Доповідь

Титульна сторінка

# Назва роботи ЕХП - спектроаналізатор надширокосмугових радіоімпульсів. Науковий керівник Овечко Володимир Сергійович, робота виконана на кафедрі електрофізики.

# ВСТУП (2 слайд)

# Під надширокосмуговим сигналом розуміють сигнал, ширина спектру якого рівна його центральній частоті. НШС сигнали ще називають «надкороткі одиночні імпульси». Так як чим коротше імпульс, тим ширше його спектр, зокрема, нескінченно короткий імпульс має нескінченно протяжний спектр з рівномірною щільністю (це випливає з властивості перетворення Фур’є та прикладом слугує спектр дельта-функції). Приклади НШС сигналів показано на слайді.

# Найчастіше надширокосмугові сигнали використовуються в радіолокації, радарах для виявлення повітряних і космічних цілей за допомогою зондування, та в системах зв’язку які обмінюються інформацією на коротких відстанях.

# Привабливість застосування саме таких сигналів в радіолокації в порівнянні зі звичайними, що використовують синусоїдальні сигнали, пов'язана перш за все з високою роздільною здатністю по дальності та набагато більшою швидкістю передачі інформації. Для надширокосмугового носія можна використовувати, ультракороткі імпульси (з тривалістю менше 1нс). Такі системи володіють найширшими смугами частот серед усіх інших радіосистем, що надає їм унікальні властивості. До одної з таких властивостей відноситься їх велика пропускна здатність.

# 

# Метою даної роботи було якісно проаналізувати ЕХП розклад на різних моделях НШС сигналів за допомогою сучасних математичних пакетів, зокрема створити програмний встроюваний модуль ЕХП розкладу, та розробити методику для подальшого практичного використання - розкладу реального прийнятого з ефіру НШС сигналу.

# 3 слайд (сучасні проблеми)

# Сьогодні для аналізу НШС сигналів і процесів успішно застосовуються різні модифікації перетворення Фур'є, але вони засновані на розкладі сигналу по гармонічним нефінітним функціям що є не фізичним. Також існують різні види вейвлет-перетворень, та нелінійних перетворень, але їхній спектр сильно залежить від обраної базової функції, тому для знаходження спектральної компоненти потрібно врахувати часову поведінку сигналу.

# Умови для реальних радіосигналів описані на слайді:

# 1. Умова Релея для випромінювання радіосигналів (умова знакозмінності).

# 2. Умова фінітності функції на кінцях.

# 3. Якби ця умова не виконувалась, то в момент досягнення фронту імпульсу спостерігався б скачок амплітуди, що не спостерігається в реальних сигналах.

# Надалі ці умови будуть називатися умовами існування радіоімпульсів.

# Тому розроблено методику ЕХП розкладу яка автоматично виконує всі умови для реальних (фізичних) радіосигналів та в якій позбавлені всі недоліки згаданих вище розкладів.

# 4 слайд (ЕХП розклад)

# Цей розклад побудований на тому, що радіосигнал *f(x)* можна розкласти на ортонормований *[0:π]* ряд у вигляді суми добутків спектральних коефіцієнтів на базові функції. (ФОРМУЛА (4) НА СЛАЙДІ). *Базові функції (під номером 5 та 6) та їх графіки (рис 2) показані на слайді.*

# Ряд (4) завдяки тому, що його доданки задовольняють умовам радіоімпульсів, є ортогональними і нормованими, може бути названий як розклад за елементарними хвильовими пакетами (ЕХП), а відповідний розподіл амплітуд *A2n+1*, *B2n+2* - ЕХП спектром.

# Як в будь-якому ортонормованому ряді, Спектральні коефіцієнти визначаються скалярними добутками базових функцій на вхідну функцію.

# 5 слайд (повнота розкладу)

Перевірка розкладу на повноту відбувається за допомогою адаптованої для ЕХП рівності Парсеваля (9), яка стверджує, що сума квадратів коефіцієнтів розкладу дорівнює інтегралу квадрата функції (енергії сигналу). Якщо рівність Парсеваля не виконується це означає що потрібно збільшувати кількість базових функцій в розкладі, або імпульс не є радіосигналом.

Відтворення форми сигналу виконується за допомогою ЕХП розкладу (4). Оцінка точності відтворення проводиться за допомогою середньоквадратичного відхилення (10).

Якість відтвореної функції оцінюється за допомогою запропонованого обмеження середньоквадратичного відхилення кроком інтегрування, так як для знаходження спектральних коефіцієнтів була використана формула інтегрування за прямокутниками з деяким кроком дельта X. Крок в реальних дискретних сигналах залежить від частоти дискретизації АЦП а в неперервних сигналах обирається шляхом підбору, тобто якщо рівність Парсеваля виконується а середньоквадритичне відхилення більше ніж крок, то це говорить про необхідність зменшувати крок інтегрування. За допомогою цих умов можна створити програму, яка автоматично підбирає кількість базових функцій для розкладу а якщо сигнал неперервний – також і крок інтегрування дельта Х.

# 6 слайд (трикутна огинаюча)

# Для дослідження теоретичних моделей НШС сигналів було написано програму на мові матлаб яка розкладає на ЕХП будь-яку функцію (радіосигнал), відновлює її, та обчислює параметри розкладу.

Тут представлений ЕХП розклад фінітної моделі НШС сигналу з трикутною огинаючою.

Інтегрування відбувалось по *50* точкам.

Графік її функції та відновленої за допомогою ЕХП представлено на слайді. Для оцінки розкладу показано лог командного рядка рис 5, де під словом integral розуміється Умова Релея для випромінювання радіосигналів, вираз має бути рівний 0. F(0) та F(pi) фінітність функції, dx(0) та dx(pi) умова виключення сигналів які мають скачок амплітуди на кінцях. Integral abs – ліва частина рівності парсеваля (енергія сигналу), Power sum - права частина рівності Парсеваля (сума квадратів коефіцієнтів розкаду). RMS – середньоквадратичне відхилення відновленої функції від вхідної.

Як можна побачити RMS менше ніж крок інтегрування та умова Парсеваля виконується що говорить про задовільний розклад.

# 7 слайд (трикутна огинаюча ЕХП)

З ЕХП-спектру можна побачити, що в даному сигналі більш значущими виявились непарні спектральні коефіцієнти (що не дивно адже синус функція непарна) а парні порядку 10 в мінус 5. Тобто в загальному функцію (12) можна записати як різницю 3 та 4 непарних базових функцій, звичайно, помножених на відповідні коефіцієнти.

**8 слайд (модель Кенно)**

Далі піддається розкладу сигнал запропонований Кенно.

Інтегрування відбувалось по *50* точкам.

В цьому розкладі як можна побачити на рис.9 умова Парсеваля виконалась до 5 знаку після коми середньоквадратичне відхилення також як і в попередньому випадку менше ніж крок інтегрування що говорить про якісне відтворення вхідної функції ЕХП спектром, та функція разом зі своєю похідною на кінцях рівна 0.

**9 слайд (модель Кенно ЕХП)**

Тут показано ЕХП спектр моделі Кенно. Вданому розкладі (*Рис 10)* переважає 13 14 та 15 парна та непарна спектральні компоненти. Звідси можна зробити висновок що ЕХП-розклад добре себе проявляє для амплітудно-модульованих НШС сигналів навіть за низькою точністю інтегрування.

**10 слайд (Затухаючий синус)**

Далі розкладається квазіфінітна реальна модель згасаючого синуса.

Для якісного розкладення цієї функції потрібно розраховувати спектральні коефіцієнти зі зменшеним кроком інтегрування *∆x=0.0313959265,* збільшивши таким чином кількість точок дискретизації в 2 рази тобто їх 100.

Як видно з Рис. 13 середньоквадратичне відхилення більше ніж крок інтегрування, але равність Парсеваля виконується це говорить про те, що потрібно зменшувати крок інтегрування та збільшувати кількісь базових функцій. Але для даного досліду цього достатньо.

**11 слайд (Затухаючий синус ЕХП)**

Як видно також тут враховано більше базових функцій в ЕХП – розкладі для більшої точності, але як сказано в попередньому слайді цього також не достатньо.

**12 слайд (ФНШС сигнал)**

Тут розкладено ФНШС сигнал **який грунтується на функції Рімана.**

Для розкладу даного сигналу крок інтегрування складає *∆x=* *0.0156979633*, тобто проміжок *[0;π]* дискретизований на 200 точок.

Як видно з рис. 17 права і ліва частина рівності Парсеваля равні між собою до 1 знаку після коми, що говорить про неповний розклад на ЕХП ФНШС сигналу, також середньоквадратичне відхилення більше ніж крок інтегрування, а при відновленні функції видно деформацію.

Це пов’язано з тим, що для такого сигналу потрібно врахувати базові функції ще вищих порядків, так як тут присутні високочастотні компоненти.

**13 слайд (ФНШС сигнал)**

В розкладі враховані 40 базових функцій, але як було сказано в попередньому слайді цього не достатньо.

**14 слайд**

Для аналізу експериментального НШС сигналу, прийнятого антеною з ефіру та подальшого його ЕХП розкладу, запропоновано таку наступну блок-схему установки.

Приймальна антена, узгоджувач імпедансів, коаксіальний кабель і плата синхронізації, записування та обробки даних.

Приймальною антеною буде слугувати широкосмуговий аналог напівхвильового диполя, шунтований безіндукційним резистором, щоб подавити резонанс, зафіксувати імпеданс, і відповідно КСВ в широкому діапазоні. Це так звана антена Ву-Кінга. Імпеданс задається навантажувальним резистором, в нашому випадку для узгодження 75Ом, так як коаксіальний кабель РК-75 також 75Ом.

**15 слайд**

В якості плати синхронізації, записування прийнято рішення використати осцилограф *Owon VDS3102* [17] з виводом інформації через інтерфейс *USB 2.0*, так як він відносно недорогий та з високою пропускною здатністю 100МГц. Узгодження між коаксіальним кабелем та осцилографом не потрібне, так як його вхідний опір, виходячи з документації, рівний 1МОм [17].

Дані з осцилографа, тобто дискретизований реальний сигнал, прийнятий антеною, буде записаний та збережений на обчислювальній машині PC для подальшого дослідження а саме разкладання на ЕХП спектр за допомогою власних програм написаних на Qt, вивід графіків буде проводитись за допомогою бібліотеки QCustomPlot.

Частота дискретизації сигналу осцилографом *f* sample = 1ГГц [17], тобто на 100МГц проводиться 10 вимірювань, *∆x* складає *1/f* sample = *1нс* це і буде кроком інтегрування для знаходження спектральних коефіцієнтів.

Для перемноження дискретного сигналу з базовою функцією потрібно знайти початок (*x*) та кінець НШС імпульсу на загальному часовому інтервалі, обрахувати *∆t* імпульсу та знайти коефіцієнт перетворення часового відліку дискретної функції до базової неперерервної. Добуток дисретного значення на значення базової функції показано на слайді. Це називається масштабно - часовим перетворенням.

Далі після цих дій потрібно проінтегрувати методом прямокутників з кроком *∆x* для знаходження спектральних коефіцієнтів ЕХП-спектру. Подальші дії все як описано на попередніх слайдах.

**16 слайд**

Щоб в початковий момент відкалібрувати систему, тобто знайти коефіцієнт масштабно часового перетворення потрібно подати пробний імпульс. Генератор пробних імпульсів показано на рисунку 22. Цю схему було просимульовано в програмному забеспеченні LTspice, вихідний імпульс на рис.22.

Пояснення схеми.

Головним елементом в схемі виступає коливальний контур L1, C2, C4, розрахований на частоту 100МГц, та IGBT транзистор. В початковий момент через L1 заряджаються конденсатори C2 та C4, після цього можна подавати вхідні імпульси на конденсатор C7 довжиною 10ns + propagation delay.

propagation delay – це час від подання імпульсу до відкриття транзистора, тобто час розповсюдження сигналу.

Вхідний імпульс проходить через високочастотний фільтр, після чого попадає на драйвер керування транзистором, драйвер відкриває цей транзистор який замикає коливальний контур, і на вторичній обмотці трансформатора індукується змінна напруга. Для індукування на вторичній обмотці 1 імпульсу нам потрібно вчасно закрити транзистор та розімкнути коливальний контур.

Тобто за допомогою цього генератора можна не тілька відкалібрувати а й відладити всю систему випромінювання.

Вхідні імпульси будуть генеруватись за допомогою FPGA – field programming gate array. Так як ця ж вентильна матриця використовується для генерації довільного НШ імпульсу методом DDS (DDS – direct digital sintesetor) на випромінювальній частині.

Висновки ?