МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

Група: 2БКС-26

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

здобувача освіти денної форми навчання

БКС.26.19.000.КРБ

ЧЕЧЕЛЬНИЦЬКИЙ ПАВЛО ЮРІЙОВИЧ

м. Одеса
2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: **123 «Комп'ютерна інженерія»**
Освітня програма: **«Комп'ютерна інженерія»**
Група: **2БКС-26**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

До кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:_____

«Аналіз та дослідження характеристик сучасних кодеків звуку»

_____

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на _____ сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на _____ аркушах (слайдах)

Виконавець _____ (Чечельницкий П.Ю.)
Керівник проекту____ _____ (Гаджиев М.М.)

Консультанти:
з охорони праці_____ (Чорновол Н.І.)
з дотримання вимог ЄСКД _____ _____ (Петрашова В.І.)
старший консультант _____ (Скорнякова О.В.)

До захисту допущений
Завідувачка кафедри _____ (Іванова Л.В.)
Завідувач відділення _____ _____ (Суліма Ю.Ю.)

Захист «____»_____ 2022_ р. Протокол ДКК №_____
Оцінка ДКК _____

Секретар ДКК _____

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення_____*комп'ютерних систем*_____Кафедра_____*комп'ютерної інженерії*_____

Освітньо-професійна програма_____*«Комп'ютерна інженерія»*_____

Спеціальність_____*123 «Комп'ютерна інженерія»*_____

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР_____

_____

"_____"_____2022___р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Здобувачеві (здобувачці) освіти_____**Чечельницький Павло Юрійович**_____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Аналіз та дослідження характеристик сучасних кодеків звуку**

_____

_____

затверджена наказом по коледжу від "____"_____2022__р. №_____

2. Термін здачі кваліфікаційної роботи_____ _____

3. Вихідні дані до роботи; технічне завдання, вимоги до функціональності та практичності, стандарти мовної дискретизації, вимоги до типової моделі передавача мовних сигналів, постановка задачі, методи та способи вирішення проблеми, використовуваний математичний апарат.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити); Вступ. Огляд і дослідження перетворення звукових повідомлень в історії електрозв'язку. Основні стандарти перетвореннння звукових сигналів у мобільному зв'язку. Аналіз, дослідження і розробка принципової схеми перетворювача звукових сигналів. Дослідження, розрахунок основних якісних характеристик перетворювача звукових сигналів та їх оцінка. Охорона праці. Висновок. Використана література.

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

Слайди 1-5 – Основні та класичні методи перетворення звуку, від відцифровки до відтворення, структурна схема системи ІКМ та ДМ, дискретизація, квантування та кодування сигналу.

Слайди 6-10 – Перетворювачі ДМ, ДІКМ, квантування сигналу методом ДІКМ, структура АДІКМ, структура кодека ЛДМ, квантування сигналу методом ЛДМ.

Слайди 11-15 - структура АДМ, структурна схема процесів обробки мови в стандарті GSM, принципова схема перетворювача мовних сигналів, часова діаграма перетворювання аналогових сигналів на базі АДІКМ, схема низькочастотного передавача.

6. Консультанти по кваліфікаційній роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосується їх

Розділ	Консультант	ПІДПИС	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-2	Гаджиєв М. М.		
Охорона праці	Чорновил Н. І.		
ЄСКД	Петрашова В. І.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник роботи _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Визначення основних задач та цілей кваліфікаційної роботи. Обговорення тематики кваліфікаційної роботи, основних розділів	26.05.2022	
	Вступ. Аналітична частина. Актуальност теми. Огляд існуючих рішень. Пошук технічного рішення. Недолікі існуючих аналогів.	26.05.2022	
	Конструкторський розділ. Вибір елементної бази, аналіз структури розробки. Аналіз алгоритмів роботи пристрою, розробка програмного забезпечення.	30.05.2022	
	Виконання розділу «Охорона праці».	05.06.2022	
	Презентаційна частина роботи. Оформлення пояснювальної записки. Оформлення слайдів, додатків, переліку літератури, специфікації та переліку елементів.	10.06.2022	
	Малий захист.	20.06.2022	

Виконавець _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				Документація		
			БКС 26.19.01.000.00.ДП	Дипломний проект	1	
А4			БКС.26.19.000.00.ДП.ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				Слайди	10	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БКС.26.19.000.00..ДП.ПЗ		
Розробив		Чечельницкий П.			Аналіз та дослідження характеристик сучасних кодеків звуку	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Гаджиєв М.М.				Н Д П		
Н. Контр.		Петрашова В.І				ОТФК ОНТУ 2БКС-26		
Затверд.		Скорнякова О.В.						

ЗМІСТ

ВСТУП……..……...……..6

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТІНА……...…….……...8

1.1 Загальні зведення, історія звуку ……....……...…….8

1.2 Спектр звуку…….....…..10

1.3 Класичні методи перетворення звукових сигналів в електричні …..12

1.4 Кодування звуку, цифрові формати ……...……..19

1.5 Стандарти файловий обробки звуку…….……..…..….30

1.6 GSM стандарт…….…..34

1.7 Структура обробки звукових сигналів ……..……...39

1.8 Класичні схеми НЧ та ВЧ перетворювачів звуку..……..…..……..41

1.9 Розрахунок якісних показників …….……46

2 ОХОРОНА ПРАЦІ.....…….…….…49

ВИСНОВОК……..……54

ЛІТЕРАТУРА……55

ВСТУП

Для того, щоб передати мову через телефонну мережу, мовну інформацію потрібно перетворити в аналоговий електричний сигнал. При переході до цифрових мереж зв'язку виникла необхідність перетворити аналоговий електричний сигнал в цифровий формат на передавальній стороні, тобто закодувати, і перевести назад в аналогову форму, тобто декодувати, на приймальній стороні.

Процес перетворення аналогового мовного сигналу в цифрову форму називають аналізом або цифровим кодуванням мови, а зворотний процес відновлення аналогової форми мовного сигналу - синтезом або декодуванням мови.

Мета будь-якої схеми кодування - отримати таку цифрову послідовність, яка вимагає мінімальної швидкості передачі і з якої декодер може відновити вихідний мовний сигнал з мінімальними спотвореннями.

При перетворенні мовного сигналу в цифрову форму, так чи інакше, мають місце два процеси - дискретизація (sampling), тобто формування дискретних в часі відліків амплітуди сигналу, і квантування, тобто дискретизація отриманих відліків по амплітуді (кодування безперервної величини - амплітуди - числом з кінцевою точністю). Ці дві функції виконуються аналого-цифровими перетворювачами (АЦП), які розміщуються в сучасних АТС на платі абонентських комплектів, а в разі передачі мови по IP-мережам - в терміналі користувача (комп'ютері або IP-телефоні).

Так звана теорема відліків свідчить, що аналоговий сигнал може бути успішно відновлений з послідовності вибірок з частотою, яка перевищує, як мінімум, удвічі максимальну частоту, присутню в спектрі сигналу. У телефонних мережах смуга частот мовного сигналу, за допомогою спеціальних фільтрів, обмежена діапазоном 0.3 - 3.4 кГц, що не впливає на розбірливість мови і дозволяє впізнавати співрозмовника по голосу. З цієї причини частота дискретизації при аналого-цифровому перетворенні обрана рівна 8кГц, причому така частота використовується в усіх телефонних мережах на нашій планеті.

Процес аналого-цифрового перетворення отримав назву імпульсно-кодової модуляції (ІКМ).

Метою бакалаврський роботи є аналіз та дослідження побудову та функціонування передавачів сигналу мовлення, які побудовані на основі сучасних методів імпульсно-кодової та дельта модуляції.

У першій частині описані основи звукової хвилі, історія розробки передавачів цифрового звуку, а також основні методи та способи перетворення звукового сигналу.

Розглянуто сучасні методи і стандарти перетворення звуку, а також формати, в яких цей звук кодується. Один з методів лежить в основі запропонованої розробки.

Виконана розрахунок якісних показників обробки звуку та перспективи побудову функціональної принципової схем пристрою, принцип його роботи і використання.

Друга частина присвячена інструкції з охорони праці для безпечної роботи з пристроєм, а також щоб уникнути нещасних випадків на виробництві, пов'язаних з розробкою цих пристроїв.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТІНА

1.1 Загальні зведення, історія звуку

Для всіх систем просторової передачі звуку характерні деякі загальні елементи: засоби для запису звуку (наприклад, різні типи мікрофонних систем); засоби для кодування вихідних сигналів в деяку нову систему комбінованих сигналів; засоби для декодування на приймаючій стороні; засоби для відтворення звукових сигналів (через акустичні системи або стереотелефони). Принципова складність полягає в тому, що в будь-якій системі тривимірне звукове поле необхідно записати і відтворити за допомогою точкових джерел, таких, як мікрофони і гучномовці.

Протягом десятиліть зусилля розробників були направлені на пошуки засобів.

Перший період – початок розвитку. Теоретичні основи просторових аудіосистем були закладені ще до 1800 року в працях великих учених Фарадея, Генрі, Ома, Гельмгольца та ін. У 1876 році великий винахідник Олександр Белл продемонстрував публіці свій винахід - телефон. Практично в цей же час аналогічну заявку подав інший винахідник Елайша Грей. Цінність цих винаходів полягала перш за все в тому, що були відкриті принципи електроакустичного перетворення в обох напрямках, які склали основу для подальшого розвитку мікрофонів, телефонів, гучномовців та іншої апаратури.

Вже через рік в 1877 році Томас Едісон демонстрував пристрій для запису і відтворення звуку (фонограф). У 1889 році він показав перші рухомі картини, використовуючи нову систему запису на 35-міліметрову плівку (в першому фільмі був знятий асистент Едісона - Фред Отт). Едісон збирався з'єднати зображення зі звуком.

У 1894 році Гульєльмо Марконі продемонстрував бездротову передачу звуку, тобто радіозв'язок.

У 1898 році Вальдемар Пульсен отримав перший патент на пристрій магнітного запису звуку, використовуючи сталевий дріт як носій. Л. Гамонт вже в 1901 р почав експерименти по оптичному запису звуку на плівку. Після винаходу

в 1906 році вакуумної лампи-тріода де Форестом почалися роботи по використанню електричного посилення для передачі звуку і до 1930-х років технічна база для запису і передачі моноурального звуку була вже сформована.

Перші спроби передачі просторового звуку можна віднести до 1881 року, коли Клемент Адер встановив серію мікрофонів на сцені Паризької Опери і сигнали від них подав по дротах до головних телефонів в деякі кімнати найближчого готелю. Слухачі вперше могли чути просторовий звук - це був перший крок до бінаурального стереофонії. Ці експерименти не викликали великого інтересу, і тільки в 1915 році з'явився патент Е. Амета, в якому пропонувалася система просторового звуковідтворення через кілька гучномовців, розташованих на сцені і в залі (для кіно). Запис був монофонічним, але пропонувався певний спосіб панорамування звуку через ці гучномовці. До 1930-х років, коли була остаточно сформована технічна інфраструктура моносистем передачі звуку, в лабораторії Bell Labs (США) почалися інтенсивні роботи по вдосконаленню систем просторової передачі, матеріально і морально підтримані знаменитим диригентом Леопольдом Стоковським.

В цей же період сталася екстраординарна подія: 14 грудня 1931 року англійський винахідник Алан Блюмлайн отримав патент №394325, який містив понад 70 пунктів практично на всі елементи стереофонічної системи передачі звуку.

Крім цих в патенті містилися і багато інших технічних рішень, які приблизно на 20 років випереджали час і не були сприйняті сучасниками. У 1935 році Блюмлайн створив перший фільм з оптичним стереозаписом звуку. В "нагороду" за це компанія EMI, де він працював, перепрофілювала його аудіогруппу в підрозділ по розробці радарів. Під час випробувань радарної системи на літаку він загинув в авіакатастрофі.

У 1933 році Флетчер та інші співробітники лабораторії Bell Labs, намагаючись розширити зону стереоефекту, додали третій гучномовець в центрі. Вони продемонстрували запис і дротову передачу звуку за такою системою з Національної академії наук в зал Конституції у Вашингтоні. У цьому ж році були

виконані і продемонстровані в Чиказькому виставковому центрі перші бінауральні записи на "штучній голові".

У 1936 році була запропонована Philips-Miller система для запису двоканального звуку на спеціальній доріжці кіноплівки, причому система була здатна записувати стереозвук досить високої якості.

Вирішальним кроком для просторового звуку став 1940 рік, коли Флетчер і знаменитий диригент Стоковський продемонстрували в концертному залі Карнегі-холу нову трьох канальну систему запису.

Під час війни в 1942 році на німецькому радіо в Берліні вперше була продемонстрована щойно створена система магнітного стерео запису.

У 1948 році відбулися три події, що мали велике значення для майбутнього розвитку просторового звуку: введений новий формат для побутового звукозапису на 331/3 обороту, створено товариство аудіоінженерії (AES) і винайдений транзистор (W. Shockly з тієї ж лабораторії Bell Labs).

Другий період – розквіт стереозвуку. У 1950-ті роки стереозвук остаточно прийшов в аудіотехніку. Передовою ланкою використання просторового звуку стало кіно. У 1952 році була вперше продемонстрована нова система "Синерама", що використовує сім звукових треків, з них один контрольний.

В цей же період стереозвук почав активно впроваджуватися в побутову техніку: в 1961 році почалося стереорадіовіщання, вперше продемонстроване фірмою WEFM в Чикаго. У 1963 році фірма Philips випустила першу компакт-касету. Застосування з 1969 року системи шумозаглушення фірми Dolby (B-тип) дозволило значно поліпшити якість запису.

Дослідження в області поліпшення локалізації і панорамування стереобрази привели вже в кінці 1960-х років до ряду нових результатів. Наприклад, Гольдмарк і Голлівуд з CBS Labs довели, що використання низькочастотних блоків і невеликих середньо-високочастотних акустичних систем дозволяє створити звуковий образ практично такий же, як і у двох повнодіапазонних великих систем. Ця ідея знайшла широке застосування в наш час (в суббвуферах і сателітах). Для розширення зони стереоефекту в цей же час було запропоновано

використання додаткового центрального гучномовця. У 1963 році Шредер і Атал запропонували схеми для придушення перехресних акустичних зв'язків, що знайшло застосування при подальшому розвитку бінауральної стереофонії і в сучасних системах віртуальної реальності.

На 1970-ті роки припав зліт, а потім падіння квадростереофонії. Все почалося з дослідів Р. Берковіца, який працював у фірмі Acoustic Research Corporation, який експериментував з розстановкою передніх і тилових пар гучномовців.

Однією з перших була матрична квадрофонічна система, запропонована Р. Шайбером, який встановив принципи побудови таких систем. На основі його ідей були створені такі матричні системи, як CBS SQ і Sansui QS, а також система Д. Хафлера фірми Electro-Voice, які використовували чотири гучномовця - два передніх і два тилових. Виняток становила система Окамото і Купера, де використовувалася інша конфігурація: центральний, лівий, правий гучномовці і один моноканал для заднього гучномовця (пізніше вона була використана в Dolby MP-матричній системі).

У 1976 році лабораторія Dolby розробила спеціальну апаратуру кодування і декодування для чотирьох канальної матричної системи для кіно, при цьому на тилові гучномовці подавався один моносигнал. Система була вдосконалена в 1978 році К. Тоддомом з цієї ж лабораторії за рахунок введення додаткових фазових зрушень для тилових каналів. У 1983 році Д. Манделл з лабораторії Dolby запропонував новий алгоритм Pro-Logic, що використовує динамічну систему матрицювання.

У 1975 році з введенням Sony Betamax VCR сталася відеореволюція. Пізніше був введений VHS формат VCR, спочатку з лінійним аналоговим монофонічним звуковим треком, потім, після 1980 року, з аналоговим стереотреком і нарешті в 1983 році з окремо компандованим FM стереотреком VHS HI-FI, що забезпечило можливість передачі двохканального звукового сигналу з досить гарною якістю і послужило базою для впровадження системи

Dolby Pro-Logic в побутову техніку. У 1980 році був прийнятий формат для лазерних дисків.

Третій період - цифровий звук і системи Surround Sound. Поява цифрового звуку, яке було, по суті, революцією в аудіотехніці, почалося в 1970-роки спокійно на відміну від великого шуму в цей же час, пов'язаного з квадрофонією.

Вперше на конгресі AES в 1976 році в Нью-Йорку Т.Стокман продемонстрував перші цифрові записи на рекордері фірми Hewlett-Packard. У 1970 році була створена перша цифрова лінія затримки Lexicon Delta -Т 101. У 1975 році фірма EMT розробила перший цифровий реверберatор, а в 1981 році з'явився лазерний компакт-диск.

У 1978 році у фільмі "Супермен" вперше були використані звукові треки з 5.1 каналами на 70-міліметровій плівці з використанням Dolby шестиканального магнітного формату, створеного Ш. Алленом, в якому комбінувалися два тилових каналу з двома фронтальними каналами.

Використання Dolby матричних систем для передачі просторового звуку тривало до початку 1990-х, поки не з'явилася цифрова запис звуку на 35-міліметровій плівці. Заслуга впровадження цифрового запису звуку належить насамперед фірмі Kodak і корпорації "Optical Radiation", які в 1990 році ввели систему CDS (Cinema digital soundtrack).

У 1992 році фірма Dolby ввела нову SR-D цифрову систему просторового звукозапису, яка вперше була використана у фільмі "Бетмен повертається".

У 1993 році фірма Sony ввела нову 7.1-канальну систему ССРД, де два додаткових каналу використовувалися для п'яти екранних гучномовців. У цій системі звукові дані записувалися на двох зовнішніх краях плівки (за межами бокових отворів). Система працювала зі спеціальним Sony ATRAC кодером. Всі ці системи використовуються і понині.

Прагнення до збільшення числа переданих каналів привело до створення в 1990-і роки нового покоління багатоканальних кодеров: Dolby Digital (AC-3), Musicam Surround, AAC, WMA, MLP і MPAC. Деякі кодери використовували

окремі блоки для спільної обробки всіх каналів, зокрема, для вирішення таких проблем, як між канального маскування, між канального пророкування і ін.

У 1993 році система 5.1-канального просторового звуку була обрана для Телебачення, де почав використовуватися Кодер ATSC Dolby Digital (AC-3) для передачі звуку в системі HDTV. Цей кодер був обраний також в 1997 році для забезпечення звуку на DVD-Video (з DTS-кодером як альтернатива). У 1999 році був введений формат DVD-Audio з дуже високою якістю просторового звуку (24-біт).

В даний час 5,1-формат прийнятий для просторових звукових систем в DVD, HDTV, кіно і Інтернеті. Однак вже з'являються пропозиції про введення ССРД 7.1-формату, про різні системи з трьома або чотирма тиловими гучномовцями, IMAX-канальної конфігурації і нову систему Е. Хольман з 10,2-каналами. Були зроблені спроби створення систем з використанням додаткових каналів для вертикальних стельових гучномовців, збільшеного числа бічних і екранних гучномовців і т. д.

Майбутнє просторових систем. Створення систем формату 5.1 зажадало колективної праці багатьох фірм і розробників протягом кількох років. Природно, що розробка наступного покоління просторових систем вимагає не менших зусиль.

Найближче завдання, що вимагає рішення, це розширення зони стереоефекту: сучасні системи формату 5.1 забезпечують досить добрий просторовий ефект для центральної зони розташування слухачів. Для бічних зон відбувається розщеплення сприйняття на окремі канали. Зі збільшенням числа каналів зона просторового ефекту може бути розширена, але питання полягає в тому, яка кількість каналів є оптимальним. Сучасні засоби передачі звукової інформації можуть підтримувати велику кількість каналів. Наприклад, для відрізка музичного сигналу 60 хв. і швидкості 32 кбіт / канал стандарт DVD може забезпечити 400 каналів, однак поки неясно, що з ними робити.

Якщо строго використовувати теорему просторового семпліювання, то гучномовців в залі треба розміщувати на кожні 3/16 дюйма, на що потрібно

близько мільйона каналів. З іншого боку, Блауерт довів, що для формування просторового враження близько двох десятків каналів цілком достатньо.

Ймовірно, треба йти по шляху, вказаному в доповіді професора Блауерта на 113-му конгресі AES: враховуючи, що людина володіє всього двома приймачами інформації і з їх допомогою сприймає просторовий звуковий світ, треба передавати не інформацію про звукове поле в кожній точці тривимірного звукового простору , а психоакустичного інформацію, що надійшла по двох каналах в слухову систему, з якої вона витягує найбільш значущі ознаки, що визначають просторове сприйняття звуку. Для цього необхідно побудувати комп'ютерну модель слухової обробки сигналів, за допомогою якої встановити ці значимі ознаки і організувати їх передачу по каналах зв'язку. Саме цими питаннями і займається Інститут комунікаційної акустики, очолюваний Блауертом.

1.2 Спектр звуку

Звуковими хвилями або просто звуком прийнято називати механічні коливання молекул речовини, що передаються в просторі. Діапазон звукових частот лежить в межах приблизно від 20 ГЦ до 20 кГц. Хвилі з частотою менше 20 Гц називаються інфразвуком, а з частотою більше 20 кГц - ультразвуком. Хвилі звукового діапазону можуть поширюватися не тільки в газі, а й в рідині (поздовжні хвилі) і в твердому тілі (поздовжні і поперечні хвилі). Однак хвилі в газоподібному середовищі - середовищі нашого проживання - представляють особливий інтерес.

Висота звуку - визначається частотою звукової хвилі (або, періодом хвилі). Чим вище частота, тим вище звучання.

Висота звуку вимірюється в герцах (Гц, Hz) або кілогерцах (КГц, КГц). 1 Гц = 1 / С. Тобто коливання в 1 Гц відповідає хвилі з періодом в 1 секунду.

Гучність звуку - визначається амплітудою сигналу. Чим вище амплітуда звукової хвилі, тим голосніше сигнал (рис.1.1). Гучність звуку вимірюється в децибеллах і позначається дБ. Одиниця виміру, названа на честь Олександра

Грема Белла. Приставка деци застосовується для позначення одиниць в частках, рівних 1/10. Відповідно, децибел - це 1/10 Бела.

Рисунок 1.1. Зміна гучності звуку

Середнім показником гучності голосу людини є гучність в 40-50 дБ. У телефонії використовується смуга частот від 300 Гц до 3400 Гц, через те що форманти, що визначають розбірливість мови, розташовані в основному в цій смузі частот. Саме з цієї причини частоти електромагнітного спектра між 300 і 3400 гц також називається голосовими частотами (незважаючи на те, що це електромагнітна енергія, а не акустична). Головними ознаками допустимої якості передачі мови є розбірливість мови і пізнаванність абонента. Для передачі одного каналу голосової частоти, включаючи захисну смугу частот, зазвичай виділяють смугу пропускання 4 кГц, яка допускає частоту дискретизації 8 кГц для використання в імпульсно-кодовій модуляції в телефонній мережі загального користування. У радіомовлення використовують частоту від 50 до 20000 Гц, так як там можуть використовуватися і інструменти, різного роду пісні, частоти яких можуть бути занадто високі або занадто низькі. Щоб повністю передати всю картину музики, необхідний саме такий частотний діапазон.

Мовний (звуковий) сигнал для передачі на відстань і відповідного перетворення трансформується в електричний сигнал.

У теорії і практиці обробки сигналів часто зустрічаються сигнали, які можуть розглядатися як періодичні. Сигнал S (T) називається періодичним, якщо

для нього виконується умова $S(t) = x(t + nT)$, де n – цільове число,аT- період сигналу.

Прикладом найпростішого періодичного сигналу є гармонійне коливання $S(t) = A\cos(\omega t - \varphi)$.

Такий сигнал являє гармоніку, яка характеризується аплітудою A, круговою частотою ω и початковою фазою φ.. Не важко переконатися, що гармоніка має період $T = 2\frac{\pi}{\omega}$. . Гармоніка, що має періодω, 2ω, 3ωпризводить до утворення періодичного сигналу S (T) з періодом, рівним періоду першої гармоніки $T = 2\frac{\pi}{\omega}$.

1.3 Класичні методи перетворення звукових сигналів в електричні

Для передачі безперервних сигналів можна використовувати дискретний канал, перетворюючи безперервний сигнал в цифровий за допомогою АЦП, а на приймальній стороні цифровий сигнал в безперервний за допомогою ЦАП.

Аналого-цифрове перетворення виконується в три основних етапи: Дискретизація - Квантування - Кодування.

Повний цикл аналого-цифрового перетворення звуку наведено на рис. 1.2.

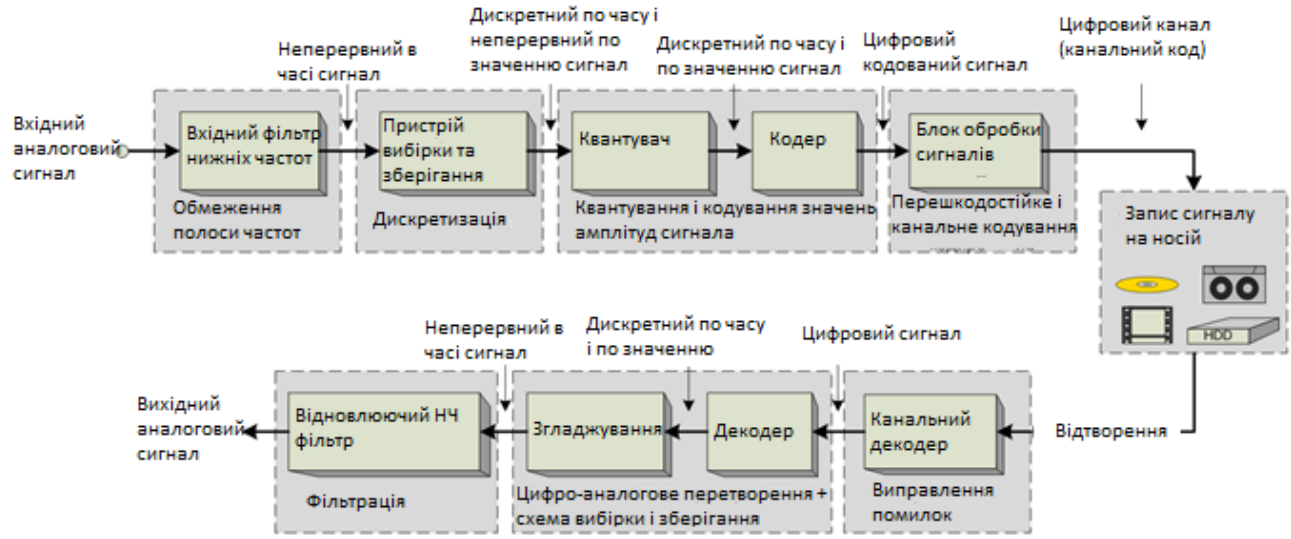

Рисунок 1.2. Повний цикл перетворення звуку.

Далі розглядається три основні сучасні методи перетворення звукового сигналу.

Імпульсно-кодова модуляція (ІКМ). Процес імпульсно-кодової модуляції проходить наступним чином (рис.1.3):

1. Аналоговий сигнал пропускають крізь фільтр низької частоти, щоб видалити все, що має частоту понад 4000Гц. Частоту фільтрують до 4000Гц для того, щоб обмежити обсяг голосових даних, переданих по мережі. Згідно з теоремою Котельникова, для досягнення хорошої якості передачі голосу вибірку необхідно здійснювати з частотою 8000 вибірок в секунду.

2. Відфільтрований аналоговий сигнал піддається вибірці з частотою 8000 разів в секунду.

3. Після вибірки сигнал перетвориться в дискретну цифрову форму (рис.1.4). Отриманий код означає амплітуду сигналу в момент, коли відбувалася вибірка. Телефонний різновид PCM використовує код з восьми бітів і логарифмічний метод стиснення, який надає більше бітів для сигналу меншої амплітуди.

Якщо помножити восьмибітове слово на частоту 8000 вибірок, отримаємо швидкість передачі 64000 біт в секунду. Таким чином, базова швидкість телефонної інфраструктури становить 64Кбіт / с.

Рисунок 1.3 - Структурна схема системи ІКМ

ІКМ зі швидкістю 64 кбіт/с в основному використовується в широкосмугових системах зв'язку (як правило це провідна телефонія з використанням крученої пари, коаксіалу, оптоволокна), а так само як попередня

ланка більш досконалих низькошвидкісних мовних кодерів, оскільки її характеристики вважаються дуже високоякісними.

Процес аналого-цифрового перетворювання представлений на рис. 1.4.

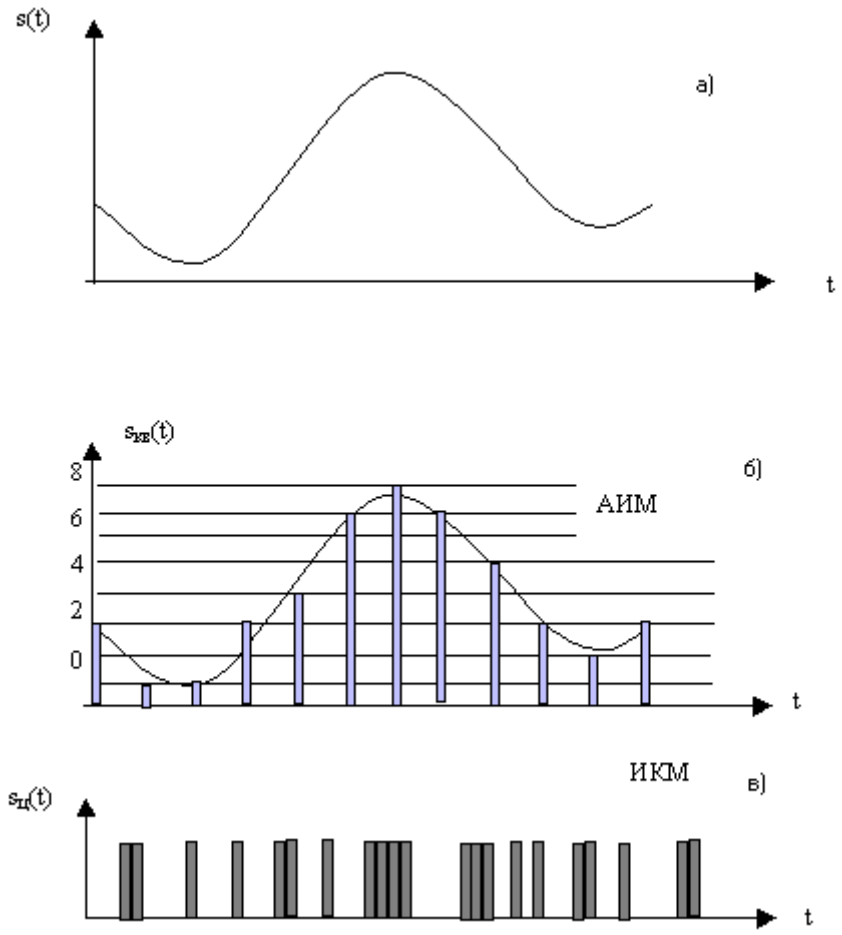

Рисунок 1.4. Процес обробки аналогового сигналу методом ІКМ

При дискретизації необхідно визначити частоту дискретизації. Її можна визначити за теоремою Котельникова ($\Delta t = \frac{1}{2F}$). В 1933 році В.А. Котельниковим доведена теорема відліків, що має важливе значення в теорії зв'язку: безперервний сигнал S(t) з обмеженим спектром можна точно відновити (інтерполювати) за його відліками, узятими через інтервали$\Delta t = \frac{1}{2F}$, де F ,верхня частота спектра сигналу.

Спочатку сигнал дискретизується, тобто розбивається на рівні відліки, і сигнал на цих відліках умовно відзначається точкою.

Далі, при квантуванні необхідно замінити отриманий при дискретизації відлік стандартними рівнями квантувача. Для того, щоб визначити кількість біт для даного сигналу, потрібно скористатися формулою$n \geq \log_2 L$, де n– розрядність, а L–кількість рівнів квантування. На етапі кодування необхідно кожен квант замінити цифровим кодом з обрахованою розрядністю n і розташувати їх у порядку проходження дискретизації.

Диференційна імпульсно-кодова модуляція (ДІКМабо DPCM – Differencial PCM). У методі ДІКМ для зниження надмірності мовного сигналу використовується наявність кореляції між сусідніми відліками. Наявність кореляції дає можливість прогнозувати наступні відліки по попереднім.

У структурі ДІКМ (рис.1.5) в кодуванні і передачі по каналу зв'язку підлягають не самі відліки (вибірки) сигналу, а помилки передбачення. У разі, коли параметри пристрою передбачення адекватні властивостям мовного сигналу, вдається зменшити динамічний діапазон помилок передбачення в порівнянні з динамічним діапазоном мовного сигналу. А це дозволяє зменшити число рівнів квантування і, відповідно, кількість біт на вибірку і швидкість цифрового потоку на виході кодера.

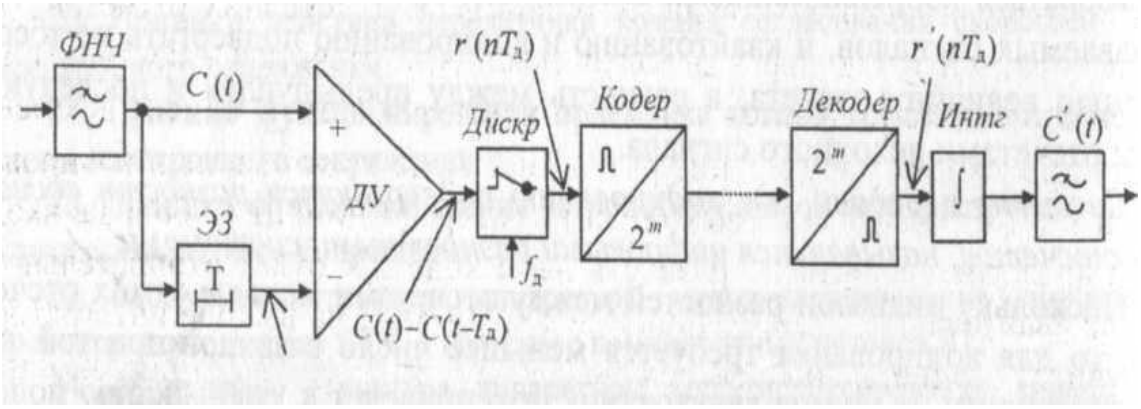

Рисунок 1.5 - Структурна схема кодека ДІКМ:

При використанні для кодування мови методу ДІКМ число біт квантування на вибірку знижується до 4-6 (32-48 кбіт / с).

Подальше зниження швидкості цифрового потоку на виході кодера досягається за рахунок використання адаптивного варіанту ДІКМ.

Квантування аналогового сигналу методом диференційної імпульсно-кодової модуляції наведено на рис1.6.

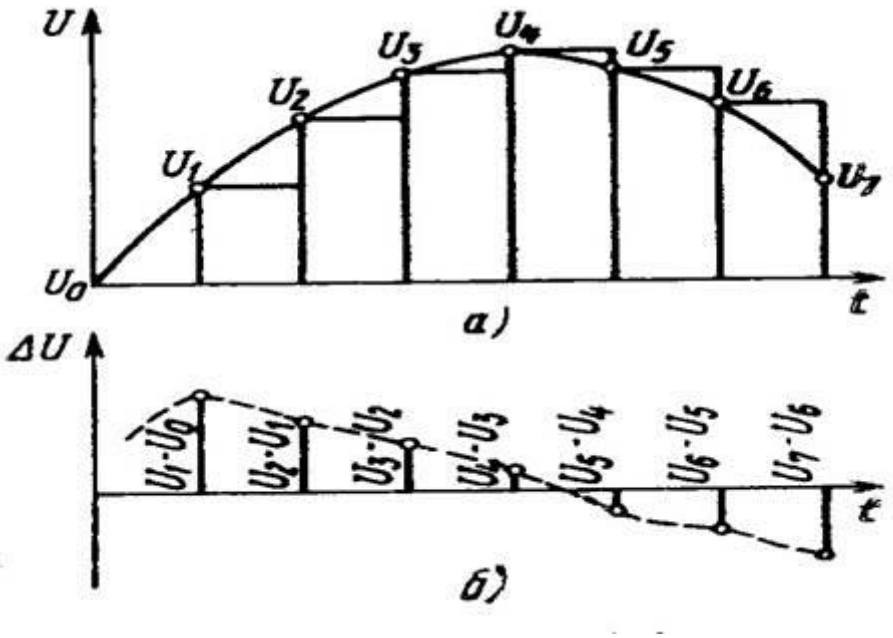

Рисунок 1.6 - Квантування аналогового сигналу методом ДІКМ

Адаптивна диференційна імпульсно-кодова модуляція (АДІКМ або ADPCM). Це один з найбільш загальноприйнятих і широко використовуваних стандартів стиснення (кодування) мови зі швидкістю 24-32 кбіт / с.

Кодери на основі ДІКМ розробляються в припущенні, що вихід джерела повідомлень стаціонарний. Насправді мова - це нестаціонарний випадковий процес, тобто її дисперсія, спектр і автокореляційна функція змінюються в часі. Тому для ефективного кодування необхідно постійно відслідковувати такого роду зміни. У методі АДІКМ на відміну від ДІКМ проводиться адаптивне налаштування кроку квантування сигналу помилки передбачувача (рис.1.7), а також автоматичне налаштування коефіцієнтів нерекурсивного фільтра передбачувача відповідно до зміни поточного спектра мовного повідомлення. Дані заходи дозволяють мінімізувати динамічний діапазон помилки передбачення і необхідне число рівнів квантування.

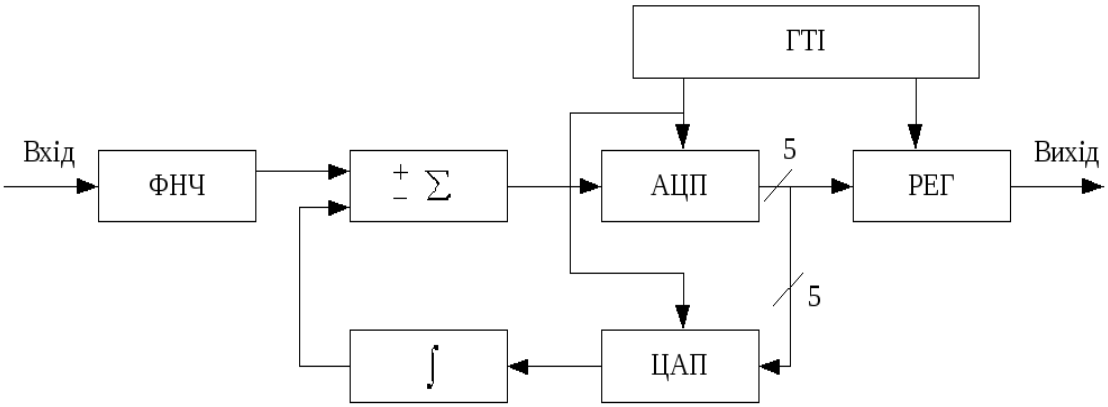

Рисунок 1.7. Структурна схема АДІКМ

При кодуванні мови з використанням АДІКМ для високої якості відновленої мови потрібно використовувати лише 3-4 біт на вибірку.

Дельта-модуляція (ДМ). Дельта-модуляцію можна розглядати як різновид ДІКМ, в якій використовується дворівневий квантувач в з'єднанні з передбачувачем першого порядку (рис 1.8). Таким чином прогнозоване значення - це просто затриманий на один такт минулий відлік.

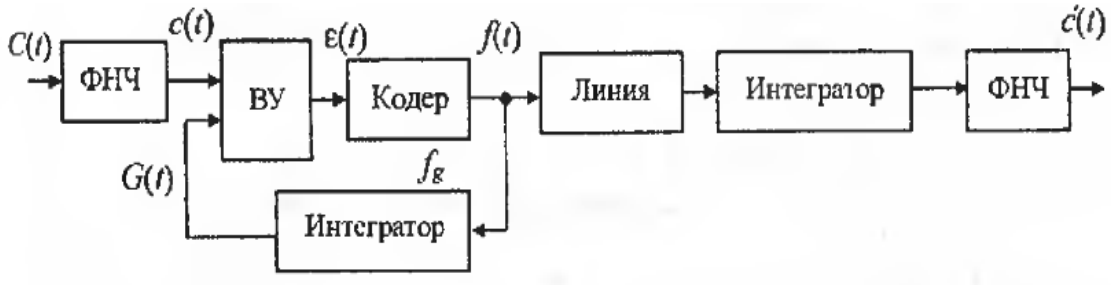

Рисунок 1.8. Структурна схема кодека дельта-модуляції

Даний вид кодування (рис.1.9) є ефективним у разі, коли різниця амплітуд між сусідніми відліками мала. Цього досягають стробуючи аналоговий мовний сигнал з частотою в 4-6 разів більшою, ніж частота Котельникова. Тоді швидкість видачі інформації кодером становить 32-48 кбіт/с.

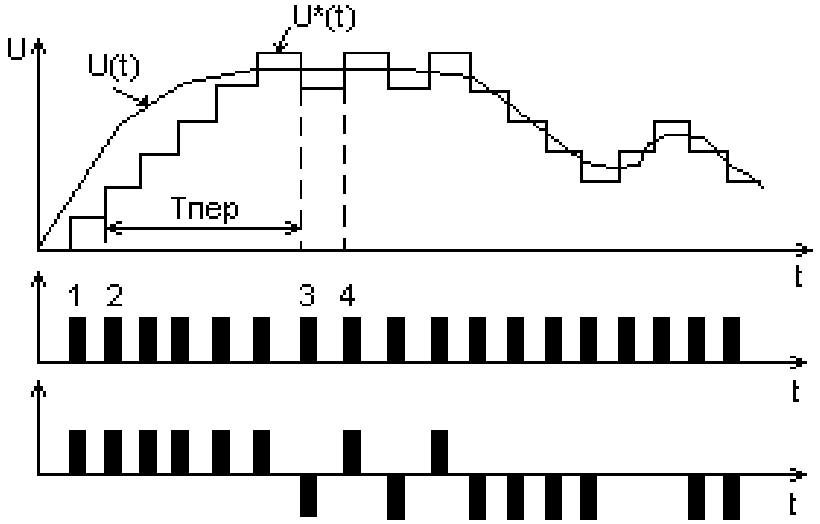

Рисунок 1.9. Часови діаграми ДМ

Мовному кодеру на основі дельта-модуляції властиво два види перетворень:

– перевантаження по нахилу; викликається розміром кроку квантування, який занадто малий, щоб відстежувати сигнал з різким нахилом;

– шум дроблення; викликається розміром кроку квантування, який занадто великий, щоб відстежувати сигнал з малим нахилом. Для усунення зазначених недоліків використовують змінний крок квантування, тобто змінюють його адаптивно тим або іншим методом в напрямку мінімізації загальної середньої квадрата помилки від двох зазначених факторів.

Адаптивна дельта-модуляція. Адаптивні схеми дельта-модуляторів (АДМ) дозволяють значно поліпшити характеристики ЛДМ, зокрема грубе квантування похибки передбачення. Зазвичай при АДМ використовується адаптація по вихідному сигналу. В цьому випадку не потрібна синхронізація по кодовим словам, тому що крок квантування в передавачі і приймачі перебудовується в одній і тій же кодової послідовності.

Структурна схема АДМ приведена на рис.1.10.

Поліпшення якості АДМ досягається шляхом її незначного ускладнення, всі достоїнства ЛДМ при цьому зберігаються. Використання передбачувача другого порядку в ЛДМ або АДМ дає виграш у відношенні сигнал-шум квантування на 4 – 5 дБ.

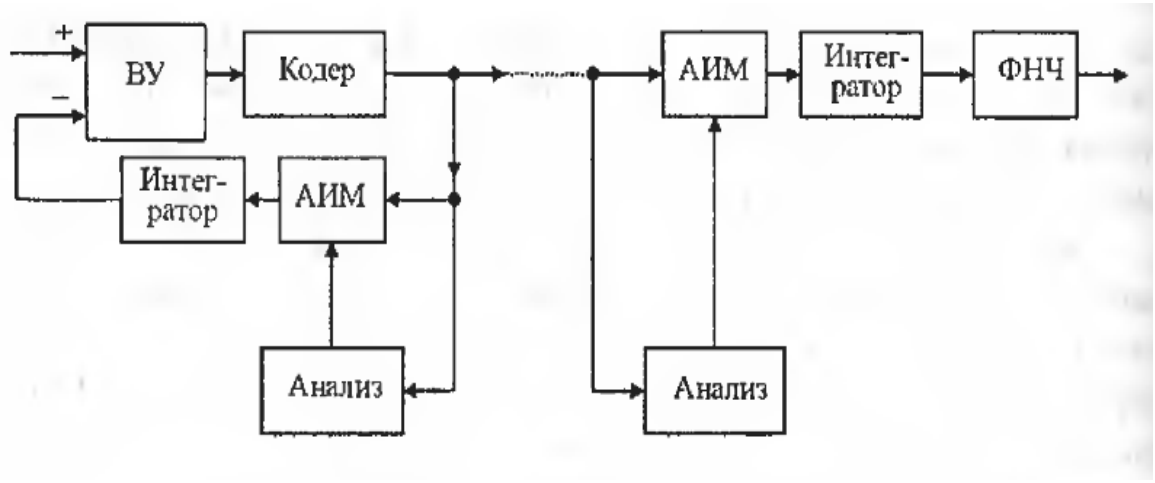

Рисунок 1.10 – Структурна схема адаптивної дельта-модуляції

В адаптивному модуляторі ДМ з миттєвим компілюванням сигнал зворотного зв'язку, що надходить на схему формування сигналу помилки, змінюється в кожному тактовому інтервалі відповідно до полярності імпульсів вихідного двійкового сигналу L(t) в даному і попередніх тактових інтервалах. Таким чином адаптивний модулятор "підганяє" сигнал зворотного зв'язку до вхідного сигналу протягом порівняно невеликого числа тактових інтервалів. Загальним для структурних схем кодеків з миттєвим відрядженням є малий час формування сигналу управління кроком квантування.

1.4 Кодування звуку, цифрові формати

Кодек Microsoft ADPCM (адаптивна диференціальна імпульсно-кодова модуляція), колись популярний у піратів, які не бажали витрачати час на кодування музики в MP3 - далеко не зразок якості. Для зменшення обсягу файлу доводилося створювати восьми або навіть чотирьох бітні wave файли з частотою дискретизації 22кГц, що давало дуже слабкий результат. І якщо MP3 файл з фіксованим бітрейтом 128 Кб/с звучить більш-менш стерпно (а для деяких слухачів - ідеально), то аналогічного розміру wave файл, стиснутий кодеком ADPCM звучить просто жахливо.

Формат MP3. MPEG (від MotionPictureExpertGroup - група експертів по рухомим зображенням) 1 LayerIII (рідше MPEG 2 LayerIII), також іноді іменований людьми некомпетентними MPEG 3 (такого формату не існує) вже

довгі роки є для багатьох користувачів єдиною асоціацією зі словосполученням "комп'ютерна музика". Розроблений в кінці 80-х років, невимогливий до ресурсів (відтворення MP3 файлів можливе навіть на комп'ютерах з процесорами 486) формат, який дозволяв стискати музику до 10 разів без катастрофічних втрат якості швидко прижився на домашніх комп'ютерах. Через деякий час стало ясно, що "CD якість" при бітрейті в 128 Кб/с неможлива, принаймні до цього стандарту, так як з оснащенням комп'ютерів більш досконалими звуковими картами і акустичними системами дозволяло виявити недоліки подібного кодування. Сучасні кодирувальники дозволяють досягти якості звучання, на слух невідмітного від компакт диска на бітрейтах в діапазоні 192-256 Кб/с навіть на високоякісній апаратурі. Проте, в деяких рідкісних випадках (при наявності хорошого слуху і апаратури) навіть бітрейта 320Кб/с може не вистачити. Складність полягає втому, що сам по собі формат MP3 має недоліки, від яких практично неможливо позбутися. На практиці ж використання постійного бітрейта 320Кб/с часто виявляється надлишковим і найчастіше призводить до безглуздої витрати місця.

Порівняння степенів стиснення файла, і як наслідок зміну якості і тривалості звучання на CD в форматі MP3 приведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Порівняння степенів стиснення файла в форматі MP3

Степінь стиснення файла	Якість звучання	Тривалість звучання CD
128 кбіт/с	Цілком прийнятна якість	Приблизно 12 годин
192 кбіт/с	У більшості випадків не відрізняється від оригіналу	Приблизно 9 годин
256 кбіт/с	Звичайне людське вухо не чує спотворень в порівнянні з оригіналом	Приблизно 6 годин

Для створення MP3 файлів ідеально підходить безкоштовний LAME (кодувальники Fraunhofer є платними і дозволяють досягти порівнянного з LAME якості, а кодери Xing, і більшість інших не заслуговують на увагу), а для відтворення - одна з останніх версій Winamp 2.

Формат MP3pro. Для передачі музики в інтернет використовуються зазвичай самі низькі бітрейти, які є далеко не найсильнішою стороною "звичайного" MP3. Тут MP3pro і проявляє себе з кращого боку: часткова сумісність з MP3 і нова технологія SBR, відновлює високі частоти, які здатні в чималому ступені посприяти просуванню нового формату на просторах глобальної мережі. Для зберігання музики високої якості MP3pro абсолютно не годиться: навіть при використанні максимально доступного для більшості кодеків бітрейта 96 Кб/с чутні спотворення, хоча в порівнянні з багатьма іншими форматами, що підтримують низькі бітрейти результати роботи кодека MP3pro помітно кращі. При підвищенні бітрейта якість файлів падає в порівнянні з іншими форматами і вже при бітрейтах 128Кб/с розумніше використовувати MP3 або OGG Vorbis.

Перспективи у MP3pros майбутньому невеликі: занадто вузька сфера застосування (в основному Інтернет і портативні MP3 програвачі) плюс ліцензування, що вимагає від розробників вкладення чималих коштів напевно матимуть вирішальне значення в конкурентній боротьбі.

Формат MPEG plus/Musepack (MP+/MPC/MPP). Даний формат схожий за принципом дії на MPEG Layer II (MP2), але використовує більш досконалий алгоритм. На відміну від більшості інших сучасних кодеків метою творців Musepack було зовсім не прагнення отримати максимально можливу якість на низьких бітрейтах: найкраще формат показує себе на середніх і високих бітрейтах (типовий бітрейт файлів зазвичай знаходиться в діапазоні 160-180Кб/с). Чудова психоакустична модель, яка використовує VBR кодування дозволяє домогтися прекрасної якості звучання. В результаті кодек показує результати вищі, ніж більшість його суперників на аналогічних бітрейтах. Швидкість роботи кодувальника досить висока: на створення MPC файлу витрачається приблизно в

два рази менше часу, ніж на створення MP3 файлу за допомогою lame з аналогічними налаштуваннями.

Більш того, MPC файли, створені таким чином звучать краще, ніж високоякісні MP3 файли з бітрейтом 320Кб/с (зрозуміло, в тих рідкісних випадках, коли дане порівняння можна проводити).

Одним із серйозних недоліків нинішньої версії Musepack є обмеження на формат файлу: 44кГц, 16 біт, стерео, що робить його непридатним для, наприклад, стиснення звукових доріжок до фільмів на DVD. Відсутність апаратної підтримки також може стати перешкодою при виборі формату.

Формат AAC. Формат Advanced Audio Coding (розширене аудіо кодування), також відомий як MPEG2 nbc (not backwards compatible) є наступником формату MP3. Поєднуючи в собі алгоритми кодування MPEG2 / MPEG4 AAC має ширші, ніж MP3 можливості: можливість кодування декількох звукових каналів з частотою дискретизації до 96 кГц і вище, ніж у MP3 співвідношення якість / розмір роблять його вельми привабливим як для створення музичної колекції, так і для кодування багатоканальних звукових доріжок. Якість звучання файлів, стислих за допомогою AAC оцінюється як відмінне.

Проте у використанні AAC є свої труднощі: алгоритми кодування, використовувані в даному форматі досить складні, тому для створення AAC файлу потрібна значна кількість часу і системних ресурсів.

Формат TwinVQ (VQF). VQF (VectorQuantisationFormat, формат з векторним квантуванням), є частиною специфікації MPEG4. Як формат стиснення музики VQF нині мертвий. Будь-який відвідувач сайту VQF.com буде зустрінутий наступним не надто оптимістичним написом: "VQF.comisnowshutdown. The VQF format is now out-of-date. За заявами розробників якість звучання VQF файлу з бітрейтом 80 Кб/с близько до 128Кб/с MP3 (по ряду причин даний бітрейт є "каменем спотикання" розробників алгоритмів кодування звуку), а бітрейт 96Кб/с дає більш високі результати. Психоакустична модель VQF істотно відрізнялася

від усіх, які використовувалися до цього, дозволяючи отримувати більш високу якість, ніж раніше.

Ще в 2000 році розробники заявляли про свої плани по розробці кодера, здатного створювати VQF файли з удвічі більшим бітрейтом (відповідно, з більш високою якістю), але з тих пір мало що змінилося: остання версія програми Nero Burning ROM містить плагін, що дозволяє створювати VQF файли з бітрейтом до 192кб/с. Про інших програм, що підтримують VQF2 нічого не відомо.

Формат WMA. Формат WindowsMediaAudio був розроблений всенародно улюбленою Microsoft в якості чергового "заступника" MP3. Формат постійно вдосконалюється, поступово з'являється підтримка більш високих бітрейтів (до 160 Кб/с в нових версіях кодека).

Якість звучання WMA файлу цілком можна порівняти з якістю MP3 файлу з тим же бітрейтом, іноді перевищуючи MP3 на низьких бітрейтах. Чималим плюсом можна вважати те, що кодувальники WMA вже вбудовані в Windows, а останні версії Windows Media Player дозволяють кодувати компакт диски відразу ж в новий формат. На своєму сайті Microsoft регулярно проводить тестування нових версій кодека (переважно на бітрейтах до 128 Кб/с), протиставляючи їм застарілі або низькоякісні кодирувальники MP3.

Нещодавно з'явився формат WMA9, підтримує кодування зі змінним бітрейтом, а також стиснення без втрат (loseless). Незважаючи на це ніяких принципових покращень якості нова версія кодувальника не принесла: стиснення з втратами все ще недостатньо якісне, а результати loseless компресії гірші, ніж у сучасних вільно розповсюджуваних кодувальників.

Формат Liquid Audio. Використовуючи сучасні високоякісні алгоритми AAC і ATRAC він дозволяє отримати результат за якістю звучання, який перевершує аналогічний MP3 файл. Крім самого аудіотрека всередині LQT файлу може зберігатися додаткова інформація: відомості про виконавця і альбоми, тексти пісень, графіка і т.д. Вміст файлу шифрується щоб уникнути нелегального копіювання.

Недоліком для домашнього використання може бути складність декодування файлів LQT в wave (для подальшого запису на CD-R / RW) і відсутність безкоштовних кодувальників. Для кодування музики вдома краще підійде "звичайний" AAC.

Формат OGG Vorbis. Заяви розробників виглядають привабливими: повна відкритість формату і його свобода від різних патентів (на відміну від MP3 і багатьох інших форматів), підтримка широкого діапазону частот дискретизації (8-48 кГц) і бітрейтів (від 16 до 256 Кб/с на канал), можливість кодування не тільки стерео сигналу, але і декількох каналів аудіо даних, високу якість звучання і багато іншого. Вважається, що бітрейта 160-190 Кб/с достатньо для забезпечення звучання, на слух невідмітного від компакт диска.

За замовчуванням для створення Ogg Vorbis файлів використовується кодування в режимі VBR, що дозволяє досягти більш високого співвідношення якість / розмір за рахунок оптимального вибору бітрейта в залежності від характеру музики, хоча можливе використання постійного бітрейта. Інформація про виконавця, назву композиції і т.д. зберігається в Unicode, так і сама по собі організація тегів реалізована більш грамотно, ніж в ID3V2 (досить новий формат тегів MP3 / AAC файлів).

Формат Apple AIFF. Цей тип файлів є стандартним для систем Apple Macintosh і систем обробки звуку, побудованих на його основі. Apple AIFF розшифровується як Audio Interchange File Format - формат файлу обміну звуком, він у чомусь схожий з WAV. Його особливістю є те, що він дозволяє розміщувати разом із звуковою хвилею додаткову інформацію, зокрема, семпли WaveTable (приклади звучання інструментів разом з параметрами синтезатора), що покращує якість підсумкового результату. Хоча в даний час комп'ютери Apple здатні відтворювати файли практично будь-яких форматів, в тому числі і MP3.

1.5 Стандарти файловий обробки звуку

У 1990 році був схвалений перший міжнародний стандарт в області відеоконференцзв'язку - специфікація H.320 для підтримки відеоконференцій по

ISDN. Потім ITU схвалив ще цілу серію рекомендацій, що відносяться до відеоконференцзв'язку. Ця серія рекомендацій, часто звана H.32x, крім H.320, включає в себе стандарти H.321-H.324, які призначені для різних типів мереж.

Зараз H.323 - один з найважливіших стандартів з цієї серії. H.323 - це рекомендації ITU-T для мультимедійних додатків в обчислювальних мережах, що не забезпечують гарантовану якість обслуговування (QoS).

Передача аудіо- та відеоінформації вельми інтенсивно навантажує канали зв'язку, і, якщо не стежити за зростанням цього навантаження, працездатність критично важливих мережевих сервісів може бути порушена. Тому рекомендації H.323 передбачають управління смугою пропускання. Можна обмежити як число одночасних з'єднань, так і сумарну смугу пропускання для всіх додатків H.323. Ці обмеження допомагають зберегти необхідні ресурси для роботи інших мережевих додатків. Кожен термінал H.323 може управляти своєю смугою пропускання в конкретній сесії конференції.

Стандарти для кодеків. H.323 встановлює стандарти для кодування і декодування аудіо- і відеопотоків з метою забезпечення сумісності обладнання різних виробників. Разом з тим стандарт досить гнучкий. Існують вимоги, виконання яких є обов'язковим, і існують опціональні можливості, в разі використання яких також необхідно строго слідувати стандарту. Всі кодеки сімейства H.323 представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Зведена таблиця всіх кодеків сімейства H.323

Кодек	Тип кодеку	Швидкість кодування	Затримка при кодуванні
G.711	ІКМ	64 Кбіт/с	0,75 мс
G.726	АДІКМ	32 Кбіт/с	1 мс
G.728	LD-CELP	16 Кбіт/с	Від 3 до 5 мс
G.729	CS-ACELP	8 Кбіт/с	10 мс
G.726 a	CS-ACELP	8 Кбіт/с	10 мс
G.723.1	MP-MLQ	6,3 Кбіт/с	30 мс
G.723.1	ACELP	5,3 Кбіт/с	30 мс

В даний час застосовується кілька стандартів оцифровки звуку, які розглядаються нижче.

Стандарт RPE-LPC. RPE-LPC зі швидкістю передачі 13 Кбіт/с використовується в якості стандарту мобільного зв'язку в Європейських країнах. В основі цього методу покладено принцип передбачення, коли інформація від попередніх тимчасових відліків використовується, щоб передбачити поточний часовий відлік. Коефіцієнти лінійної комбінації попередніх тимчасових відліків, плюс, закодована форма залишкових, різниця між передбаченим і фактичним тимчасовим відліком, представляють сигнал. Мова розділена на 20 часових відліків в мілісекунди, кожен з яких закодований як 260 бітів, що становить повну швидкість передачі інформації 13 Кбіт / с. Це так зване кодування мови на повній швидкості (Full Rate).

Стандарт CELP. CELP зі швидкістю передачі 4,8 Кбіт / с. Схвалений у США федеральним стандартом FS-1016. Використовується в системах прихованого телефонного зв'язку. Метод кодування CELP заснований на лінійній авторегресіонній моделі процесу формування і сприйняття мови і входить до групи методів аналізу через синтез, реалізуючих сучасні та ефективні алгоритми інформаційного стиснення мовних сигналів. Алгоритми даного класу займають проміжне положення між кодерами форми сигналу, в яких зберігається форма коливань мовного сигналу в процесі його дискретизації і квантування, і параметричними вокодерами, основаними на процедурах оцінки та кодування невеликого числа параметрів мови, об'єднуючи переваги кожного з них. CELP найбільш ефективно застосовується при передачі мовного сигналу в діапазоні швидкостей від 4 до 6 Кбіт/с. Хоча CELP, головним чином, орієнтований на низькі швидкості, на ньому базуються багато стандартів. Випробування показують його прийнятність і для високих швидкостей.

Стандарт VSELP. VSELP зі швидкістю передачі 7,95 Кбіт/с. використовується в цифрових стільникових системах Північної Америки. VSELP зі швидкістю передачі 6,7 Кбіт/с прийнятий в якості стандарту в стільникових мережах Японії. Алгоритм кодування мови Vector Sum Excited Linear Prediction

(VSELP) належить до класу кодерів промови відомих як Code Excited Linear Prediction (CELP). Кодери такого роду використовують кодові книги, що містять набори векторів для апроксимації вектора збудження. Пошук,який апроксимується вектором, вимагає значної кількості обчислень навіть для кодових книг мінімально прийнятного розміру. Обчислення параметрів лінійного передбачення здійснюється один раз за повний фрагмент (20мс). Алгоритм VSELP використовує метод "аналіз-через-синтез" для вибору оптимального набору параметрів мовлення за критерієм мінімальної енергії помилки (MSE). Середня енергія розраховується один раз за фрагмент і квантів п'ятьма двійковими квантувачами. Найбільше значення коду 31 відповідає середній енергії з рівнем -4dB щодо максимально можливого рівня енергії, рівного квадрату максимального значення відліку мови. Решта рівнів розташовані з відносним інтервалом -2dB. Після пошуку частини сигналу збудження в адаптивній кодової книзі, здійснюється пошук решти збудження в двох фіксованих кодових книгах. Адаптивна кодова книга являє собою пам'ять трансверсального (КИХ) фільтра з одним ненульовим коефіцієнтом і зі змінною затримкою.Алгоритм VSELP не містить безпосереднього квантування коефіцієнтів посилення. Здійснюється квантування тільки окремих параметрів. Кодер VSELP кожні 20 мс формує 160 біт даних , що відповідає швидкості передачі 8000 б / с (з них один біт відводиться на синхронізацію).

Стандарт LD-CELP. LD-CELP схвалений стандартом МККТТ G 728. В даному стандарті досягається невелика затримка приблизно 0,625 мс, використовуються короткі вектори порушення і не застосовується фільтр довготривалого передбачення з передавальною функцією. В алгоритмі LD-CELP збережена суть методу CELP, представляючого собою метод «аналізу через синтез» шляхом пошуку сигналів в кодової книзі. Для отримання алгоритмічної затримки порядку 0,625 мс використовується адаптація провісників і рівнів сигналу збудження по виходу. Передається тільки індекс сигналу збудження, знайдений в кодовій книзі. Оновлення коефіцієнтів передбачення проводиться за допомогою LPC-аналізу раніше квантованої мови. Рівень збудження

обновлюється за допомогою інформації, яка міститься в раніше квантованому сигналі збудження. Розмір блоку для адаптації вектора сигналу збудження і рівня становить всього лише п'ять відліків. Оновлення для зважування фільтра, враховує сприйняття, проводиться за допомогою LPC-аналізу неквантованной мови.

Стандарт MP-MLQ. Стандарт стиснення G.723 частково базується на новому методі стиснення мови (Multipulse Maximum Likelihood Quantization - MP-MLQ), розробленому ізраїльською фірмою AudioCodes, творцем передових мовних і факсимільних технологій, і її корпоративним партнером - американською фірмою DSP Group.

Метод MP-MLQ відноситься до сімейства алгоритмів AbS. Мовний кодер MP-MLQ використовує LPC-аналізатор 10-го порядку і працює на швидкостях 4,8; 6,4; 7,2 і 8,0 Кбіт / с. Його структура підтримує перепрограмування "на льоту" для однієї або декількох швидкостей. Масштабованість алгоритму MP-MLQ дозволяє розробляти похідні реалізації для швидкостей аж до 4,0 Кбіт / с і більше низьких комунікаційних затримок (до 20 мс), здійснювати кодування на декількох швидкостях і зі змінною швидкістю, виконувати багатоканальну обробку (завдяки низькій обчислювальної навантаженні - менше 10 MIPS) і досягати високої якості на 8 Кбіт/с.

1.6 GSM стандарт

GSM (від назви групи Groupe Spécial Mobile, пізніше перейменований в Global System for Mobile Communications) - глобальний цифровий стандарт для мобільного стільникового зв'язку, з поділом каналу за принципом TDMA та високим ступенем безпеки завдяки шифруванню з відкритим ключем. Розроблено під егідою Європейського інституту стандартизації електрозв'язку (ETSI) в кінці 80-х років.

GSM відноситься до мереж другого покоління (2 Generation), хоча на 2006 рік умовно знаходиться у фазі 2,5G (1G - аналоговий стільниковий зв'язок, 2G - цифровий стільниковий зв'язок, 3G - широкосмуговий цифровий стільниковий

зв'язок, комутируємо багатоцільовими комп'ютерними мережами, в тому числі інтернет).

Стільникові телефони випускаються для 4 діапазонів частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц. Існують також, і досить поширені, мультідіапазонние (Dual-Band, Multi-Band) телефони, здатні працювати в діапазонах 900/1800 МГц, 850/1900 МГц, 900/1800/1900 Мгц.

GSM на сьогоднішній день є найбільш поширеним стандартом зв'язку. За даними асоціації GSMA на даний стандарт доводиться 82% світового ринку мобільного зв'язку, 29% населення земної кулі використовує глобальні технології GSM. У GSMA в даний час входять оператори більш ніж 210 країн і територій.

Структурна схема процесів обробки мови в стандарті GSM представлена на рис. 1.11.

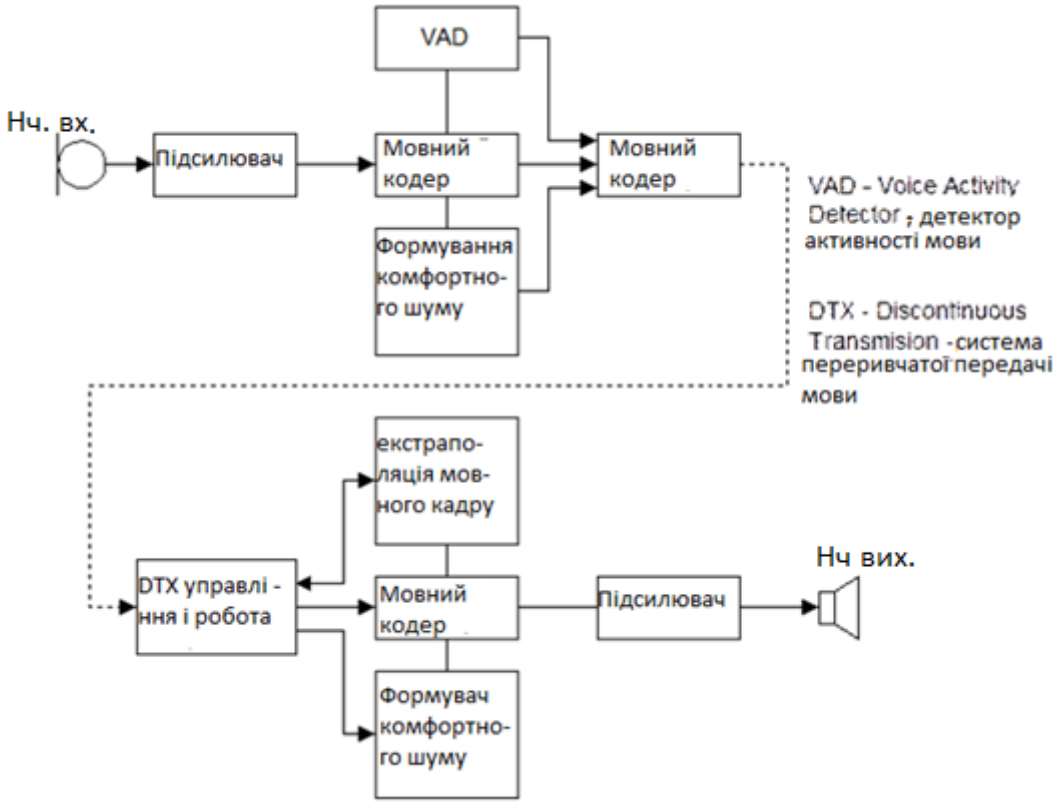

Рисунок 2.1. Процесі обробки мови в стандарті GSM

Стандарти GSM.

А) GSM-900.

Цифровий стандарт мобільного зв'язку в діапазоні частот від 890 до 915 МГц (від телефону до базової станції) і від 935 до 960 МГц (від базової стації до телефону).

У деяких країнах діапазон частот GSM-900 був розширений до 880-915 МГц (MS -> BTS) і 925-960 МГц (MS <- BTS), завдяки чому максимальна кількість каналів зв'язку збільшилася на 50. Така модифікація була названа E-GSM (extended GSM).

Б) GSM-1800

Модифікація стандарту GSM-900, цифровий стандарт мобільного зв'язку в діапазоні частот від 1710 до 1880 МГц.

Особливості:

– максимальна випромінювана потужність мобільних телефонів стандарту GSM-1800 - 1Вт, для порівняння у GSM-900 - 2Вт. Більший час безперервної роботи без підзарядки акумулятора і зниження рівня радіовипромінювання, хоча якщо врахувати той факт, що це більш висока частота, то можна припустити збільшення «ефекту мікрохвильової печі» на організм користувача;

– висока ємність мережі, що важливо для великих міст;

– можливість використання телефонних апаратів, що працюють в стандартах GSM-900 та GSM-1800 одночасно.

Переваги та недоліки GSM стандарту. Переваги стандарту GSM:

– менші порівняно з аналоговими стандартами (NMT-450, AMPS-800) розміри і вага телефонних апаратів при більшому часу роботи без підзарядки акумулятора

- хороша якість зв'язку при достатній щільності розміщення базових станцій;

– велика ємність мережі, можливість великого числа одночасних з'єднань;

– низький рівень індустріальних перешкод в даних частотних діапазонах;

– максимальний захист від підслуховування і нелегального використання, що досягається шляхом застосування алгоритмів шифрування з відкритим ключем. EFR-технологія являє собою вдосконалену систему кодування мови. Ця система

була розроблена фірмою Nokia і згодом стала промисловим стандартом кодування / декодування для технології GSM;

– широке поширення, особливо в Європі, великий вибір обладнання.

Недоліки стандарту GSM:

– спотворення мови при цифровій обробці і передачі;

– зв'язок на відстані не більше 120 км від найближчої базової станції навіть при використанні підсилювачів і направлених антен. Тому для покриття певної площі необхідна більша кількість передавачів, ніж в NMT-450 і AMPS;

– серйозна потужність випромінювання ношеними трубками - потенційна шкода здоров'ю. В даний час не доведено, навіть після проведення безлічі експериментів.

Перетворення мовних сигналів в стандарті GSM. Для аналого-цифрового перетворення мовних сигналів в стандарті GSM використовуються АЦП. Основні характеристики мовних сигналів (згідно з рекомендаціями МККТТ) в стандарті GSM і особливості їх аналого-цифрового перетворення:

– діапазон частот мовного сигналу обмежений: 300 ... 3400 Гц;

– тривалість звуків мовного сигналу становить від декількох десятків до декількох сотень мілісекунд, при середньому значенні 130 мс;

– для голосних звуків середнє значення тривалості становить 210мс, для приголосних - 92 мс;

– спектр потужності мовного сигналу має максимум поблизу частоти 400 Гц і спадає на більш високих частотах зі швидкістю близько 9 дБ на октаву;

– при телефонній розмові рівень мовного сигналу змінюється в діапазоні 35 ... 40 дБ, при цьому рівень приголосних в середньому на 20 дБ нижче рівня голосних;

– в аналого-цифровому перетворенні і цифровій обробці сигналу мовлення обмежуються частотним інтервалом звичайного аналогового телефону 300 ... 3400 гц, при цьому при кодуванні мовного сигналу враховують квазістаціонарний

гаусовський процес, у якого спектрально-кореляційні характеристики постійні на інтервалі 20 ... 30 мс.

Додатково слід зазначити наступне:

– слухове відчуття гучності приблизно пропорційно логарифму інтенсивності;

– порогова для слуху зміна рівня звуку не перевищує 1 дБ;

– людське вухо слабовідчутне до точності передачі фазових співвідношень спектральних складових сигналу;

– постійна часу слуху в середньому становить: при наростанні сигналу - 20 ... 30 мс; при спаді-100 ... 200мс.

Повертаючись до розгляду процесу перетворення аналогового мовного сигналу в цифрову форму, розглянемо більш докладно особливості процесів дискретизації і квантування в стандарті GSM.

На два входи дискретизатора подаються два сигнали:

– аналоговий сигнал мови;

– сигнал від генератора тактових імпульсів.

Відповідно до теореми дискретизації (Котельникова-Шеннона), якщо для функції U\(t) спектральної складової найвищої частоти є F_max (в разі мовного сигнала F_{max} = 3400 гц), то миттєві відліки, взяті з частотою $F_d > 2 * F_{max}$, містять в собі практично всю інформацію вихідного повідомлення (тобто $F_d > 2 * 3400 =$ 6800 Гц).

Як відомо, застосування теореми дискретизації для телефонії, де мовний сигнал (або факсимільний сигнал) обмежений частотою F_{max} = 3400 гц, частоту дискретизації обирають рівній F_d = 8000 Гц, тобто період дискретизації становить T_d = 125 мкс.

Квантування сигналу. У стандартних АЦП, що використовуються в цифровій телефонії, зазвичай число рівнів квантування (при прийнятному відношенні сигнал/ шум) вибирають рівним 256 = 28, тобто кожному рівню аналогового сигналу буде відповідати цифровий сигнал у вигляді 8-розрядного двійкового коду.

У стандарті GSM використовується 8 біт цифрової інформації на один квантований відлік. Частота генератора сигналу квантування U_k повинна відповідати: 8кГц-8 = 64 кГц, а період 7 * = 1 / 64-103 = 15,625 мкс, тобто зберігається стандарт на швидкість передачі інформації на виході АЦП-64 кбіт\с по одному телефонному каналу.

Слід зазначити, що в системах стільникового мобільного зв'язку стандарту GSM використовуються 16-бітові сигма-дельта АЦП, при цьому швидкість цифрового вихідного потоку складає 128 кбіт/с.

Особливості цифро-аналогового перетворення мовних сигналів в стандарті GSM. Як відомо, перетворення цифрового потоку, що несе інформацію про мовні сигнали надходить з декодера мови, реалізується цифроаналоговими перетворювачами (ЦАП).

Сучасні ЦАП в мобільних станціях виконуються у вигляді інтегральних мікросхем. Широке застосування знаходять 16/18/20/22/24-бітові ЦАП на одній інтегральній мікросхемі. У системах стільникового мобільного зв'язку використовуються такого роду ЦАП, вхідний цифровий потік в яких має швидкість 128 кбіт / с. Такі ЦАП перетворять цифрові потоки в мовні сигнали, які в передавальній частині були перетворені в цифрові сигнали в АЦП при 16-бітовому сигма-дельта перетворення.

1.7 Структура обробки звукових сигналів

В даному розділі розробляється структура та перетворювача сигналів мовлення, який виконується за принципом диференціальної адаптивної імпульсно-кодової модуляції. Пристрій відноситься до області формування цифрових сигналів і може використовуватися в сучасних цифрових системах передачі мовних сигналів.

Ціллю розробки являється підвищення якості відновленої мови за рахунок виключення шумів квантування. Адаптивний диференційний імпульсно-кодовий модулятор містить джерело аналогового мовного сигналу, дискретизатор за часом, перетворювач відліків, вираховувач, адаптивний передбачувач, генератор

коротких періодичних імпульсів, одновібратор, два диференціатора по часу з інверсним виходом, аналоговий частотний модулятор, аналоговий перемножувач сигналів, підсилювач-обмежувач амплітуди сигналу, лічильник імпульсів, регістр зсуву, генератор тактових імпульсів, цифровий інвертор і інтегратор. Структура перетворювача приведена на рис 1.12.

Головною відмінністю запропонованої схеми перетворювача від аналогів є максимальне збільшення якості мови за рахунок виключення операції квантування за рівнем імпульсів помилки передбачення і повного виключення втрат інформаційних імпульсів, так як перетворення паралельного коду в послідовний здійснюється в паузах між радіоімпульсами.

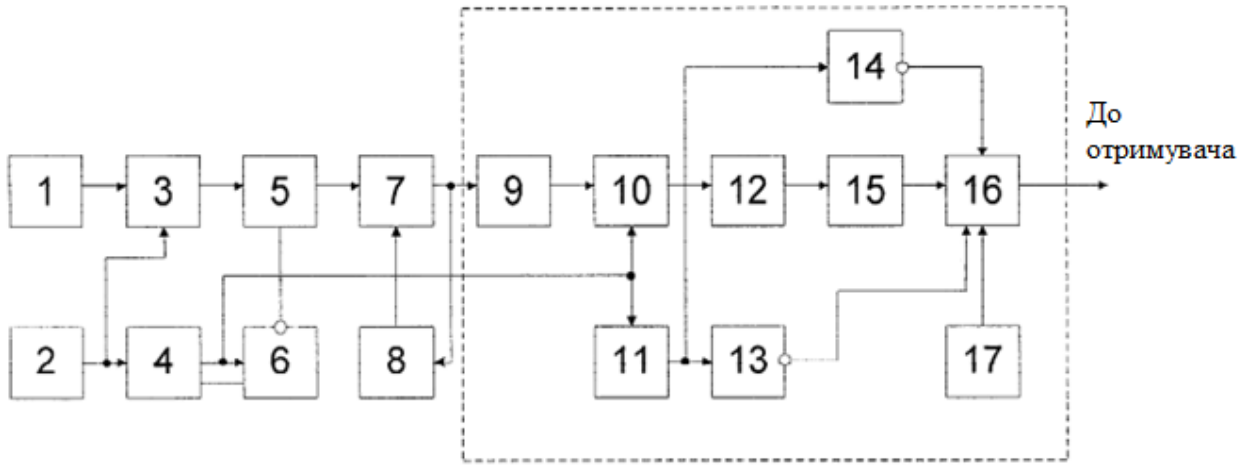

Рисунок 1.12. Структурна схема перетворювача сигналів мовлення на базі АДІКМ

На позначено:

1 - джерело аналогового сигналу; 2 - генератор імпульсів дискретизації;3 - дискретизатор; 4 - одновібратор; 5 – перетворювач відліків; 6, 14 - диференціатори за часом; 7 - вираховувач; 8 – адаптивний передбачувач; 9 - частотно-модульований автогенератор (частотний модулятор); 10 – перемножував сигналів; 11 – цифровий інвертор;12 - підсилювач-обмежувач сигналу по рівню; 13 - інтегратор за часом;15 – лічильник імпульсів; 16 – регістр зсуву;17 - генератор тактових імпульсів. Кружечки у блоків 6, 13, 14 означають інверсію. Введені елементи обведені пунктирною лінією.

Принцип взаємодії вузлів структурної схеми полягає в тому, що в АДІКМ, що складається з послідовно з'єднаних джерела аналогового мовного сигналу (МС), дискретизатора за часом, перетворювача відліків, вираховувача, вихід якого з'єднаний з другим його входом через адаптивний передбачувач, а також з генератора коротких періодичних імпульсів, підключеного своїм виходом до другого входу дискретизатора безпосередньо і до другого входу перетворювача відліків через послідовно включені одновібратор і перший диференціатор за часом з інверсним виходом, введені додатково послідовно підключені до виходу вираховувала аналоговий частотний модулятор, аналоговий перемножував сигналів, підсилювач-обмежувач амплітуди сигналу, лічильник імпульсів, регістр зсуву з генератором тактових імпульсів, підключеним до його другого входу, а також цифровий інвертор, інтегратор і другий диференціатор по часу з інверсним виходом, причому, вихід одно вібратора підключений до другого входу перемножувавча сигналів безпосередньо і до входу дозволу РЄ на запис в регістрі зсуву - через послідовно включені цифровий інвертор і другий диференціатор за часом з інверсним виходом; вхід дозволу РЄ на зчитування з регістру зсуву підключений до виходу цифрового інвертора через інтегратор за часом з інверсним виходом; вихід регістра зсуву є виходом всього АДІКМ. Істотною відмінністю пристрою є введені елементи і їх зв'язку, тому що тільки вони дозволяють отримати даний технічний результат.

1.8 Класичні схеми НЧ та ВЧ перетворювачів звуку

Аналоговий мовний сигнал (МС) $u_1(t)$ з генератора 1 надходить на низькочастотний (н.ч.) вхід дискретизатора 3, на високочастотний (в.ч.) вхід якого подаються періодичні короткі імпульси дискретизації з генератора 2. Частота проходження цих імпульсів визначається теоремою Котельникова та дорівнює 8 кГц. Короткі дискретні значення РС $u_3(t)$ (рис.3.3) з виходу блоку 3, звані відліками, надходять на один вхід блоку 5. Блок 5 являє собою конденсатор постійної ємності, зашунтований нормально розімкненим контактом, на керуючий вхід якого надходять імпульси з генератора 2 через послідовно включені

одновібратор 4 і перший диференціатор за часом 6 з інверсним виходом. Блоки 4,6 утворюють елемент затримки імпульсів з генератора 2 на тривалість τ, за допомогою яких короткі відліки $u_3(t)$ з блоку 3 перетворюються в блоці 5 в відліки $u_5(t)$ тривалості τ з горизонтальною вершиною, як показано на рисунку 2. Сигнал $u_5(t)$, званий сигналом з амплітудно-імпульсною модуляцією АІМ-2, надходить на один вхід вираховувача 7. На другий вхід блоку 7 подаються передбачені значення імпульсів $u_8(t)$ з адаптивного передбачувача 8. Кожен відлік $b(t_i)$ на вході вираховувача 7 передбачається в блоці 8 по попереднім відлікам з деякою погрішністю $\varepsilon(t_i)$. Передбачене значення $b(t_i)_{п\ р}$ є детермінованим, що не несе інформації, і тому його не передають. Передають випадкову складову $\varepsilon(t_i)=b(t_i)-b(t_i)_{п\ р}$, яка надходить на керуючий вхід частотного модулятора 9, виконаного на базі автогенератора. Частотно модульований сигнал (ЧМ) з блоку 9 надходить на один вхід перемножувача 10, на інший вхід якого подаються коливання з виходу одновібратора 4. Прямокутні коливання $u_4(t_i)$ (рис.3.4) збігаються з імпульсами $\varepsilon(t_i)$ за часом і тривалістю, але мають постійну амплітуду. Тому на виході блоку 10 коливання з ЧМ не безупинні, а у вигляді радіоімпульсів тривалістю τ і постійної амплітуди, але різною частотою заповнення гармонійним коливанням, пропорційної амплітуді імпульсів $e(t_i)$, як показано на рисунку 3.2. Радіо-імпульси $u_{10}(t)$ з блоку 10 надходять на вхід одностороннього підсилювача обмежувачаь амплітуди 12, на виході якого мають місцеві радіоімпульси, але з заповненням не гармонійним коливанням, а одно полярними прямокутними імпульсами. Ці імпульси надходять на вхід лічильника 15, на виході якого їх число представлено в двійковій системі числення і паралельним кодом (рис. 3.3). З виходу лічильника 15 сигнал надходить на вхід регістра зсуву 16, що перетворює паралельний код в послідовний за допомогою тактових імпульсів генератора 17, що надходять на тактовий С вхід регістра 16. Процес даного перетворення паралельного коду в послідовний відбувається в паузах між радіоімпульсами, тому імпульси заповнення не втрачаються.

На рис. 1.13 зображена принципова схема перетворювача мовних сигналів.

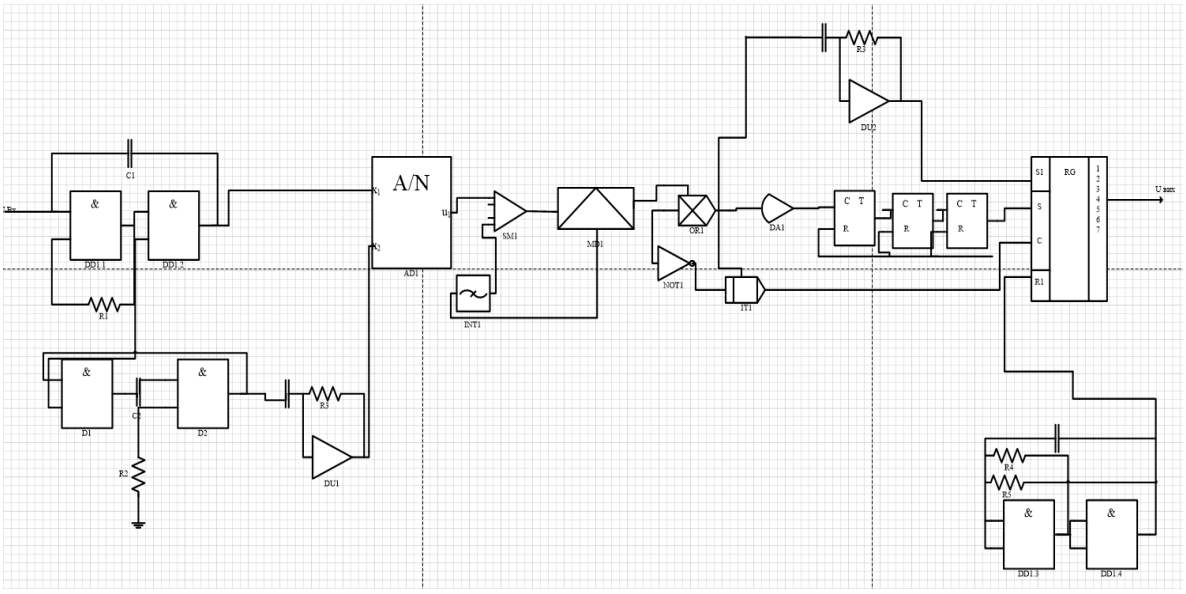

Рисунок 1.13 Принципова схема перетворювача мовних сигналів

Перетворення аналогового сигналу в цифровий методом, який використовується в розроблюваному пристрої, АДІКМ зображений на часових діаграмах (рис.1.14)

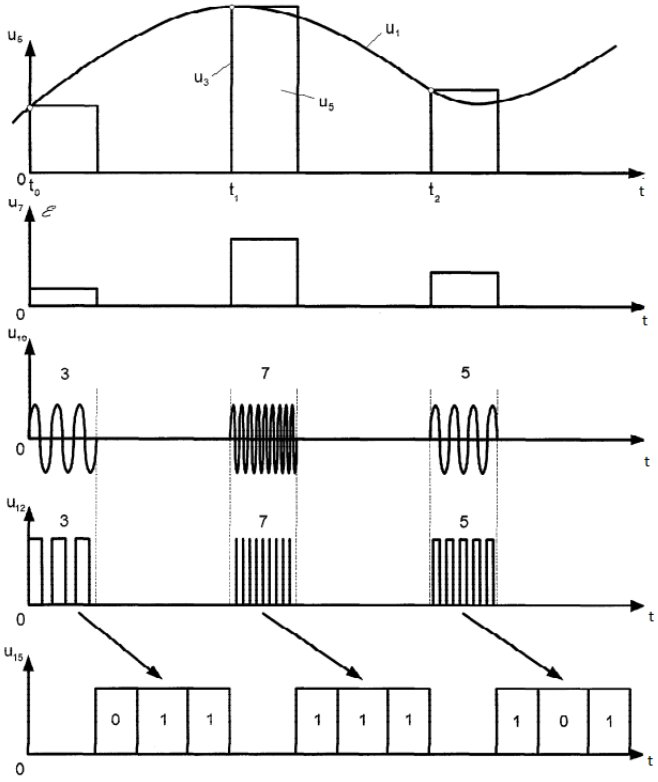

Рисунок 1.14 - Часова діаграма перетворювання аналогових сигналів на базі АДІКМ

Для підвищення ефективності і дальності зв'язку використовуються обмеження сигналу по високій (ВЧ) або низькій (НЧ) частоті. Кращими параметрами володіють ВЧ-обмежувачі, в яких обробка сигналу відбувається на проміжній частоті. Вони дозволяють збільшити середню потужність сигналу передавача на 6 ... 9дБ. Незначно, на 1 ... 2 дБ, їм поступаються низькочастотні обмежувачі (сигнал обробляється в мікрофонному підсилювачі). Але в той же час виготовити і встановити НЧ обмежувач значно простіше.

На рис. 1.15 та 1.16 представлені схеми НЧ обмежувачів, ефективність яких значно перевершує існуючі аналоги. Схема на рис. 1.15 містить всього два каскади, перший з яких на транзисторі VT1 є логаріфмуючий підсилювач. Як логаріфмовані елементи використані діоди VD1 і VD2, включені зустрічно-паралельно в ланцюг негативного зворотного зв'язку. Застосування германієвих діодів дозволяє отримати вихідну напругу підсилювача до 200 мВ еф., а застосування кремнієвих - до 600 мВ еф.

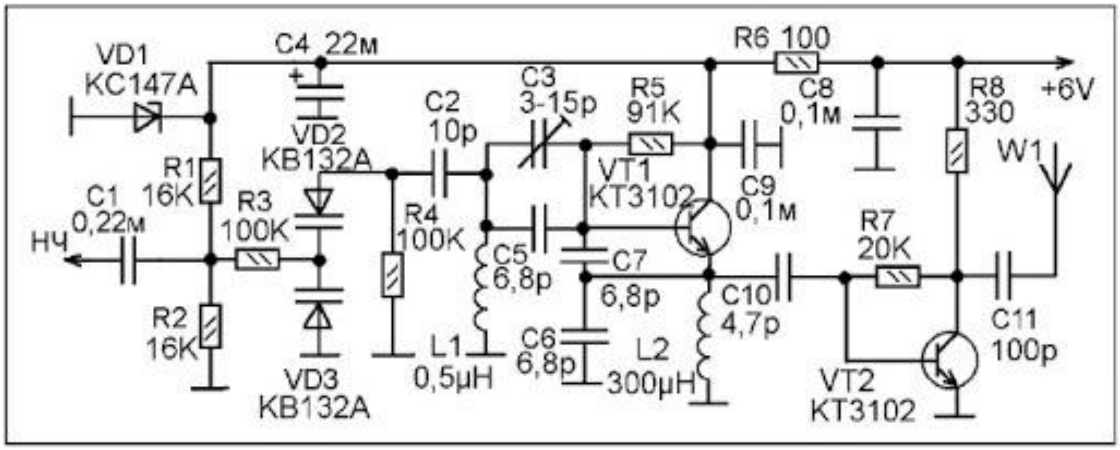

Рисунок 1.15 Схема низькочастотного передавача

На транзисторі VT2 зібраний емітерний повторювач, що дозволяє підключати підсилювач практично до будь-якого змішувача. Для регулювання рівня вихідного обмеженого сигналу служить резистор R4. Застосування цього резистора на виході обмежувача дозволяє використовувати його в якості регулятора посилення по ПЧ в режимі передачі. Резистори R1 і R5 запобігають

самозбудження каскаду по постійному струму. Для цього в схемі підбором резистора R2 встановлюється напруга на колекторі VT 1, рівна +6 В. У схемі на рис. 3.5 тако ж напруга на колекторах VT1 і VT2 встановлюється підбором резисторів R2 і R5 відповідно. Наведені схеми реалізовані в конструкціях трансиверів: прямого перетворення, з ЕМФ, з кварцовим фільтром.

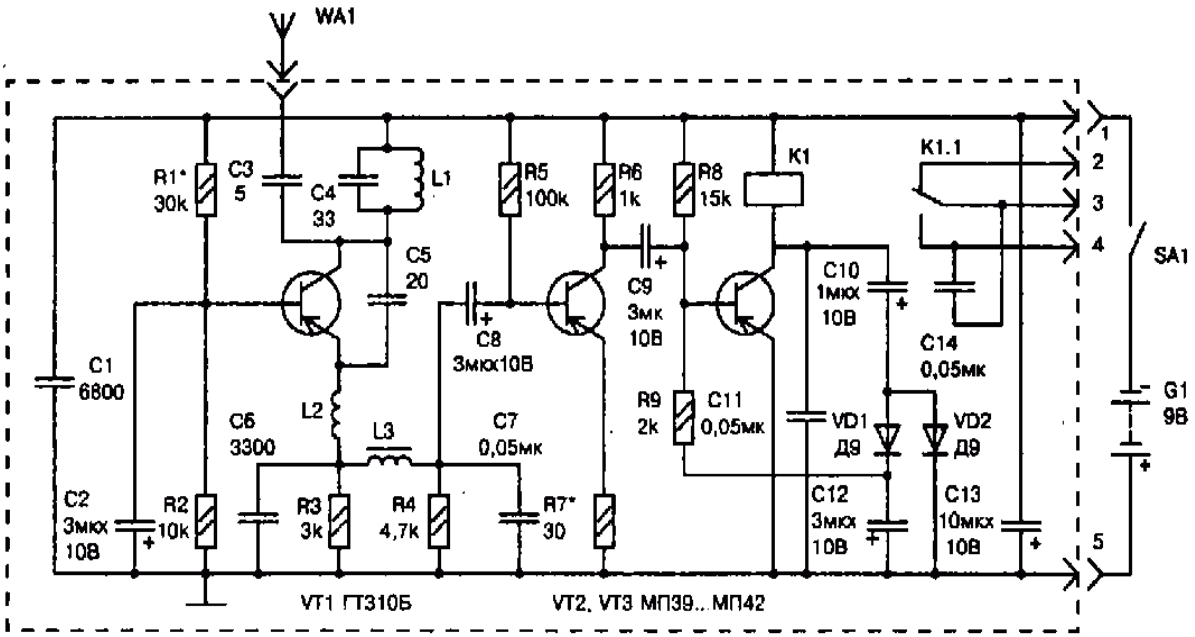

Рисунок 1.16 Схема високочастотного передавача

При використанні практично будь-якого типу динамічного мікрофона обмежувачі показали хорошу якість одержуваного сигналу і відсутність перемодуляції при значних змінах рівнів сигналів, що подаються з мікрофона.

1.9 Розрахунок якісних показників

Розрахунок кількісних показників надійності об'єктів з урахуванням можливості відновлення відмовили пристроїв багато в чому аналогічний розрахунку систем масового обслуговування теорії.

В основу розрахунку на надійність покладено принцип визначення показника надійності системи по характеристикам надійності комплектуючих елементів.

При розрахунку робиться два припущення. Перше - це те, що відмови елементів є статистично незалежними, що дає відносно реально існуючу систему

оцінки і друге це те що система розглядається як послідовна, тобто відмова одного елементу схеми веде до відмови всієї системи.

Вихідними даними для розрахунку є значення інтенсивності відмови всіх ЕРЕ і елементів конструкції.

Середній час напрацювання на відмову визначається за формулою:

$$T_{ср.с} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} \lambda_j \cdot N_j},$$

Де m - кількість найменування радіоелементів і елементів конструкції приладу;

λ_j - величина інтенсивності відмови j-го радіоелементу,

N_j - кількість радіоелементів, елементів конструкції j-го найменування.

При розрахунку показників надійності пристрою приймаються слідуючи припущення:

– відкази єлементів являються незалежними та випадковими;

– враховуються тільки елементи, що входять у схему;

– ймовірність безвідмовної роботи підлягає експоненціальному закону розподілення;

– умови експлуатації елементів враховуються приблизно за допомогою коефіцієнтів.

Відповідно з розрахунковою схемою ймовірність безвідмовної роботи визначається як:

$$P(t)=\prod_{i=1}^{N} P_i(t) = P_1(t)\times P_2(t) \times ... \times P_i(t) \times ... \times P_N(t),$$

де N –кількість елементів в схемі;

P_i –ймовірність і-го елемента.

Враховуючи експоненціальний закон, виходить:

$$P(t) = e^{-\lambda_{Σзаг.} * T};$$

Електронні радіоелементи, які позначені в структурній схемі перетворювача звукових сигналів та їх інтенсивність відмов:

– джерело аналогового сигналу $\lambda_1 = 4.0*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– генератор імпульсів дискретизації $\lambda_2 = 4.5*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– дискретизатор $\lambda_3 = 1.0*10^{-5}$ (г$^{-1}$);

– одновібратор $\lambda_4 = 0.04*10^{-5}$ (г$^{-1}$);

– перетворювач відліків $\lambda_5 = 1.0*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– диференціатори за часом $\lambda_6 = 0.04*10^{-5}$ (г$^{-1}$);

– вираховувач $\lambda_7 = 0.04*10^{-5}$ (г$^{-1}$);

– адаптивний передбачував $\lambda_8 = 4.0*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– частотний модулятор $\lambda_9 = 3.5*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– перемножувач сигналів $\lambda_{10} = 2.0*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– цифровий інвертор $\lambda_{11} = 1.0*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– підсилювач-обмежувач сигналу по рівню $\lambda_{12} = 2.2*10^{-5}$ (г$^{-1}$);

– інтегратор за часом $\lambda_{13} = 0.04*10^{-5}$ (г$^{-1}$);

– диференціатори за часом $\lambda_{14} = 0.04*10^{-5}$ (г$^{-1}$);

– лічильник імпульсів $\lambda_{15} = 4.0*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– регістр зсуву $\lambda_{16} = 3.5*10^{-7}$ (г$^{-1}$);

– генератор тактових імпульсів $\lambda_{17} = 1.0*10^{-7}$ (г$^{-1}$).

Виходячи з цих значень, розраховується сумарна інтенсивність відмов для всіх елементів разом:

$$\lambda_{заг} = 3.725*10^{-5}\,(г^{-1})$$

Ймовірність безвідмовної роботи пристрою за t=100 годин:

$$P(100) = e^{-\lambda_{\Sigma заг.}} *100 = 1 - 3.725*10^{-5}*100 = 0{,}99472$$

Середній час напрацювання на відмову вираховується:

$$T_{від} = 1/\lambda_{\Sigma\ заг.}\ (г)$$

$T_{від}$= 1/0,00003725 = 26845 (г), що приблизно складає 3 роки безвідказної роботи передатчика сигналу мовлення.

2 ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпека робіт з радіоелектронним устаткуванням і утримання його в справному стані регламентуються Правилами техніки безпеки і виробничої санітарії в електронній промисловості (ПТБ і ПСЕП), правилами технічної експлуатації та правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

Персонал, обслуговуючий радіоелектронні пристрої, може потрапити під напругу внаслідок несправності, аварії або своїх помилкових дій. Безпека обслуговування електро та радіо пристроїв залежить від їх робочої напруги, умов експлуатації і характеру середовища приміщення, в якому воно встановлене.

Техніка безпеки при пайці та монтажі електронних пристроїв:

1. До експлуатації радіоелектронних пристроїв та їх налагоджування допускаються робітники і фахівці (далі по тексту "працівники") не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчені безпечним методам роботи, які склали іспити відповідно до чинного Положення про порядок навчання працівників зв'язку безпечним методам праці.

2. Працівники повинні бути навчені основам виконання робіт за даною професією.

3. Роботи з монтажу електронного обладнання виконуються бригадою у складі не менше 2-х чоловік.

4. Керівник бригади повинен мати V, а члени бригади – не менше III групи з електробезпеки.

5. Кожен працівник повинен пройти інструктаж з безпечних методів і правилам праці на робочому місці.

6. Прізвища працівників, дата проведення інструктажу заносяться в спеціальний журнал. Працівник, який пройшов інструктаж, повинен розписатися в журналі.

7. Приступати до роботи без проведення інструктажу на робочому місці не дозволяється.

8. На кожному робочому місці повинна бути інструкція з охорони праці при виконанні робіт по монтажу електронного обладнання.

9. Кожен працівник повинен бути попереджений про необхідність дотримання Правил внутрішнього трудового розпорядку.

10. При монтажі обладнання можуть виникнути небезпечні для життя та шкідливі для здоров'я фактори:

– напруга небезпечно для життя при дотику до відкритих струмоведучих частин;

– підвищений рівень високочастотних випромінювань.

11. Кожен працівник повинен бути забезпечений спецодягом та засобами індивідуального захисту відповідно до Типових галузевих норм безплатної видачі спецодягу, спецвзуття та засобів індивідуального захисту.

12. Кожен працівник має вивчити вимоги пожежо-і вибухобезпеки і дотримуватися їх.

13. За невиконання цієї інструкції винні несуть відповідальність згідно з Правилами внутрішнього трудового розпорядку.

Вимоги безпеки після закінчення роботи:

1. Вимкнути всі пристрої електроживлення та вимірювальну апаратуру.

2. Пам'ятати, що дроти захисного заземлення відключаються в останню чергу.

3. Відключити електропаяльник і переносну електролампу.

4. Прилади, інструмент, захисні пристосування прибрати в місця, відведені для їх зберігання.

5. Невитрачені легкозаймисті рідини закрити в металеву шафу.

6. Прибрати робоче місце.

7. Зробити необхідні записи в оперативній та технічної документації.

8. Повідомити керівництву про всі недоліки, виявлені під час роботи.

9. Зняти і прибрати у відведене місце для зберігання спецодяг та засоби індивідуального захисту.

Електробезпека. Монтаж радіоелектронного устаткування, виготовлення каркасів, шасі устаткування на слюсарно-механічних ділянках необхідно проводити з дотриманням вимог техніки безпеки при холодній і гарячій обробці металів. При монтажі радіоелектронного устаткування треба дотримуватися вимог електробезпеки і працювати тільки зі справним електроінструментом (електродрилем, електропаяльником). Працюючи з електродрилем, необхідно застосовувати діелектричні гумові рукавички.

Електропаяльник і лампи для місцевого освітлення необхідно застосовувати напругою не більше 42 В. Для пониження мережевої напруги 220 і 127 В до 42 В треба застосовувати понижувальний трансформатор. Один кінець вторинної (понижувальної) обмотки трансформатора і металевий кожух трансформатора необхідно заземляти (зануляти).

При під'єднанні апаратури до цехової мережі необхідно застосовувати штепсельні роз'єми.

У разі несправності у мережевій проводці викликають електромонтера.

При монтажі радіосхем забороняється: перевіряти на дотик наявність напруги і нагрів струмопровідних частин схеми; застосовувати для з'єднання блоків і приладів дроти з пошкодженою ізоляцією; проводити паяння і установку деталей в устаткуванні, що знаходиться під напругою; вимірювати напруги і струми переносними приладами з неізольованими проводами і щупами; під'єднувати блоки і прилади до устаткування, що знаходиться під напругою; замінювати запобіжники у ввімкненому устаткуванні; працювати на високовольтних установках без захисних засобів.

Крім того, шкіра людини під впливом вологи і високої температури стає провідною, що зменшує опір тіла людини і підвищує небезпеку ураження електричним струмом.

Струмопровідна підлога (металева, цегляна, бетонна), на якій стоїть людина, різко зменшує опір його кола і підвищує небезпеку дотику до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою. Провідний пил осідає на проводах і утворює провідне коло, внаслідок чого можливі замикання на землю і

між фазами. Їдкі пари або гази (хімічно активне середовище) руйнують ізоляцію і зменшують її опір.

Таким чином, ознаками підвищеної небезпеки є:

1) волога (відносна вологість повітря вище 75%) або наявність струмопровідного пилу;

2) струмопровідні підлоги;

3) підвищена температура повітря (більше +35оС);

4) можливість одночасного дотику людини до заземлених корпусів обладнання і до частин електрообладнання, що перебуває під напругою.

Ознакою особливої небезпеки є наявність особливої вологості (відносна вологість повітря близька до 100 %) і хімічно активне середовище. За ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом приміщення підрозділяють на такі класи: без підвищеної небезпеки (відсутні ознаки як підвищеної, так і особливої небезпеки), з підвищеною небезпекою (присутня лише одна ознака підвищеної небезпеки) і особливо небезпечні приміщення (наявність хоча б однієї ознаки особливої небезпеки або одночасно двох чи більше ознак підвищеної небезпеки).

До приміщень без підвищеної небезпеки відносяться сухі, з нормальною температурою, ізольованими підлогами, без пилу, що не мають або мають малу кількість заземлених предметів. Такими приміщеннями є контори, лабораторії, житлові, а також виробничі приміщення, що не мають ознак підвищеної або особливої небезпеки. Більша частина виробничих приміщень відноситься до особливо небезпечних як такі, що мають ознаку особливої небезпеки або два чи більше ознак підвищеної небезпеки. У приміщеннях з хімічно чи органічно активним середовищем постійно або протягом довготривалого часу містяться агресивні пари, гази, рідини, утворюються відкладення й плісень, що діють руйнівно на ізоляцію і струмоведучі частини електрообладнання. Цією класифікацією слід керуватися при улаштуванні й експлуатації електричних установок.

Захисні засоби при обслуговуванні радіоелектронних пристроїв та електроустановок, наступні.

Електрозахисні засоби поділяють на ізолюючі (основні і додаткові), огороджувальні та запобіжні.

Основні ізолюючі захисні засоби мають ізоляцію, здатну довго витримувати робочу напругу радіоелектронних пристроїв, і тому ними дозволяється торкатися струмопровідних частин, що знаходяться під напругою.

До них відносяться:

- в електроустановках до 1000 В - діелектричні рукавички, ізолюючі штанги, ізолюючі та електровимірювальні кліщі, слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками, а також покажчики напруги;

- в електроустановках понад 1000 В - ізолювальні штанги, ізолюючі та електро-вимірювальні кліщі, покажчики напруги, а також засоби для ремонтних робіт під напругою вище 1000 В.

Додаткові ізолюючі захисні засоби не здатні витримати робочу напругу радіоелектронних пристроїв. Вони підсилюють захисну дію основних ізолюючих коштів, разом з якими вони повинні застосовуватися. До додаткових ізолюючих захисних засобів належать:

- в електроустановках до 1000 В – діелектричні калоші і килими, а також ізолюючі підставки;

- в електроустановках понад 1000 В – діелектричні рукавички, боти і килими, а також ізолюючі підставки.

Забороняється доторкатися до ізоляторів радіоелектронних пристроїв, що перебувають під напругою, без застосування електрозахисних засобів.

При виконанні робіт близько неогороджених струмоведучих частин забороняється розташовуватися так, щоб ці частини знаходилися позаду чи з обох бічних сторін.

При обслуговуванні, а також ремонті електроустановок та радіоелектронних пристроїв застосування металевих драбин забороняється.

ВИСНОВОК

Результатом бакалаврської роботи є анализ перетворювачів звукових сигналів, який може застосовуватися в різноманітних пристроях, таких як мобільний телефон, аудіопрогравач, музичний центр, Bluetooth – передатчики та інші. Також були розглянуті методи перетворення звукового сигналу, приклади інших передатчиків звувових сигналів, які побудовані на базі інших методів, які відрізняються від розроблюваного. В роботи також розглядаються і стандарти оцифровки звуку та формати, в яких аудіоінформація поступає до отримувача.

Головною відмінністю розроблюваного анализа є максимальне збільшення якості мови за рахунок виключення операції квантування за рівнем імпульсів помилки передбачення і повне виключення втрат інформаційних імпульсів. Схема досліджених перетворювачів звукових сигналів може бути удосконалена для подальшого використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галуєв Г.А. Принципи побудови і основи функціонування систем і мереж зв'язку: Навчально-методичнийпосібник. Таганрог: Вид-во ТРТУ. 2000.- 100 с.
2. Бондарєв В., Трестер Г., Чернега В. Цифрова обробка сигналів - Севастополь: СевГТУ, 1999.-397 с.
3. Охоронапраці в електроустановках: Посібник для вузік / Під ред. Б.А. Князевського. – М.: Енергія, 1983.-319 с.
4. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Небезпечні та шкідливівиробничіфактори. Класифікація.
5. Теорія електричного зв'язку / під ред. Д.Д. Кловського. - Москва, «Радіо і зв'язок», 1998.-432 с.
6. Васильєв К.К. Методика обробки сигналів – навчальний посібник, УлГТУ, 2001.- 80 с.
7. К.К. Васильєв, В.А. Глушков, А.В. Дормідонтов, А.Г. Нестеренко Теорія електричного зв'язку: навчальний посібник під заг. ред. К.К. Васильєва. - Ульянівськ: УлГТУ, 2008. - 452 с.
8. www.nau.edu.ua
9. www.pidruchniki.com
10. https://books.google.com.ua
11. http://www.straipsniai.lt/ru