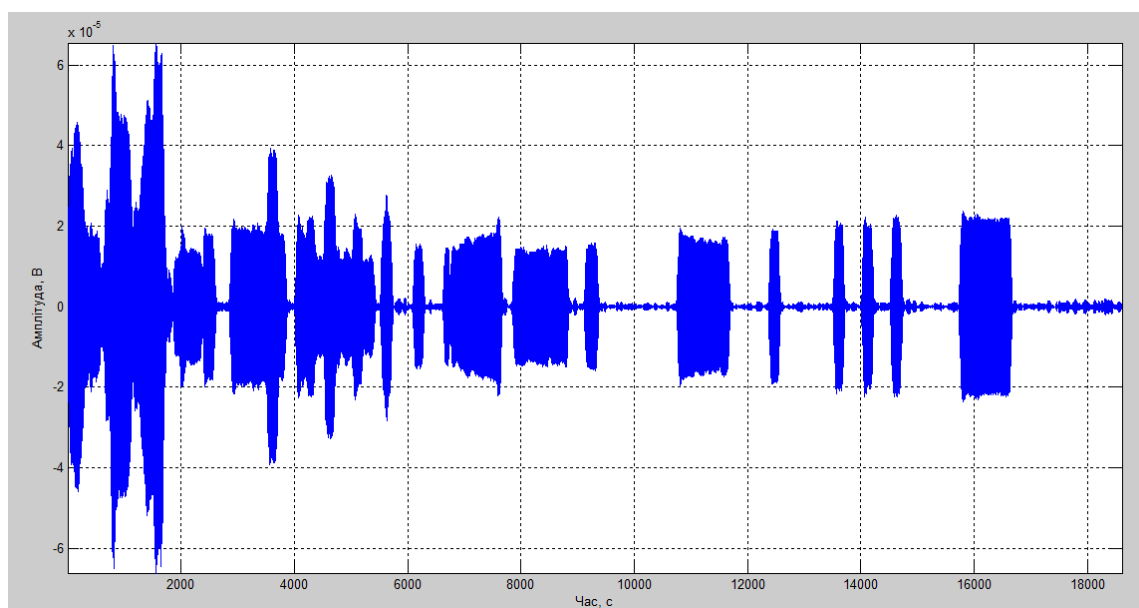


Рисунок 2.5 Оцінка математичного сподівання М телеграфного сигналу.

Одностороння спектральна щільність сигналу:

$$G_x(\omega) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) \exp(-j\omega\tau) d\tau = 2\alpha c^2 / (\alpha^2 + \omega^2). \quad (2.5)$$

Розподіл спектральної потужності в залежності від кількості відліків можна побачити на рис.2.7

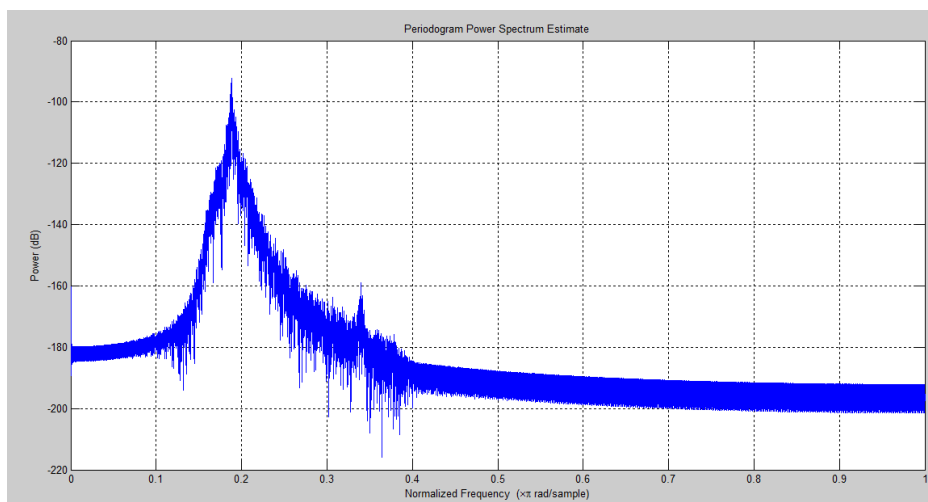


Рисунок 2.7 Періодограма телеграфного сигналу.

Звідси випливає, що чим більше α , тим менший час коваріації процесу, при $\alpha \rightarrow 0$ – $T_K \rightarrow \infty$ процес стає детермінованим (наближається до постійної складової). При $\alpha \rightarrow \infty$ $T_K \rightarrow 0$ процес перетворюється в білий шум з некорельованими відліками. Ширина спектру телеграфного сигналу залежить від швидкості передачі знаків, тривалості імпульсів і характеру їх послідовності, найбільший спектр такий сигнал матиме при періодичній послідовності коротких імпульсів [3].

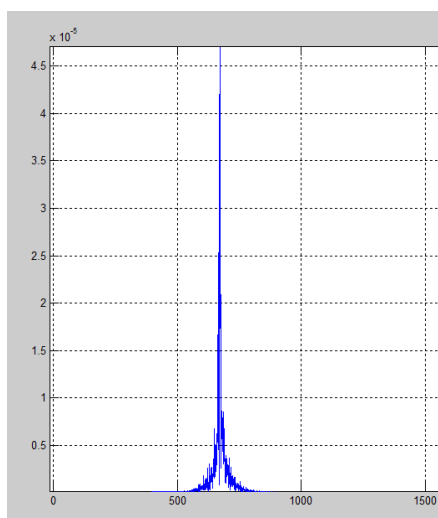


Рисунок 2.8 Спектр телеграфного сигналу.

Ширина спектру телеграфного сигналу:

$$B_K = \int_0^{\infty} G_x(\omega) d\omega / G_x(0) = \int_0^{\infty} S_x(\omega) d\omega / S_x(0) = \alpha \pi. \quad (2.6)$$

2.2. Аналіз радіотелефонного сигналу методами кореляційного аналізу

Розглянемо радіотелефонний сигнал представлений на рис.2.9. Як видно сигнал має більші амплітуди – це амплітуди корисного сигналу, а менший сигнал протягом усього часового відліку – це шуми. Тобто сигнал представляє собою повністю випадковий процес.

Для того щоб побачити хоча б якусь періодичність сигналу і чи має він якусь гармонійну складову, чи це просто неупорядковані, хаотичні коливання будь-якої форми проведемо автокореляцію сигналу. За результатами автокореляції рис.2.10 можна побачити, що сигнал має певну гармонійну складову, і він є періодичним.

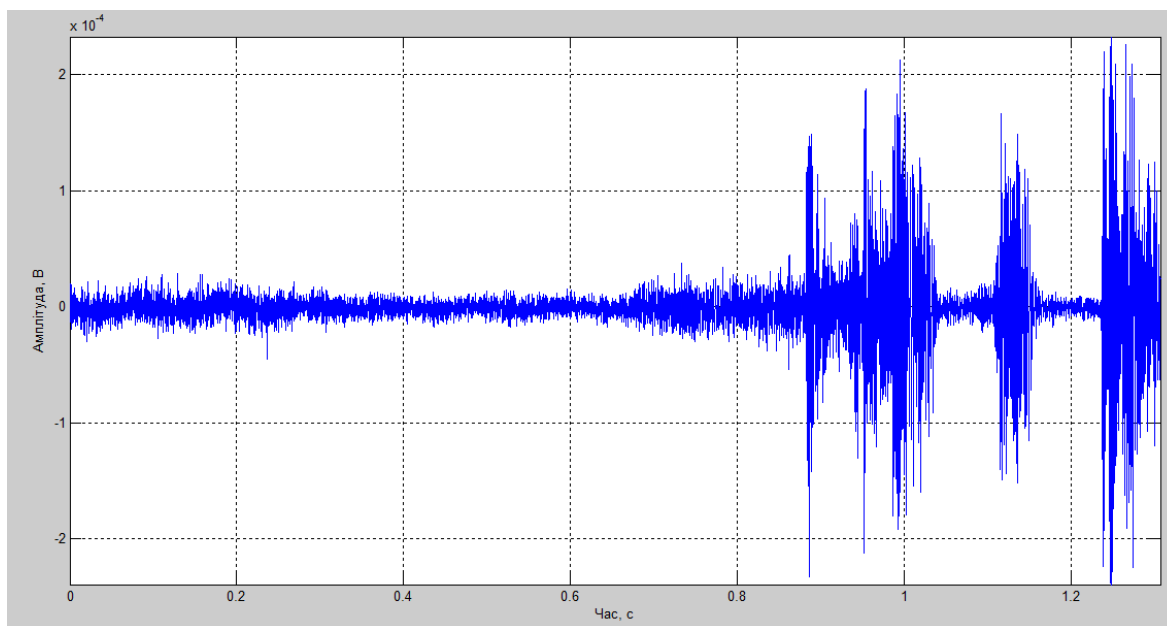
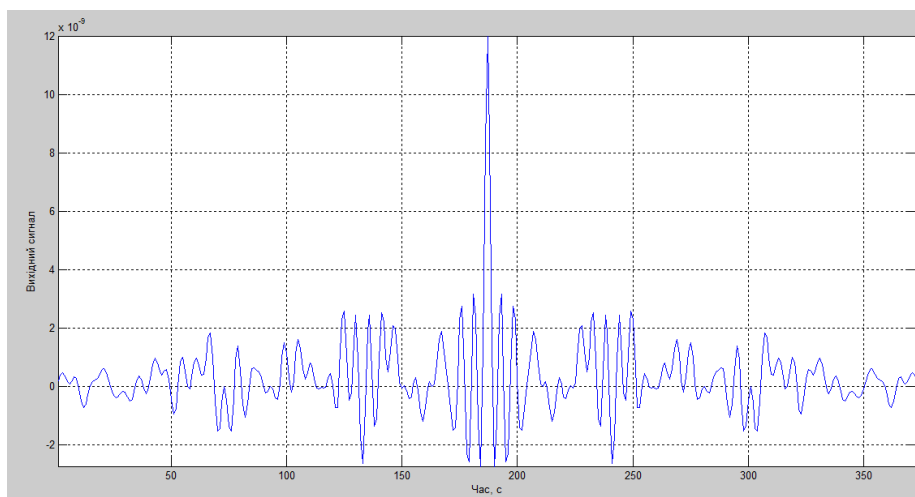


Рисунок 2.9 Часове представлення радіотелефонного сигналу

Оцінимо також математичне сподівання нашого сигналу рис.2.11 в якому деякі частотні складові набули дещо більшої амплітуди. Спектр нашого радіотелефонного сигналу займає, як і годиться у відповідності до стандартів радіоаматорства приблизно 2,7кГц рис.2.12.



2.10 Крос-корелограма радіотелефонного сигналу

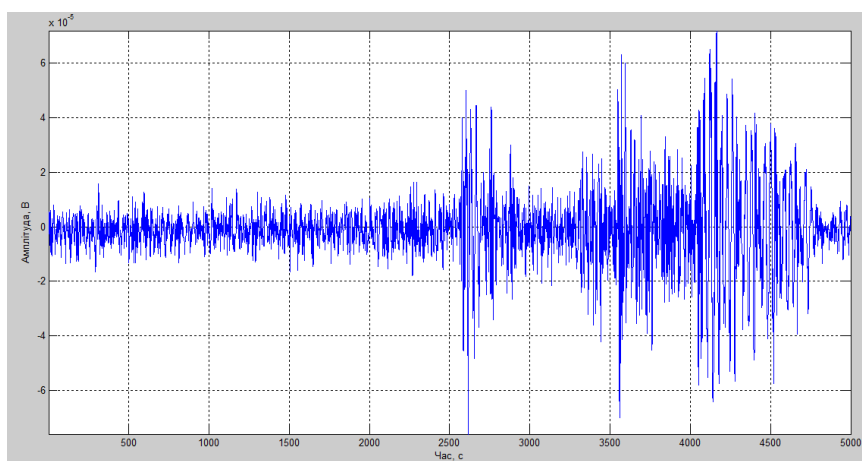


Рисунок 2.11 Математичне сподівання радіотелефонного сигналу.

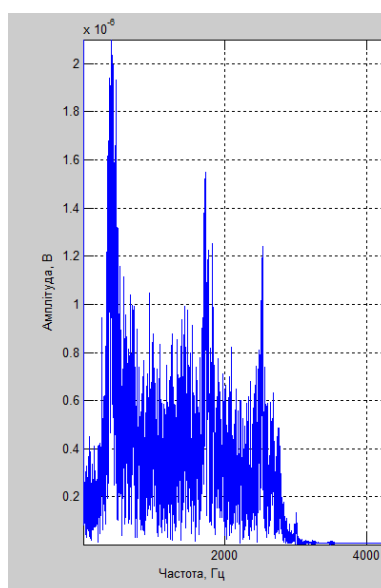


Рисунок 2.12 Амплітудно-частотна характеристика радіотелефонного сигналу

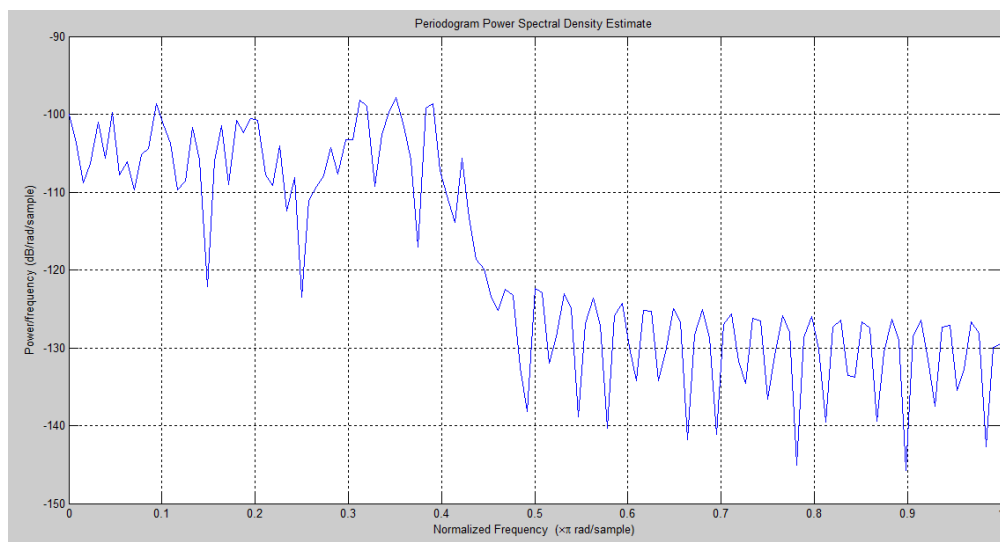


Рисунок 2.13 Періодограма радіотелефонного сигналу.

2.3 Періодично-корельований випадковий процес як математична модель телеграфного і радіотелефонного сигналів

Оцінюючи періодограми обох сигналів можна сказати, що сигнали є періодичними і нестационарними, так як їхні енергетичні складові не мають стаціонарності, виразимо їх як імовірнісну модель періодично-корельованих нестационарних сигналів.

Виразимо за яким законом змінюються в часі імовірнісні характеристики. Одним з важливих припущень є обмеження потужності процесу.

Використаємо таке поняття, як колгморівський гільбертовий простір випадкових величин K , його складові є випадковими величинами із скінченими

дисперсіями $d_{\xi} = \|\xi\|^2$, нормою і скалярним добутком. Відповідно до вимоги скінченності потужності, існує такий вид нестационарних процесів як клас ВП із скінченною середньою потужністю [14].

Розглянемо обґрунтування математичної моделі, а саме коливних змін її фізичних характеристик у вигляді ПКВП, яка конструктивно поєднує такі властивості коливних сигналів як повторюваність і випадковість.

Кореляційна теорія стаціонарних сигналів охоплюється розвинутою енергетичною теорією і є її частинним випадком.

Енергетична теорія поєднує питання відображення сигналів з розкладанням їх на елементарні складові, лінійних перетворень, означення послідовності опрацювання й аналізу відносно широкого кола задач теорії використання стохастичних сигналів.

Базується ця теорія на енергетичному принципі – позначення класів сигналів (нестаціонарних) за скінченною множиною енергетичних характеристик енергії сигналу – позначається як клас ε :

$$E_{\xi} = \int_D E|\xi(t)|^2 dt < \infty, \quad (2.7)$$

клас середньої потужності – клас π :

$$P_{\xi} = M_t \{ E|\xi(t)|^2 \} < \infty, \quad (2.8)$$

де $\xi(t), t \in D$ – ВП, що є моделлю m -ої вибірки телеграфного і радіотелефонного сигналів; M_t – символ, який представляє усереднення вздовж усієї осі часу; $D \subset R$ – скінчена область вказування телеграфного і радіотелефонного сигналів на числовій осі $R = (-\infty, \infty)$.

Оскільки енергія (кінетична енергія коливань) є квадратичною функцією, то твердження скінченності енергетичних характеристик сигналів може бути виражене при оцінюванні цих характеристик як норм, які належать відповідним векторним (або гільбертовим) просторам, так як метрика таких просторів згідно теореми Піфагора є квадратичною. Тоді виразом скінченної множини енергетичних характеристик буде вимога обмеженості норм. Для нестаціонарного сигналу миттєва потужність – це його дисперсія $d_{\xi}(t) = E|\xi(t)|^2$, $t \in D$ є змінною, відповідно результатом його опису є функція часу із значеннями у гільбертовому простоті, в даному випадку цей простір є колгоморівським гільбертовим

простіром K , що створений випадковими величинами скінченої дисперсії, де елементами (векторами) є значення ВП як моделі телеграфного і радіотелефонного сигналів.

В лінійному просторі, норма цих елементів буде змінною:

$$\|\xi_t\|_K = \sqrt{d_\xi(t)} = \sqrt{r_\xi(t,t)}, \quad (2.9)$$

де $t \in D$, $r_\xi(t,s) = E\xi(t)\xi(s)$ – кореляційна функція процесу.

Для отримання незалежної від часу характеристики повнорозмірного нестационарного сигналу, потрібно ліквідувати залежність від часу, виконати це можна двома шляхами: вирахувавши інтеграл (для сигналів схожих за формою на імпульс, або мають амплітудні викиди – це їх енергія), або обчисливши середнє у часі (для незагасаючих коливань визначається як середня потужність). Умова скінченної множини цих інтегральних енергетичних характеристик виражається як обмеження норм у гільбертових просторах над колгоморівським гільбертовим простором.

Вивчення функцій із значеннями у гільбертових просторах є природнім засобом як таких, у тому числі функцій $\xi: D \rightarrow K$.

Отже можна сказати, що апарат теорії узагальнених функцій із значеннями у гільбертовому просторі є виправданим засобом вивчення імовірнісних сигналів у таких термінах їх інтегральних енергетичних характеристик (енергії чи середньої потужності). Такими інтегральними характеристиками володіють сигнали, які знаходяться в стійкому режимі, для опису перехідного режиму використовують терміни змінної стану за Л.Заде [14].

Такі енергетичні характеристики таких краще розглядати як формальні норми у визначених площинах, де в якості елементів є ці сигнали. Ці площини називають просторами сигналів [15].

Використовуючи теорему Чебешива до ВП з енергетичних класів (енергії сигналу ε чи його потужності μ) можна пояснити той факт, що реалізація процесів з імовірністю одиниці є функціями часу – відповідно елементами просторів $L^2(D)$

чи $B^2[14]$. Для стаціонарних процесів властивість належання реалізацій з імовірністю одиниці до B^2 визначив К.Іто [16].

Отже, енергетична ідея дозволяє сформулювати повну і вичерпну теорію нестаціонарних класів – у термінах як ВП і кореляційних термінах. Для більшої деталізації сигналів, потрібно вивчати підкласи енергетичних класів.

Також варто звернути увагу на параметроваріантні класи сигналів [15], на їх властивості - зміни у часі їх параметричних (зсувових) коваріацій $b_{\xi}(t, u) = r_{\xi}(t + u, t)$, якщо вони поліперіодичні (квазіперіодичні) у часі по змінній t та періодичні у сенсі Безиковича.

Узагальнити це можна підходом Вінера-Колмогорова, який полягає в тому, що випадкові процеси названих класів є моделями сигналів у розвинутій ідеї ритміки як стохастичні коливання. Нова концепція, попри одержаного колгморівського спектрального розподілу потужності, дає інструменти для врахування типу нестаціонарності коливань: їм характерна статистична повторюваність властивостей, що мають місце у типі корельованості гармонічних складових коливань. Множини кореляційних і спектральних компонентів відповідних „коефіцієнтів” Фур’є описують сигнали, похідні від систем із обертаннями і поворотами, хід природних процесів і біоритмів у часі, коливна кінетика.

ПКВП при $N=1, \Lambda = \frac{2\pi}{T}$, де T - період функції $b(\cdot; u)$, – модель простої ритміки; якщо ж $N=2$ – ПКВП є моделями подвійної ритміки явищ, біперіодично-корельовані.

Якщо клас π визначати як параметроваріантний, коли залежність характеристик процесу представляти не просто такою, що існує при різних зсувах суми їхніх значень за часом як параметром, то варто брати до уваги і характер або тип цієї часової залежності, то явне вказування її вигляду виділить відповідність цим типам залежності, а сам підклас класу π .

Якщо ця залежність періодична чи поліперіодична, то говорять про класи періодично (клас π^T), поліперіодично (клас π^\wedge), і майже періодично корельованих (клас π^λ) ВП. Структура класу π має такий вигляд [15]: $\sigma \subseteq \pi^T \subseteq \pi^\wedge \subseteq \pi^\lambda \subseteq \pi$.

Дослідження ПКВП ще в 1947р проводив О.Коронкевич. Також з різних точок зору розглядаються в працях Я.П.Драгана.

Періодично-корельовані випадкові процеси – моделі стохастичних (імовірнісних) коливань, зміна імовірнісних характеристик яких відбувається з певним періодом, як підклас класу π .

За формулюванням, ВП $\xi(t)$, $t \in R(-\infty, \infty)$, називають періодично корельованим, коли існують: фіксоване число $T > 0$ (період корельованості), математичне сподівання і коваріація ВП [16], звідси:

$$m_\xi(t) \overset{\Delta}{=} E\xi(t), r_\xi(t, s) \overset{\Delta}{=} E\xi(t)\xi(s), \quad (2.10)$$

де $\overset{0}{\xi}(t) = \xi(t) - m_\xi(t)$ - центрований телеграфний і радіотелефонний сигнал; E – символ усереднення за розподілом (вирахування математичного сподівання), відповідно виконується умова:

$$m_\xi(t+T) = m_\xi(t), r_\xi(t+T, s+T) = r_\xi(t, s), \forall t, s \in R, \quad (2.11)$$

де $m_\xi(t)$ - математичне сподівання, а $r_\xi(t, s)$ - кореляційна функція процесу, якщо використати параметричну коваріацію, то звідси виходить, що математичне сподівання і коваріація є періодичними:

$$m_\xi(t+T) = m_\xi(t), r_\xi(t+T, s+T) = r_\xi(t, s), \forall t, s \in R, \quad (2.12)$$

При вирахуванні усереднених характеристик призводить до того, що усереднення вздовж осі часу переходить в усереднення на відрізку протягом T . Для простоти останнє можна (через інваріантність усереднення стосовно зсувів)

прийняти усередненням протягом відрізка $[0; T)$, тобто вважати, що середні величини характеристик процесу становлять:

$$m = M_t \{ m_\xi(t) \} = \frac{1}{T} \int_0^T m_\xi(t) dt \quad (2.13)$$

$$B(u) \stackrel{\Delta}{=} M_t \{ r_\xi(t+u, t) \} = \frac{1}{T} \int_0^T r_\xi(t+u, t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T b_\xi(t, u) dt \quad (2.14)$$

де M_t - символ усереднення вздовж осі часу, T - період корельованості ПКВП.

Розкладаємо ці характеристики у ряди Фур'є:

$$m_\xi(t) = \sum_{k \in Z} m_k e^{ik\Lambda t} \quad (2.15)$$

$$b_\xi(t, u) = \sum_{k \in Z} B_k(u) e^{ik\Lambda t} \quad (2.16)$$

де $\Lambda \stackrel{\Delta}{=} \frac{2\pi}{T}$.

З точки зору енергетичного підходу можна дослідити властивості таких ВП, припустивши їх \hbar -ергодичності, розробити методи статистичної оцінки параметрів зміни властивостей сигналів за часом.

Належність ПКВП до класу π^T визначає те, що головні характеристики обчислюються зведенням до статистики стаціонарних ВП.

Відрізки часу що вибрані з періодом корельованості, утворюють векторні стаціонарні послідовності. Синфазний метод оцінки характеристик ПКВП представляє собою варіант статистики стаціонарних послідовностей. ПКВП з класу π – представляються стаціонарними у гільбертовому просторі:

$$\hbar^\Delta = B^2(K) \quad (2.17)$$

що є гільбертовою площиною типу B^2 з метрикою Бора-Безиковича над колгоморівським гільбертовим простором K випадкових величин скінченної дисперсії:

$$\|f\|_{B^2}^2 \stackrel{\Delta}{=} M_t \left\{ |f(t)|^2 \right\} = \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{2N} \int_{-N}^N |f(t)|^2 dt \quad (2.18)$$

Квадрат норми елементів (векторів) визначається як:

$$\|\xi(t)\|_K^2 = d_\xi(t) = r_\xi(t, t) = E \left\| \xi \right\|_K^2, \quad t \in D \quad (2.19)$$

Звідси квадрат норми ВП класу π , що є нормою в гільбертовому просторі B^2 над колгоморівським гільбертовим простором і усередненій потужності ВП:

$$P_\xi = \|\xi(t)\|_{\hbar^T}^2 = M_t \left\{ \|\xi(t)\|_K^2 \right\} < \infty \quad (2.20)$$

Для ВП з класу π^T квадрат норми дорівнює усередненій за період потужності:

$$\hbar^T = L^2 \left([0, T]; \frac{1}{T}, K \right), \quad P_\xi^T = \frac{1}{T} \int_0^T E \|\xi(t)\|_K^2 dt \quad (2.21)$$

Тому в гіпотезі \hbar^T - ергодичності (критерієм якої є швидке затухання кореляційних зв'язків при $u \rightarrow \infty$ (критерій за Слуцьким)) оцінка нульової

кореляції компоненти $\hat{B}(u) = M_t \left\| \xi(t+u) \xi(t) \right\|$ володіє всіма властивостями оцінки кореляційної функції стаціонарних ВП. Спектральна функція якої оцінює розподіл потужності ПКВП, без кореляційних зв'язків гармонік.

Спектральні компоненти:

$$B_k(u) \stackrel{\Delta}{=} \frac{1}{T} \int_0^T b_\xi(t, u) e^{-ik \frac{2\pi}{T} t} dt \quad (2.22)$$

обмежуючись $|B_k(u)| \leq |B_0(u)| \leq B_0 = P_\xi^T$ належать до класу B^2 , і зображаються у вигляді інтегралів Фур'є за величинами:

$$B_k(u) = \int_R e^{iu\lambda} F_k(d\lambda), \quad (2.23)$$

де R - множина дійсних чисел, F - спектральна величина.

Параметрична коваріація сигналів зображається так:

$$b_\xi(t, u) = \int_{R^2} \int e^{i(t\lambda - u\mu)} F(d\lambda, d\mu), \quad (2.24)$$

з двочастотною спектральною величиною (бімірою):

$$F(\Delta, \Delta') = \sum_{k \in \mathbf{Z}} \int_{\Delta'} \chi_\Delta(\mu + k\Lambda) F_k(d\mu), \quad (2.25)$$

де сім'я прямих є носієм:

$$F = \{ \lambda = \mu + k\Lambda, k \in \mathbf{Z} \}. \quad (2.26)$$

2.4 Висновки до розділу 2

Моделювання телеграфного радіотелефонного сигналів методами енергетичної теорії стохастичних сигналів дозволило при оцінюванні характеристик сигналу врахувати його фізичні властивості (періодичність, випадковість).

Результатами проведеного аналізу телеграфного радіотелефонного сигналів з використанням статистичних методів оцінок (математичного сподівання і кореляційні функції) підтверджено, що адекватна їм модель повинна задовольняти вимоги випадковості та періодичності їх статистичних характеристик, які задовольняє модель у вигляді періодично-корельованих випадкових процесів.

Періодично-корельований випадковий процес як модель стохастичного коливання відображає часову-фазову структуру сигналів і зміни імовірнісних характеристик в залежності від часу.

РОЗДІЛ 3

ОПИС МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛУ В КОРОТКОХВИЛЬОВОМУ ДІАПАЗОНІ

В даному розділі описується які приймачі підходять для виявлення сигналу з односмуговою модуляцією в короткохвильовому діапазоні, обґрунтовується вибір активних фільтрів для фільтрації сигналів з односмуговою модуляцією і включення їх у схеми радіоприймачів.

3.1 Радіоприймачі для прийому сигналів з односмуговою модуляцією

Дослідження фільтрації сигналу полягає в моделюванні процесу фільтрації сигналів і прогнозуванні поведінки сигналів і фільтрів для подальшої розробки, розрахунків фільтрів і введенні їх в схеми радіоприймачів.

Перш за все потрібно визначитись в схемах яких приймачів можуть встановлюватись ці фільтри, які складові вони повинні відфільтровувати і визначитись з місцем встановлення цих фільтрів в схемах радіоприймачів.

Для прийому сигналів з односмуговою модуляцією звичайні супергетеродинні приймачі непридатні, так само непридатними є і детекторні приймачі і приймачі прямого підсилення. Оскільки сигнали з односмуговою модуляцією мають подавлену носійну, яку вищеперелічені приймачі відновити не можуть.

Тому для прийому сигналів з односмуговою модуляцією підходять приймачі прямого перетворення і регенераторні. Приведемо структурні схеми цих радіоприймачів із книги [3] на рис.3.1-3.3.

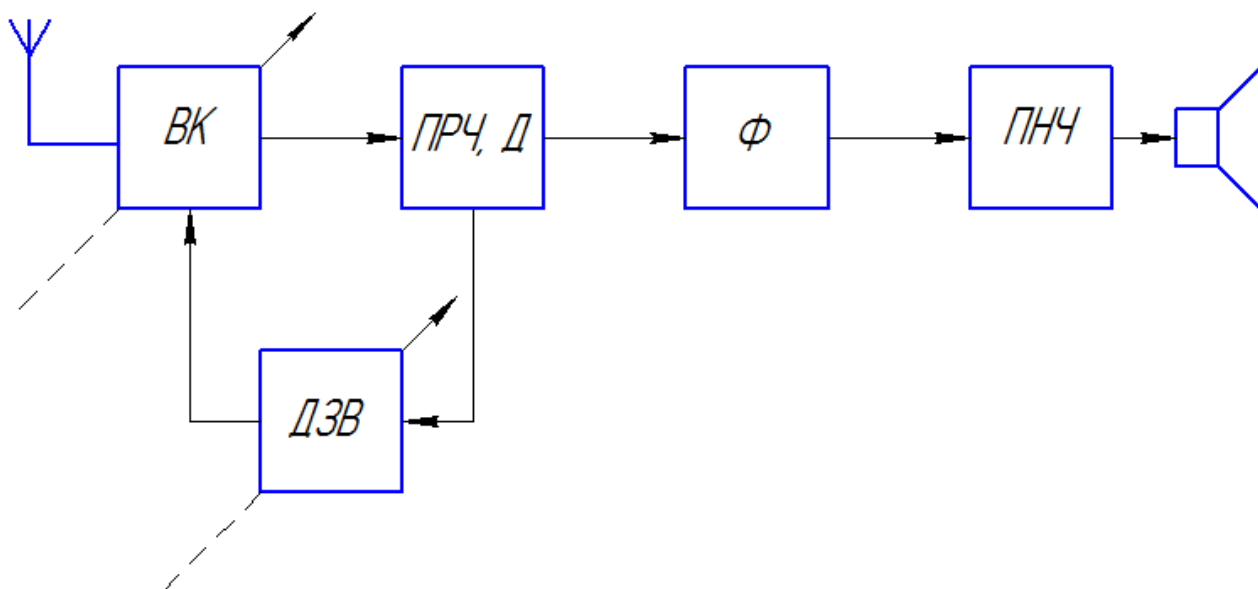


Рисунок 3.1 Структурна схема регенеративного приймача (ВК – вхідне коло, ПРЧ, Д – підсилювач радіочастоти, детектор, ДЗВ – додатній зворотній зв’язок, фільтр, ПНЧ – підсилювач низької частоти).

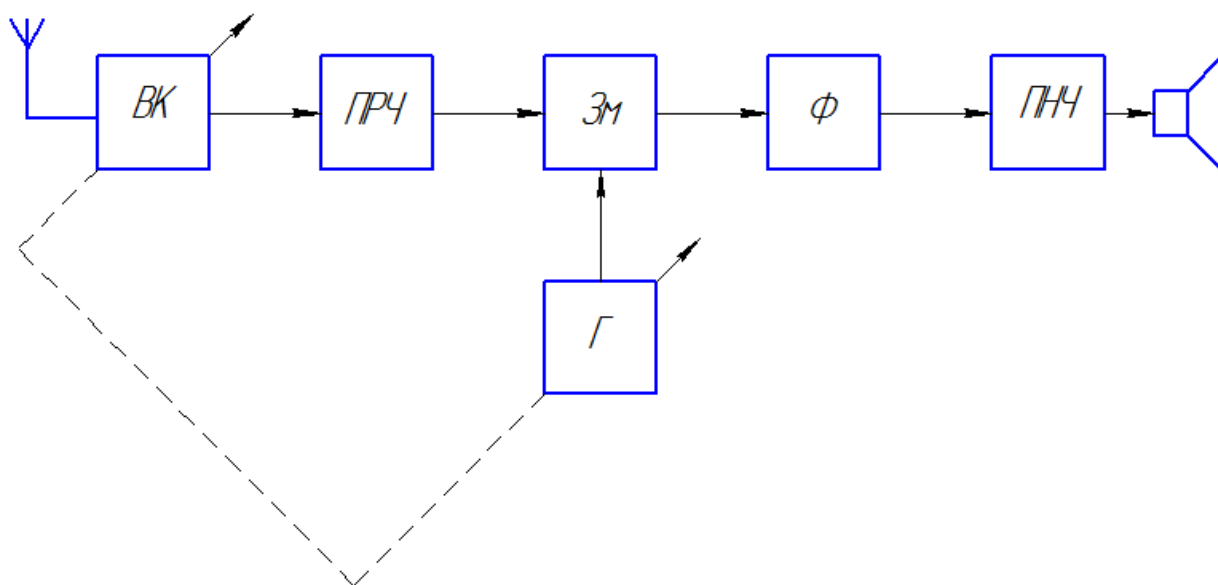


Рисунок 3.2 Схема структурна приймача з прямим перетворенням частоти (гетеродинний приймач) (ВК – вхідна ланка, ПРЧ– підсилювач високої частоти (радіочастоти), Зм – змішувач, Г– гетеродин, Ф –фільтр, ПНЧ – підсилювач низької частоти).

Супергетеродинний приймач теж може приймати сигнали з односмуговою модуляцією, якщо в нього схема дещо модернізована, доповнена ланкою відновлення носійної частоти. В такому випадку фільтр ставиться після детектора перед підсилювачем низької частоти.

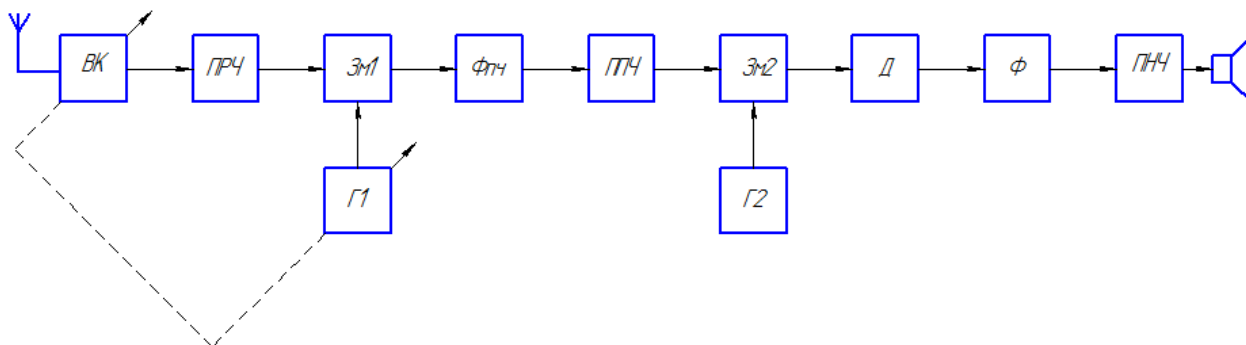


Рисунок 3.3 Структурна схема супергетеродинного приймача з подвійним перетворенням частоти (ВК – вхідне коло, ПРЧ– підсилювач радіочастоти, Зм1,Зм2 – змішувачі, Г1– перший гетеродин, Фпч – фільтр проміжної частоти, ППЧ – підсилювач проміжної частоти, Г2 – другий гетеродин, Д – детектор, Ф – фільтр, ПНЧ – підсилювач низької частоти).

3.2 Використання фільтрів в схемах радіоприймачів

Дане конструктивне рішення вже використовується в приймачах прямого перетворення і регенеративних, правда переважно це LC, RC пасивні НЧ фільтри налаштовані на ширину смуги частот однієї радіостанції, використання RC фільтрів дає погані результати фільтрування, дещо кращими параметрами володіють LC фільтри, але із зниженням частоти сигналу габаритні розміри котушок індуктивності суттєво збільшуються. Використання фільтрів з такими параметрами не дозволяє добре відфільтровувати сигнали сусідніх радіостанцій і інших завод і шумів які при перетворенні частоти знаходяться на частотах близьких до частот прийомної радіостанції. Звичайно ж можна об'єднати декілька одноланкових фільтрів в один багатоланковий, але тоді важко налаштувати і узгодити між собою такий фільтр для отримання амплітудно-частотної

характеристики близької до ідеальної. Кращим рішенням буде використання активних смугових фільтрів. Активні фільтри мають ряд переваг перед пасивними [10]:

1. В них використовуються тільки конденсатори і опори, тобто елементи з наближеними характеристиками до ідеальних, на відміну від котушок індуктивності;

2. Порівняно недорогі;

3. Вони можуть здійснювати додаткове підсилення в смузі пропускання і рідко вносять істотні втрати;

4. Здійснюється додаткова розв'язка між входом і виходом, що полегшує об'єднання цих фільтрів у каскади;

5. Легкі в налаштуванні;

6. Для фільтрів дуже низьких частот можна використати елементи з помірними значеннями параметрів;

7. Не громіздкі і легкі.

Також якщо зробити такий фільтр ще й переналаштовуваним, то можна змінюючи ширину смуги пропускання фільтра змінювати тембр звучання сигналу, що дозволить збільшити розбірливість мови радіосигналу при прийомі.

На рисунку 3.4 представлена ідеальна характеристика смугового фільтра взята із інтернет ресурсу [20], форма такої характеристики прямокутна, що говорить про її рівномірність в смузі пропускання. Коефіцієнт передачі це співвідношення вихідної напруги після фільтра до його вхідної напруги, як видно з рис.3.4 максимум характеристики знаходиться на рівні 0дБ, тобто в ідеалі такий фільтр має фільтрувати сигнал без втрат корисного сигналу. Ну і переходи від смуги затримки до смуги пропускання і навпаки від смуги пропускання до смуги затримки зображенні прямими, що говорить різке відсікання усіх без винятку частот, що знаходяться поза межами смуги пропускання. Ширина смуги пропускання f_H-f_B для телеграфного сигналу повинна становити приблизно для телеграфного сигналу 20Гц -200Гц, а для радіотелефонного сигналу 20Гц -2700Гц.

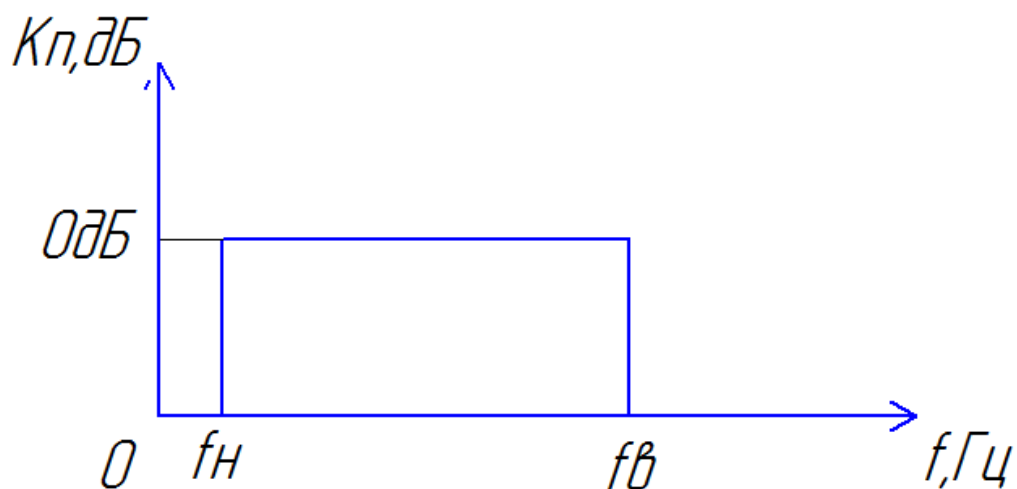


Рисунок 3.4 Ідеальна характеристика смугового фільтра

Звичайно ж було б непогано добитися таких параметрів характеристики фільтра на практиці, але це неможливо через неідеальність параметрів радіоелементів які використовуються в фільтрах, але створити фільтр з наближеною характеристикою можливо.

Найбільш наближеними характеристиками до ідеальних володіють фільтри Баттерворта і Чебишева. Фільтр Баттерворта володіє рівномірною характеристикою в смузі пропускання, а фільтр Чебишева різким переходом між смугою пропускання і смугою затримки.

Метою цього дослідження є визначення використання яких фільтрів дозволяє досягнути кращих параметрів сигналу після отримання низькочастотного сигналу в радіоприймачі. Моделюючи в MATLAB фільтри з характеристиками Баттерворта і Чебишева, з наступним фільтруванням цими фільтрами телеграфного і радіотелефонного сигналів порівняти результати і зробити висновок який з фільтрів краще підходить для даного завдання.

3.3 Характеристики фільтрів

Розглянемо особливості характеристик фільтрів Баттерворта і Чебишева, описані в книзі [21] на прикладі фільтрів низьких частот. Фільтр Баттерворта володіє плоскою характеристикою в смузі пропускання за рахунок плавності характеристики між полюсами пропускання, в перехідній області. Його АЧХ має наступний запис:

$$K_{\Pi} = 1 / \left[1 + (f/f_c)^{2n} \right]^{1/2}, \quad (3.1)$$

де n число полюсів, тобто порядок фільтра. Збільшуючи кількість полюсів, можна досягати кращих параметрів (крутіший перехід між смугами пропускання та затримки, плоскіша характеристика смуги пропускання), як це показано на рис. 3.5.

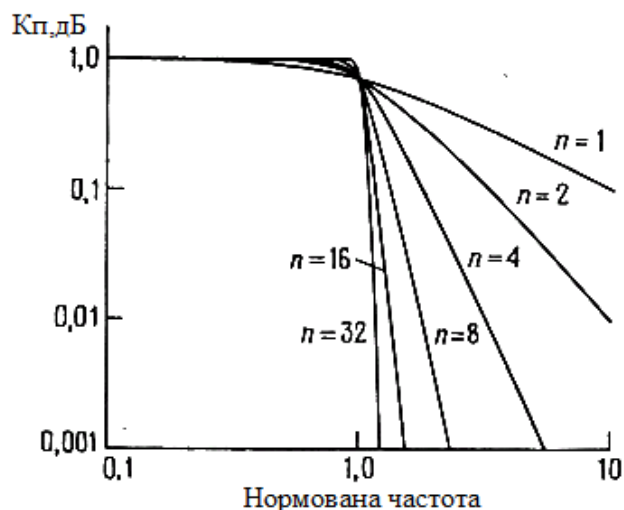


Рисунок 3.5 Нормована характеристика фільтра нижніх частот

Використовуюючи фільтр Баттерворта, ми жертвуємо іншими параметрами фільтра заради плоскої характеристики. Характеристика цього фільтра плоска з перегином на частоті зрізу f_3 – рівень -3дБ.

Найсуттєвішою обставиною при використанні фільтра є нерівномірність характеристики в смузі пропускання, де її значення не повинно перевищувати

певного значення. Фільтр Чебишева володіє такою нерівномірністю в смузі пропускання, але в нього також збільшується доволі сильно гострота її перегину. Для фільтра Чебишева задають число полюсів і нерівномірність в смузі пропускання. Допускаючи нерівномірність характеристики в смузі пропускання, отримуємо більш різкий перегин. АЧХ фільтра Чебишева задається наступним співвідношенням:

$$K_{\Pi} = 1 / \left[1 + \varepsilon^2 C_n^2(f/f_c) \right]^{1/2}, \quad (3.2)$$

де C_n – поліном Чебишева першого роду порядку n , а ε – стала – нерівномірність характеристики в смузі пропускання. Обидва фільтри мають фазочастотну характеристику, далеку від ідеальної. Для порівняння на рис. 3.6 і 3.7 представлені характеристики 6-полюсних НЧ фільтрів Чебишева і Баттерворта. Характеристики обох фільтрів набагато кращі звичайного RC-фільтра.

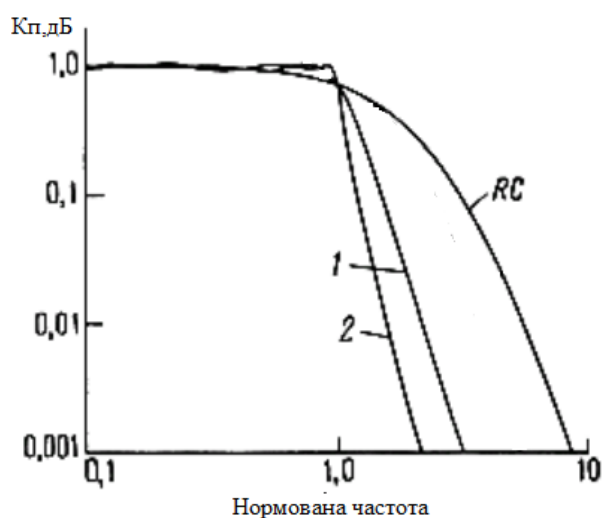


Рисунок 3.6 Порівняння характеристик фільтрів в логарифмічній формі, де 1 – фільтр Баттерворта, 2 – фільтра Чебишева.

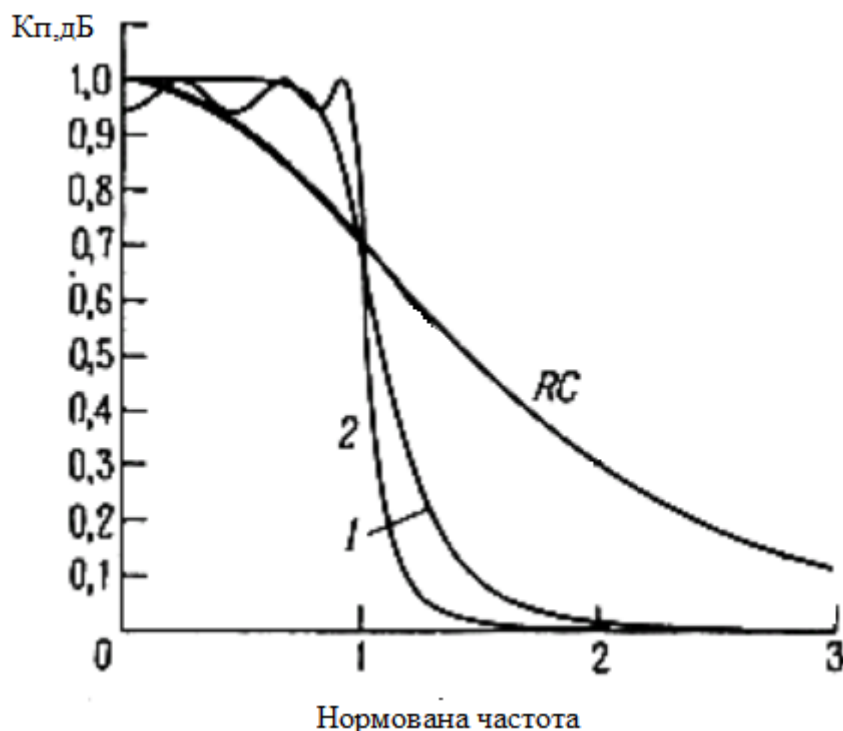


Рисунок 3.7 Порівняння характеристик фільтрів в лінійній формі, де 1 – фільтр Баттерворта, 2 – фільтра Чебишева.

Використовуюючи фільтр Баттерворта з плоскою характеристикою в смузі пропускання доводиться миритися з нерівномірністю в смузі пропускання (поступовий спад характеристики в районі частоти f_3 для фільтра Баттерворта, а для фільтра Чебишева – пульсації, по всій смузі пропускання). Активні фільтри, будуються з елементів, номінали яких мають певний допуск, а це значить, що насправді на характеристиці фільтра Баттерворта завжди буде нерівномірність в смузі пропускання. На рис.3.8 зображено вплив значень ємності конденсатора і опору резистора на характеристику фільтра.

Зважаючи на все вище написане раціональним є використання фільтра Чебишева. Його ще називають рівнохвильовим фільтром, оскільки характеристика в області переходу між смугами має велику крутизну через рівномірний розподіл в смузі пропускання рівновеликих пульсацій, кількість яких збільшується з порядком фільтра.

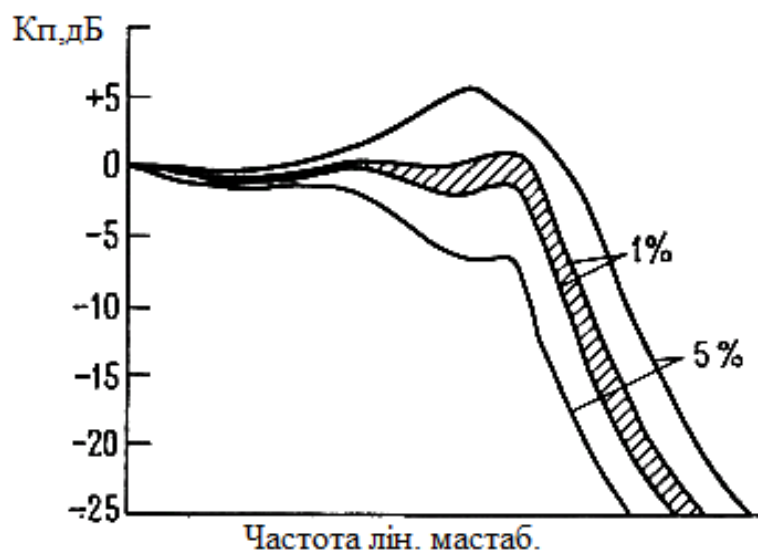


Рисунок 3.8 Вплив зміни параметрів елемента на характеристику активного фільтра

3.4 Схемне рішення смугового фільтра на операційному підсилювачі

Смугові фільтри призначені для виділення сигналів, частота яких лежить в межах певної смуги $\omega_{01} < \omega < \omega_{02}$. При цьому він практично без ослаблення пропускає сигнали, що лежать в цій смузі, і послаблює сигнали, частоти яких лежать за межами смуги пропускання. Вони можуть бути широкосмуговими і вузькосмуговими. Смугові фільтри, як і інші різновиди фільтрів, можуть бути двополюсні і багатополюсні.

Найбільш вдалою схемою для смугового фільтра є фільтр побудований на основі змінних станів, так як це один із високодобротних фільтрів. Він володіє низькою вимогою до розкиду параметрів елемента фільтра, йому не потрібні операційні підсилювачі з широкою смугою пропускання.

Передавальна характеристика СФ другого порядку, наведеного з інтернет ресурсу [22] на рис.3.9, визначається виразом, який має два комплексно спряжених полюси ω_{01}, ω_{02} :

$$K(p) = \frac{K_0 \alpha \omega_0 p}{p^2 + \alpha \omega_0 p + \omega_0^2}, \quad (3.3)$$

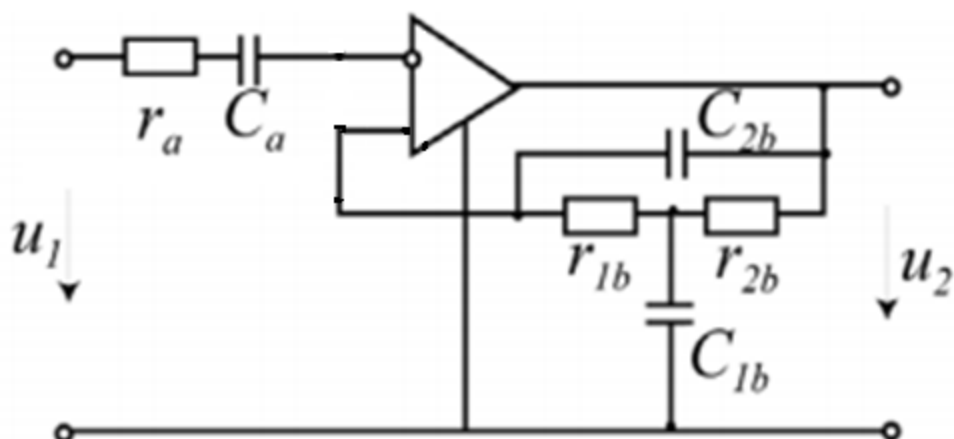


Рисунок 3.9 Схема смугового фільтра 2-го порядку

Широкосмугові ARC-фільтри можна побудувати, послідовно поєднуючи активні ФНЧ і ФВЧ, зазвичай другого порядку. Це дозволяє в широких межах регулювати частоти зрізу, а використання декількох ланок ФНЧ і ФВЧ забезпечує необхідну вибірковість фільтра. Для вузькосмугової фільтрації використовуються спеціальні ланки резонансного типу. Тому передавальні функції СФ завжди мають парний порядок. Схема представлена на рис.3.10 теж взята з інтернет ресурсу [22] володіє високою добротністю, але при цьому така схема здатна до самозбудження.

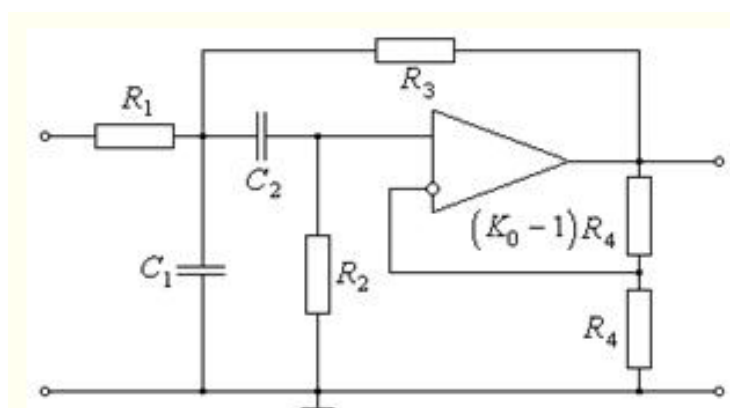


Рисунок 3.10 Смуговий фільтр з додатнім зворотнім зв'язком.

Зазвичай смугові фільтри будуються на основі схеми з Т-мостом як схема на рис. 3.9, якщо потрібно збільшити ширину смуги пропускання, то використовують схеми з мостом Вінна. В нашому випадку для фільтрації ширина смуги частот однієї радіостанції з ОМ не є великою, а з телеграфним сигналом ця смуга дуже вузька, тому СФ повинен бути вузькосмуговим.

3.5 Висновки до розділу 3

Для прийому сигналів з односмуговою модуляцією підходять тільки регенеративні приймачі, приймачі прямого перетворення і з деякою модифікацією супергетеродинні приймачі. Для покращення прийому сигналів з односмуговою модуляцією в схемах цих приймачів використовують фільтри. Але вони не дають бажаного результату, тому для збільшення якості прийому ефективніше використовувати активні фільтри, котрі мають ряд переваг.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ВИЯВЛЕННЯ ОДНОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФІЛЬТРІВ

У розділі описано виявлення корисних сигналів у шумі в короткохвильовому діапазоні з використанням фільтрів. Використовуючи комп'ютерне моделювання змодельовано смугово-пропускні фільтри, відфільтровано корисні сигнали із зашумлених сигналів. Результати фільтрування показано у вигляді рисунків.

4.1 Фільтрація телеграфного сигналу фільтром Баттерворта

Сигнали для дослідження були взяті із широксмугового онлайн приймача, який знаходиться в університеті Твенте, що Нідерландах . Цей приймач дозволяє записувати сигнали з ефіру і зберігати їх на комп'ютері. Для дослідження фільтрації цих сигналів використаємо програмне забезпечення MATLAB, в якому змодельуємо фільтри і проведемо фільтрацію цих сигналів.

Смугу пропускання приймача спеціально збільшено для того щоб приймач захопив декілька радіостанцій, одна з них корисний сигнал інші представляють собою завади, які пройшли по радіотракту радіоприймача, окрім того на записі присутні інші завади (атмосферні, шуми ППА і тд.)

Розглянемо часове представлення телеграфного радіосигналу, яке зображено на рис.4.1. В даному випадку там проходить сигнал не однієї станції , а трьох.

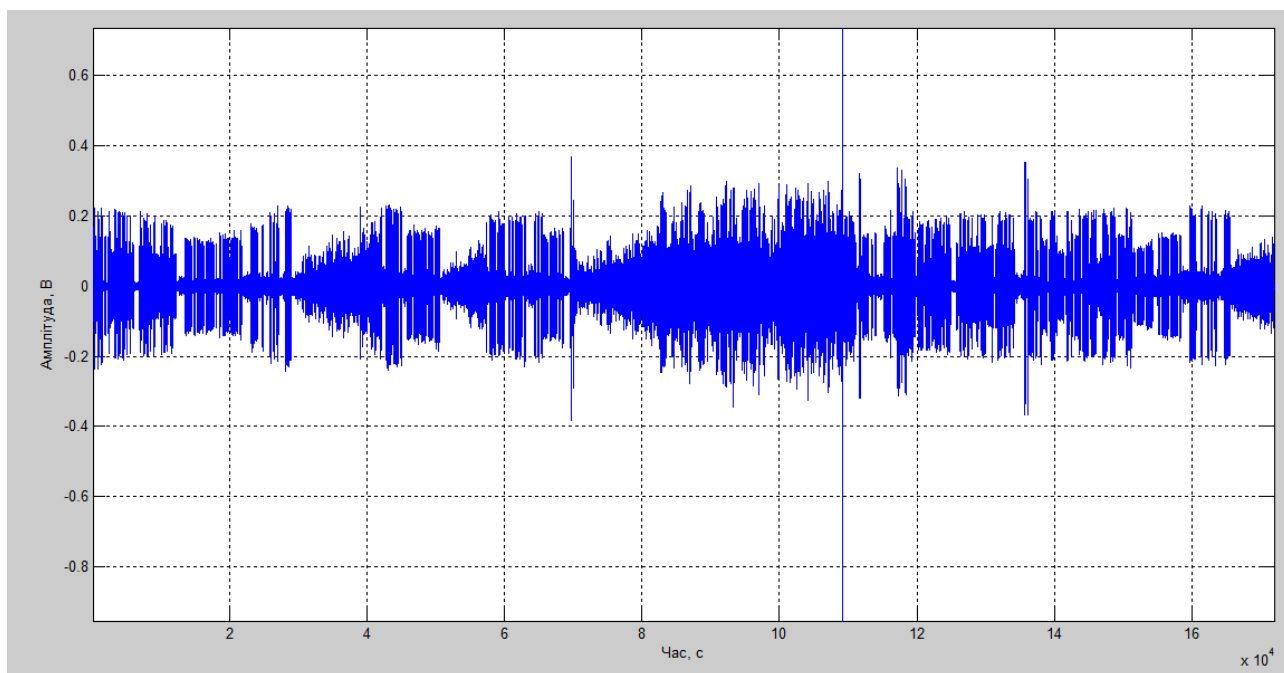


Рисунок 4.1 Часове представлення телеграфного сигналу записаного з приймача.

Форма сигналу має бути близька до імпульсів, на рис.4.1 важко розглянути форму сигналу, тому зробимо збільшення ділянки телеграфного сигналу.

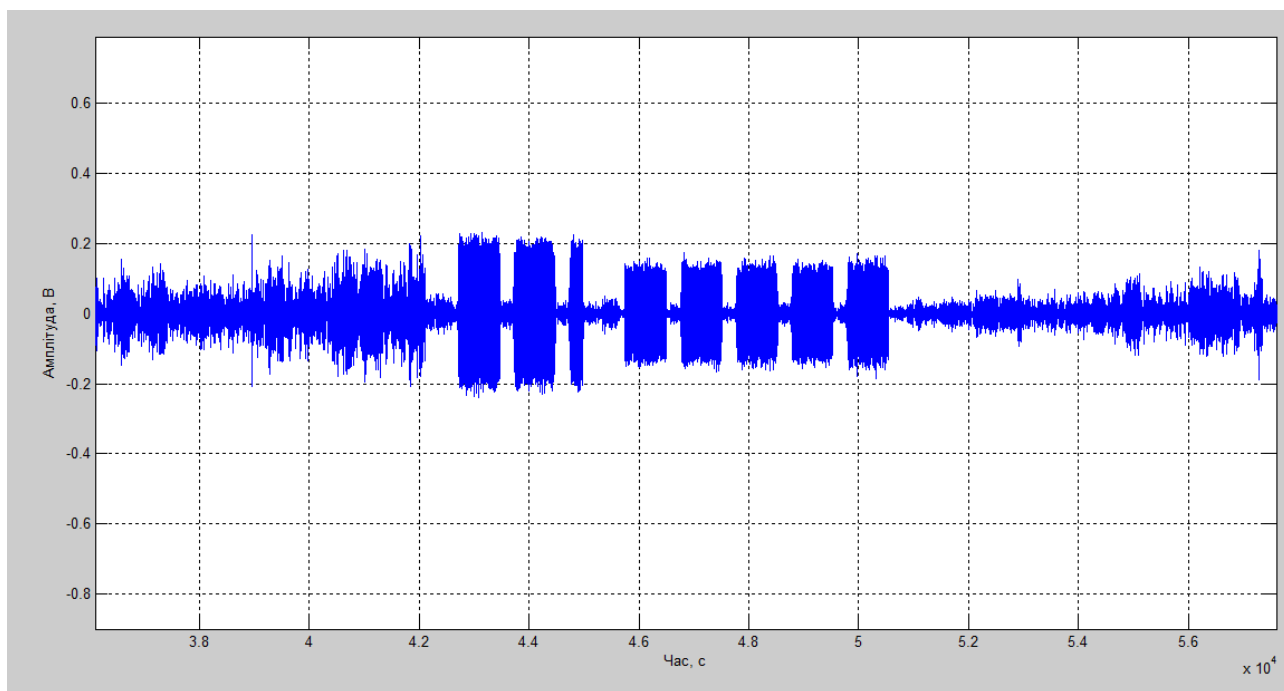


Рисунок 4.2 Збільшення масштабу ділянки телеграфного сигналу

Як видно із рис.4.2 телеграфний сигнал і справді представляє собою послідовність імпульсів, приблизно однієї амплітуди і з різною тривалістю імпульсів, як було написано в розділі 2. Тривалість цих імпульсів як раз і переносить корисну інформацію. Також поміж цих імпульсів можна побачити і шум, так званий «шум ефіру». Для того щоб змодельовати фільтр потрібно побачити яку смугу час-тот займає цей записаний з приймача сигнал, скористаємось вбудованим в MATLAB спектроаналізатором сигналу і побудуємо його амплітудно-частотну характеристику рис.4.3.

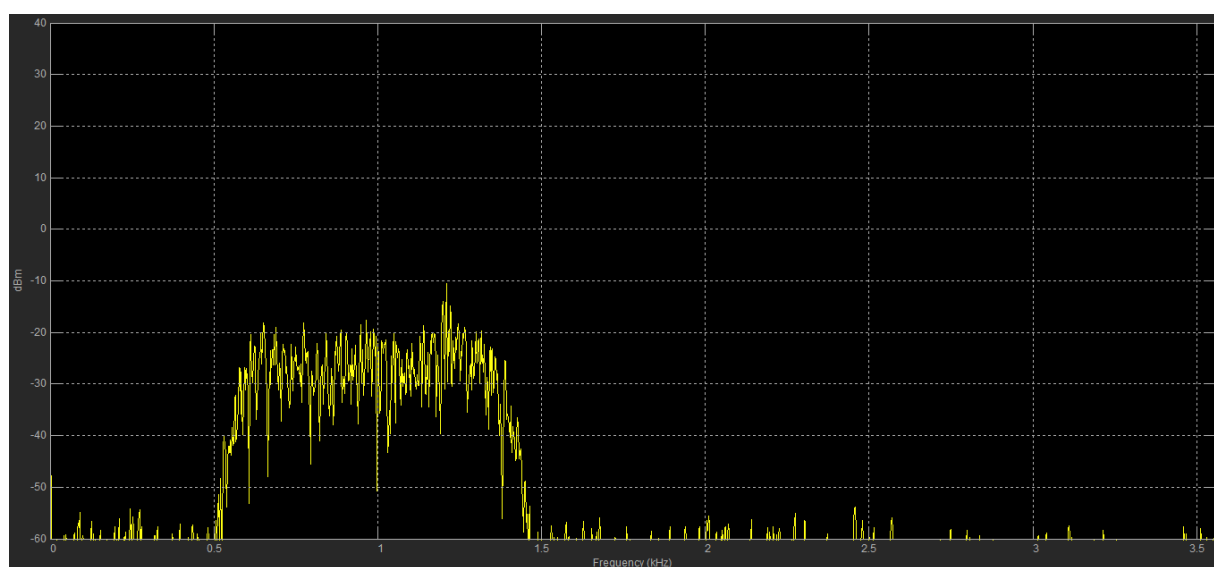


Рисунок 4.3 Амплітудно-частотна характеристика записаного сигналу з радіоприймача.

Сигнал з радіоприймача в даному випадку займає смугу частот в 1кГц, від 0,5 кГц до 1кГц, розміщення по осі частот сигналу починаючи від 0,5кГц, а не від початку координат спричинене неточністю налаштування приймача, оскільки приймач не відображає частотне представлення сигналу, а тільки його амплітудний спектр в реальному часі. Форма АЧХ сигналу близька до прямокутної, але окрім корисного сигналу як видно ще й присутні невеликі за амплітудою викиди шумів поза смугою частот сигналу. Ця смуга частот містить в собі три сигнали, тому умовно їх можна зобразити так, рис.4.4. Зеленим кольором позначено спектр корисного сигналу, червоним і синім спектр завад, ширина смуги частот одного сигналу, приблизно 200Гц, частота рознесення між сигналами

теж показана умовно, хоча часто буває коли в ефірі велика кількість радіостанцій або хтось із радіоаматорів неправильно вибрав частоту для зв'язку створивши перешкоду іншому радіоаматору і спектри сигналів сусідніх радіостанцій накладаються рис.4.5, в кращому випадку якщо перекриття спектрів невелике, то прийом сигналу можливий, а в гіршому потрібно зменшувати ширину смуги приймання радіоприймача і як наслідок змінюється тональність сигналу який ми чуємо.

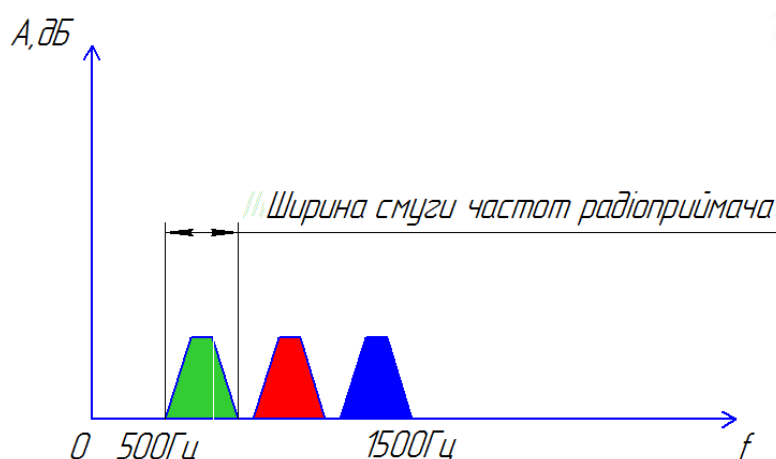


Рисунок 4.4 Умовне зображення спектру сигналу радіоприймача.

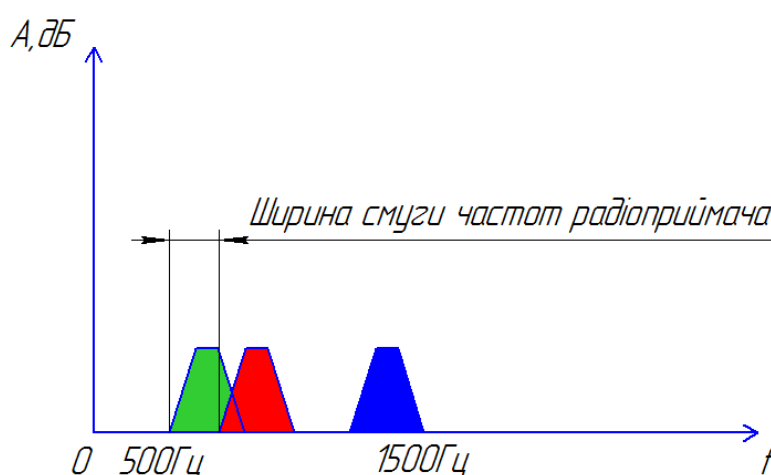


Рисунок 4.5 Накладання спектрів

В ідеальному випадку радіоприймач повинен мати смугу частот приймання таку як показано на рис.4.4, але на практиці він має смугу приймання таку як на рис.4.6 і як видно по радіоканалу проходить корисний сигнал і сигнал завади із

зміненою тональністю. Тому моделюючи фільтр в MATLAB потрібно добитися близької до ідеальної характеристики фільтра, яка буде пропускати тільки сигнал однієї радіостанції.

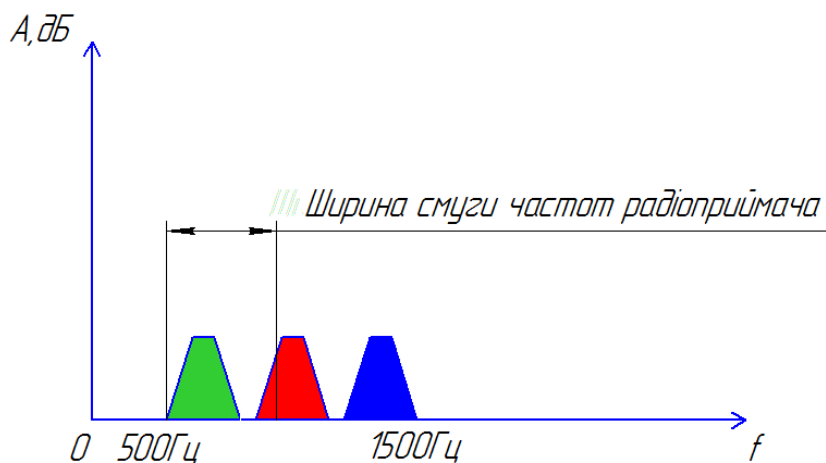


Рисунок 4.6 Неідеальність ширини смуги приймання приймача.

Для моделювання фільтра використаємо вбудований в MATLAB інструмент Filter Design & Analysis. Змоделюємо смуговий рекурсивний фільтр Баттерворта з наступними параметрами смуга пропускання від 500Гц до 700Гц, перша частота затримки 450Гц, друга 750Гц. Коефіцієнти передачі від смуги затримки до смуги пропускання, тобто від частоти 450Гц до частоти 500Гц – 20дБ, і від смуги пропускання до смуги затримки 700Гц-750Гц – теж 20дБ. Коефіцієнт передачі в смузі пропускання 1дБ. Отримуємо наступну амплітудно-частотну характеристику фільтра рис.4.7.

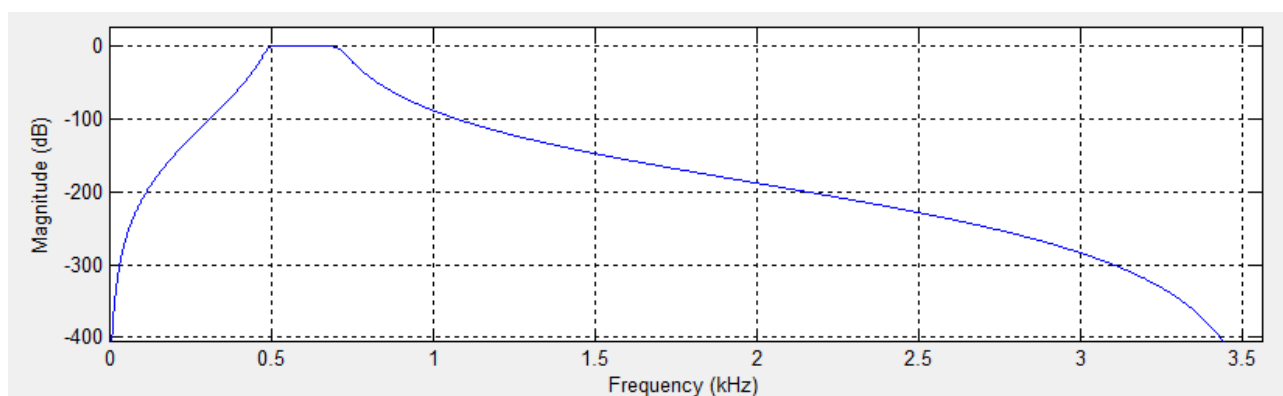


Рисунок 4.7 Характеристика смугового фільтра Баттерворта зі смугою пропускання від 500Гц до 700Гц.

Проведемо фільтрацію записаного сигналу з радіоприймача, зобразимо його часове представлення і частотне представлення.

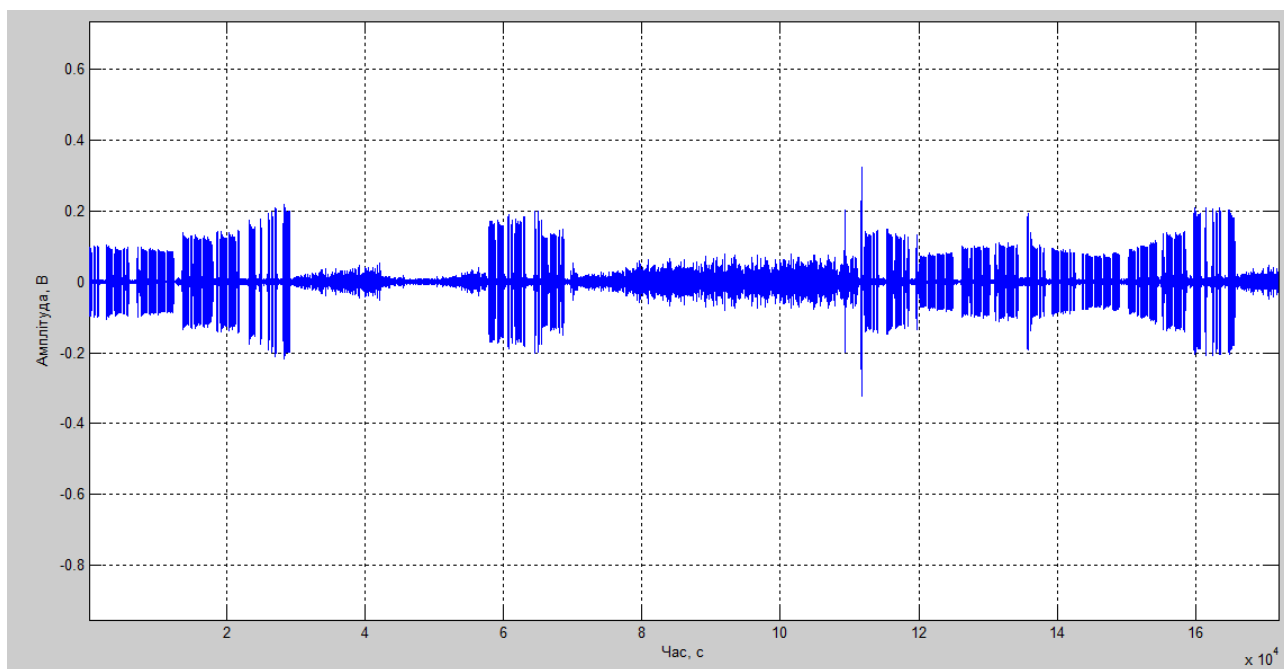


Рисунок 4.8 Часове представлення телеграфного сигналу однієї радіостанції після фільтрування.

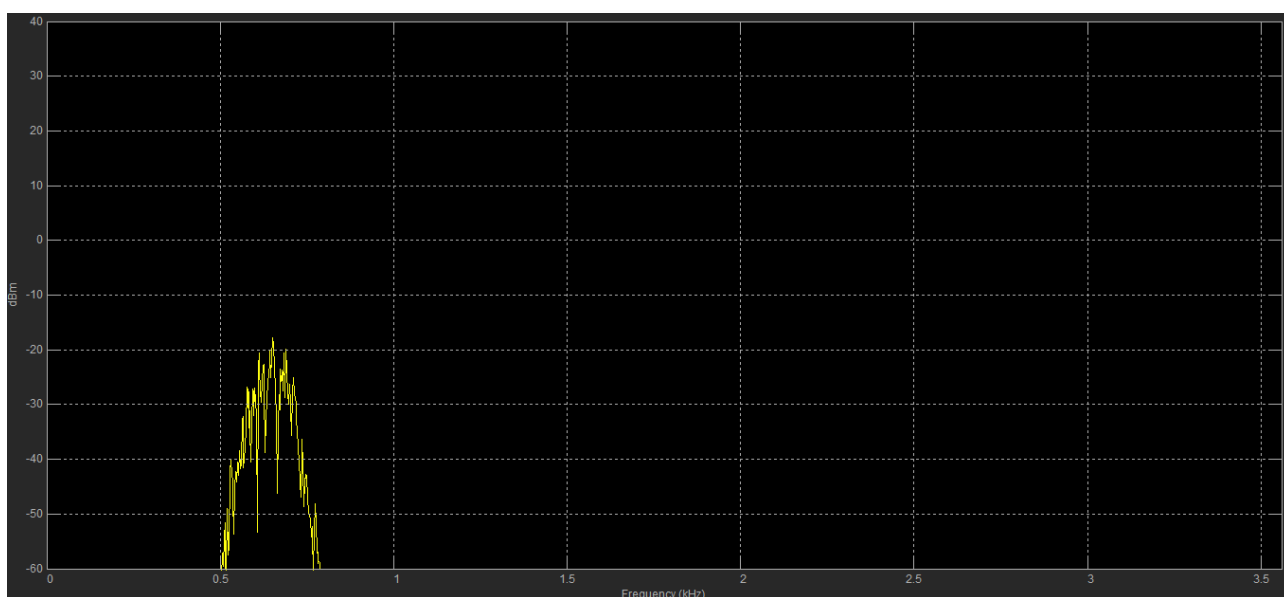


Рисунок 4.9 Частотне представлення телеграфного сигналу після фільтрування.

Порівнюючи рис.4.2 і рис.4.8 видно, що кількість імпульсів зменшилась, тобто відфільтрувалися сигнали радіостанцій завад, а також зменшився загальний рівень шумів. Деяка частина «шуму ефіру» залишилася, це пов'язано з тим що частоти цього шуму співпадають з частотами корисного сигналу і фільтр не може їх відфільтрувати, але при прослуховуванні сигналу ними можна знехтувати, так як на розбірливість сигналу вони майже не впливають.

При порівнянні рис.4.3 і рис.4.9 одразу кидається в очі вузька смуга частот корисного сигналу, все зайве: сигнали сусідніх радіостанцій, шуми по всьому діапазоні повністю відфільтрувалися. Але й варто зауважити те, що характеристика набула більш округленої форми, це означає, що сигнали які матимуть частоти, що знаходяться посередині цієї характеристики звучатимуть голосніше ніж крайні частоти. Пов'язано це з неідеальністю АЧХ фільтра.

4.2 Фільтрація телеграфного сигналу фільтром Чебишева

Тепер змодельємо фільтр з характеристикою Чебишева для тих самих частот. З рис. 4.10 можна побачити, що в порівнянні з фільтром Баттерворта характеристика має більш різкіші переходи між смугами пропускання і затримки.

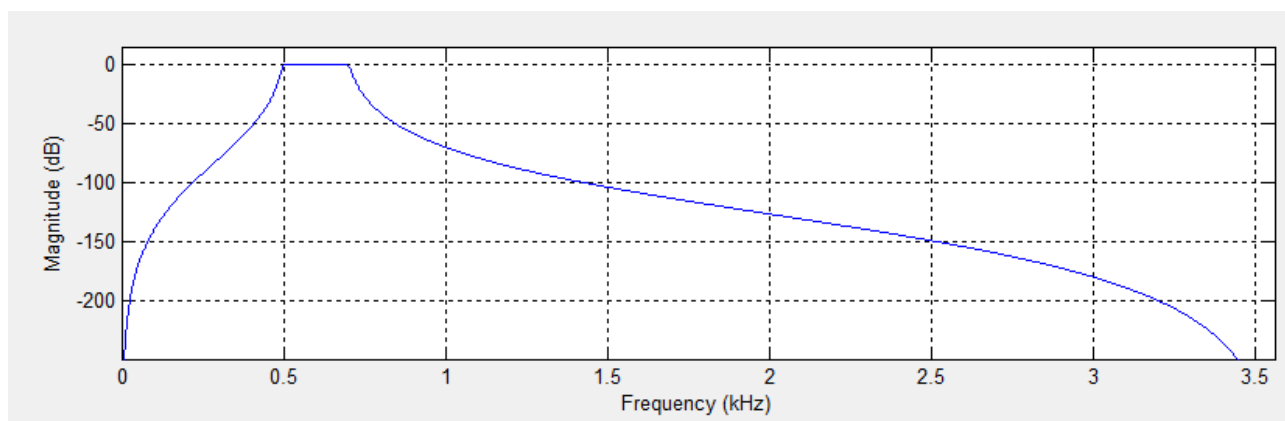


Рисунок 4.10 Характеристика смугового фільтра з Чебишева зі смугою пропускання від 500Гц до 700Гц.

Проведемо фільтрацію сигналу цим фільтром. Судячи з рис. 4.11 цей фільтр трішки краще відфільтрував завади, але здається, що і деякі частоти корисного сигналу стали меншими за амплітудою. Щоб краще це побачити побудуємо АЧХ після фільтрації.

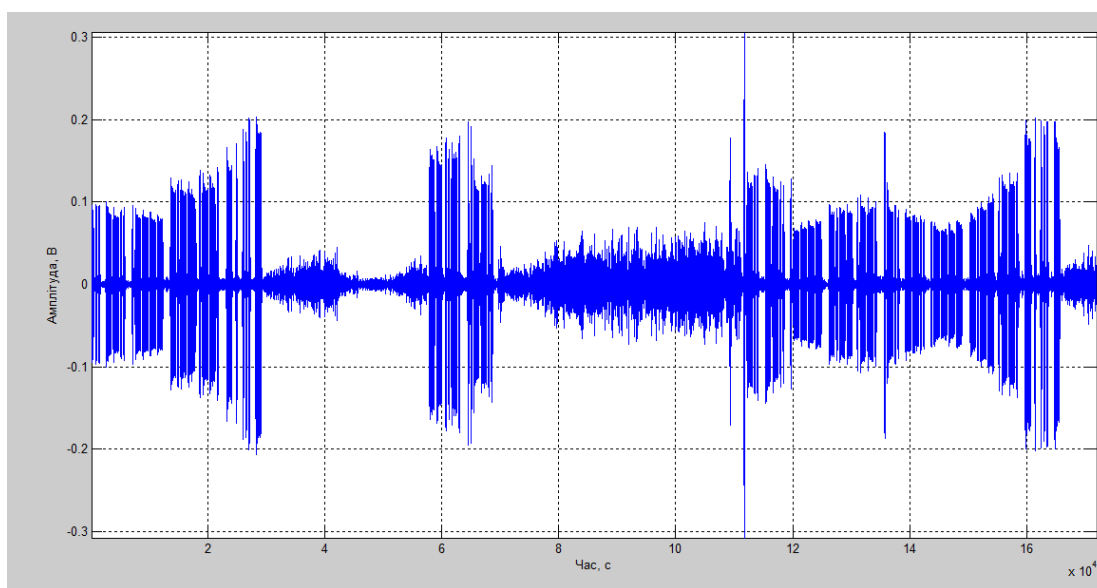


Рисунок 4.11 Телеграфний сигнал після фільтрації фільтром Чебишева

І справді, як видно з АЧХ після фільтрації рис.4.12 – характеристика стала ще більш округлою з різкими спадами по краях, ці спади характеристики якраз і подавили ще більше крайні частоти смуги сигналу. Шуми які прослуховувались після фільтрації фільтром Баттерворта прослуховується і після цієї фільтрації, їх амплітуда не змінилася.

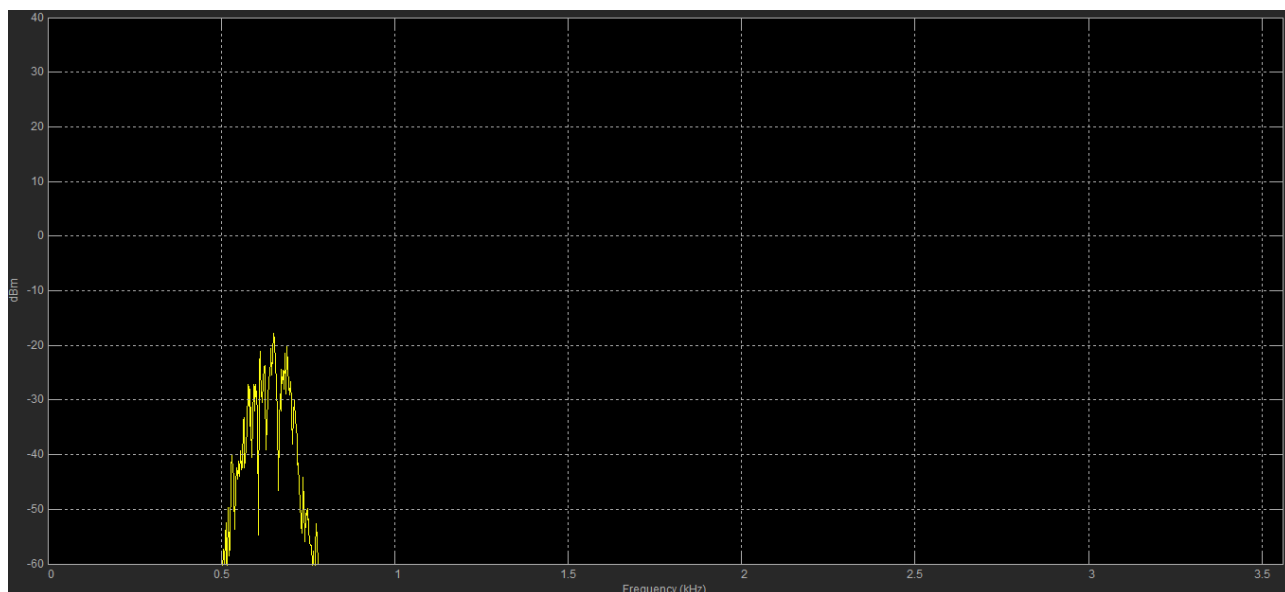


Рисунок 4.12 АЧХ телеграфного сигналу після фільтрації

4.3 Фільтрація радіотелефонного сигналу фільтром Баттерворта

Тепер перевіримо як поведуть себе фільтри при фільтрації радіотелефонного сигналу. Часове представлення радіотелефонного зв'язку представлено на рис.4.13.

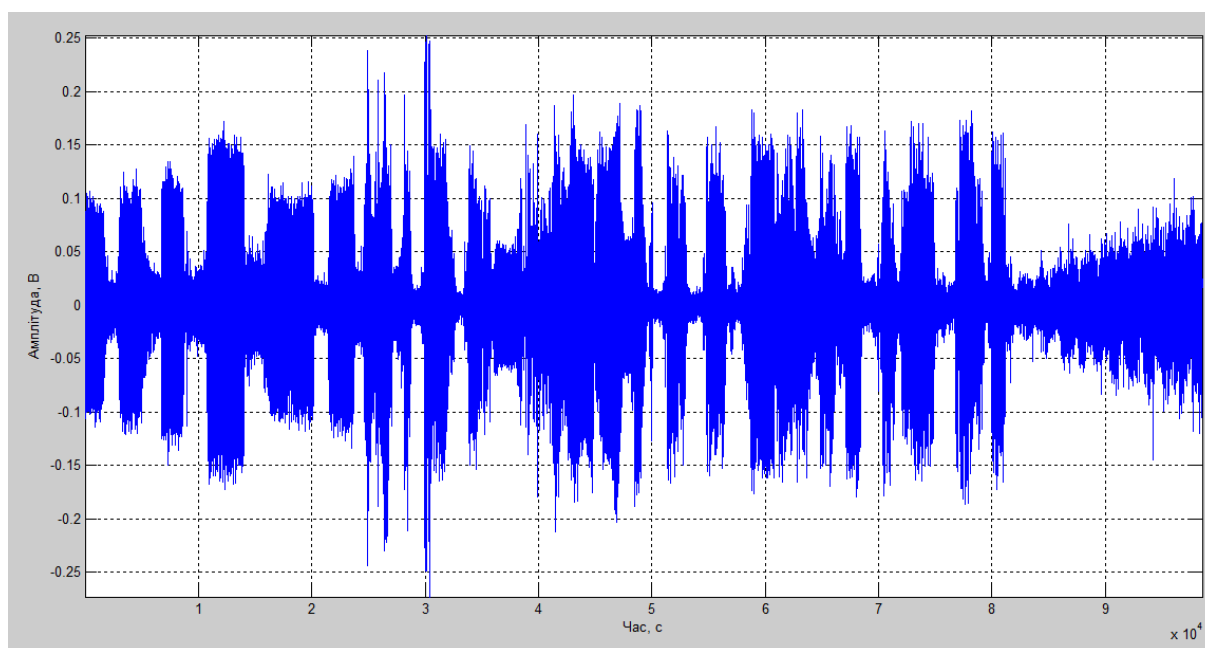


Рисунок 4.13 Часове представлення радіотелефонного сигналу записаного з радіоприймача.

В даному сигналі прослуховуються дві радіостанції і «шум ефіру», в самому записі іноземний радіоаматор подає виклик (запрошує до розмови) інших радіоаматорів.

На рис.4.14 представлена сумарна АЧХ двох сигналів, на протязі всієї характеристики спостерігаються різкі переходи між частотами, що пов'язано із тембром людського голосу, який передає цей сигнал. Також в навколо частоти 7кГц, поза межами смуги частот сигналу спостерігаються шуми.

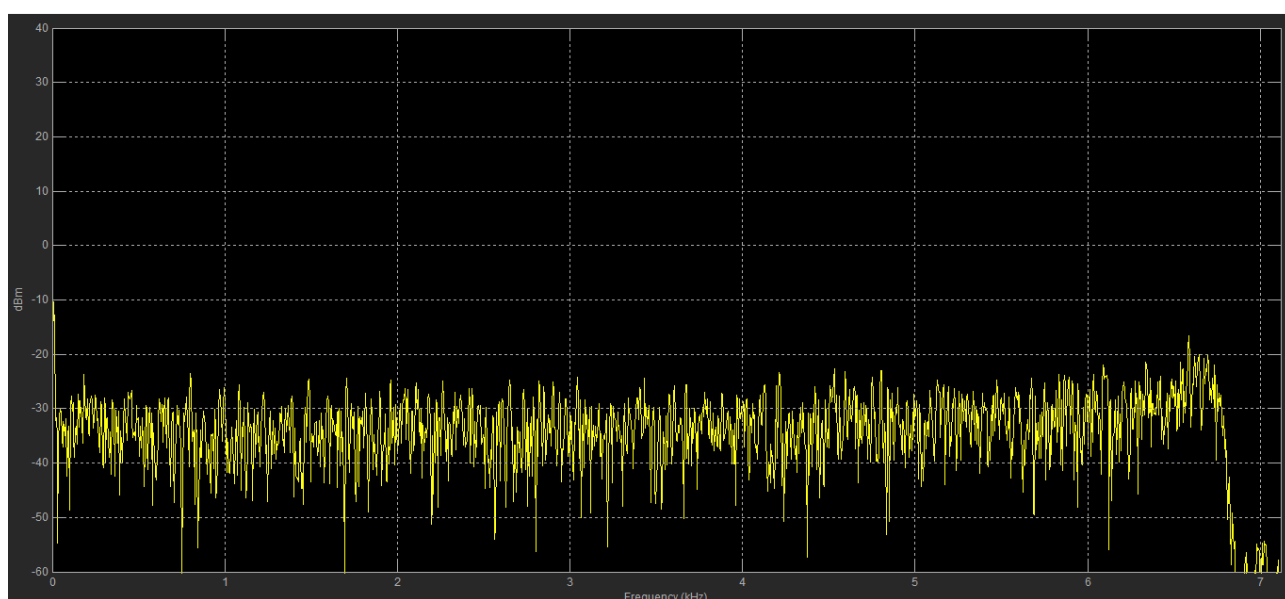


Рисунок 4.14 АЧХ радіотелефонного сигналу записаного з радіоприймача.

Проведемо моделювання фільтра Баттерворта для цього сигналу. Ширина смуги частот сигналу радіотелефонних сигналів становить 2,7кГц. Оскільки тембр людського голосу займає смугу частот від 20Гц до приблизно 4,5кГц, то встановлюємо наступні параметри фільтра перша частота затримки 10Гц, перша частота пропускання 20Гц, друга частота пропускання 2700Гц, друга частота затримки 2750Гц, коефіцієнт передачі 20дБ. Отримуємо наступну характеристику фільтра рис.4.15.

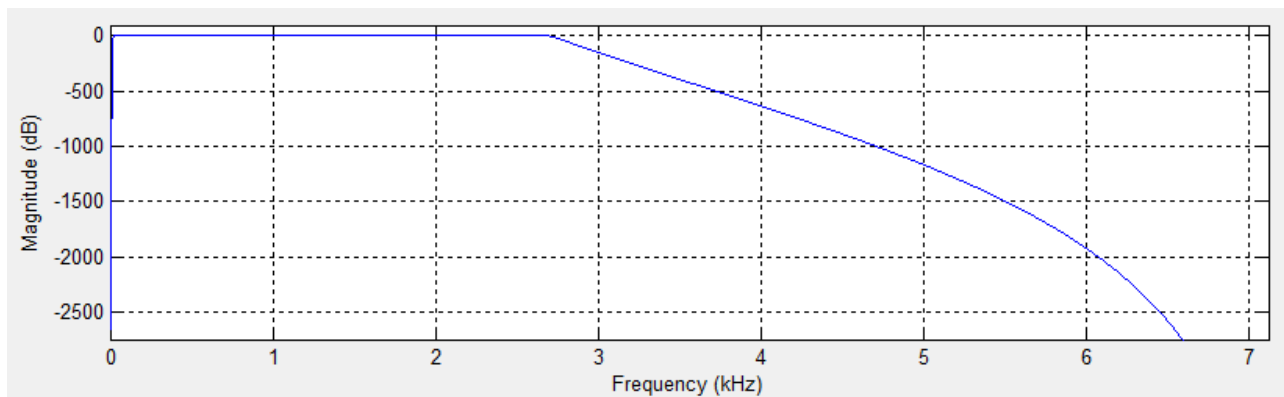


Рисунок 4.15 АЧХ фільтра Баттерворта для радіотелефонного сигналу.

Проведемо фільтрацію отриманим фільтром. Результати фільтрації зображені на рис.4.16 і рис.4.17.

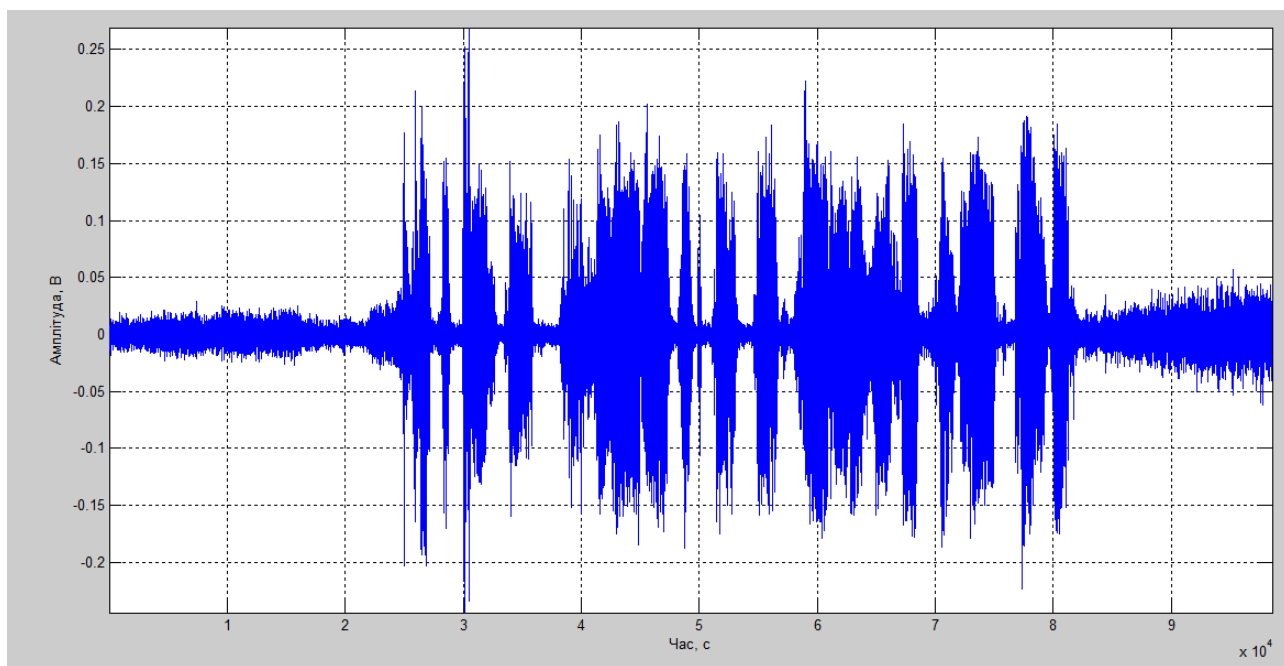


Рисунок 4.16 Сигнал з радіоприймача після фільтрації фільтром Баттерворта.

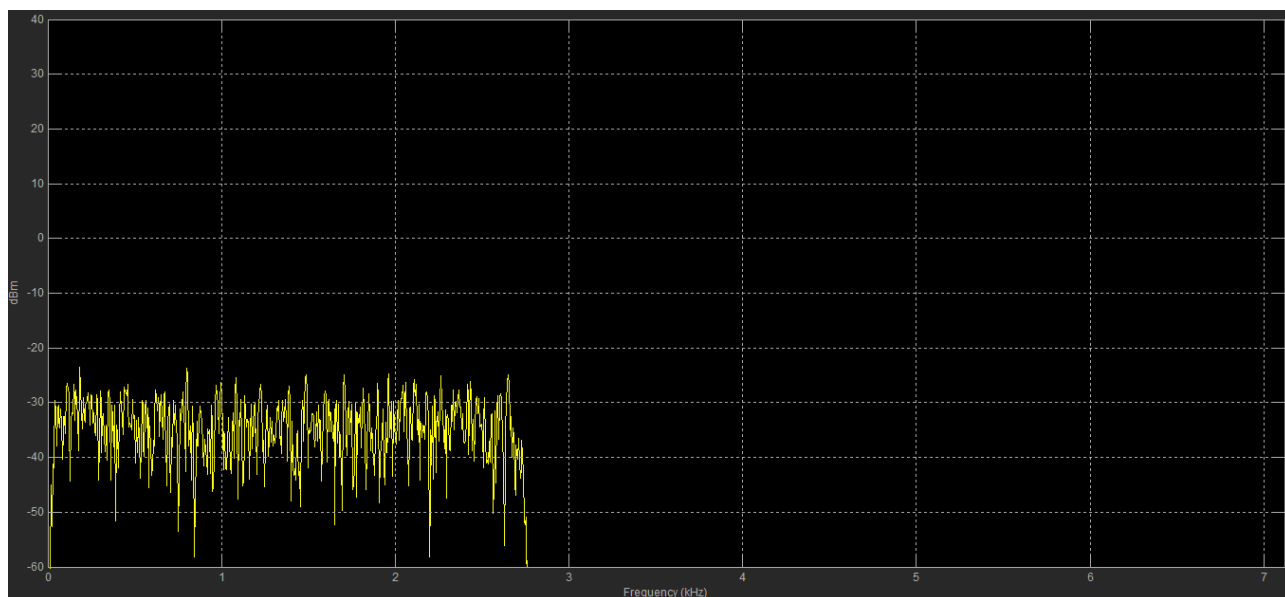


Рисунок 4.17 Спектр сигналу після фільтрації фільтром Баттерворта

Так само як і при фільтруванні телеграфного сигналу, фільтр дозволив повністю позбутися сигналу сусідньої радіостанції, і частини шумів, шуми частоти яких співпадають із спектром частот корисного сигналу, так і далі прослуховуються при відтворенні сигналу.

4.4 Фільтрація радіотелефонного сигналу фільтром Чебишева

Змоделюємо фільтр Чебишева і проведемо вище перелічені дії для цього фільтра рис.4.18 – рис.4.20.

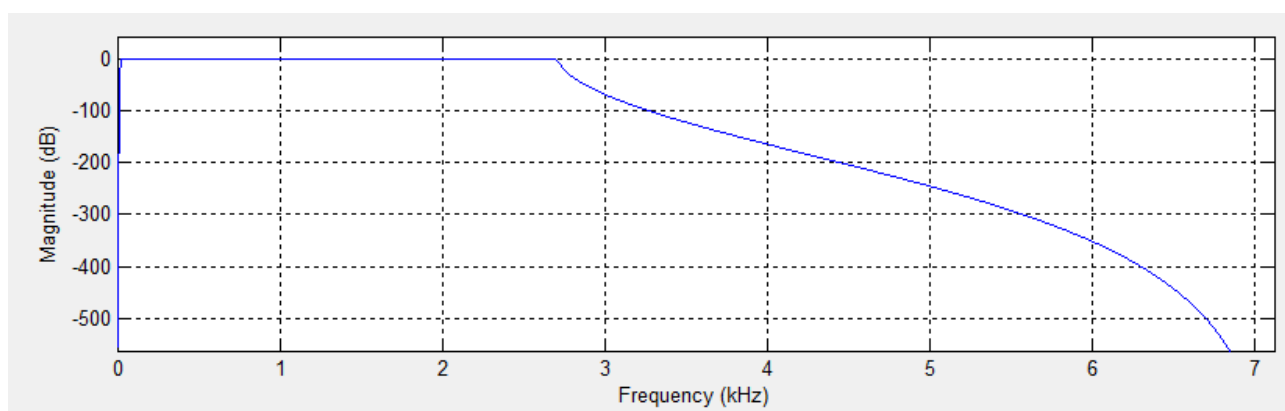


Рисунок 4.18 Характеристика фільтра Чебишева зі смугою пропускання від 20Гц до 2700Гц.

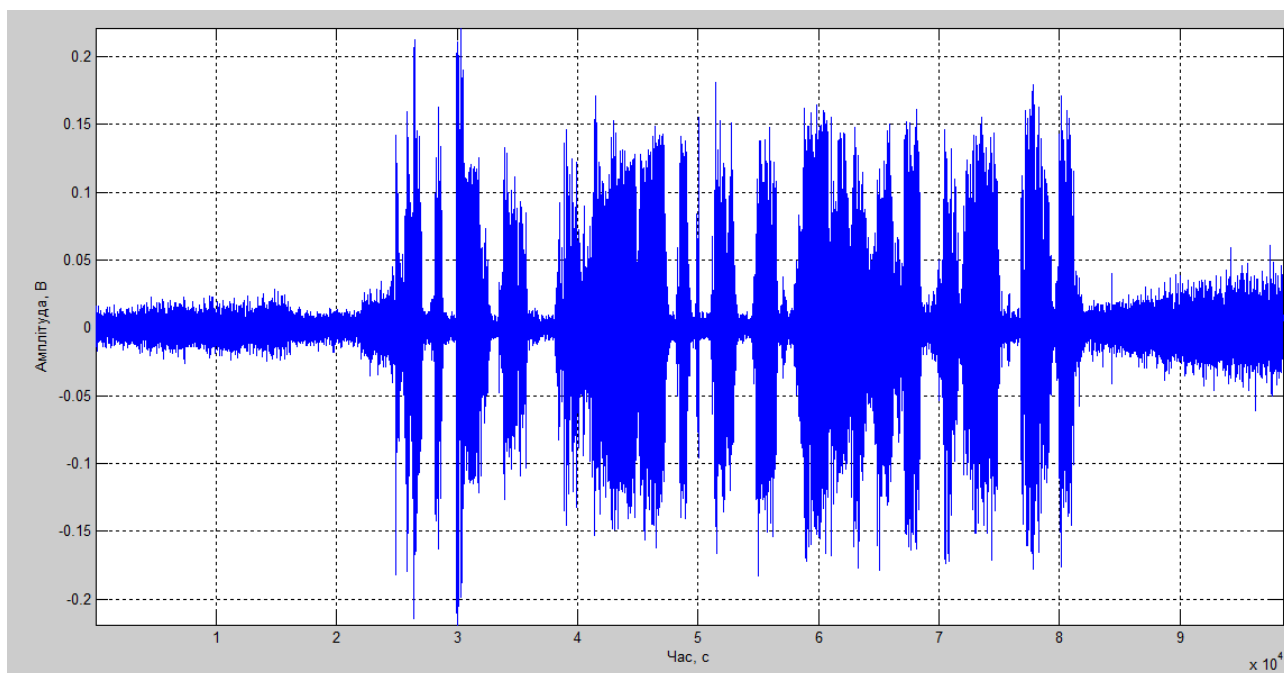


Рисунок 4.19 Радіотелефонний сигнал відфільтрований фільтром Чебишева.

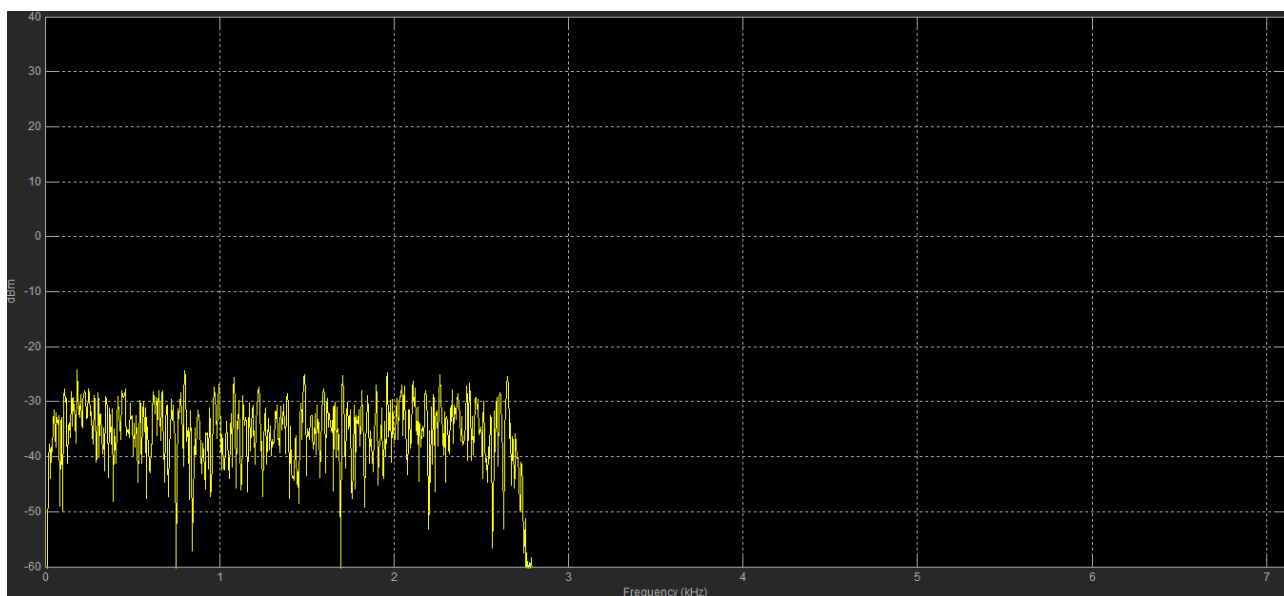


Рисунок 4.20 Спектр відфільтрованого сигналу фільтром Чебишева.

При порівнянні відфільтрованих радіотелефонних сигналів важче сказати, котрий з фільтрів кращий, оскільки спектр містить вже більше частотних складових і форма АЧХ після фільтрації сильно не відрізняється, тому можна сказати, що фільтри однаково виконали свою функцію.

Тепер визначимо експериментальним шляхом, при якому коефіцієнті передачі повністю подавлюється сигнал сусідньої станції і шуми поза межами спектру корисного сигналу.

При значенні коефіцієнту передачі в 9дБ сигнал сусідньої радіостанції перестав повністю прослуховуватись, спектр сигналу є дещо ширшим ніж при значенні цього коефіцієнту в 20дБ, також як видно з рис.4.21 з'явилися деякі в верхній частині спектру після 2700Гц.

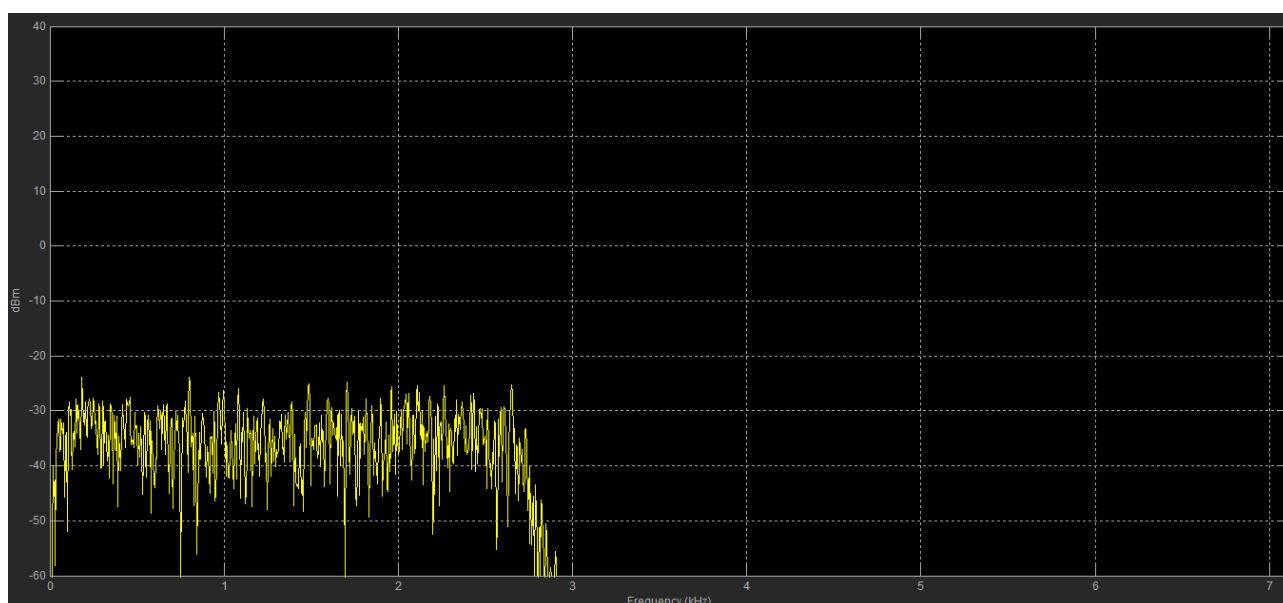


Рисунок 4.21 АЧХ відфільтрованого сигналу з коефіцієнтом передачі фільтра в 9дБ.

4.4 Висновки до розділу 4

Результати фільтрування показують, що використання фільтрів з характеристиками Баттерворта і Чебишева дають майже однакові результати, щоправда фільтр Чебишева дещо краще підходить для поставленої задачі, але це можна сказати лише досліджуючи характеристики сигналів представленні візуально (АЧХ, осцилограма), на слух результати використання фільтрів однакові. Тому для поставленої задачі підходить як смугово-пропускний фільтр Баттерворта, так і Чебишева, що для телеграфного і радіотелефонного сигналів.

Хороші параметри цих фільтрів, дозволяють не використовувати в схемах приймачів фільтри високих порядків, фільтр другого порядку з коефіцієнтом передачі 9дБ і вище повністю відфільтровує шуми.

РОЗДІЛ 5

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

У розділі обґрунтовано вибір радіоприймача Wide-band WebSDR для запису сигналу із ефіру і використання пакету прикладних програм MATLAB для моделювання фільтрів, проведення фільтрації сигналу записаного з приймача Wide-band WebSDR, використання різноманітних функцій для проведення спектрального аналізу сигналів.

5.1 Приймач Wide-band WebSDR

Досліджуванні сигнали для фільтрації були записані з онлайн SDR приймача, що знаходиться в університеті Твенте, що в Нідерландах. Працює цей онлайн-приймач завдяки радіоклубу ETGD створений спеціально для студентів та співробітників університету Твенте. Інтернет адреса цього приймача [23]. Розробником цього радіоприймача є радіоаматор з позивним PA0RDT. Базується робота цього ресурсу на SDR приймачі, котрий з допомогою потужного комп'ютера, який проводить цифрову обробку даних і виконує роль сервера, дозволяє прослуховувати сигнали радіостанцій. Сам SDR приймач представляє собою приймач з квадратурним детектором і аналогово-цифровим перетворювачем [24]. На даний момент існує декілька видів SDR приймачів, але основна мета цих приймачів прийняти сигнал і перетворити його в цифрову форму для того щоб комп'ютер вже міг провести обробку цього сигналу, виявити корисний сигнал, провести налаштування на потрібну частоту і тд. На даний час такі приймачі не перевищують розмірів USB-накопичувачів. Цей приймач може приймати сигнали з частотою від 1Гц до 30МГц, з наступними видами модуляції: амплітудна (AM), односмугова (телеграф і цифрові види зв'язку CW), односмугова (радіотелефон SSB), частотна (FM).

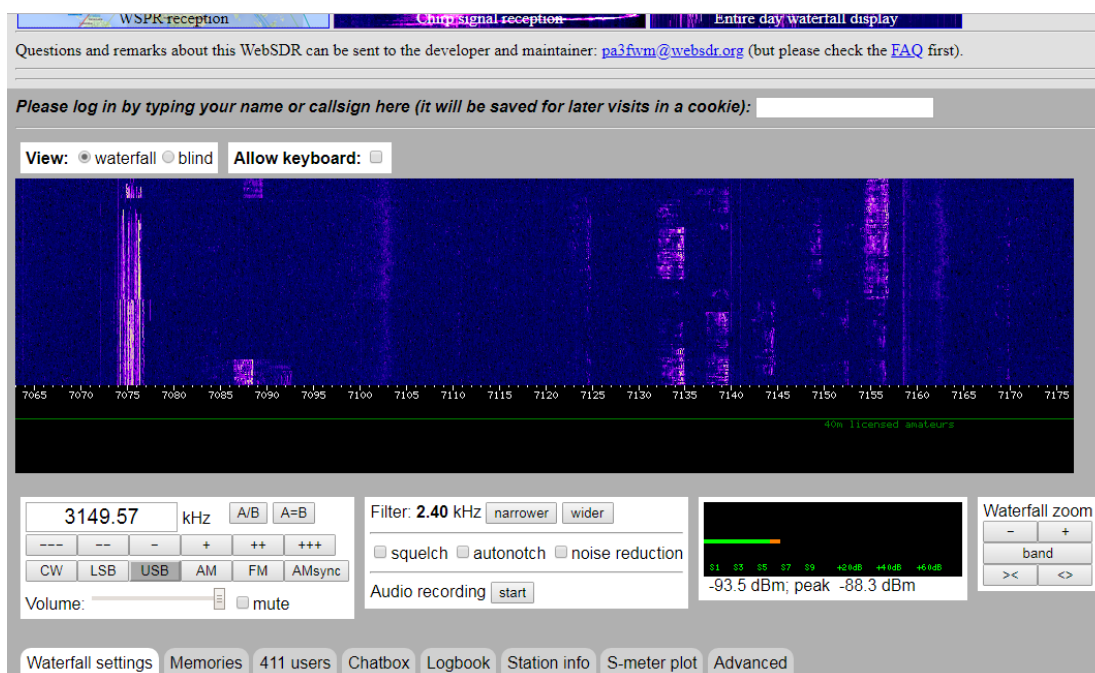


Рисунок 5.1 Веб-сторінка онлайн-приймача Wide-band WebSDR.

На рис.5.1 представлена веб-сторінка онлайн-приймача, налаштовується приймач за допомогою комп'ютерної миші шляхом прокручування ролика миші, клацанням лівої клавіші миші на частотній шкалі, введенням частоти із клавіатури або переміщенням по шкалі за допомогою клавіш “---“, “--“, “-“, “+”, “++”, “+++”. Також вище частотної шкали є візуальне відображення спектрів сигналів для зручності і точності налаштування, це відображення може бути в режимі “водоспад” так як на рис.5.1 або в режимі “спектр” так як на рис.5.2.

Клавіші “CW”, “LSB”, “USB”, “AM”, “FM”, “AMsync” відповідають за вибір модуляції сигналу. Ширина смуги прийому приймача регулюється клавішами “narrower”, “wider” відображається збоку біля цих клавіш в кілогерцах. Також тут присутні різні фільтри і шумоподавляч для зайвих сигналів і шумів (“squelch”, “autonotch”, “noise reduction”), є можливість регулювання гучності і режим “mute”. Для оцінки потужності сигналу є вбудований S-метр, котрий вимірює силу сигналу в дБ і відображає її в шкалі S, яка є оцінкою потужності сигналу. Окрім того присутні різні налаштування спектрів відображення сигналів, чат, можливість запису сигналу із приймача і скачування

його на ПК, вказано межі усіх діапазонів в межах частот приймання приймача і т.д.

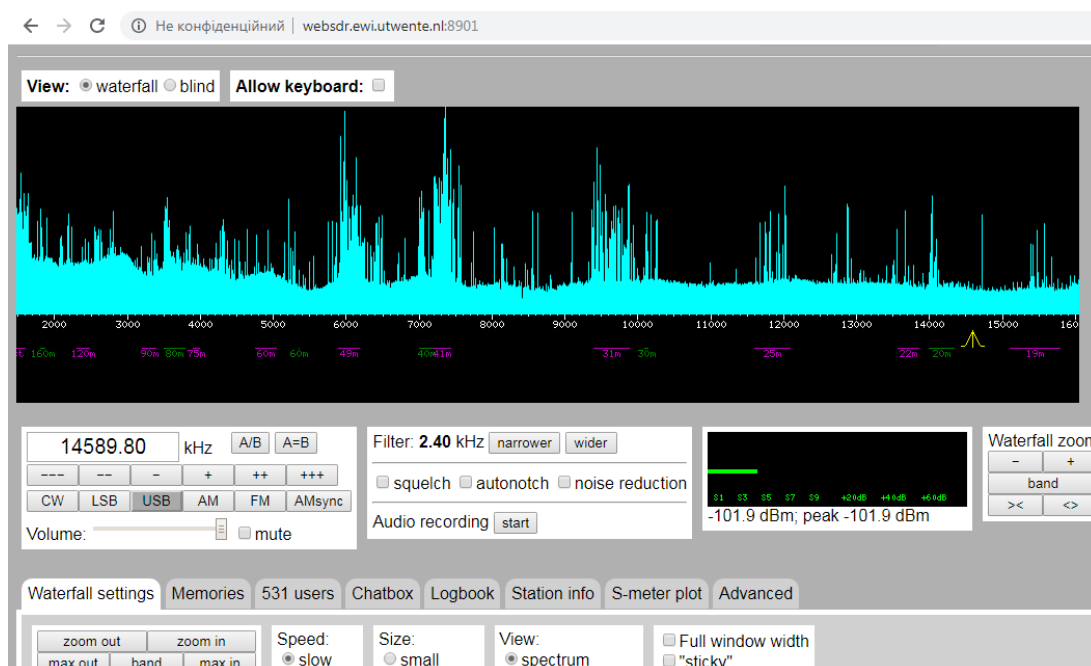


Рисунок 5.2 Веб-сторінка онлайн-приймача Wide-band WebSDR в режимі відображення сигналів “спектр”.

Цей приймач є дуже зручним, тому що дозволяє з будь-якого місця на Землі де є інтернет слухати радіосигнали з частотою від 1Гц до 30МГц, без будь яких додаткових пристрої. Крім того з його допомогою можна оцінювати деякі параметри сигналів. На веб-сторінці приймача є посилання на інші сторінки в яких учасники радіоклубу ETGD, описують про нововведення на веб-сторінці, вказують про зміни в будові приймача для покращення його параметрів, змінюють веб-сторінку додаючи нові функції і коректуючи вже існуючі. Також на цих сторінках можна знайти повну будову приймача, його схему від початку існування цього проекту.

5.2 Пакет прикладних програм MATLAB

Для дослідження сигналів записаних з онлайн-приймача використовувалось програмне забезпечення MATLAB R2014a (8.3.0.532). MATLAB — це пакет прикладних програм для числового аналізу, а також мова програмування, що використовується в даному пакеті. Система створена компанією The MathWorks і є зручним засобом для роботи з математичними матрицями, малювання функцій, роботи з алгоритмами, створення робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Хоча цей продукт спеціалізується на чисельному обчисленні, спеціальні інструментальні засоби працюють з програмним забезпеченням Maple, що робить його повноцінною системою для роботи з алгеброю.

MATLAB містить в собі набір спеціальних інструментів, що розширюють його функціональність. Набори інструментів є колекції функцій, написаних на мові MATLAB для вирішення певного класу задач. Компанія Mathworks розробила інструменти для вирішення наступних задач: в сфері цифрової обробки сигналів, зображень та даних: Image Processing Toolbox, Filter Design Toolbox, Wavelet Toolbox, DSP Toolbox, Communication Toolbox - набори функцій, що дозволяють вирішувати широкий спектр завдань обробки сигналів, зображень, проектування цифрових фільтрів і систем зв'язку. Крім перерахованих вище, існують тисячі інших наборів інструментів для MATLAB, написаних іншими компаніями і ентузіастами[25].

Основними вікнами в цій програмі є вікно введення програм Command Window, де вводиться програмний код необхідних для нас дій і вікно Workspace куди вносяться всі змінні, масиви, значення після того як ми виконаємо код у вікні Command Window. Крім того MATLAB дозволяє проводити перетворення форматів файлів і зберігати файли з новими форматами на комп'ютері, під час виконання цієї роботи проводилось перетворення файлу аудіо запису записаного з онлайн-радіоприймача в форматі wav в текстовий файл в формат txt для можливості подальшої обробки сигналу в MATLAB. В програмі є вікно вбудованого провідника з допомогою якого можна шукати потрібні файли на комп'ютері без виходу або згортання програми. Усі коди програм можна зберігати

на комп'ютері, окрім того програма сама пише історію останнього сеансу роботи в ній, і тому при незапланованому виході із програми (вимкнення програми або ПК ненароком, зникненні живлення і тд.) код програми і змінні записуються в історію і потім завжди з ними можна продовжити роботу.

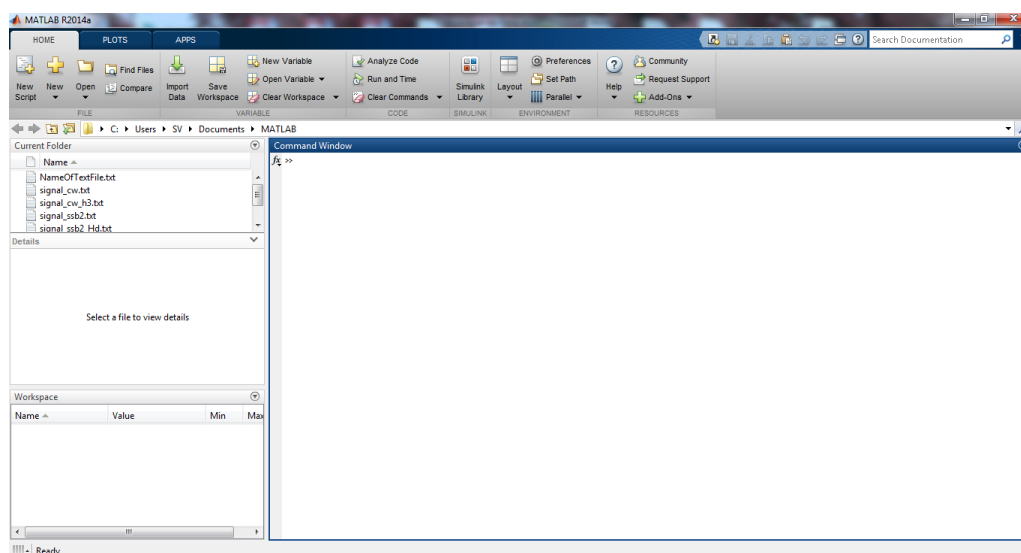


Рисунок 5.3 Головне вікно програми MATLAB.

В верхній частині вікна розміщуються вкладки “Home”, “Plots”, “Apps”. У вкладці Home знаходяться усі вищезгадані вікна, це вкладка головного вікна програми.

5.3 Побудова графіків в MATLAB

Вкладка Plots містить в собі інструменти для побудови графіків. MATLAB має велику кількість різноманітних інструментів для побудови графіків, це і 2-D графіки, 3-D графіки, діаграми, спектрограми, графіки полярних координат, гістограми і тд.

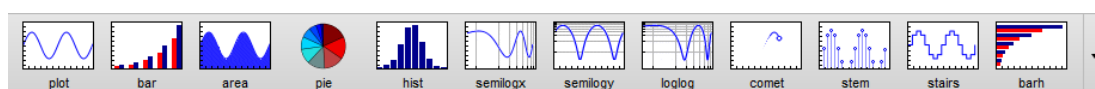


Рисунок 5.4 Панель у вкладці Plots

Вибираючи змінну або змінні у вікні Workspace в верхній частині, на панелі з'являються значки графіків, які доступні для відображення даних змінних. Але на панелі відображаються тільки основні доступні графіки, для того щоб побачити увесь асортимент графіків потрібно відкрити випадаючий список (стрілочка вниз, в правій частині панелі) і там вже будуть усі доступні графіки рис.5.5. Можливий також пошук по графіках для більш швидкого знаходження потрібного графіка.

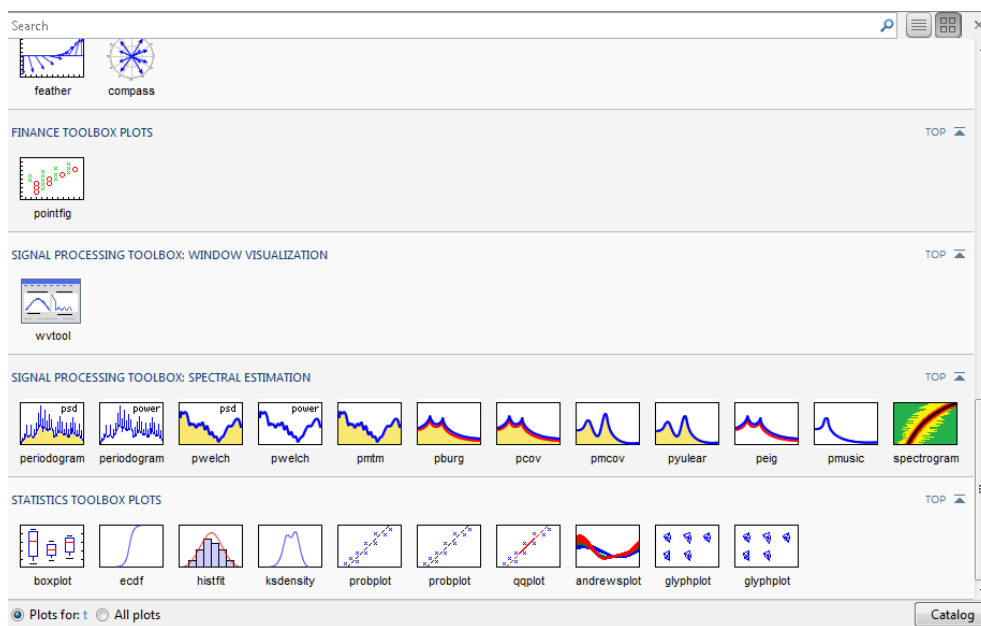


Рисунок 5.5 Випадаючий список усіх доступних графіків для змінної, змінних.

5.4 Інструмент Filter Design&Analysis

У вкладці Apps знаходяться додаткові інструменти для роботи в MATLAB згадані вище (для роботи із зображеннями, сигналами, базами даних і тд.). Вона також як і вкладка Plots має панель рис.5.6 на якій знаходяться піктограми основних інструментів, а у випадаючому списку рис.5.7 присутній повний асортимент усіх доступних інструментів.

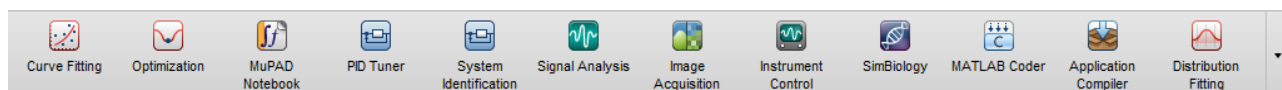


Рисунок 5.6 Панель інструментів у вкладці Apps.

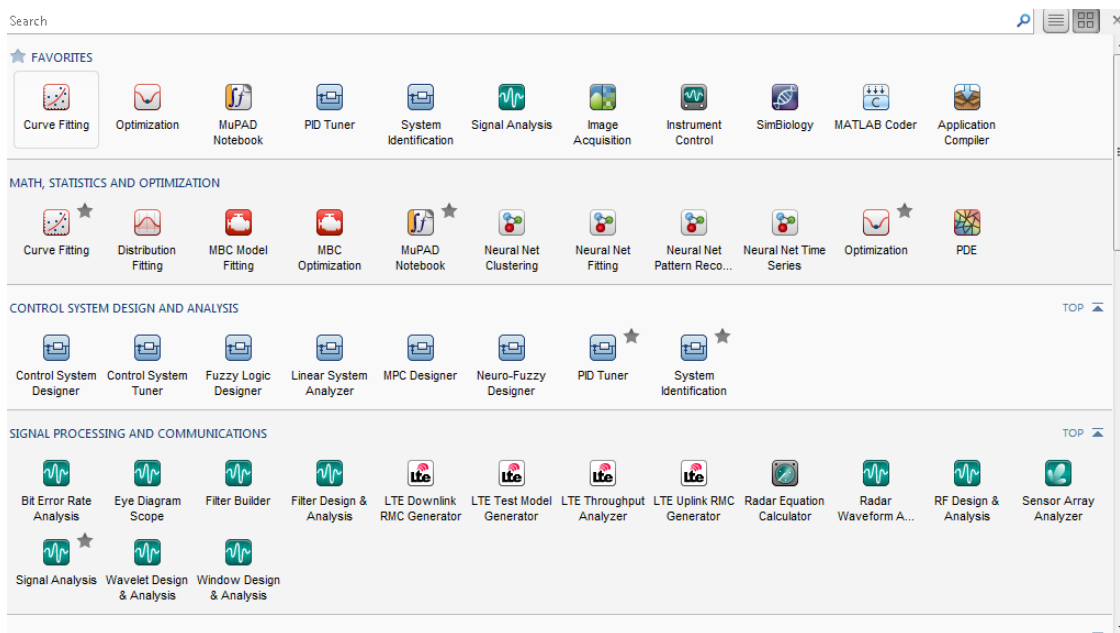


Рисунок 5.7 Випадаючий список інструментів у вкладці Apps.

Пошук у списку інструментів також доступний, окрім того для збільшення функціональності програми є можливість завантаження і розробки додаткових інструментів.

З усіх цих інструментів під час роботи використовувався додаток Filter Design&Analysis. Цей додаток призначений для моделювання фільтрів сигналів.

В головному вікні цього додатку рис.5.8 задаються основні параметри: тип фільтра, метод розробки, порядок, частоти фільтрації, коефіцієнти передачі, частота дискретизації. Після вказування усіх параметрів фільтра нажавши клавішу “Design Filter” інструмент моделює фільтр і відображає нам АЧХ цього фільтра в полі Magnitude Response, якщо нам не підходить отримана характеристика фільтра ми можемо відредагувати параметри фільтра і змоделювати його повторно. Якщо ж фільтр нас повністю влаштовує, то для подальшого використання його потрібно експортувати в MATLAB. Для цього виконуємо наступну послідовність дій File → Export, або ж натискаємо комбінацію клавіш Ctrl+E. З'являється вікно експортування фільтра рис.5.9.

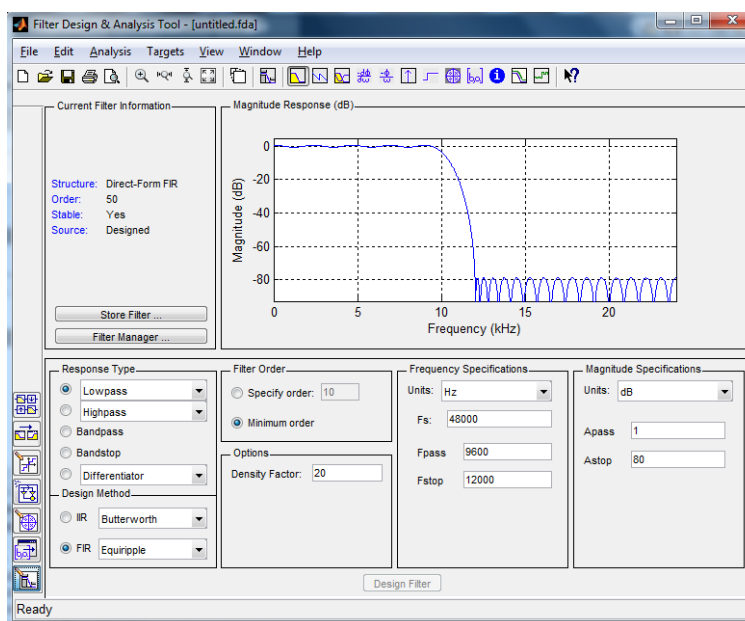


Рисунок 5.8 Головне вікно додатку Filter Design&Analysis.

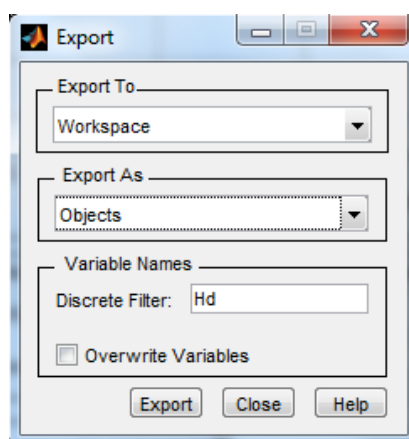


Рисунок 5.9 Вікно експортування фільтрів.

В цьому вікні ми можемо вибрати куди ми хочемо експортувати фільтр (Workspace, Coefficient File, Mat-File, SPTool), в даному випадку ми екпортуємо його в Workspace для подальшої роботи в інших варіантах експортування програма просто збереже файл на ПК з різними розширеннями. А також вибрати що саме ми хочемо експортувати коефіцієнти фільтра чи сам фільтр як об'єкт. Вказуємо експортувати як об'єкт в полі Variable Names задаємо назву фільтра і тиснемо Export. Для виконання фільтрації в MATLAB потрібно скористатися командою $\text{filter}(Hd,x)$, де Hd це назва нашого фільтра, а x сигнал який нам потрібно від фільтрувати записаний у вигляді масиву значень. Фільтр створить новий масив значень, тільки попередньо цьому масиву потрібно присвоїти якусь

змінну наприклад $y = \text{filter}(Hd, x)$, для можливості подальшої роботи з відфільтрованим сигналом.

Використовуючи інструмент Filter Design&Analysis можна також змоделювати фазо-частотну характеристику, суміщену амплітудно і фазо-частотну характеристику, побачити графіки групової і фазової затримки сигналів, полюси і нулі фільтра.

5.5 Інструмент Spectrum Analyzer

Для дослідження спектрів сигналів використовувався інструмент Spectrum Analyzer рис.5.10, що входить до набору інструментів DSP System Toolbox. Він представляє собою потужний аналізатор спектру в якому для аналізування спектру потрібно лише викликати цей інструмент, вказати частоту дискретизації і межі відображення шкали значень. Цей інструмент дозволяє дуже просто будувати АЧХ сигналів, без перетворення Фур'є чи інших операцій. Відображення сигналів може бути представлене у трьох видах: загальна спектральна потужність сигналу, загальна щільність розподілу потужності сигналу, спектральна потужність сигналу протягом часу тривалості сигналу з можливістю відображення потужності сигналу в певний момент часу. Додаток дозволяє визначати точні значення характеристик з допомогою вимірювання значень курсору який можна пересувати по графіку, знаходити максимальні значення (піки) характеристик, вимірювати інтермодуляційні і гармонічні спотворення характеристик, визначати додаткову функцію кумулятивного розподілу і тд. Ну і звичайно ж додаток дозволяє змінювати межі шкал відображення величин, масштабувати характеристики і роздруковувати ці характеристики.

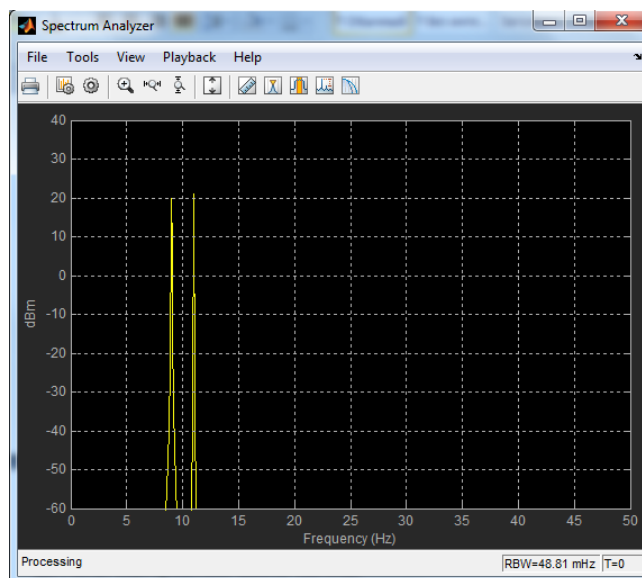


Рисунок 5.10 Вікно інструмента Spectrum Analyzer

MATLAB містить в собі велику кількість довідкової інформації. В довідці детально вказано призначення кожної команди, як її правильно записувати, вказувати її аргументи і тд.. Теж саме стосується і графіків, графіки можна будувати не використовуючи вкладки Plots, а записуючи команди у вікні Command Window, з додатками аналогічно. MATLAB має ще свою інтернет сторінку [26] на якій також дуже багато міститься інформації, як користуватися програмою, знято велику кількість відео уроків по основному використанню програми.

5.6 Висновки до розділу 5

З допомогою онлайн-приймача Wide-band WebSDR використано ПК як приймач, з якого записано сигнал радіостанції для подальшої обробки в MATLAB. В пакеті прикладних програм MATLAB ми здійснили спектральний аналіз сигналу, змодельовали фільтри, провели фільтрацію сигналів і оцінили їх параметри з допомогою графіків.

РОЗДІЛ 6

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Обґрунтування економічної ефективності розробки нових методів опрацювання радіосигналів

В умовах сучасного розвитку техніки є великий попит на інновації, особливо це стосується розробки нових пристроїв і модернізації вже існуючих. При конструюванні нових пристроїв зв'язку або інших, які працюють з радіосигналами, ключове значення має метод обробки або формування сигналів. Розробка нових методів опрацювання і формування сигналів, не завжди є успішним, але завжди тягне за собою витрати на дослідження, і для того, щоб впровадження цих методів у виробництво приносило прибуток, або як мінімум окупило себе і час потрачений на його розробку потрібно для кожного нового методу розраховувати попередньо економічну ефективність впровадження його у виробництво.

Тобто потрібно оцінити всі результати проекту і встановити, чи перевищують вигоди затрати на його здійснення. Основні способи оцінювання та аналізу: експертний, аналогій, структурних еволюційних порівнянь. Експертний спосіб полягає у попередньому дослідженні наявної ситуації проєктованого процесу. Потім проводять діагностичне дослідження з метою вивчення та порівняння фактичних характеристик із науково-рекомендованими, виявляють недоліки, резерви вдосконалення. На завершальному етапі порівнюють ключові параметри діючої системи із прогнозованими.

Спосіб аналогій передбачає вибір проекту, який виправдав себе на практиці в аналогічних умовах функціонування. Типові проекти здешевлюють впровадження, проте попередньо необхідно проаналізувати і зіставити "наші" умови з діючими.

Спосіб структурних еволюційних порівнянь базується на оцінці теперішнього стану системи та очікуваних (прогнозованих) змін цілей, завдань, попиту, виробничо-господарських результатів тощо. У процесі дослідження здійснюють аналіз, результати якого повинні відповісти на питання, наскільки певний проект відповідає перспективам розвитку і, відтак, обирають найбільш відповідний.

Якщо метою аналізу є встановлення розміру перевищення додаткових вигод від реалізації проекту над додатковими затратами, необхідними для його здійснення, то потрібно визначити методику розрахунку.

6.2 Розрахунок затрат на виготовлення активного смугового фільтра

Одним є найважливіших показників ефективності виробництва є собівартість продукції. Ми знаємо різні види собівартості:

- технологічна;
- цехова;
- заводська або виробнича;
- повна.

На підприємстві береться до уваги величина повної собівартості виробу, оскільки вона враховує всі грошові витрати підприємства на випуск та реалізацію продукції і служить основою для встановлення вільної гуртової ціни підприємства.

Розрахуємо приблизну собівартість активного смугового фільтра, схема якого представлена на рис.3.9, яким можна доповнити схему приймача, для покращення його параметрів, розрахунок проведемо по [27].

Калькуляція собівартості продукції починається з розрахунку вартості матеріалів. Для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, який в даному випадку відноситься до основних матеріалів. Вартість транспортно-заготівельних витрат визначалась як 10% від вартості матеріалу.

Таблиця 6.1

Вартість основних матеріалів

Найменування комплектуючої	Вага, кг	Ціна Гр/кг.	Сума ГР.	ТЗЗ Гр.	Загальні затрати Гр.
Склотекстоліт	0,05	330	16,5	0,165	16,665

Перелік затрат на куповані напівфабрикати і деталі подано в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Розрахунок затрат на куповані напівфабрикати і деталі

Найменування комплектуючої	К-ть Шт.	Ціна Гр.	Сума Гр.	ТЗЗ Гр.	Загальні затрати Гр.
Мікросхема	1	6	6	0,6	6,6
Конденсатор	3	0,08	0,24	0,02	0,26
Резистор	3	0,12	0,36	0,03	0,39
Разом			6,6	0,65	7,25

При виготовленні проектованого виробу користуються допоміжними матеріалами, перелік і вартість яких подано в таблиці 6.3

Таблиця 6.3

Вартість допоміжних матеріалів

Назва	К-сть, кг	Вартість (грн.)	
		За 1 кг	Сума (всіх)
Припій ПОС-61	0,001	1144	1,144
Флюс ФКСП	0,001	500	0,5
Спиртобензинова суміш	0,002	550	1,1
Всього:			2,744

Вартість основних, допоміжних матеріалів і покупних напівфабрикатів на наш вибір складає:

$$B_m = B_{OCH} + B_{ПМ} + B_D, \quad (6.1)$$

$$B_m = 16,665 + 7,25 + 2,744 = 26,689 \text{ (грн.)}$$

Транспортно-заготівельні витрати на базовому підприємстві складають 10% від вартості всіх матеріалів:

$$V_{тз} = V_{м} \cdot 0,1, \quad (6.2)$$

$$V_{тз} = 26,689 \cdot 0,1 = 2,66 \text{ (грн.)}$$

Основна заробітна плата на виріб на підприємстві складає:

$$P_{від} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{ум}}{60} \cdot C_2, \quad (6.3)$$

де $T_{ум}$ – трудомісткість виробу;

C_2 – 24,4 грн - тарифна ставка робітників IV розряду.

$$P_{від} = \frac{1,3}{60} \cdot 24,4 = 0,58 \text{ грн}$$

Таблиця 6.4

Розрахунок трудомісткості робіт

Перелік вузлів, що виготовляються	Трудомісткість робіт, нормогодин.		
	Заготівельних	Механічних	Контрольних
Друк. Плата	0,5	0,5	0,3

Додаткова заробітна плата (11% від основної):

$$ЗП_{дод} = P_{від} \cdot 0,11, \quad (6.4)$$

$$ЗП_{дод} = 0,58 \cdot 0,11 = 0,06 \text{ (грн)}$$

Розмір премії (35-40% від основної заробітної плати):

$$ЗП_{пр} = P_{від} \cdot 0,4, \quad (6.5)$$

$$ЗП_{пр} = 0,58 \cdot 0,4 = 0,232 \text{ (грн)}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок (22%):

$$ЗПвідр = (Рвід + ЗПдод) \cdot 0,22 \quad (6.6)$$

$$ЗПвідр = (0,58 + 0,06) \cdot 0,22 = 0,14 \quad (\text{грн}).$$

Накладні витрати (150-300 %):

$$НВ = (Рвід + ЗПдод) \cdot 1,5 \quad (6.7)$$

$$НВ = (0,58 + 0,06) \cdot 1,5 = 0,96 \quad (\text{грн}).$$

Виробнича собівартість:

$$СВв = Вм + Вмз + Рвід + ЗПдод + ЗПвідр + НВ \quad (6.8)$$

$$СВв = 26,689 + 2,66 + 0,58 + 0,06 + 0,14 + 0,96 = 31,08 \quad (\text{грн}).$$

Інші витрати (поза виробничі) (3-5%):

$$ІВ = СВв \cdot 0,03 \quad (6.9)$$

$$ІВ = 31,08 \cdot 0,03 = 0,9324 \quad (\text{грн}).$$

Повна собівартість:

$$СВ = СВв + ІВ \quad (6.10)$$

$$СВ = 31,08 + 0,9324 = 32,0124 \quad (\text{грн}).$$

Розрахунок собівартості робимо в таблиці 6.5

Величина прибутку у розмірі 20-25% від повної собівартості виробу. Це складає:

$$П_p = СВ \cdot 0,25 \quad (6.11)$$

$$Pr = 40,4 \cdot 0,25 = 10,1 \text{ (грн).}$$

Таблиця 6.5

Калькулювання собівартості виробу.

Статті витрат	Відсоток витрат	Значення, грн.
Матеріали		26,689
Транспортно-заготівельні витрати	10%	2,66
Основна зарплата		0,58
Додаткова зарплата	11%	0,06
Відрахування на соціальне страхування	22%	0,14
Накладні витрати	150%	0,96
Виробнича собівартість		31,08
Поза виробничі витрати	3%	9,324
Повна собівартість виробу		40,4

Вільна гуртова ціна для підприємства – це сума повної собівартості і прибутку:

$$Ц = СВ + П, \quad (6.12)$$

$$Ц = 40,4 + 10,1 = 50,5 \text{ (грн).}$$

Підприємство продає свою продукцію по договірній ціні, крім того враховується ще податок на добавлену вартість, який складає 20% від вартості товару.

$$Ц_{ндв} = Ц + Ц \cdot 0,2, \quad (6.13)$$

$$Ц_{ндв} = 50,5 + 50,5 \cdot 0,2 = 60,6 \text{ (грн).}$$

6.3 Визначення лімітної ціни пристрою

Лінійна ціна – це максимальна оптова ціна, яка відповідає певним техніко-економічним параметрам нового пристрою, відображає покращення його споживчих якостей в порівнянні з зразками, що замінюється, і зацікавлює споживача нового пристрою в його використанні

$$Ц_{л}=C_{пн}+П_{н}, \quad (6.14)$$

де $C_{пн}$ - максимальний рівень нової собівартості нового пристрою;

$П_{н}$ - нормативна величина прибутку.

Максимальна величина собівартості нового пристрою визначається таким чином:

$$C_{пн}=0,85 \cdot P_{к} \cdot C_{па}, \quad (6.15)$$

де $C_{пн}$ – нова собівартість пристрою;

0,85–нормативний коефіцієнт відносного здешевлення нового пристрою, який гарантує зниження оптових цін на одиницю кінцевого корисного ефекту;

$P_{к}$ – комплексний показник якості.

Нормативна величина прибутку на новий пристрій приймається рівною 15% від повної собівартості:

$$C_{пн}=0,85 \cdot 1,15 \cdot 40,4=39,49 \text{ (грн).}$$

$$Ц_{л}=39,49 +0,15 \cdot 40,4=45,55 \text{ (грн).}$$

6.4 Висновки до розділу 6

Провівши приблизний розрахунок собівартості доопрацювання схем приймачів шляхом встановлення активного смугового фільтра можна сказати, що така зміна схеми приймача є відносно дешевою, так як повна собівартість активного смугового фільтра становить 40,4 грн., при тому що витрата на матеріали становить з них 26,689 грн., що надає ще й економічну перевагу даному конструкторському рішенню.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Охорона праці

7.1.1 Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону

З моменту відкриття радіохвиль і до сьогодні людство все більше і більше освоює радіохвилі. Тепер наше життя знаходиться в тісній взаємодії з електромагнітними випромінюваннями (ЕМВ) і, насамперед, з електромагнітним полем Землі. Людина пристосувалася до земного поля в процесі свого розвитку, і воно стало не тільки звичною, але й необхідною умовою нашого життя. Як збільшення, так і зменшення інтенсивності діючих на людину електромагнітних полів відносно природного земного поля здатні позначитися на біологічних процесах в її організмі.

Електромагнітна сфера нашої планети визначається, в основному, електричним ($E=120\text{В/м}$ - 150В/м) і магнітним ($H=24\text{А/м}$ - 40А/м) полями Землі, атмосферним електричним радіовипромінюванням Сонця і галактик, а також полями штучних джерел. Діапазон природних і штучних полів дуже широкий: починаючи від постійних магнітних і електростатичних полів і закінчуючи рентгенівським і гамма-випромінюванням частотою $3 \cdot 10^{21}\text{Гц}$ і вище. Кожний з діапазонів електромагнітних випромінювань по-різному впливає на розвиток живого організму. На відміну від світлового, інфрачервоного й ультрафіолетового випромінювань ще не знайдено відповідних рецепторів для ЕМВ, якими б людина могла відчувати це випромінювання. Маються деякі факти про безпосереднє сприйняття клітинами мозку ЕМВ радіочастотного діапазону, про вплив низькочастотних ЕМВ на функції головного мозку, які вимагають додаткового підтвердження [28].

Джерелами електромагнітних випромінювань радіочастот є потужні радіостанції, генератори надвисоких частот, установки індукційного і діелектричного нагрівання, радари, вимірювальні і контролюючі пристрої, дослідницькі установки, високочастотні прилади і пристрої в медицині та побуті.

Джерелом електростатичного поля й електромагнітних випромінювань у широкому діапазоні частот (над - та інфранизькочастотному, радіочастотному, інфрачервоному, видимому, ультрафіолетовому, рентгенівському) є персональні електронно-обчислювальні машини (відеодисплейні термінали на електронно-променевих трубках, які використовуються як у промисловості та наукових дослідженнях, так і в побуті. Небезпеку для користувачів являє електромагнітне випромінювання монітора в діапазоні частот 20Гц-300МГц і статичний електричний заряд на екрані. Джерелами електромагнітних полів промислової частоти є будь-які електроустановки і струмопроводи промислової частоти. Чим більше струм, що протікає в них, тим вище інтенсивність полів.

В даний час визнаються джерелами ризику в зв'язку з останніми даними про вплив електромагнітних полів промислової частоти: електроплити, електрогрилі, праски, холодильники (при працюючому компресорі). Джерелом підвищеної небезпеки з погляду електромагнітних випромінювань є також мікрохвильові печі, телевізори будь-яких модифікацій, радіотелефони.

Електромагнітне поле представляє особливу форму матерії. Будь-яка електрична заряджена частка оточена електромагнітним полем, що складає з нею єдине ціле. Але електромагнітне поле може існувати й у відділеному від заряджених часток вигляді, як випромінювання фотонів, що рухаються зі швидкістю, близької до $3 \cdot 10^8$ м/с, або випромінювання у вигляді електромагнітного поля (електро-магнітних хвиль).

Біологічна дія ЕМХ залежить від частоти та інтенсивності випромінювання, тривалості та умов опромінювання. Розрізняють термічну (теплову) дію та функціональні й морфологічні зміни.

Відомим проявом дії ЕМХ на організм людини є нагрівання тканин та органів. Це веде до їх змін та пошкоджень. Теплова дія характеризується

загальним підвищенням температури тіла або локалізованим нагріванням тканин. Нагрівання особливо небезпечно для органів із слабкою терморегуляцією (мозок, очі, органи кишкового та сечостатевого тракту). ЕМВ із довжиною хвилі 1см -20см шкідливо діє на очі, викликаючи катаракту (помутніння кришталика) та втрату зору.

Морфологічні зміни – це зміни будови та зовнішнього вигляду тканин і органів тіла людини (опіки, омертвіння, крововиливи, зміни структури клітин та ін). Вони спостерігаються у тканинах периферичної, центральної нервової та серцево-судинної системи, зумовлюючи порушення регуляторних функцій та нервових зв'язків в організмі або зміну структури самих клітин, зниження кров'яного тиску (гіпотонія), уповільнення ритму скорочення серця (брадикардія) та ін.

Функціональні зміни проявляються у вигляді головного болю, порушення сну, підвищеної стомливості, дратівливості, пітливості, випадення волосся, болях у області серця, зниження статевої потенції та ін.

Кількісно вплив електромагнітного поля на людину оцінюється величиною поглинутої її тілом електромагнітної енергії, $W, \text{Вт}$, або питомої енергії, що поглинається $W_p, \text{Вт/кг}$. Наприклад, для оцінки імовірної дії електромагнітного поля від радіотелефонів визначають потужність електромагнітних полів, що поглинається на один кілограм мозку — параметр SAR (Specific Absorbing Rate). Найкращі моделі радіотелефонів мають значення SAR $0,2 \text{Вт/кг}$ і нижче.

Основні заходи захисту від ЕМВ — це захист часом, захист відстанню, екранування джерел випромінювання, зменшення випромінювання в самому джерелі випромінювання, виділення зон випромінювання, екранування робочих місць, застосування засобів індивідуального захисту.

7.1.2. Випромінювання оптичного діапазону

До випромінювань оптичного діапазону відносять електромагнітні поля інфрачервоного (ІЧ) та ультрафіолетового (УФ) діапазону [28], створювані

різними джерелами, у тому числі і випромінювання оптичних квантових генераторів – лазерні випромінювання .

Характеристика ІЧ випромінювань

Інфрачервоне випромінювання (теплове) виникає скрізь, де температура вище абсолютного нуля, і є функцією теплового стану джерела випромінювання. Більшість виробничих процесів супроводжується виділенням тепла, яке виділяється виробничим устаткуванням і матеріалами. Нагріті тіла віддають своє тепло менш нагрітим трьома способами: теплопровідністю, тепловипромінюванням, конвекцією. Дослідження показують, що близько 60% тепла, що втрачається, приходиться на частку тепловипромінювання. Променева енергія, проходячи простір від нагрітого тіла до менш нагрітого, переходить у теплову енергію в поверхневих шарах тіла, що опромінюється. У результаті поглинання випромінюваної енергії підвищується температура тіла людини, конструкцій приміщень, устаткування, що в значній мірі впливає на метеорологічні параметри (приводить до підвищення температури повітря в приміщенні). Джерела ІЧ випромінювання поділяються на природні (природна радіація сонця, неба) і штучні - будь-які поверхні, температура яких вища порівняно з поверхнями, що опромінюються. Для людини це все поверхні $t^{\circ} > 36^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$.

По фізичній природі ІЧ випромінювання являє собою потік матеріальних часток, яким притаманні квантові і хвильові властивості. ІЧ випромінювання охоплює область спектра з довжиною хвилі 0.78мкм-540мкм.

Вплив ІЧ випромінювань на людину

ІЧ випромінювання чинять на організм в основному тепловий вплив. Ефект дії ІЧ випромінювання залежить від довжини хвилі, що обумовлює глибину його проникнення. Дія ІЧ випромінювань при поглинанні їх у різних шарах шкіри зводиться до нагрівання її. При цьому збільшується обмін речовин, збільшується вміст натрію і фосфору в крові, зменшується число лейкоцитів, відбувається

поляризація шкіри людини. ІЧ випромінювання впливає на функціональний стан центральної нервової системи, приводить до змін у серцево-судинній системі, частішає пульс і дихання, підвищується температура тіла, посилюється потовиділення. ІЧ випромінювання діють на слизову оболонку очей, кришталик і можуть привести до патологічних змін в очах: помутніння рогівки і кришталика, кон'юнктивіту, опіку сітківки. При тривалому перебуванні в зоні ІЧ випромінювань відбувається порушення теплового балансу в організмі. Порушується робота терморегулюючого апарату, підсилюється діяльність серцевосудинної і дихальної систем, підсилюється потовиділення, відбувається втрата потрібних організму солей. Втрата організмом солей позбавляє кров здатності утримувати воду, що приводить до швидкого виділення з організму знову випитої рідини. Порушення теплового балансу викликає захворювання, що називається гіпертермією. Температура в цьому випадку може досягати 40° (температура живої людини 26°C - 43°C) із запамороченнями, частішанням пульсу і дихання, втратою свідомості, зміною зорового відчуття. При систематичних перегріваннях підвищується сприйнятливність до застуд. Спостерігається зниження уваги, підвищується стомлюваність, знижується продуктивність праці

Характеристика УФ випромінювань

Ультрафіолетові промені в електромагнітному спектрі розташовуються між тепловою і проникаючою радіацією і носять риси як тієї, так і іншої. Довжина хвилі 390-6 нм. За способом генерації вони відносяться до теплової частини випромінювання, а по дії – на поглинаючі тіла – ближче підходять до проникаючій радіації, хоча викликають також і тепловий ефект. Особливістю УФВ є їх висока сорбційність - їх поглинає більшість тіл.

Спектр УФВ має велику довжину і викликає різні дії. Він розбитий на наступні області: УФА (390нм-315нм, ГДР $\rightarrow 10\text{Вт}/\text{м}^2$), УФВ (315нм-280нм, ГДР $\rightarrow 10^3\text{Вт}/\text{м}^2$), УФС (280нм-6нм, ГДР $\rightarrow 10^2\text{Вт}/\text{м}^2$). Температурні випромінювачі починають створювати УФВ при температурі 1900°C .

УФВ виникає при роботі радіоламп, ртутних випрямлячів, експлуатації ОКГ, при обслуговуванні ртутно-кварцевих ламп, при зварювальних роботах.

Інтенсивність УФВ і його спектральний склад на робочому місці залежить від температури нагрівача, наявності газів (озону), пилу і відстані від робочого місця до джерела випромінювання. Пил, газ, дим поглинають УФВ і змінюють його спектральну характеристику. Повітря практично не прозоре для $\lambda < 185\text{нм}$ через поглинання УФВ киснем. У зв'язку з тим, що УФВ розсіюються і поглинаються в запиленому середовищі й у газах, розрахувати рівні УФ випромінювання на визначеній відстані від джерела складно і їх тільки вимірюють.

УФ радіація викликає зміну складу виробничої атмосфери. Утворюються озон, оксиди азоту, перекис водню, відбувається іонізація повітря. Хімічна й іонізуюча дія УФВ обумовлює утворення в атмосфері ядер конденсації, на яких розсіюється світло й освітленість робочих місць знижується, утворюються тумани.

Вплив УФ випромінювання на організм людини

Шкідлива дія УФВ на біологічні тканини пов'язана з поглинанням випромінювання нуклеїнової кислотою і зведеними білками клітин, протіканням у цих з'єднаннях світлохімічних реакцій. Відбувається часткова загибель клітин шкіри, прискорена їх поліферація, зміна форми і розміру. УФВ діють як подразник, що діє на нервові закінчення шкіри і викликає зміни в організмі, викликає дерматити, екземи, набряклість. Має місце також утворення ракових пухлин при довжині хвилі 280-303 нм. Разом з цим УФВ впливають на центральну нервову систему, в результаті виникають загальнотоксичні симптоми - головний біль, підвищення температури, стомленість, нервові порушення.

Ступінь ураження шкіри УФВ залежить від кількості поглиненої енергії. Для появи ледь помітного почервоніння шкіри достатній потік енергії 30Дж/см^2 (в окремих випадках 8Дж/см^2). Для характеристики біологічної дії УФВ користаються визначенням - мінімальної еритемної дози - найменшої енергетичної дози опромінення, яке приводить через 8 годин до почервоніння шкіряного покриву (еритеми), що зникає на наступну добу. Еритемна одиниця - рівномірне випромінювання з довжиною хвилі 296,7нм і щільністю потоку

20мВт/м² (супроводжується різко вираженим почервонінням шкіри з больовим відчуттям). Максимальний еритемний ефект λ приходить на випромінювання з довжиною хвилі 260нм. При $\lambda < 290$ нм УФВ поглинається шкірою цілком. Більш глибоких тканин досягають тільки 10% енергії з довжиною хвилі 290нм -320нм і до 50% при $\lambda = 320$ нм -380нм. Багаторазове, триваюче роками УФ опромінення прискорює старіння і збільшує ймовірність розвитку раку шкіри.

Велику небезпеку створюють УФВ для органів зору. УФВ поглинається в основному рогівкою і кон'юктивою. Найбільше ураження рогівки викликає $\lambda = 288$ нм. Мінімальна величина енергії, що викликає відповідну реакцію в кришталіку, в 2-3 рази вище, ніж відповідна величина її для рогівки. Тобто опік рогової оболонки відбудеться раніше, ніж виникне ураження кришталіка.

Характеристика лазерного випромінювання.

В даний час лазерна техніка знаходить дуже широке застосування. Зараз нараховується більше 200 галузей застосування ОКГ. Вони використовуються в дальнометрії, системах передачі інформації, телебаченні, спектроскопії, в електронній та обчислювальній техніці, при забезпеченні термоядерних процесів, біології, медицині, у металообробці, металургії, при обробці твердих і надтвердих матеріалів, при зварювальних роботах і ін.

Біологічна дія лазерного випромінювання

Під біологічною ЛВ дією розуміють сукупність структурних, функціональних і біохімічних змін, що виникають у живому організмі. ЛВ впливають на весь організм – шкіру, внутрішні органи, але особливо небезпечно для зору. Результат впливу лазерного випромінювання визначається як фізіологічними властивостями окремих тканин (відбиваючою і поглинаючою здатністю, теплоємністю, акустичними і механічними властивостями), так і характеристиками ЛВ (енергія в імпульсі, щільність потужності, довжина хвилі, тривалість дії, площа опромінювання). Тому що біологічні тканини мають різні характеристики поглинання, ЛВ діє вибірково на різні органи. При дії лазерного випромінювання на біологічні об'єкти розрізняють термічний та ударний ефекти.

1. Термічний ефект. Ураження ЛВ подібне до теплового опіку: відбувається омертвіння тканин у результаті опіку. Для ЛВ характерні різкі границі уражених ділянок і можливість концентрації енергії в глибоких шарах тканини. На характер ушкодження сильно впливає ступінь природного зафарблення (пігментації), мікроструктура і щільність тканин.

2. Ударний ефект. Причиною багатьох видів ураження ЛВ є ударні хвилі. Різке підвищення тиску поширюється спочатку з надзвуковою швидкістю, а потім сповільнюється. Ударна хвиля може виникнути як на поверхні тіла, так і у внутрішніх органах. Поширення ударної хвилі в організмі приводить до руйнування внутрішніх органів без яких-небудь зовнішніх проявів.

7.1.3. Іонізуючі випромінювання

Швидкий розвиток ядерної енергетики і широке впровадження джерел іонізуючих випромінювань у різних областях науки, техніки і народного господарства створили потенційну загрозу радіаційної небезпеки для людини і забруднення навколишнього середовища радіоактивними речовинами. Слід мати на увазі, що в основному людина піддається іонізуючим опромінюванням природного походження (космічного та земного). На частку земного опромінювання припадає 5/6 природного опромінювання, в основному внаслідок дії радіоактивних нуклідів, що попадають в організм з їжею, водою та повітрям. Радіоактивні ізотопи містяться у гірничих породах (калій-40, уран-238, торій-232 та ін.), які широко використовуються в будівництві та інших галузях господарства. Останні дослідження показали, що значна частка природного опромінювання припадає на газ радон, якій утворюється при розпаду урану та торію і виділяється з породи, при розпилу води та спалюваній газу. В закритих приміщеннях концентрація радону може досягати кількох тисяч Бк/м³. Додаткове опромінювання людина долучає за рахунок викидів твердих часток, які вміщують радіоактивні сполуки при спалюванні вугілля і мазуту. Серед штучних джерел іонізуючого опромінювання важливим для сучасної людини є медичні

дослідження та радіотерапія. Так, при рентгенографії зубів доза опромінювання у черепі може досягати 60мкЗв – 130мкЗв. Середній світовий рівень додаткової дози від медичних процедур дорівнюється 0,4мЗв на рік, що складає 20% від фонового опромінювання.

Радіоактивність — мимовільне перетворення (розпад) атомних ядер деяких хімічних елементів (урану, торію, радію, та ін.), що приводить до зміни їхнього атомного номера і масового числа [28]. Такі елементи називаються радіоактивними.

Радіоактивні речовини розпадаються із чітко визначеною швидкістю, вимірюваної періодом напіврозпаду, протягом якого розпадається половина всіх атомів. Радіоактивний розпад не може бути зупинений чи прискорений яким-небудь способом.

У результаті радіоактивних перетворень можуть виникати різні частки з різною енергією α , β , фотони, (γ -рентгенівські промені).

Альфа-випромінювання— потік позитивно заряджених часток (ядер атомів гелію), що утворюються при розпаді ядер або при ядерних реакціях. Вони мають велику іонізуючу дію, але малу проникаючу здатність.

Бета-випромінювання — потік негативно заряджених часток (електронів) або позитивних(позитронів), що відтворюються при розпаді ядер або нестабільних часток. Пробіг β - часток в повітрі складає приблизно 3,8м/МеВ. Іонізуюча здатність часток на два порядки нижче α -часток.

Гамма випромінювання являють собою короткохвильове електромагнітне випромінювання (фотонне випромінювання). Воно відтворюється при змінах енергетичного стану атомних ядер, а також при ядерних утвореннях.

Рентгенівське випромінювання також є електромагнітне (фотонне) випромінювання, яке відбувається при змінах енергетичного стану електронів атома, або при зменшенні кінетичної енергії заряджених часток (гальмове випромінювання). Гамма та рентгенівські випромінювання мають невелику іонізуючу дію, але дуже велику проникаючу здатність.

Механізм взаємодії випромінювання з речовиною залежить від властивостей середовища, виду та енергії випромінювання.

Іонізуюче випромінювання, впливаючи на живий організм, викликає в ньому ланцюжок оборотних і необоротних змін, що призведуть до тих чи інших біологічних наслідків, що залежать від впливу й умов опромінення. Первинним етапом — спусковим механізмом, що ініціює різноманітні процеси, які відбуваються в біологічному об'єкті, є іонізація і порушення молекулярних зв'язків. У результаті впливу іонізуючого випромінювання порушуються нормальний плин біохімічних процесів і обмін речовин в організм, блокуються процеси регенерації та поділу клітин. Відомо, що 2/3 загального складу тканини людини складають вода і вуглець: вода під впливом випромінювання розщеплюється на водень Н і гідроксильну групу ОН, що або безпосередньо, або через ланцюг вторинних перетворень утворюють продукти з високою хімічною активністю: гідратний оксид HO_2 і перекис водню H_2O_2 . Ці з'єднання взаємодіють з молекулами органічної речовини тканини, окисляючи і руйнуючи її.

У залежності від величини поглиненої дози випромінювання й індивідуальних особливостей організму викликані зміни можуть бути оборотними чи необоротними. Будь-який вид іонізуючих випромінювань викликає біологічні зміни в організмі як при зовнішньому (джерело знаходиться поза організмом), так і при внутрішньому опроміненні (радіоактивні речовини попадають всередину організму, наприклад пероральним чи інгаляційним шляхом).

7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Дія електричного струму на організм людини, види електротравм

Із збільшенням використання електроенергії у всіх галузях народного господарства, збільшується і загальна кількість нещасних випадків від ураження електричним струмом.

Аналіз нещасних випадків у промисловості, які супроводжуються тимчасовою втратою працездатності потерпілих, свідчить про те, що кількість травм, викликаних дією електрики, порівняно невелика складає 0,5-1% від загальної кількості нещасних випадків, що трапляються у промисловості.

Проте слід зауважити, що із загальної кількості нещасних випадків зі смертельним наслідком на виробництві 20-40% трапляється внаслідок ураження електрострумом, ще більше, ніж від дії інших причин нещасних випадків, причому близько 80% смертельних уражень електричним струмом відбувається в електроприладах напругою до 1000В.

Електротравма — це травма, викликана дією електричного струму або електричної дуги. Електротравми поділяються на два види: електротравми, які виникають при проходженні струму через тіло людини, і електротравми, поява яких не пов'язана з проходженням струму через тіло людини.

Ураження людини в другому випадку пов'язується з опіками, засліпленням електричною дугою, падінням, а відтак — суттєвими механічними ушкодженнями. Існує також поняття «електротравматизм».

Електротравматизм — це явище, яке характеризується сукупністю електротравм, які виникають та повторюються в аналогічних виробничих, побутових умовах та ситуаціях. Осередок, джерело електротравматизму чи інша тимчасова або навіть постійна ситуація при експлуатації електроустановок, коли мають місце аналогічні випадки ураження людини струмом[29].

Проходячи через тіло людини, електричний струм справляє термічну, електричну та механічну (динамічну) дію. Ці фізико-хімічні процеси притаманні живій та неживій матерії. Одночасно електричний струм здійснює і біологічну дію, яка є специфічним процесом, властивим лише живій тканині.

Різноманітність впливу електричного струму на організм людини призводить до електротравм, які умовно поділяються на два види:

- місцеві електротравми, які означають місцеве ушкодження організму;

- загальні електротравми електричні удари), коли уражається (або виникає загроза ураження) весь організм внаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів та систем.

Зі статистичними даними орієнтовний розподіл нещасних випадків внаслідок дії електричного струму у промисловості за вказаними видами травм має такий вигляд:

- місцеві електротравми — 20%;
- електричні удари — 25%;
- змішані травми, (одночасно місцеві електричні травми) — 55%.

Види електротравм. Електричні опіки - Залежно від умов виникнення опіки поділяються на контактні, дугові і змішані. Контактні струмові опіки більш вірогідні в установках порівняно невеликої напруги - 1...2кВ і спричиняються тепловою дією струму. Для місць контакту тіла зі струмопровідними неізолюваними елементами електроустановки характерним є велика щільність струму і підвищений опір — за рахунок опору шкіри. Тому в місцях контакту виділяється значна кількість тепла, що і призводить до опіку. Контактні опіки охоплюють прилеглі до місця контакту ділянки шкіри і тканин.

Електричні знаки (знаки струму або електричні мітки) спостерігаються у вигляді різко окреслених плям сірого чи блідо-жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту зі струмовідними елементами. Зазвичай знаки мають круглу чи овальну форму, або форму струмовідного елемента, до якого доторкнулася людина, розмірами до 10мм з поглибленням у центрі. Іноді електричні знаки можуть мати форму мікроблискавки, яка контрастно спостерігається на поверхні тіла.

Металізація шкіри - це проникнення у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавився під дією електричної дуги на дрібні частки металу, які мають високу температуру, але малий запас теплоти. Тому вони нездатні проникати через одяг і небезпечні для відкритих ділянок тіла. На ураженій ділянці тіла при цьому відчувається біль від опіку за рахунок тепла, занесеного в шкіру металом, і напруження шкіри від присутності в ній сторонньої твердої речовини

(часток металу). З часом уражена ділянка шкіри набуває нормального вигляду, і зникають больові відчуття.

Електрофтальмія — запалення зовнішніх оболонок очей, спричинене надмірною дією ультрафіолетового випромінювання електричної дуги. Електрофтальмія зазвичай розвивається через 2-6 годин після опромінення (залежно від інтенсивності опромінення) і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок повік, сльозоточінні, гнійних виділеннях, світлоболях і світлобоязні. Тривалість захворювання 3...5 днів.

Механічні ушкодження, пов'язані з дією електричного струму на організм людини, спричиняються непередбачуваним судомним скороченням м'язів у результаті подразнювальної дії струму. Внаслідок таких судомних скорочень м'язів можливі розриви сухожиль, шкіри, кровоносних судин, нервових тканин, вивихи суглобів, переломи кісток. До механічних ушкоджень, спричинених дією електричного струму, не належать ушкодження, обумовлені падінням з висоти, навіть коли падіння було спричинено дією електричного струму.

7.2.2 Захист від статичної електрики

Статична електрика – це електричні заряди, що накопичуються на виробничому обладнанні, речах побуту, на тілі чи одязі людини внаслідок електризації. Статична електрика виникає за рахунок тертя діелектриків, а також при переливанні або ударі рідкого діелектрика до поверхні посудин. Фізіологічна дія статичної електрики залежить від звільненої під час розряду енергії і може відчуватися як слабкий, помірний, сильний укол або поштовх. Такий вплив може призвести до важких нещасних випадків внаслідок рефлексного руху поблизу незахищених рухомих частин устаткування або падіння з висоти. Статична електрика може викликати вибухи, пожежі в місцях накопичення вибухонебезпечного пилу, парів і газів [30].

До заходів щодо захисту від статичної електрики відносять: заземлення електропровідних частин технологічного обладнання; збільшення відносної

вологості повітря до 65-70%, використання струмопровідної підлоги, а також спецвзуття зі струмопровідною підошвою, антистатичних рукавичок, антистатичного браслету; іонізація повітря.

Вимірювання параметрів статичної електрики проводять з метою вивчення причин і умов електризації та постійного контролю різниці потенціалів між зарядженим тілом і Землею або заземленим предметом. Для визначення електричного потенціалу застосовують механічні і електричні прилади. Принцип дії електростатичних приладів базується на відхиленні рухомої системи безпосередньо під дією електричного поля.

Атмосферна електрика - це явище природи, пов'язане з взаємодією електричних зарядів, що утворюються внаслідок електризації грозових хмар під час руху потужних потоків. Блискавка є електричним розрядом в повітрі довжиною в декілька кілометрів. Цей розряд відбувається між хмарами, всередині хмари або між хмарою і Землею чи наземною спорудою. При розряді блискавки на протязі короткого часу (100мкс) і при струмі 100кА -200кА в каналі блискавки температура досягає 30000°С. Внаслідок швидкого розширення нагрітого повітря виникає вибухова хвиля (грім).

Природне явище виникнення атмосферної електрики і пов'язаного з ним утворення іскрових розрядів - блискавок представляє небезпеку для техно- і біосфер. Вплив блискавки на техно- і біосфери прийнято поділяти на дві основні групи: первинні, що викликані прямими попаданнями блискавки, і вторинні, індуковані близькими їй розрядами або занесені в об'єкт з подовженими металевими комунікаціями. Небезпека прямого попадання і вторинних впливів для приміщень і споруд, а також людей і тварин, що знаходяться в них визначається з одного боку параметрами розряду блискавки, з другого - технологічними і конструктивними характеристиками об'єкта (наявність вибухо- або пожежонебезпечних зон, вогнестійкістю будівельних конструкцій, а також розташуванням і розмірами поздовжніх комунікацій, що підводяться до будинків і споруд, їх розводкою всередині об'єкта і т.п.).

Найбільш небезпечним з усіх впливів блискавки з точки зору ураження будинків і споруд є прямий удар. Прямий удар блискавки викликає такі впливи на об'єкт: електричні, термічні, механічні. До вторинних проявів блискавки відносять явища, що виникають поблизу розряду блискавки і викликані дією електромагнітного поля, що індукується навколо каналу блискавки. Прийнято таке поле поділяти на дві складові: електромагнітну і електростатичну, а відповідні дії - електромагнітну і електростатичну індукцію.

Гроза може застати людину на виробництві, вдома, в лісі, в полі, тому необхідно знати правила поведінки під час грози. На виробництві всі будинки, споруди, лінії електропередач, радіозв'язку оснащені пристроями блискавкозахисту. Тому працюючим не потрібно застосовувати які-небудь спеціальні засоби блискавкозахисту, а необхідно вжити застережливих заходів: вимкнути непотрібне освітлення та радіомовлення, прикрити квартирки, двері. Території вулиць, тротуарів, скверів, як правило, захищені блискавковідводами. Вони розташовуються на трубах котелень, стовпах електропередач, вишках. Під час грози на вулиці не можна шукати укриття біля металевих опор електропередач чи біля тих стовпів, де є блискавковідводи, під високими деревами тощо. Якщо гроза застала людину в лісі, то слід пам'ятати про те, що не можна шукати укриття під високими деревами, на пагорбах, поблизу ліній радіо- та електропередач. Під час грози в полі людина повинна шукати сховище в низовинній місцевості, не можна наближатись до дерев, стовпів, техніки, що стоїть окремо.

Мінімізувати негативні наслідки грозової діяльності дозволяє правильно організований комплекс заходів улаштування блискавкозахисту. Відсутність блискавкозахисту будинків і споруд часто сприяло виникненню пожеж, тому згідно з протипожежними нормами і правилами, будинки та споруди обладнуються системами блискавкозахисту.

Блискавкозахист – це комплекс заходів, спрямованих на запобігання прямого удару блискавки в об'єкт або на усунення небезпечних наслідків, пов'язаних з прямим ударом; до такого комплексу відносяться також засоби захисту, що оберігають об'єкт від вторинних впливів блискавки і заносу високого

потенціалу. Одним з основних заходів захисту від блискавки є встановлення блискавковідводів. Влаштовані над спорудами вони приймають розряди блискавки на себе. Він утворює зону захисту – простір, всередині якого не виникають блискавки.

Блискавковідводом називають пристрій, який приймає блискавку і відводить її струм в землю. Блискавковідвід складається з опори, блискавкоприймача, струмовідводу і заземлюючого пристрою. За зовнішнім виглядом блискавковідводи поділяють на стержневі (у вигляді окремих стержнів, які знаходяться над об'єктом), тросові або антенні (у вигляді тросу, натягнутого над об'єктом) і сітчасті (у вигляді сітки, натягнутої над об'єктом). За кількістю спільно діючих блискавковідводів вони поділяються на поодинокі, подвійні і багатократні. Блискавкоприймачі і блискавковідводи встановлюють або на окремих опорах, або на даху об'єкта. Сітчасті блискавковідводи кладуть на дах захищуваного об'єкта і не менше ніж в двох місцях з'єднують з заземлюючим пристроєм. Загальний опір заземлення блискавкозахисту має бути не більше 10 Ом. Захисна дія блискавковідводу ґрунтується на явищі вибіркового ураження блискавкою високих об'єктів. Зона захисту блискавковідводу рис.7.1 – простір, всередині якого будинок або споруда захищена від прямих ударів блискавки з надійністю не менше визначеного значення. Зона захисту типу А має ступінь надійності 99,5% і вище, а типу Б – 95%.

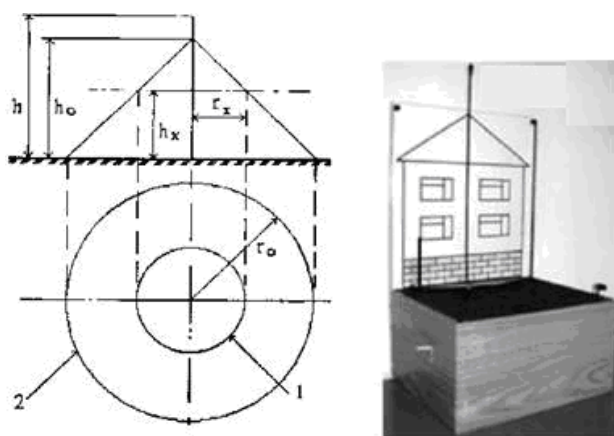


Рисунок 7.1 – Зона захисту поодинокого стержневого блискавковідводу і розміщення блискавковідводів у будинку: 1 – межа зони захисту на рівні n ; 2 – межа зони захисту на рівні Землі

РОЗДІЛ 8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Забруднення довкілля, що виникають внаслідок виготовлення друкованих плат

Для того, щоб покращити роботу радіоприймача шляхом введення в його схему активного смугового фільтра на операційному підсилювачі потрібно модернізувати уже існуючі схеми радіоприймачів, вбудувати в них фільтр, або розробляти окрему друковану плату, яка буде підключатися в схему радіоприймача. В будь-якому випадку для використання активного смугового фільтра потрібно виготовляти друковану плату, в процесі виготовлення якої використовуються такі операції як гальванічне нанесення металевих покриттів і їх травлення, які завдають серйозної шкоди навколишньому середовищу.

Технологічні процеси гальванічного нанесення металевих покриттів, а також хімічної та електрохімічної розмірної обробки металів, знайшли широке застосування в різних галузях промисловості [31]. Вони дозволяють значно поліпшити захист металів від корозії, збільшити термін експлуатації і поліпшити товарний вигляд виробів, автоматизувати їх виробництво, виготовляти деталі складної конфігурації, які неможливо виробляти механічною обробкою металів. Однак вони мають істотний недолік - наявність концентрованих відпрацьованих технологічних розчинів, промивних розчинів і вод, що містять токсичні сполуки металів і інших органічних і неорганічних речовин. На підприємствах, як правило, вони об'єднуються в кислотно-лужні стоки і направляються для знешкодження на станції нейтралізації, де під дією лужних реагентів метали переводяться в суміш малорозчинних у воді гідроксидів металів, які витягуються у вигляді шламів, а умовно очищені стоки прямують для подальшого очищення разом з побутовими стічними водами на міські очисні споруди. При наявності в стоках амонійних сполук вони під дією лугів розкладаються з виділенням аміаку, який є лігандом

для багатьох металів, у результаті чого в умовно очищених стоках утворюються стійкі водорозчинні комплексні сполуки цих металів, тобто ефективність їх вилучення зменшується.

В Україні мало спеціалізованих полігонів, належним чином обладнаних для поховання цих відходів, і підприємств для їх утилізації, тому шлами, як правило, потрапляють на полігони побутових відходів, де під дією кислих атмосферних опадів згодом розчиняються і потрапляють в ґрунт, водойми, ґрунтові і підземні води.

Друкована плата являє собою ізоляційну пластину з склотекстоліту або гетинаксу, яка грає роль механічного каркаса плати, на одну або обидві поверхні якої нанесений струмопровідний малюнок (мідна фольга, отримана гальванопластичним способом, з вмістом міді не менше 99,99%), сформований провідниками, що з'єднують електрорадіоелементи відповідно до електричної схеми. Струмопровідну схему виконують так званим способом травлення, коли ізоляційний матеріал повністю закривається мідною фольгою, і струмопровідний малюнок (лінії і площини) створюють, видаляючи непотрібні ділянки (70 - 85% площі) травленням .

Склад травильних розчинів вибирається таким чином, щоб забезпечити сприятливі умови для утворення в травильних розчинах каталітично активних міднохлоридних або мідноаміачних комплексів, створити високий окисовідновний потенціал травильного компонента, а також саморегенерацію травильного розчину в ході травлення, високу ємність травильного розчину по з'єднаннях міді, мінімальні утворення на поверхні міді малорозчинних сполук міді, мінімальні бокові підтравлення, високу якість обробки поверхні міді .

Для приготування кислих травильних розчинів використовуються реактиви: CuCl_2 , HCl , NaCl , NH_4Cl і інші. Оскільки розчинність CuCl в воді мала, для утворення водорозчинних купруму і хлору комплексів в травильний розчин додають хлоридовмісні компоненти у процесі травлення міді в розчині накопичуються продукти травлення, а концентрація окислювача зменшується . При збільшенні концентрації сполук міді (і щільності розчину) для стабілізації

режиму швидкості травлення частина відпрацьованого кислого травильного розчину автоматично зливається в кислотно-лужні стоки, а в травильну ванну додається коригуючий розчин.

Таким чином, відпрацьований кислий міднохлоридний розчин регенерується в початковий стан. Після закінчення травлення друковані плати відмиваються від травильного розчину солянокислим промивним розчином, а потім водою. У промивних розчинах накопичуються до певної концентрації компоненти травильного розчину, після чого вони також зливаються в кислотно-лужні стоки.

До складу лужних міднохлоридних розчинів травлення міді входять найчастіше CuCl_2 , NH_4Cl , NH_4OH , іноді ще й вуглеамонійні солі. Після накопичення стравленої міді (підвищення щільності розчину) частину відпрацьованого лужного травильного розчину автоматично зливається в кислотно-лужні стоки, а в травильну ванну додається коригуючий розчин, до складу якого входять амонійні компоненти травильного розчину (NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NH_4HCO_3 , NH_4OH або газоподібний аміак) для приведення складу розчину до вихідних концентрацій.

Після закінчення травлення друковані плати відмиваються від травильного розчину аммонійноамміачним або аміачним промивним розчином, а потім водою. У промивних розчинах накопичуються до певної концентрації компоненти травильного розчину, після чого вони також зливаються в кислотно-лужні стоки.

При виробництві радіоелектронної апаратури також утворюються відпрацьовані технологічні розчини та кубові залишки, що містять галогенорганічні розчинники, як руйнують озоновий шар (метилхлороформ, хлористий метилен, чотирехлористий вуглець, спирто-хладонова суміш і ін.). Останнім часом, у зв'язку зі значним подорожчанням хлорорганічних розчинників, а також з-за введення жорстких екологічних вимог, питання їх регенерації набрало особливої актуальності. Багаторічною практикою експлуатації регенераційних установок різного типу і використовуваних технологій, показано, що якість регенованих розчинників не завжди відповідає

висунутим до них вимогам, а крім того, в них накопичуються агресивні продукти їх розпаду, що призводить до збільшення бракованої продукції і передчасного зносу устаткування.

8.2 Заходи щодо зменшення забруднення при виготовленні друкованих плат

Для захисту навколишнього середовища розроблено технологію травлення плат лужними міднохлоридними розчинами з використанням відпрацьованих розчинів протитоком, а також технологію виробництва хлорокисів міді із відпрацьованих розчинів.

Використання дистиляційних установок SR-100 і УПКО-1 дозволяє виконувати процес регенерації метилхлороформу і хлористого метилену із відпрацьованих і кубових залишків, а з використанням модернізованих установок В-100 і С-100 можна отримувати із цих речовин високоякісні розчинники. Також ці установки можна використовувати для регенерації спирто-хладанової суміші і чотирьохлоридного вуглецю.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра досліджено покращення селективності приймачів односмугових сигналів шляхом використання в якості фільтра активного смугового фільтра на операційному підсилювачі. За результатами досліджень можна сказати, що:

1. Внаслідок нестабільності поширення хвиль в КХ діапазоні і їх здатності поширюватися по всій земній кулі за рахунок багаторазового відбивання від іоносфери створюється багато завад від сусідніх радіостанцій. Частотні діапазони відведенні для радіоаматорського зв'язку стають переповненні сигналами.

2. В короткохвильових діапазонах також серйозні завади створюють атмосферні і індустріальні шуми.

3. Сигнали сусідніх радіостанцій, які представляють завади при прийманні, зазнають в тракці радіоприймача додаткових модуляцій, що створює додаткові паразитні канали приймання.

4. Існуючі селективні елементи приймачів вже довгий час залишаються незмінними, як правило це пасивні фільтруючі ланки. На теперішній час створенні активні підсилюючі елементи з майже прецензійними параметрами, котрі дозволяють розробляти пристрої із набагато кращими параметрами.

5. З допомогою кореляційного аналізу вдалося виявити, що односмугові сигнали представляють за своєю природою періодично-корельовані випадкові процеси, це дозволило описати їх як стохастичну математичну модель.

6. Для прийому ОМ коливань підходять тільки певні типи приймачів.

7. Використання для фільтрації фільтрів Баттерворта і Чебишева дозволяє відфільтровувати корисний сигнал без втрат його частотних складових, оскільки характеристики цих фільтрів близькі до ідеальних характеристик селективних ланок приймачів.

8. Фільтрація смуговими фільтрами Чебишева і Баттерворта дає приблизно однакові результати, що для телеграфного так і для радіотелефонного сигналів.

9. При використанні активних фільтрів на операційних підсилювачах достатньо фільтрів другого порядку з мінімальним коефіцієнтом передачі 9дБ.

10. Введення активних смугових фільтрів в схеми радіоприймачів не потребує великих витрат і є економічно вигідним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аматорський радіозв'язок. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Аматорський_радіозв'язок.
2. Бунимович С. Техника любительської однополосної радіосвязи./ Бунимович С., Яйленко Л. Издательство ДОСААФ. Москва, 1970.
3. Степанов Б.Г. Любительская радиосвязь на КВ/ Степанов Б.Г., Лаповок Я.С., Ляпин Г.Б.. Радио и связь, 1991.- 120с.
4. Любительская_радиосвязь. Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Любительская_радиосвязь.
5. Радиолубительские КВ диапазоны. Режим доступу: <http://radio-stv.ru/radiosvyaz-kv-i-ukv/radiolyubitelskie-kv-diapazonyi>.
6. Радиочастоты. Режим доступу: <https://srr.ru/radiooperatoram/radiochastoty/>
7. Поляков В.Т. О реальной селективности кв приемников/ Поляков В.Т.. Радио №3,4, 1981г.
8. Поляков В.Т. Приемники прямого преобразования для любительської связи/ Поляков В.Т. Издательство ДОСААФ СССР 1981г.80с.
9. Перестраиваемый активный фнч для радиоприёмника и не только. Режим доступу: <https://vpaуаем.ru/filter.html>.
10. Бессчетнова Л.В. Схемотехника аналоговых электронных устройств/ Бессчетнова Л.В., Кузьмин Ю.И., Малинин С.И. Письминные лекции.- спб.:СЗТУ,2005-128с.
11. Васильев К.К. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко;под общ. Ред. К.К. Васильева. – Ульяновск, 2008. – 452 с.
12. Давыдов А.В. Сигналы и линейные системы: Тематические лекции./ Давыдов А.В. – Екатеринбург: УГГУ, игиг,кафедра геоинформатики. Фонд электронных документов, 2005.

13. Зернов Н. Теория радиотехнических цепей/ Н. Зернов, В. Карпов. Энергия, 1965. — 892 с.: ил.

14. Паляниця Ю.Б. Математична модель фонокардіосигналу для удосконалення кардіодіагностичних систем/ Паляниця Ю.Б. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль-2019.

15. Драган Я.П. Энергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів / Я.П. Драган. – Львів: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. – 333с.

16. Дунець В.Л. Математична модель та метод опрацювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для підвищення точності кардіодіагностичних систем./Дунець В.Л. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Тернопіль – 2013.

17. Палшков В.В. Радиоприемные устройства/ Палшков В.В. Учебное пособие. — М.: Радио и связь, 1984. — 392 с.: ил.

18. Конструирование ПОК. Конспект лекций. Витебский государственный университет им. П.М. Машерова.

19. Красько А.С. Схемотехника аналоговых электронных устройств/ Красько А.С., 2006-180с.

20. Активные RC-фильтры на операционных усилителях. Режим доступа: http://altay-krylov.ru/poleznaja_shemotehnika/aktiv_rc_filtry_ou.html.

21. Хоровиц, П., Хилл, У., Искусство схемотехники/ Хоровиц, П., Хилл, У. :Пер. С англ. - Изд. 2-е Москва: «Издательство БИНОМ» 2014, 704с.

22. Принципы построения активных RC-фильтров. Режим доступа: <http://studepedia.org/index.php?Vol=2&post=42148>.

23. Wide-band WebSDR. Режим доступа: <http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/>.

24. Software Defined Radio — как это работает? Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/451674/>

25. MATLAB. Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

26. Офіційний сайт MathWorks. Режим доступа: <https://www.mathworks.com/>

27.Струтинська Г.Т. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з економіки промисловості/ Струтинська Г.Т, Технічний коледж ТДГУ, 2010-25с.

28. Зацарний В.В. Конспект лекцій з дисципліни "Основи охорони праці"/ Зацарний В.В.. Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". Київ 2016-74с.

29. РОБОТА № 12. Основні заходи та засоби електробезпеки. Методи визначення опору заземлення. Режим доступу: [https://pidruchniki.com /19570411 /bzhd/osnovni_zahodi_zasobi_elektrobezpeki_metodi_viznachennya_oporu_zazemlennya](https://pidruchniki.com/19570411/bzhd/osnovni_zahodi_zasobi_elektrobezpeki_metodi_viznachennya_oporu_zazemlennya).

30.Захист від статичної електрики. Режим доступу: [https://pidruchniki.com /1605040138329/bzhd/zahist_vid_statichnoyi_elektriki](https://pidruchniki.com/1605040138329/bzhd/zahist_vid_statichnoyi_elektriki).

31.Добриян М.А. Разработка экологически чистых ресурсосберегающих технологий производства радиоэлектронной аппаратуры/ Добриян М.А., Правда А.А., Юрченко О.И., Глизнуца Ю.С., Карпова Т.П., Зоря Р.Р. Scientific Journal «sciencerise» №5, 2019.

ДОДАТКИ

УДК 621.376.24

С.В. Бенедюк, Б.І. Яворський, докт. техн. наук, проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ КОРИСНОГО СИГНАЛУ У ШУМІ В КОРОТКОХВИЛЬОВОМУ ДІАПАЗОНІ РАДІОХВИЛЬ

S.V. Benediuk, B.I. Yavorskyi, Dr., Prof.,

METHOD FOR DETERMINING USEFUL SIGNAL IN NOISE IN RANGE OF SHORT RADIO WAVES

Прийом сигналів в радіолюбительському короткохвильовому діапазоні «40 метрів» завжди супроводжувався проблемами. Високочастотні шуми і завмирання сигналу (fading) [4], перешкоджають прийому в цьому діапазоні, від часу доби і пори року залежить дальність розповсюдження сигналу і рівень атмосферних завад, а також оскільки цей діапазон є найбільш часто використовуваний, то ще й завади створюють сусідні радіостанції, які проходять по радіотракту приймача і відтворюються при прослуховуванні.

Для вирішення вищезгаданих проблем запропоновано встановити додаткові фільтри після детектора радіоприймача, які будуть налаштовані на ширину смуги частот тільки однієї радіостанції (окремий фільтр для телеграфних сигналів і окремий фільтр для радіотелефонних сигналів), з можливістю комутації режимів приймання телеграф–радіотелефонія.

Описуючи односмуговий сигнал як математичну модель, з допомогою аналізу методом енергетичної теорії стохастичних сигналів отримано характеристики цього сигналу і враховано його фізичні властивості [3], такі як випадковість і нестационарність.

Отримавши результати шляхом комп'ютерного моделювання з використанням методів статистичних оцінок сигналів (дисперсії, математичного сподівання і кореляційної функції [5,с.40]), спектрального аналізу [1] з використанням перетворення Фур'є вирішено, що всі ці дані вказують на модель у вигляді неперіодично корельованих випадкових процесів[2].

На основі математичного моделювання було вирішено використовувати фільтри з характеристиками Чебишева і Баттерворта, оскільки їх параметри (гладкість АЧХ на частотах смуги пропускання і крутий спад характеристики при переході від смуги пропускання до смуги затримки [6,с.284]) забезпечують майже повну відсутність завад і сигналів сусідніх станцій при невисоких порядках фільтрів.

Література

1. Вохник О.М., Зотов А.М., Моделирование и обработка стохастических сигналов и структур. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2013. – 125 с
2. Иванов М., Сергиенко А., Ушаков В., Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. «Изд. Питер» 2014, 336с.
3. Малинин С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2013, 226с.
4. Онищук А.Г., Забеньков И.И., Амелин А.М. Радиоприемные устройства: учеб.пособие. Минск: Новое знание, 2007, 240с.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. — 3-е изд. БХВ-Петербург, 2011. — 768 с.
6. Хоровиц П., Хилл У., Искусство схемотехники: Пер. с англ. - Изд. 2-е Москва: «Издательство БИНОМ» 2014, 704с.