

ЗВУК ТА ЙОГО ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОСОБЛИВОСТІ СЛУХУ

Звуком називають коливання пружного тіла (середовища) які поширюються у вигляді хвиль (в не пружних тілах та середовищах звук не виникає і не поширюється).

Звук як фізичне явище, характеризується силою та частотою.

Сила звуку залежить від *амплітуди* коливань джерела звуку.

Частота – (кількість коливань за 1 секунду вимірюється в Герцах (Гц)), вона залежить від *пружних властивостей* та *розмірів* джерела звуку (це легко уявити на прикладі двох предметів різного розміру, або з різних матеріалів (сталь, дерево)).

Тіло може коливатися з різними частотами, але не всі частоти може чути людина. Природа людського вуха дозволяє їй сприймати коливання з частотою від 16 (20) до 20000Гц (20кГц) які і називаються звуковими. Людське вухо має найбільшу чутливість до коливань з частотою від 100 до 12000Гц, тому, що в такому ж діапазоні знаходиться голос людини. Коливання з частотою менше 16 (20)Гц називаються *інфразвуком*, а коливання з частотою більше 20000Гц (20кГц) -*ультразвуком*.

Ультразвук використовують в медицині (УВЧ), ехолокації його сприймають багато видів тварин, а дельфіни та кажани користуються ним для орієнтації в просторі та «спілкування».

Інфразвук - навпаки має шкідливий вплив на людський організм і широкого застосування не знайшов.

Звук як слухове відчуття характеризується гучністю та висотою тону.

Гучність залежить від *сили та частоти* джерела звуку.

Вимірюється гучність в Децибелах (Дб) – (ціла одиниця Бел).

Розрізняють два пороги гучності:

- *нульовий поріг* (0Дб) - це така сила звуку, при якій у людини не виникає звукових відчуттів;

- *больовий поріг* (130Дб) - сила звуку, при якій в людини виникає відчуття болю замість звуку, при цьому можуть виникати травми слуху.

Висота тону залежить виключно від *частоти* звуку. Умовно тони поділяють на високі, середні та низькі.

Всі звуки які існують можна поділити на три види: *музичні звуки, шуми, розмова*.

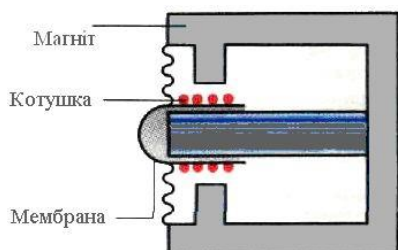
ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Самі звукові коливання неможливо підсилити чи зберегти для цього їх необхідно перетворити в інший вид коливань. Щоб це зробити найчастіше використовують електроакустичні перетворювачі.

Електроакустичні перетворювачі це пристрої, які перетворюють звукові коливання в електричні, або навпаки, електричні в звукові. основні з них це: мікрофони, звукознімачі та гучномовці.

Мікрофони призначені для перетворення звукових коливань в електричні. Характеризуються *принципом дії, частотним діапазоном, чутливістю та напрямленістю*.

За **принципом дії** мікрофони бувають: електродинамічні, конденсаторні, вугільні, п'єзоелектричні, електретні.



Серед мікрофонів найбільшого поширення набули електродинамічні. Вугільні та конденсаторні мікрофони потребують джерела живлення, їх часто використовують в телефонах. Всі інші зустрічаються рідше.

Частотний діапазон показує якої частоти коливання може перетворити мікрофон в електричні.

Чутливість показує наскільки мікрофон чутливий до звукових коливань (вимірюється у мВ).

Напрямленість показує в якому напрямку (полі) мікрофон має найкращу чутливість.

За напрямленістю мікрофони бувають:

1. *Односторонні напрямлені* - ОН
2. *Односторонні гостронаправлені* - ОГН
3. *Двосторонні напрямлені* - ДН
4. *Ненаправлені* - НН

Звукознімачі призначені для перетворення механічного запису звуку, або механічних коливань (наприклад струн) в електричні коливання. Використовуються в програвачах, електрофонах, електрогітарах та ін.



Характеризуються *принципом дії, частотним діапазоном, чутливістю та притискною силою*.

За **принципом дії** звукознімачі бувають п'єзоелектричні та електромагнітні. В п'єзоелектричних використовують спеціальний кри-стал, в якому при деформації утворюється електричний струм, а в електромагнітних – явище електромагнітної індукції.

Кращі характеристики в електромагнітних звукознімачів, тому вони застосовуються в апаратурі вищих класів, а п'єзоелектричні, в усіх інших.

Чутливість показує яку напругу може виділити звукознімач при роботі (вимірюється мВ або мкВ).

Частотний діапазон показує якої частоти коливання може перетворити звукознімач.

Притискна сила - величина, яка показує, з якою силою потрібно притиснути звукознімач до грамплатівки, для найкращого відтворення звуку.

Гучномовці призначені для перетворення електричних коливань в звукові. Вони характеризуються: *частотним діапазоном, потужністю та електричним опором.*



За конструкцією гучномовці електро-динамічні, тому їх часто називають динаміками, складаються вони із корпусу, до якого прикріплений дифузор з котушкою та постійного магніту.

Гучномовці, бувають двох типів: *рупорні та прямого випромінювання.*

Частотний діапазон показує якої частоти коливання може перетворити гучномовець. Вони поділяються на низькочастотні, середньочастотні, високочастотні (пищалки) та широкосмугові.

Потужність – показує яку максимальну потужність може розвинути гучномовець у Ватах (Вт, W).

Електричний опір котушки вимірюється в Омах (Ом, Ω) ця величина застосовується для узгодження гучномовця з підсилювачами.

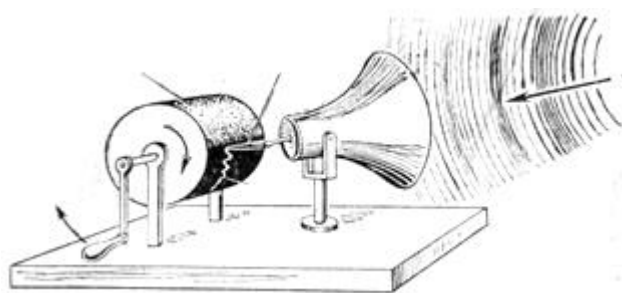
Щоб відтворювати весь звуковий діапазон потрібно використовувати дека гучномовців з різними частотами відтворення. Один, або декілька гучномовців поміщених в спеціальних корпус називають *звуковою колонкою, або акустичною системою.*

ВИДИ ЗВУКОЗАПISУ

Механічний метод запису звуку

На сьогоднішній день існує два види звукозапису: *аналоговий та цифровий.* Аналогових розрізняють три – *механічний, оптичний, магнітний*

Першим апаратом для запису і відтворення звуку був *фонограф*, винайдений в 1877 р. Т. А. Едісоном. У цьому апараті звукові коливання приводили в рух мембрану з голкою. Голка видавлювала на восковому валику, що обертається, канавку, глибина якої змінювалася відповідно до звукових коливань. Для відтворення звуку в канавку знову поміщалися голка. При обертанні валика вона розгойдувала мембрану, яка випромінювала звукові коливання. Цей вид звукозапису називається *механічний*. Його назва походить від принципу перетворення звукових коливань в механічні коливання.



Восковий валик із записом існував в єдиному екземплярі і не піддавався тиражуванню. У цьому був основний недолік фонографа. Німецький інженер Е. Берлінгер запропонував записувати звук не на валики, а на диски, з яких легко було одержати металеві копії — матриці. Вони використовувалися потім для пресування пластинок з целулоїду або смоли.

Пізніше був створений *грамофон* потім *патефон*, а сьогодні використовують програвачі та електрофони.

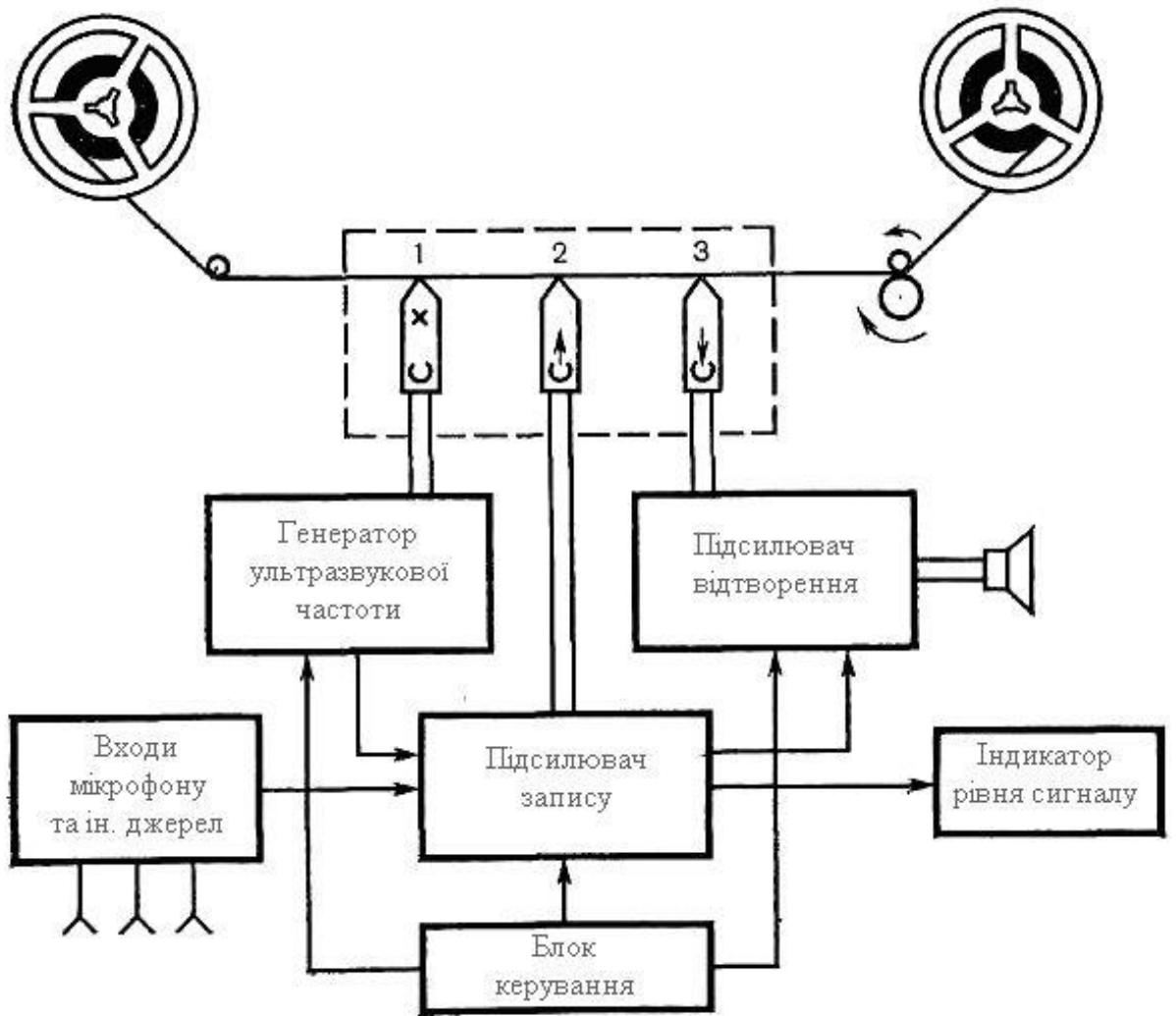
Грамплатівки виготовляються методом витискання з вінілової смоли. Для цього фонограма записується на воскових пластинках (або пластинках покритих спеціальним лаком) - одна пластинка - одна сторона фонограми на майбутній грамплатівці. З цих пластинок електролітичним методом виготовляють мідні матриці, тобто відбитки пластинок. Матриці встановлюють у спеціальний прес, в який подається вінілова смола. З неї її витискають грамплатівки великим тиражем (до декількох тисяч екземплярів).

Магнітний метод запису та відтворення звуку

Роком народження *магнітного запису* вважається 1898 рік, коли датський фізик Паульсен Вальдемар вперше здійснив магнітний запис звуку на сталюну дротину. Свій винахід В.Паульсен назвав *телеграфом*, через те, що пристрій був призначений для роботи разом з телефоном для виконання функцій, схожих до функцій сучасного автовідповідача.

Тільки в 1935 році німецька фірма AEG розробила пристрій для запису та відтворення аудіосигналу, який отримав назву магнітофон. В 1951 році компанія ЗМ продемонструвала можливість магнітного відеозапису, а в 1956 році фірма Амрех виготовила перший відеомагнітофон. В тому ж 1956 році фірма IBM використала магнітний запис для обчислювальної техніки - створила пристрій на жорсткому магнітному диску (ЖМД) ємністю 5 Мегабайт. Помітними етапами в розвитку апаратури магнітного запису були випуски в 1963 році фірмою Philips аудіомагнітофона на компакт-касеті, а в 1973 році - гнучкого магнітного диску (флоппі-диску) для комп'ютера.

Принцип магнітного звукозапису полягає в тому, що на феромагнітний матеріал (магнітний носій) діють магнітним полем, яке змінюється у відповідності із змінами електричних сигналів звукової частоти. Магнітні носії (магнітні стрічки) виготовляють на основі гнучкої міцної стрічки, на поверхню якої наноситься шар феромагнетиту (матеріалу, який добре намагнічується і зберігає намагніченість). Найчастіше для цього використовують окис заліза (Fe_2O_3) - I тип та двоокис хрому (CrO_2) - II тип. Є ще IV тип стрічки – на основі чистого заліза Fe (III тип FeCr тепер не використовують).



Апарат для магнітного запису і відтворення звуку — магнітофон складається з підсилювача запису, до входу якого підключають мікрофон (замість мікрофону до магнітофона може бути підключений звукознімач електрофона, електромузичний інструмент, радіоприймач чи ін.), підсилювача відтворення з динамічною голівкою гучномовця на виході, магнітних голівок для запису і відтворення звуку і механізму перемотування магнітної стрічки.

Під час *запису* електродвигун механізму перемотування обертаючись із незмінною частотою, протягує магнітну стрічку перед магнітними голівками. Коли йде запис, музика або звуки голосу перетворюються мікрофоном в електричні коливання низької (звукової) частоти, які після підсилення подаються в обмотку голівки запису 2. Від звичайного електромагніту ця магнітна голівка відрізняється тим, що її сердечник має форму кільця з дуже вузьким зазором. Стрічка, яка рухається перед зазором, піддається дії його магнітного поля і намагнічується, на ній залишається «пам'ять» про звуки, «почуті» мікрофоном.

В результаті дії магнітного поля на стрічці утворюється ніби невидимий слід - доріжка запису, або фонограма. Часом під фонограмою розуміють сам носій (стрічку) із записаним звуком.

При *відтворенні* звуку магнітна стрічка протягується мимо зазору сердечника відтворюючої голівки 3 з тією ж швидкістю, з якою на ній вівся запис. За конструкцією відтворююча голівка така сама, як і записуюча. Стрічка, покриття якої тепер складається з ділянок із різною намагніченістю, створює

(індукує) в обмотці головки відтворення електричні сигнали звукової частоти, які підсилюються і приводять в дію динамічну головку гучномовця.

У магнітофонах є також головка стирання. Вона «очищає» магнітну стрічку, готує її до майбутнього запису. Ця головка дуже схожа на свої магнітні «сестри», але відрізняється від них ширшим зазором. Створюване нею магнітне поле стирає старий запис. Стирання здійснюється в процесі запису автоматично його суть полягає в тому, що стрічка, проходячи біля зазору стираючої головки перемагнічується полем ультразвукової частоти (в деяких магнітофонах постійним магнітним полем).

Для спрощення конструкції магнітофона запис і відтворення звичайно проводяться однією головкою, що отримала назву універсальної. При записі універсальну головку з'єднують з виходом підсилювача, також універсального, а при відтворенні, навпаки, - з входом.

Швидкості запису/відтворення стандартизовані, відхилення допускається не більше 2%. Для касетних магнітофонів - 4,76 см/с; для катушкових (бобінних) магнітофонів - 9,5; 19 см/с; для студійних магнітофонів - 38; 76 см/с.

ЦИФРОВИЙ ЗАПИС

Перетворення звукового сигналу в цифрову форму полягає у вимірюванні миттєвих значень його амплітуди через рівні проміжки часу і представленні отриманих значень у вигляді послідовності чисел. Ця процедура називається *аналого-цифровим перетворенням*, а пристрій для її реалізації - аналого-цифровим перетворювачем (АЦП).

Числа, отримані в результаті аналого-цифрового перетворення, виражаються в двійковій системі числення, тобто у вигляді комбінації двох цифр - нулів (0) і одиниць (1).

Процес перетворення безперервного аналогового сигналу в послідовність його миттєвих значень (виборок) називається *дискретизацією*.

Як правило, цифровий сигнал отримують з аналогового шляхом його конвертації у цифровий. Цей процес називається оцифруванням (оцифровуванням). В музичній практиці використовують однак і сигнали, що мають винятково цифрове походження, наприклад, згенеровані на цифрових синтезаторах, в цьому випадку аналогово-цифрове перетворення не здійснюється.

АЦП здійснює заміри амплітуди звукового сигналу з певною частотою дискретизації (sample rate) та з певною роздільністю (bit resolution). Відповідно основними якісними характеристиками цифрового аудіо є такі:

Частота дискретизації сигналу (частота квантування) - визначає швидкість проходження відліків в секунду. На практиці застосовується від 11025 до 192000 Гц. Чим вища частота дискретизації, тим більша точність перетворення

Згідно з теоремою Котельникова, частота дискретизації повинна бути щонайменше вдвічі більшою за найвищу частоту корисного сигналу. Оскільки людина сприймає звуки частотою до 20 кГц, то для якісного аудіо частота дискретизації повинна бути щонайменше вдвічі вищою за цю частоту (стандартом вважається 4410 Гц.).

Амплітудна роздільність, що визначає точність, з якою здійснюються заміри амплітуди сигналу. Амплітудна роздільність вимірюється у кількості бітів, що відводяться для запису значення амплітуди. Оскільки 1 біт = одному розряду у двійковій системі, ця величина називається **розрядністю**, а кількість можливих значень амплітуди описується відношенням $x = 2^y$. Тобто, наприклад, 16 бітова розрядність забезпечує запис $2^{16}=65536$ рівнів амплітуди.

Підвищення обох параметрів уможливають якісніше оцифрування звуку, проте збільшують і обсяги даних. Тому на практиці вживаються різні стандарти дискретизації та розрядності. Наприклад, стандартний Audio CD має частоту дискретизації 44,1 кГц (44100 семпли в секунду) та 16-бітову розрядність для кожного каналу (стерео). Натомість DVD-Audio може використовувати частоту дискретизації до 192 кГц, а розрядність — до 24 біт.

Існує три основні групи аудіофайлів:

нестиснені формати - такі як WAV, AIFF, AU або PCM;

формати із стисненням без втрат - FLAC, Monkey's Audio (розширення APE), Shorten, Tom's lossless Audio Kompressor (TAK), TTA, ATRAC Advanced Lossless, Apple Lossless, MPEG-4 SLS, MPEG-4 ALS, MPEG-4 DST, Windows Media Audio Lossless (WMA Lossless).

формати із стисненням з втратами, як наприклад MP3, Ogg Vorbis, Musepack, AAC, ATRAC чи lossy Windows Media Audio (WMA).

Слід мати на увазі, що до аудіофайлів не відносяться такі музичні формати як MIDI, або файли нотних редакторів, які являють собою лише послідовність команд для музичного інструменту, однак не містять інформації власне про звук.

Формат аудіофайлу також слід відрізнити від аудіокодеку. Кодек здійснює кодування чи розкодування звукових даних, тоді як самі дані зберігаються у файлі відповідного звукового формату. Більшість форматів підтримують лише один тип кодування звукових даних, проте мультимедійні контейнери (напр. MKV або AVI) можуть підтримувати різні типи аудіо і відео даних.

ЗВУКОВІ РЕДАКТОРИ

Аудіоредактор або *звуковий редактор* (англ. digital audio editor) — програмне забезпечення для редагування цифрового звуку. Редактори пристосовані для роботи з музичним матеріалом і дозволяють робити наступне:

Записувати звук з одного або кількох входів (англ. inputs) та зберігати в пам'яті комп'ютера як цифровий звук;

Редагувати час початку, закінчення та тривалості будь-якого фрагменту звучання;

Мікшувати різні звукові доріжки, комбінуючи їх в різних пропорціях по динаміці й панорамі;

Застосовувати прості та складні ефекти або фільтри, зокрема компресор, експандер, фленжер, реверберацію, шумопониження та еквалайзер;

Відтворювати звук, що може бути направлений на один або кілька виходів, наприклад гучномовці, додаткові процесори, або звукозаписуючий пристрій;

Конвертацію різних звукових форматів файлів, або різних рівнів якості.

Редактори дозволяють також здійснювати спектральний аналіз, віднаходити базову частоту коливань тонів та провадити інші дослідження звуку.

На даний момент існує кілька десятків звукових редакторів, як іменитих фірм, так і маловідомих. Перевагу потрібно віддавати системам, пристосованим до роботи в режимі 24 біта і вище.

Щоб створити умови для найменших спотворень корисного сигналу високих частот в процесі подальшої обробки, правильним було б оцифрувати вихідні матеріали з високими частотами дискретизації - 96/192 кГц.

Деякі найпоширеніші пакети: *Adobe Audition; Sony Sound Forge; Steinberg WaveLab; Cubase; Cakewalk Sonar; Nuendo* (Steinberg Nuendo).