

11. ОЗВУЧАВАНЕ

11.1. Основни понятия в озвучаването.

Озвучаването представлява възпроизвеждането на акустични сигнали (говор, музика, звукозаписи и др.) с помощта на електроакустични преобразуватели в определени места, където се намират слушателите. Тези места могат да бъдат както закрити помещения, така и открити площи като площи, паркове, дворове, стадиони и др. Във връзка с това, системите за озвучаване биват такива за закрити помещения и за открити площи.

В зависимост от това дали микрофона и звукоизлъчвателите се намират в една област на пространството или са отделени, системите биват звукоусилвателни (когато те се намират в една и съща област от пространството) и озвучителни (когато се намират в различни, отделени един от друг обеми). В първия случай се налага да се вземат мерки против самовъзбуждането вследствие на акустичната обратна връзка (микрофония).

*-Минимално и максимално ниво на полето-*представяват минималната и максимална стойност на нивото на прекия звук (без да се взема предвид отразения), създавани от системата върху озвучаваната повърхност при подаване на номинална мощност на звукоизлъчвателите. Тези нива зависят от предназначението на системата.

-Озвучавана повърхност- Повърхността, минаваща на нивото на ушите на слушателите. За седнали слушатели тази повърхност е разположена на височина 1 м над пода, а за правостоящи-на височина 1,5 м.

*-Неравномерност на озвучаването-*разликата между максималното и минималното ниво в рамките на озвучаваната повърхност. В табл.11.1. са дадени препоръчаните стойности на минималното ниво на полето и на неравномерността на озвучаването при условията на ниски нива на околния шум (до 50 dB).

Табл.11.1.

Предназначение на системата	Мин. ниво, dB	Макс.не-равномерност, dB
Възпроизвеждане на музика и театрални програми	100	6
Възпроизвеждане на музика	94-96	6
Възпроизвеждане на спец.програми-танци, гимнастика и др.	94-96	8
Усилване на говор (при ниски нива на шума)	80-86	8

-неравномерност на честотната характеристика -представява разликата в нивото на звука в дадена точка при възпроизвеждане на различни честоти. Тя бива неравномерност на средните нива и интерференционна неравномерност. Последната се обуславя от сумирането на звука, идващ от няколко звукоизлъчвателя или от пряката и отразена от препятствия звукова вълна. Поради сложността на определянето и, както и поради по-малкото значение, интерференционната неравномерност не се

взема пред вид. Неравномерността по средна стойност довежда до това, че ако в най-отдалечените точки на озвучаваната повърхност е осигурено необходимото ниво, в ред точки то може да се окаже завишено. Определя се основно от неравномерността на честотната характеристика на електроакустичната апаратура и частично от затихването във въздуха.

-Акустични шумове-шумовете в рамките на озвучаваната площ, създавани от публиката и различни агрегати, както и идващи отвън, като например шум от транспорта.

-Плътност на звученето- отсъствие на забележимо или пречещо ехо.

-Разбираемост. Разбираемостта на говора, се оценява по процента правилно приети думи или срички от всички произнесени. Разбираемостта бива сричкова и фразова, в зависимост от това, дали се приемат срички или фрази. Определянето и става по експериментален път, като диктора бавно чете от специална таблица безсмислени срички или фрази, а слушателите, които се подбират между хора с нормален слух и намиращи се в различни точки на залата или озвучаваната площ ги записват. Ако сричковата разбираемост е 85 до 95%, то разбираемостта е отлична. Ако тя е в границите от 75 до 85%, се приема за добра, при 65 до 75% е удовлетворителна, а под 65% - неудовлетворителна. На 65% сричкова разбираемост съответствува 90% фразова разбираемост.

11.2. Характеристики на канала за предаване на говорните и музикални сигнали.

Канала за предаване на сигналите започва от устата на диктора, оратора или певица и завършва до ухото на най-отдалечения слушател. В него влизат:

-Първи акустичен участък-пространството между устата и точката в пространството, в която е разположен микрофона;

-Апаратурна част на канала, включваща микрофона, микрофонния кабел, регулаторите на усилване, усилвателната уредба, изходните линии и звукоизлъчвателите;

-Втори акустичен участък - пространството между звукоизлъчвателите и ухото на слушателите.

Основните характеристики на канала са:

-Коефициент на предаване. Той представлява отношението на звуковите налягания на входа и изхода на канала при предаване на синусоиден сигнал:

$$K_k = \frac{P_{\text{изх.}}}{P_{\text{вх.}}} \quad (11.1)$$

От друга страна, този коефициент включва коефициентите на предаване на отделните звена:

$$K_k = K_M \cdot K_P \cdot K_Y \cdot K_L \cdot K_{ЗИ} \quad (11.2)$$

Тук $K_M = U_M / P_M$ - чувствителност на микрофона, V/Pa;

$K_P = U_{\text{вх.}} / U_M$ - затихване в регулаторите на усилване;

$K_Y = U_{\text{изх.}} / U_{\text{вх.}}$ - общ коефициент на усилване на усилвателя;

$K_L = U_{ЗИ} / U_{\text{изх.}}$ - затихване в линията;

$K_{ЗИ} = P_1 / U_{ЗИ}$ - чувствителност на звукоизлъчвателя по

напрежение. Освен това:

U_M е напрежението, което се получава на изхода на микрофона, когато на неговия акустичен вход се въздействува във звуково налягане P_M .

$U_{\text{вх.}}$ е напрежението на входа на усилвателя;

$U_{\text{изх.}}$ е напрежението на изхода на усилвателя;

$U_{ЗИ}$ е напрежението на входа на звукоизлъчвателя;

Стандартния индекс на усилване е:

$$Q_{ст} = Q_M - a_p + Q_y - a_L + Q_{зи} = L_1 - L_M = 20 \lg K \quad (11.3)$$

Тук Q_M е нивото на чувствителността на микрофона, a_p е затихването в регулаторите на усилване, Q_y е усилването на усилвателя, a_L е затихването в линията, $Q_{зи}$ е нивото на чувствителността на звукоизлъчвателите. Всички величини са изразени в децибели.

Ортотелефонна чувствителност. Представлява отношението на звуковите налягания при най-отдалечения слушател и на стандартно разстояние от устата на говорещия (обикновено това стандартно разстояние е 1 m):

$$Q_{от} = Q_I + Q_{ст} + Q_{II} \quad (11.4)$$

Тук Q_I - изменението на нивото на акустичните колебания на първия акустичен участък;

$Q_{ст}$ - Стандартния индекс на усилване;

Q_{II} . изменението на нивото във втория акустичен участък.

-Честотна характеристика на канала. Представлява зависимостта на коефициента на предаване или индекса на канала от честотата. Обикновено по-голям интерес представлява неравномерността на честотната характеристика на канала. Тя зависи от честотните характеристики на отделните звена.

Акустичните участъци могат да бъдат считани с първо приближение за честотна независими. Честотните характеристики на съвременните усилватели и регулатори също могат да бъдат разглеждани като идеални. Затихването в линиите за звуковите честоти също може да бъде прието за честотно независимо. За това неравномерността на честотната характеристика се определя изключително само от неравномерността на честотната характеристика на микрофона и звукоизлъчвателите.

Трябва да се отбележи, че честотната характеристика на канала за предаване на говор трябва да има такава форма, че да създава еднакво превишаване на нивото на говора над нивото на шумовете на изхода на канала. За това в общия случай при предаване на говор трябва да се предвиди честотна корекция. Така например, ако шумовете имат равномерен честотен спектър, оптималната честотна характеристика на канала за предаване на говор по отношение на разбираемостта е тази с повдигане на високите честоти със стръмност 6 dB/oct. Разбира се, това повдигане не е нужно да обхваща и честотите над 10 kHz, защото там практически не присъстват формантни на разбираемостта и само би се увеличил шумът. За целта се прилагат така наречените говорни микрофони, които имат съответното повдигане в областта на високите честоти. В тези случаи неравномерността на честотната характеристика трябва да се отчита по отношение на правата със стръмност 6 dB/oct.

Когато смущаващия сигнал е само от говорен тип, еднаквото превишения на говора на смущенията се получава при гладка честотна характеристика.

За други видове честотна характеристика на смущаващия сигнал трябва да се постигне такава честотна характеристика на канала, че превишението на спектралното ниво на говорния сигнал над сумарното спектрално ниво на шумовете и смущаващия сигнал да бъде еднакво в целия честотен обхват.

За предаването на музика оптималната честотна характеристика е равномерната.

Динамичен диапазон на канала Под динамичен диапазон на канала се разбира разликата между максимално възможното ниво на сигнала в точката на най-отдалечения слушател и сумарното ниво на шумовете и смущаващите сигнали в тази точка. Максималното възможно ниво обикновено съответства на нивото при което настъпва претоварване на канала при превишаване на входното ниво или при възникването на микрофония. При правилно съгласуване на работата на отделните звена претоварването настъпва

едновременно във всички звена, за които това е свойствено (не може да се очаква, че ще се претовари например микрофонния кабел). Обикновено претоварването настъпва на честоти около 400 Hz, защото там високоговорителите имат минимално входно съпротивление.

Сумарното ниво на шумовете и смущаващите сигнали при ухото на слушателя се сумира от следните компоненти:

-Акустични шумове от околната среда, достигащи в точката на слушателя;

-Акустични шумове, проникващи чрез канала от помещението или областта от пространството, където се намира микрофона;

-Шумове, създавани от самата апаратура;

-Смущения от самотмаскировка на говора (силните звуци маскират идващите след тях слаби звуци);

-Смущения от отразен звук.

Апаратурните шумове могат да бъдат сведени до пренебрежимо малка стойност и за това при проектирането на озвучителни системи те се пренебрегват. Шумовете, проникващи чрез микрофона също могат да бъдат силно намалени чрез прилагането на насочени микрофони, разполагане на микрофона максимално близо до говорещия и др. И за това при проектирането този вид шумове също се пренебрегват. За това се вземат пред вид само акустичните шумове в точката на слушателя, смущаващото действие на самотмаскировката и смущенията от отразения звук. Всички тези смущения се сумират по интензивност.

Компресия и ограничаване на динамичния диапазон. При високи нива на шумовете и смущаващите сигнали или когато не е възможно да се повиши максималното ниво на сигнала в точките, където са разположени най-отдалечените слушатели, динамичния диапазон на канала се оказва по-тесен от динамичния диапазон на говорния сигнал. Тогава, за повишаване на разбираемостта се прилага свиване на динамичния диапазон на говорния сигнал с помощта на компресори и ограничители. Приложението на компресорите е подходящо и поради факта, че некомпресирания говорен сигнал има относително широк динамичен диапазон, при което мощните усилватели не се използват рационално, докато при свиване на динамичния диапазон те работят с по-голям коефициент на полезно действие.

Работата на ограничителя на ниво се характеризира със зависимостта на нивото на входа на ограничителя и нивото на неговия изход, както и с времеконстантата. Ограничителя намалява нивото на най-силните звуци до някакво прагово ниво $L_{огр.}$, като не променя нивото на звуците под тази граница. По този начин се намалява пик-фактора на говорния сигнал.

Времеконстантата на ограничителя обикновено не превишава части от милисекундата, което означава, че на практика той сработва мигновено. Времеконстантата на възстановяване на коефициента на предаване е в границите на 0,15 до 0,7 sec. Недостатък на ограничителя е повишаването на нелинейните изкривявания, възникващи вследствие на преходните процеси при промяната на коефициента на предаване.

Да разгледаме двата крайни режима на работа на ограничителите. При първия от тях ограничителя подтиска пиковите на сигнала, като при това малко намалява слабите звуци в говора. Това намаляване е 2 dB при ограничаване на 10 dB и достига 6 dB при ограничаване на 20 dB. Вследствие на това малко се намалява разбираемостта на говора. Този режим има предимството, че в сравнение с работата без ограничител пиковото ниво на говора ще бъде по-ниско с нивото на подтискане и следователно могат да се използват по-маломощни звукоизлъчватели и усилватели, при което тяхното използване по мощност се подобрява.

Такъв режим на работа на ограничителя се нарича *подтискащ*, а самия ограничител се нарича *подтискащ ограничител*.

В другия режим нивото на ограничение остава постоянно, а се изменя коефициентът на усилване преди ограничителя. В този случай пиковото ниво на сигнала след ограничителя остава постоянно, а увеличаването на усилването съответствува на увеличаване на нивото на слабите звуци. Разбира се, получава се и известно относително подтискане на нивото на слабите звуци, но то може да се компенсира с увеличаване на усилването след ограничителя. Този режим на работа на ограничителя се нарича **усилвателен**, а ограничителя ще се нарича *усилвател-ограничител*.

Работата на компресора се характеризира със зависимостта на нивото на сигнала на изхода на компресора от входното ниво. Свиването на всички нива става в еднаква степен n . За това слабите по ниво звуци се приближават до нивото на силните, но не напълно, както се получава при пределно ограничаване. Компресорите имат същите времеконстанти, както и ограничителите, вследствие на което се получава изравняване на стойностите на нивата по срички или по мощност на гласовете. Вътре в тези интервали динамичните диапазони почти не се променят. Това е причината компресорите да свиват динамичните диапазони не повече от 1,5 до 1,8 пъти.

Поради преходните процеси при компресията възникват нелинейни изкривявания, които са приблизително същите, както и при ограничителите на ниво.

Сравнението между компресорите и ограничителите на ниво показва, че за предаване на информация чрез говор по-удачно е използването на ограничител с времеконстанта на възстановяване около 0,2 sec, докато за предаване на художествена реч е по-удачен компресор.

Насоченост на акустичните системи. Особено голямо значение има насочеността на микрофоните и звукоизлъчвателите при системите за звукоусилване, защото тя оказва голямо влияние върху възникването на микрофония.

- **Характеристика на насоченост на микрофоните.** Така се нарича зависимостта на чувствителността на микрофона от ъгъла, сключен между акустичната му ос и посоката към звуковия източник, при постоянна честота на звуковото налягане.

Характеристиката на насоченост на звукова колона с височина l и широчина b се определя от израза:

$$G(\theta_1, \theta_b) = \left(\frac{\sin x}{x} \right) \left(\frac{\sin y}{y} \right) \quad (11.5)$$

$$\text{Тук } x = \frac{\pi l \sin \theta_1}{\lambda}; \quad y = \frac{\pi b \sin \theta_b}{\lambda}; \quad \theta_1 \text{ и } \theta_b \text{ са ъглите в съответните равнини,}$$

преминаващи през акустичната ос. Трябва да се има пред вид, че при хоризонтално разполагане на звуковите колони характеристиката им на насоченост е по-тясна в хоризонталната равнина.

При поставянето на два високоговорителя един до друг, то резултантната характеристика на насоченост става два пъти по-тясна както следва: при разполагането им един над друг се стеснява характеристиката на насоченост във вертикалната равнина, а при поставянето им един до друг се стеснява характеристиката на насоченост в хоризонталната равнина. При това за идентични по параметри високоговорители нивото на звуковото налягане се увеличава-за поставени плътно един до друг високоговорители с 6 dB, а за отдалечени на разстояние по-голямо от дължината на вълната-с 3 dB.

При конструиране на озвучителната система характеристиката на насоченост се интерполира с гладка крива, минаваща през точките, където звуковото налягане има съответната стойност. Оказва се, характеристиката на насоченост че може да се замени с елипса, чиято голяма ос е равна на единица, а малката е равна на максималната стойност на радиус-вектора под ъгъл 90^0 . Големината на този радиус-вектор се определя от израза:

$$b = \frac{\lambda}{\pi d} \quad (11.6)$$

Тук d е размера на излъчвателя.

Ексцентрицитетата на тази елипса е :

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\pi d}\right)^2} \quad (11.7)$$

Ексцентрицитетата на сдвоен високоговорител е:

$$e = \frac{\sqrt{3 + e_1^2}}{2} \quad (11.8)$$

където e_1 е ексцентрицитетата на характеристиката на насоченост на единия високоговорител.

За кръгли рупорни високоговорители характеристиката на насоченост е симетрична и може да се представи като ротационен елипсоид, при което разреза е като елипса, чиято голяма ос е равна на единица, а малката е:

$$b = \frac{\lambda}{\pi d} \quad (11.9)$$

Радиус-вектора в зависимост от ъгъла има следния вид:

$$R^2(\theta) = \frac{1 - e^2}{1 - e^2 \cos^2 \theta} \quad (11.10)$$

Характеристиката на насоченост силно зависи от честотата, което води до силна честотна зависимост на звуковото поле и от там-голяма неравномерност. На високи честоти отклонението от оста на високоговорителя води до получаване на неравномерност до 20 dB.

11.3. Изисквания към системите за озвучаване.

Първото изискване към системите за звукоусилване при предаване на говор е разбираемостта. За да се осигури висока разбираемост дори за най-отдалечените от основния източник на звук слушатели е необходимо да се създаде съответното превишение на спектралното ниво на говора над това на шума, а това зависи както от общото ниво на говора на слушателските места, така и от честотната характеристика на апаратурата.

За предаването на музика основно изисквани и създаването на съответното ниво на слушателските места, за да се създаде естественост на звученето.

Второ основно изискване към озвучителните системи е оптималността на звученето-т.е. отсъствието на подчертаване на определени честотни обхвати-боботене, свистене и др. Това зависи от неравномерността на честотната характеристика на канала.

Третото изискване е получаването на колкото е възможно по-малка неравномерност на озвучаването.

Както казахме осигуряването на нужното ниво в точката на най-отдалечения слушател може да доведе до неговото превишаване в някои други точки. Това довежда до ненужно претоварване на слуха на слушателите в тези точки, както и до намаляване на разбираемостта.

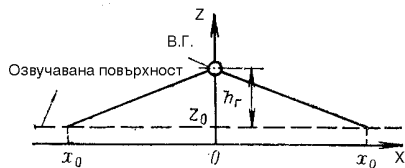
Към системите за озвучаване на открити пространства се проявява изискване за локализиране на звуковото поле-т.е.звуковото поле извън озвучаваната зона да бъде с колкото е възможно по ниско ниво, за да се намали пречещото действие при работата на системата върху околните обекти, които могат да бъдат болници, жилищни помещения, училища и др.

Една частно изискване към някои системи за звукоусилване е изискването за локализация на източника на звук. Това означава, че привидния (виртуален) звукоизточник трябва да съвпада с истинския.

11.4. Видове озвучителни системи.

В зависимост от разположението на звукоизлъчвателите, тези системи биват съсредоточени, зонални и разпределени.

-**Съсредоточени системи** (фиг.11.1). Отличителна черта на тези



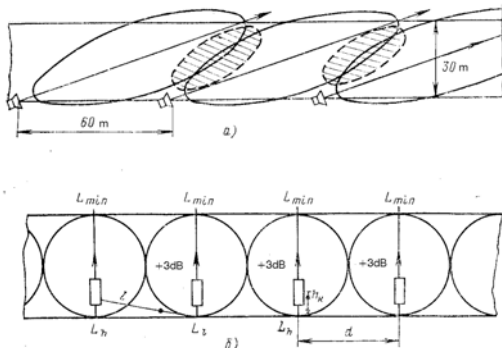
Фиг.11.1

системи е това, че съдържат един или няколко звукоизлъчвателя, разположени близо един до друг, като разстоянието между крайните излъчватели е по-малко от това до публиката. Към тези системи могат да бъдат причислени и тези, при които звукоизлъчвателите са групирани в две или три точки по края на озвучаваното

пространство, като разстоянието от тях до най-близките слушатели е по-голямо от разстоянието между звукоизлъчвателите. В такъв случай за всеки звукоизточник се прави отделен разчет и след това се сумират интензивностите.

Предимство на съсредоточените системи е лесното локализиране на източника на звук. Техен недостатък е голямата неравномерност на озвучаването, поради което те са подходящи за озвучаването на сравнително малки площи.

-**Зонални системи** (Фиг.11.2). В тези системи звукоизлъчвателите се



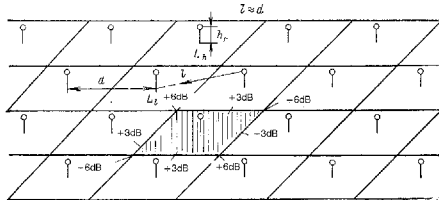
а-с помощта на рупорни високоговорители по дължина
б-с помощта на звукови колони по ширина

Фиг.11.2

разполагат по такъв начин и на такова разстояние един от друг, че нивото във всяка точка на озвучаваното пространство се създава основно от един, най-близкия звукоизлъчвател и само на границите между две зони нивата от съседните звукоизлъчватели се сумират по интензивност, при което нивата в тези зони се повишават и това довежда до повишаване на неравномерността на озвучаването. Тук основно внимание трябва да се обърне на правилното сфазиране на високоговорителите поради опасността от акустично късо съединение в граничните зони.

Този вид системи се използват в случаите, когато озвучаваното пространство е твърде голямо и не може да се озвучи с помощта на съсредоточена система.

Зоналните системи се делят на линейни и пространствени. Линейните системи се прилагат при озвучаването на обекти, при които дължината е по-



Фиг.11.3

голяма от широчината няколко пъти, като например улици, булеварди, железопътни участъци и др. При тях звукоизлъчвателите се разполагат в една или две успоредни редици, при което те могат да бъдат насочени в една посока по дължината на обекта, в една посока по широчината на обекта, или два по два срещуположно при по-широки обекти. При пространствените системи обекта се разделя на квадратни зони и всяка от тях се озвучава от центъра си.

-*Разпределени системи* (Фиг.11.3). Те представляват група звукоизлъчватели, разпределени по такъв начин, че във всяка точка на озвучаваното пространство сумарното ниво се получава под действието на всичките или поне на голяма част от излъчвателите.

Високоговорителите могат да бъдат разположени по някаква линия, и когато техните акустични оси са перпендикулярни на тази линия, такава система се нарича *верижна*.

11.5.Нива на прекия звук на слушателските места.

11.5.1.Съсредоточени системи.

За единичен ненасочен звукоизлъчвател звуковото налягане p и неговото ниво L на разстояние r е свързано със същите величини, развивани на един метър p_1 и r_1 посредством зависимостите:

$$p = \frac{p_1}{r} \quad (11.11)$$

$$L = 20 \lg \frac{p_1}{r} + 94$$

Когато звукоизлъчвателя е насочен, съответните формули са:

$$p = \frac{p_1 R(\theta)}{r} \quad (11.12)$$

$$L = 20 \lg p + 94$$

Радиус-векторът на звукова колона може да се представи като произведението на радиус-векторите на насочеността във вертикална и хоризонтална насоченост.

Ако пространството се озвучава от няколко звукоизлъчвателя се извършва оразмеряване поотделно за всеки един от тях, и след това се сумират квадратите на звуковото налягане, създавано в дадената точка:

$$p_{\Sigma}^2 = p_1^2 \sum_{k=1}^n \frac{R^2(\theta_k)}{r_k^2} \quad (11.13)$$

Тук r_k е разстоянието от разглежданата точка до k -тия звукоизлъчвател.

$R(\theta_k)$ е насочеността на k -тия звукоизлъчвател под ъгъл θ_k към неговата ос по посока към разглежданата точка.

От тук нивото на звуковото налягане е:

$$L = 20 \lg \left(\frac{p_1}{r_{\Sigma}} \right) + 94 \quad (11.14)$$

11.5.2.Зонални системи

За зоналните линейни и пространствени системи нивото на звуковото налягане на слушателските места се определя както за съсредоточена система в границите на своята зона. В областите, общи за две зони звуковото налягане се сумира. За това на границите на зоните при линейни зонални системи звуковото налягане се повишава с 3 dB, а при пространствените системи в средата на общата граница между зоните

нивото се повишава с 3 dB, а в ъглите, където действуват едновременно четири звукоизлъчвателя повишаването е с 6 dB.

При оразмеряването на зоналните системи трябва да се държи сметка за разликата в хода на звуковите лъчи, което създава фазова разлика, водеща до намаляването на нивото за съответната честота, и, което е по-важно, при голяма разлика в хода на звука се появява ехо. За да се избегне това, се правят разчети на звуковото поле не само в рамките на своята зона, а и за голяма част от съседната зона.

При линейни системи може да се използва метода на бягащата вълна, който се състои в следното:

Между звукоизлъчвателите се включват закъснителни линии които забавят излъчването на всеки следващ излъчвател на време, достатъчно звуковата вълна от предния звукоизлъчвател да достигне до него и при това не се получава закъснение между двете звукови вълни.

11.5.3.Разпределени системи.

При този вид системи, поради по-гъстото разполагане на звукоизлъчватели с малка мощност, разликата в пътя на всички звукови вълни, пристигащи в дадена точка рядко превишава 15-20 m при което закъснението не превишава 60 ms. В резултат звукът от всички звукоизлъчватели е полезен.

Когато разпределената система е във вид на дълга редица звукоизлъчватели в резултат на съвместната им работа се получава цилиндрична звукова вълна. Известно е, че затихването на цилиндричната звукова вълна е по-бавно отколкото на сферичната-при нея е спазен

законът $p = \frac{p_1}{\sqrt{r}}$ вместо $p = p_1/r$, както е при сферичната вълна.

11.5.4.Неравномерност на озвучаването.

11.5.4.1.Съсредоточени системи.

При височина на окачването над озвучаваната повърхност на звукова колона h_k и ъгъл на наклона на колоната α_0 , неравномерността на озвучаването е:

$$\Delta L_{M0} = L_M - L_0 = 10 \lg [1 + (1 - e_B^2) \text{ctg}^2 \alpha_0] \quad (11.15)$$

Този израз е валиден между точките, в които характеристиката на насоченост се пресича с озвучаваната повърхност. Максимално ниво се получава по средата между тези две точки. Координатите им са:

$$x_1 = x_0 \left[\frac{2e_B^2}{1 + (1 - e_B^2) \text{ctg}^2 \alpha_0} - 1 \right] \quad (11.16)$$

$$x_M = x_0 \frac{e_B^2}{1 + (1 - e_B^2) \text{ctg}^2 \alpha_0}$$

Координата на точката на пресичане на акустичната ос с озвучаваната равнина е :

$$x_0 = h_k \text{ctg} \alpha_0 \quad (11.17)$$

Неравномерността на озвучаването в областта между точката под звукоизлъчвателя $x=0$ и точката x_1 е:

$$\Delta L_{0x_1} = 10 \lg \frac{1 + \text{ctg}^2 \frac{\alpha_0}{1 - e_B^2}}{(1 + \text{ctg}^2 \alpha_0)^2} \quad (11.18)$$

Оптималната височина на поставяне на звуковата колонка с цел да се получи неравномерност на озвучаването по-малка от 3 dB се определя по формулата:

$$h_{\text{опт.}} = x_0 \sqrt{\frac{1 - e_B^2}{2e_B^2 - 1}} \quad (11.19)$$

Колкото по-насочена е една звукова колона във вертикално направление, толкова по-високо трябва да бъде поставена тя, за да се получи минимална неравномерност на озвучаването.

Тази неравномерност на озвучаването се отнася за посоката, съвпадаща с тази на акустичната ос. В перпендикулярно направление тя зависи от характеристиката на насоченост, и общо взето е два пъти по-голяма при озвучаване с рупорни високоговорители, в сравнение с озвучаването със звукови колони.

11.5.5. Зонални системи.

При зоналните системи неравномерността на озвучаването е:

$$\Delta L = 10 \lg \left[1 + \frac{x^2(1 - e^2)}{h^2} \right] - 3 \quad (11.20)$$

Поправката с 3 dB е въведена, за да се отчете действието на съседния високоговорител.

11.5.6. Разпределени системи.

При тези системи неравномерността е минимална при височина на окачването по-голяма или равна на 0,3 от стъпката на разполагане на звукоизлъчвателите.

11.6. Методика за проектиране на озвучителни системи.

В случаите, когато целта на озвучаването е предаване на говор, основно изискване е разбираемостта. Всички останали показатели, като неравномерност на озвучаването, неравномерност на честотната характеристика и др., са показатели на комфорта. Ако разбираемостта е по-ниска от необходимата, безсмислено е да се говори за оптимално звучене. Ако разбираемостта е достатъчно добра, за комфорт е необходимо да се осигурят и останалите показатели, като едновременно се имат пред вид и икономическите възможности.

При възпроизвеждането на музикални програми основно значение има качеството на звученето. Ако то е лошо, впечатлението на слушателите само може да се развали.

Във всички случаи трябва да се вземат мерки за локализацията на полето в съответствие със санитарните норми.

Тъй като разбираемостта на говора и качеството на звученето на музикалните програми зависят от нивото на шумовете и смущенията, то оразмеряването става за най-лошите условия и за най-отдалечените точки на озвучаваното пространство.

Най-напред се определя характеристиката на насоченост на звукоизлъчвателите, след това - оптималната височина на окачването, неравномерността на озвучаването, необходимата мощност на усилвателя разположението на звукоизлъчвателите.

11.7. Особенности при озвучаване на открити пространства

Трябва най-напред да се отбележи, че напълно открити пространства в озвучаването не съществуват. Те винаги са ограничени най-малкото от долу, като в повечето случаи са ограничени и от други страни със стените на сгради и други прегради, а стадионите на практика са открити само отгоре.

В сравнение с помещенията, откритите пространства имат ред особености. Първата особеност е големите размери-обикновено много по-

големи от тези на помещенията. При това основното звуково ниво се създава от пряката звукова вълна, като отраженията никога не я надминават по ниво, както това става в помещенията. За сметка на това имаме значително по-голямо закъснение на отраженията, като те могат да достигнат значителни стойности. Отраженията от земната повърхност почти винаги закъсняват с време значително по-малко от 50 ms, при което тяхното въздействие се сумира с това на пряката вълна и допринася за подобряване на чуваемостта т.е. те са полезни отражения. За разлика от тях, отраженията, получени от странични повърхности могат да закъсняват значително повече от 50 ms и тогава възниква явлението ехо. Такова явление може да възникне и при работата на няколко звукоизлъчвателя, разположени далече един от друг така, че разликата в пътищата до слушателя да бъде повече от 17 m, като при това нивото на звуковото налягане да се различава сравнително малко

Ако закъснението по време е по-голямо от 50-60 ms, ще имаме влошаване на качеството на звучене без намаляване на разбираемостта на говора. Ако времето на закъснение е по-голямо от 150 ms, то освен влошаването на качеството на звученето ще се намали и разбираемостта на говора. В този случай закъснелия сигнал играе ролята на смущаващ говорен сигнал със съответното ниво. До известна степен смущаващото действие на отразения сигнал зависи и от темпото на говорене, като при висок темп закъснението дори със 100 ms вече води до значително влошаване на разбираемостта.

При сигнали, идващи от два различни звукоизлъчвателя и закъсняващи по-малко от 50 ms се получава обединяване на двата източника, като слушателя чува един виртуален източник, разположен между тях. Ако нивото на по-близкия източник в точката на слушане е по-ниско с не повече от 10 dB, то виртуалният източник съвпада с него, а ако нивото на по-далечния източник превишава това на по-близкия източник с повече от 10 dB, то виртуалният източник съвпада с него.

Поради тези причини озвучителните системи за открито трябва да бъдат изследвани за наличието на ехо, въпреки че нивото се определя без да се взема пред вид ехото.

Друга специфична особеност на озвучителните системи за открито е зависимостта на условията за разпространение на звуковите вълни от климатичните фактори и моментното състояние на атмосферата (запрашеност, наличие на мъгла, дъжд и др.). Тези фактори довеждат до повишено затихване, вследствие на което за разстояния по-големи от 10 m и честоти над 1 kHz трябва да се въвежда поправка за звукопоглъщането. Затихването на звука представлява намаляване на амплитудата на звуковото налягане, а следователно и на интензивността на звука при неговото разпространение.

Другата особеност на озвучаването на открити пространства в сравнение с това на помещения е по-високото ниво на акустичните шумове. Те биват три вида: говорни, транспортни и "празнични". Последните се дължат на шумове от оркестри, увеселителни обекти и др.

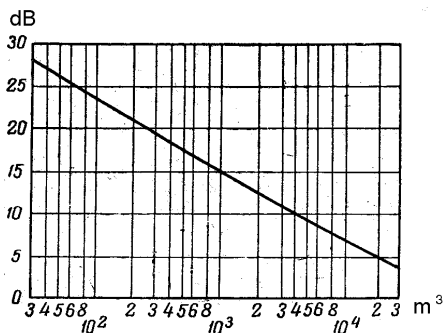
Говорните и транспортни шумове са главно нискочестотни, поради което те оказват силно маскиращо действие върху формантите на разбираемостта.

За да определим необходимата мощност, трябва да си зададем максималното разстояние между звукоизлъчвателя и най-отдалечената точка l , нивото L в тази точка, височината на окачването h и чувствителността на звукоизлъчвателя p_1 в Pa/\sqrt{W} . Тогава:

$$p_{\text{в.}} = \frac{p_0^2 \cdot 10^{0,1L}}{p_1^2} (h^2 + l^2) \quad (11.21)$$

Тук p_0 е прага на чуваемост, $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

11.8. Особенности при озвучаване на закрити пространства



Фиг.11.4

В помещенията, поради многократните отражения от стените, пода и тавана звуковото поле е значително по-еднородно т.е. подобрява се равномерността на разпределение на звуковата енергия. Освен това, нивото на звуковата енергия също се повишава за сметка на отраженията. Това повишаване е показано на фиг.11.4.

Необходимата мощност на усилвателя при дифузно звуково поле се определя по следния начин:

Най-напред определяме

необходимата акустична мощност:

$$P_{ак} = \frac{10^{L_D/10dB} \cdot A}{40 \cdot 10^{12}} \quad (11.22)$$

Тук L_D е необходимото ниво на звуковото налягане в dB, а A е озвучаваната площ в m^2 .

Ако вземем пред вид времето на реверберация, по формулата на Себин ще получим:

$$P_{ак} \approx \frac{4V}{T} \cdot \frac{10^{L_D/10dB}}{10^{14}} \quad (11.23)$$

Тук обема на помещението V е в m^3 , времето на реверберация T е в секунди. И при двете формули мощността е във ватове.

След това определяме електрическата мощност на усилвателя:

$$P_{ус} = \frac{P_{ак}}{\eta_{в.г.}} \quad (11.24)$$

Тук $\eta_{в.г.}$ е коефициента на полезно действие на високоговорителя, който се движи в границите на 2 до 5%.

При озвучаването трябва да се държи сметка за възможността от възникване на микрофония, както беше казано по-горе.

12. СТУДИЯ

12.1. Общи сведения. Видове студия. Оптимално време на реверберация.

Звуково студио се нарича специално помещение, предназначено за запис или директно излъчване по радиото или телевизията на звукови картини и програми. В зависимост от предназначението си, студията биват:

- Речеви студия
- Студия за общо предназначение
- Музикални, които според обема си биват: големи, средни и малки
- Дублажни
- Литературно - драматични комплекси
- Телевизионни

Размерите на студиото зависят от броя изпълнители, като оптималния обем може да бъде определен по формулата:

$$V = 21N + 55 \text{ m}^3 \quad (12.1)$$

където N - брой изпълнители
 Тази формула важи до обем на студиото 2000 m^3 . При по-голям обем броя изпълнители се определя по формулата:

$$N = \frac{V^{\frac{2}{3}} \lg V}{8} \quad (12.2)$$

За да се отчете различната акустична мощност на музикалните инструменти се използват приведени изпълнителски единици. Например, за духова музика броя изпълнители се умножава по 1,25, докато за оркестър изпълняващ народна музика коефициентът е 0,5.

Оптималното отношение на размерите на студиото - дължина l , широчина b и височина h за малки и средни студия е:

$$h/b = b/l ; h+b=1 ; l:b:h=2,62:1,62:1$$

тогава:

$$\begin{aligned} h &\approx 0,6\sqrt[3]{V} \\ b &\approx \sqrt[3]{V} \\ l &\approx 1,6\sqrt[3]{V} \end{aligned} \quad (12.3)$$

Ако h се получи по-малко от 3m ., размера се закръглява на тази стойност.

Обикновено обемът на студията е:

- Речево - за 1-2 изпълнителя - 75 до 120 m^3 .
- Камерно за 2-8 изпълнителя - 200 до 300 m^3 .
- Малко концертно 20-30 изпълнителя - 4070 до 700m^3 .
- Средно концертно - 60-80 изпълнителя - 1800 до 3000m^3 .
- Голямо концертно 3000 до 6000m^3 .
- Литературно - драматично - 600 до 1000m^3 .
- Постановъчни студия - 3 до 6 хиляди m^3 .

В концертните студия времето на реверберация трябва да бъде от 1 сек. за малките до $1,7$ сек. за големите студия, като в зависимост от стила и характера на изпълнението, оптималното време на реверберация е различно. Например, при едно и също помещение, класическата симфонична музика изисква време на реверберация $1,54$ сек., симфоничната романтична - $2,07$ сек., съвременната симфонична - $1,48$ сек. като отклонение с $0,1$ сек. от тези стойности вече се забелязва от експертите. В речевите студия за предаване на информация оптималното време на реверберация е $0,4$ до $0,5$ сек. а в студията за художествено слово - $0,7$ до $0,8$ сек. при обем на студиото около 500 m^3 .

Теоретично времето на реверберация T може да се определи по следните формули:

-За концертни студия:

$$T_{\text{опт.}} = 0,5 \lg V - 0,1$$

-За по малки музикални студия:

$$T_{\text{опт.}} = 0,45 \lg V - 0,3$$

-За речеви :

$$T_{\text{опт.}} = 0,4 \lg V - 0,4$$

Като се има пред вид необходимостта от изменение на времето на реверберация при различни програми, явна е необходимостта в концертните студия и в тези за литературно - драматични програми да се осъществи променливо звукопоглъщане. То се осъществява или с помощта на въртящи

се колони с различно звукопоглъщане от различните страни, като част от колоната е скрита в стената, или с помощта на закриване на част от стените с отразяващи щитове. Това са доста сложни методи, свързани с наличието на тежки механизми.

По прост метод за регулиране на времето на реверберация е метода на еквивалентната реверберация, базиращ се на промяната на разстоянието между микрофона и изпълнителя:

$$\frac{1}{T_{\text{екв.}}} = \frac{1}{T} + \frac{1}{1,2} \lg \frac{R+1}{R} \quad (12.4)$$

Тук T е измереното време на реверберация на помещението.

R -акустично отношение

$$R = \frac{50,3r^2(65T - V)}{V.S.\Omega} \quad (12.5)$$

r -разстояние на микрофона от изпълнителя

Ω -коэффициент на осова концентрация на източника

V, S -обем и площ на околните повърхности на помещението.

12.2.ЗВУКОИЗОЛАЦИЯ НА СТУДИЯТА

За да може да се записва или излъчва звукова програма с достатъчно широк динамичен диапазон без да се проявява пречешо влияние на шума, последния не трябва да надвишава нивото 15-20 db. Шумовете в студиото биват три вида:

-Шумове, възникващи в студиото вследствие на предаване на вибрации по конструкцията.

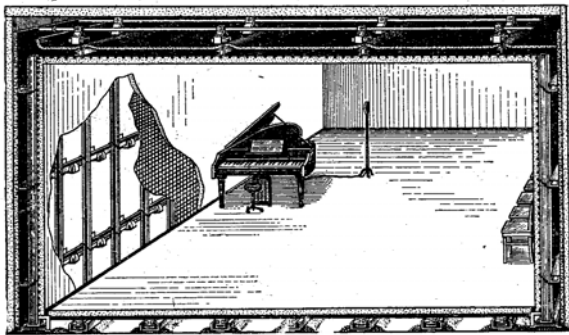
-Шумове, проникващи в студиото от околното пространство по въздушен път.

-Шумове, създавани от някакви механизми в студиото - вентилация, отопление, осветителни тела и др.

Всички мерки, които се вземат за изолиране на външните шумове намаляват тяхното ниво с определена стойност - например, 65 dB. Някои източници на шум са твърде мощни - например, реактивен самолет, прелитащ на малка височина създава звуково налягане около 90 dB, а въздушния удар, възникващ при прелитане на свръхзвуков самолет е с налягане 8 г/см², отговарящо на звуково налягане над 140 dB. Влаковете, трамваите и метрото, както и други тежки транспортни машини създават вибрации на почвата, които се предават на конструкцията на студиото, която ги излъчва във вид на звук вътре в него. Всичко това изисква

студията да се строят далече от летища, гари, ж.п. линии, натоварени улици и други източници на силен шум и вибрации.

Конструкцията на сградата, в която се разполага студиото трябва да бъде масивна, по възможност сградата да бъде построена на твърд грунд. Помещенията, заобикалящи студиото трябва да бъдат тихи (складове, архиви и др.), за да могат да се



Фиг.12.1

използват като акустичен екран. Не се препоръчва две студия да бъдат в съседни помещения. С цел намаляване на предаването на вибрации от

околната среда към конструкцията на студиото трябва да се отстрани твърдата механична връзка между тези елементи и останалите части на сградата. Това може да бъде постигнато чрез поставяне на студиото на отделен фундамент, отделен от общия такъв на сградата чрез пясъчна възглавница или виброизолиращи подложки (гума, кече и др. Подобни). Освен това, особено когато студиото не е на приземния етаж, се прилага конструкция от типа " кутия в кутия", като цялата кутия на студиото се разполага вътре в по-голямо помещение, като лежи на еластични елементи - пружини, гумени тампони и др. (Фиг.12.1).

Освен по вибропът външния въздушен шум прониква в студията през евентуални процепи и пори в материалите на стените на студията. За да се намалят възможностите за такава проникване вратите на студията се правят двойни и със специални гумени уплътнения. Външни прозорци въобще не се правят, а вътрешните (между студиото и апаратната) се правят двойни или тройни, като стъклата не са успоредни и са монтирани към рамките с гумени уплътнения.

Друг път за проникване на въздушния шум са околните повърхности на студиото - стени, под, таван. При попадане на звукова вълна върху такава повърхност, последната се разколебава подобно на мембрана, управлявана от масата. Следователно, при увеличаване на дебелината на стената и относителното тегло на материала, от който е изградена, се намалява амплитудата на трептене, а от там се подобрява звукоизолацията. Но увеличаването на дебелината на стената над определени граници е икономически не изгодно. Например, увеличаването на дебелината на тухлена стена от 10 до 20 см. подобрява звукоизолацията с 5 dB , но със същата стойност го увеличава и удебеляването на стената от 20 на 40 см. По изгодно е да се използват многослойни конструкции с въздушна междина между слоевете, при които част от звуковата енергия се разсейва от границите между слоевете и това силно увеличава звукоизолацията.

Шумът и вибрациите от машини (вентилатори, помпи на отопление и др.) се намалява чрез поставяне на виброизолиращи тампони между фундамента и опорите на машината.

12.3.ВЕНТИЛАЦИЯ И ОСВЕТЛЕНИЕ В СТУДИЯТА

Вентилационната система е много важна за студиото, защото поради невъзможността да се използват външни прозорци и необходимостта от уплътняване на вратите, целия необходим пресен въздух се доставя от вентилацията. Тя трябва да осигурява обмен на въздуха 5-7 пъти в час. От друга страна, тръбите на вентилацията са път за проникване на шума за избягване на това се използват акустични филтри от следните видове:

- Тръби, облицоване вътре със звукопоглъщащ материал
- Парчета тръба с различен диаметър
- Камерни филтри
- Контактни филтри

За парче тръба с постоянно сечение, облицовано от вътре със звукопоглъщащ материал, затихването е:

$$\Delta L = \frac{\alpha p l}{S} \quad (12.6)$$

Тук α -коэффициент на звукопоглъщане на облицовачния материал.

l -дължина на тръбата

p -периметър на сечението на тръбата

S -площ на сечението

За филтри, състоящи се от парчета тръба с различно сечение, затихването е:

$$\Delta L = 10n \lg \frac{1+A}{1-A} \quad (12.7)$$

Където:

n-брой звена

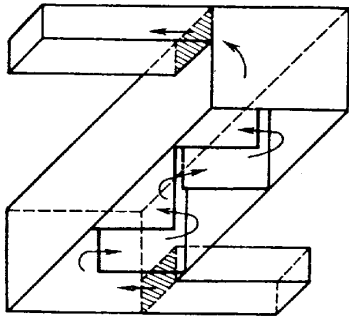
$$A = \frac{\sqrt{1 + \frac{4\omega_0^2}{\omega^2}}}{1 - \frac{2\omega_0^2}{\omega^2}}$$

$$\omega_0 = c \sqrt{\frac{S_1}{S_2 l_1 l_2}}$$

$S_1 \ll S_2$ - напречно сечение на тръбите

l_1, l_2 - дължина на тръбите

Камерния филтър представлява редица от камери, чиито входове и изходи не са на една права линия (фиг.12.2) и представляващи разширения на вентилационната тръба. Вътрешните стени на камерите са облицовани със звукопоглъщащи материали, които трябва да бъдат негорящи.



Фиг.12.2

Контактните филтри представляват ред паралелни канали, на които е разделен въздухопровода. Каналите също са облицовани със звукопоглъщащ материал.

Изходните отвори на каналите на вентилационната система в студиото се екранират с помощта на щит, разположен на известно разстояние от отвора, а самия отвор се извива под прав ъгъл и в него се поставят направляващи лопатки, разбиващи въздушната струя. Тези мерки намаляват завихрянето на въздушния поток и намаляват шума от вентилацията.

Пак поради липсата на външни прозорци, в студията е необходимо изкуствено осветление, което трябва да бъде равномерно, без сенки и ярки бликове, като минимална осветеност е 80 лукса, а максималната - 150-200 лукса, като се предпочита отразената светлина, с изключение на лампите за локално осветление и прожекторите в телевизионните студия.

В осветителните тела не трябва да има звънящи части, които биха могли да прозвънтят при влизане в резонанс с някои звънци в студиото, като при необходимост се поставят гумени подложки и уплътнения. Освен това в тях не трябва да има възли, издаващи звук, като дросели, стартери на луминисцентни лампи и др. Захранващите проводници на осветителните тела биха могли да станат източник на електрически брум, индуктиран в микрофонните кабели, поради което трябва да бъдат екранирани.

Отоплението в съвременните студия се осъществява с климатична инсталация, комбинирана с вентилацията. Възможно е в някои студия да има радиатори на парно отопление, които биха могли да се превърнат в източник на шум вследствие на предаване на вибрации по тръбите от работещи помпи за циркулация или други механизми. За да се избегне това, тръбите трябва да бъдат отделени вибрационно от основния щранг с помощта на гъвкава връзка.

12.4. ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНО ОБОРУДВАНЕ НА СТУДИЯТА. РЕВЕРБЕРАТОРИ. АМБИОФОНИЧНИ СИСТЕМИ.

Електроакустичното оборудване на студията включва микрофони, озвучителни тела в апаратната, устройства за регулиране времето на реверберация, изкуствени ревербератори амбифонична система.

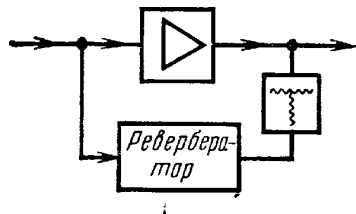
В комплекта микрофони на студиото влизат микрофони с различна характеристика на насоченост - ненасочени, двустранно насочени (с характеристика осмица), кардиодни, остронасочени, а също така и микрофони с различни честотни характеристики, като говорни (с подем 6 dB окт.) и концертни - с равномерна честотна характеристика. В големите студия броят на микрофоните достига 15 - 20 броя.

Озвучителните тела в апаратната трябва да бъдат две за прослушване на стереопрограмми, като изискванията към

равномерността на честотната им характеристика и нелинейните им изкривявания са много високи. При прослушване на говорни програми понякога се използват битови озвучителни тела, които също трябва да бъдат от висок клас.

В речевите студия диктора трябва да разполага с резервен микрофон и възможност за прослушване на програмата с помощта на слушалки.

Устройствата за регулиране на времето на реверберация включват въртящи се колони, подвижни щитове и др.



Фиг.12.3

Регулирането на времето на реверберация по електронен път става с помощта на амбифонични системи, които ще разгледаме по-нататък.

Устройствата за изкуствена реверберация (ревербератори) биват магнитни, пружинни, листови и ехо-камери. При работата си тези устройства обработват сигнала така, че той в една или друга степен става подобен на сигнала, получаван в помещение с определено

време на реверберация, след което така обработения сигнал се смесва с основния (фиг.12.3).

Ефектът, наподобяващ съответното време на реверберация се създава с помощта на смесването на една или друга пропорция на основния и обработен сигнал, както и чрез изменение на реверберацията в самото устройство. Еквивалентното време на реверберация се определя по формулата:

$$\frac{1}{T_{\text{екв.}}} = \frac{1}{T_{\text{рев.}}} + \frac{1}{1,2} \lg \left(1 + \frac{P_{\text{осн.}}^2}{T_{\text{рев.}}^2} \right) \quad (12.8)$$

Тук:

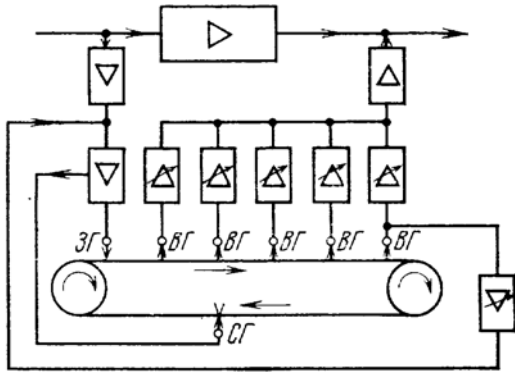
$T_{\text{рев.}}$ - Времето на реверберация на ревербератора

$P_{\text{осн.}}$ и $P_{\text{рев.}}$ - нива на основния и ревербериращ сигнал на входа на смесителя.

Блокова схема на магнитен ревербератор е показана на фиг.12.4

При него се използва магнитна лента, свързана в затворен контур така, че се върти безкрайно. По дължината на затворения контур са разположени записваща глава и на известни разстояния от нея няколко възпроизвеждащи глави, а след тях - изтриващата

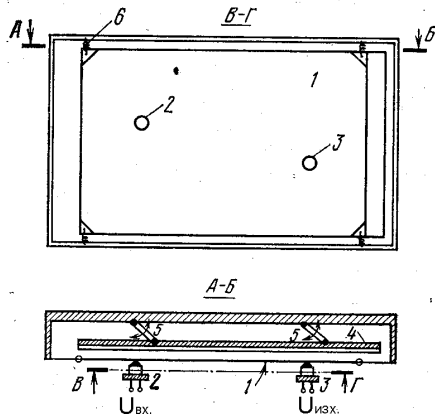
глава. От последната възпроизвеждаща глава се взема сигнал за обратна връзка и се подава отново на входа на записващия усилвател, а сигналите от възпроизвеждащите глави от $BГ_1$ до $BГ_n$ с постепенно намаляваща амплитуда се смесват с основния сигнал. В резултат се получават многократно повтарящи се сигнали със закъснение спрямо основния сигнал, отговарящо на разстоянието между записващата глава и съответната



Фиг.12.4

електродинамичен високоговорител, които вместо мембрана има устройство за захващане на пружината. Приемника е подобен на дозата на грамофон, като вместо игличка има устройство за възприемане на вибрациите от винтовата пружина. Вибрациите, възбудени от излъчвателя в пружината достигат със закъснение до приемника поради еластичността на пружината, след което се отразяват от неподвижния край на пружината и отново достигат с намалена амплитуда и ново закъснение до приемника и т.н. до затихване. Времето на реверберация може да се регулира чрез създаване на различен опън на пружината. Недостатък на този вид ревербератор е тесния честотен обхват и едномерността на отраженията, които създават неестествена окраска на звука.

Листовият ревербератор представлява стоманен лист с дебелина 0,4 - 0,5 мм. И размери 1 на 2 м., който е закрепен за ъглите вертикално в



Фиг.12.5

рамка (фиг.12.5) Сигнала се възбужда с помощта на електродинамичен излъчвател, подобен на този на пружинния ревербератор, при което колебанията се разпространяват във всички посоки на листа, отразяват се от краищата му и попадат в точката на приемане, където е закрепен виброприемника. В резултат на многократните отражения се получава сложна звукова картина, наподобяваща реверберацията в помещение. За регулиране на затихването зад листа е разположен лист от демфаш материал, който може да се доближава и отдалечава до металния лист. Времето на реверберация се изменя от 0,6 до 6 сек. в областта на средните честоти, като при голямо разстояние между поглътителя и листа времето на реверберация за ниски честоти може да достигне 16 сек., докато в същото време за високи честоти то е 2 сек. Тази зависимост на времето на реверберация от честотата е най-съществения недостатък на листовия ревербератор, но по качество на звучене той се доближава до това на помещение макар, че има двумерно разпределение на собствените честоти а не тримерно.

възпроизвеждаща глава и на скоростта на движение на лентата. Недостатък на този вид ревербератор е наличието на тонална окраска на отзвучите поради точната повтаряемост на закъсняващите сигнали. Магнитният ревербератор позволява да се изменя времето на реверберация в широки граници - от 0,5 до 5 сек., като при по високи стойности на T могат да доведат до самовъзбуждане.

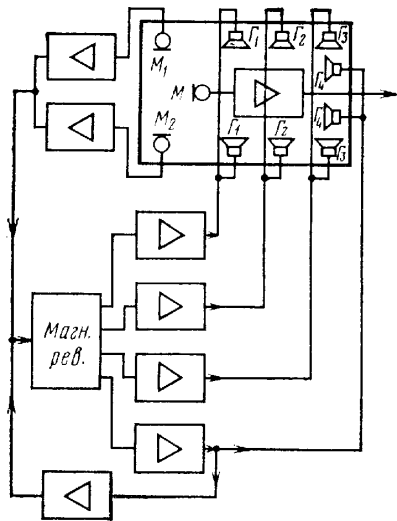
Пружинният ревербератор представлява излъчвател и приемник, свързани помощта на винтова пружина. Излъчвателя представлява

Ехо - камерата представлява помещение с обем 80-100 м³, чиито стени са гладки, без пори и не са успоредни. Вътре в това помещение е разположен излъчвател (висококачествено озвучително тяло) и приемник (микрофон с линейна честотна характеристика). Времето на реверберация е около 7 сек., като някои ехокамери могат да бъдат настроени за две времена на реверберация. Регулирането на необходимото време на реверберация става чрез смесване в определена пропорция на основния и обработен сигнал. Ехо камерите дават звучене най-близко до естественото, но са скъпи и обемисти съоръжения.

Амбиофоничната система представлява специална озвучителна система, в която чрез използване на акустичната обратна връзка се регулира времето на реверберация. Схемата на една амбиофонична система е показана на фиг.12.6.

Освен основния микрофон в помещението се разполагат поне още два микрофона M₁ и M₂, които са отдалечени от изпълнителите. Техния сигнал след усилване се подава в различни канали за възпроизвеждане, като озвучителните тела се намират в същото помещение и имитират отразените лъчи, които се възприемат от микрофоните и отново се подават в системата. Понякога в амбиофоничната система се въвежда допълнително закъснение с помощта на магнетофонен ревербератор.

Многократното повторение на имитираните отражения предизвиква увеличение на реверберацията в сравнение със собственото време на реверберация на помещението, като може да бъде увеличено до 5-7 сек., но на практика не се използва време на реверберация по-голямо от 4 сек. поради опасност от самовъзбуждане.



Фиг.12.6

Изискванията към равномерността на честотната характеристика на елементите на амбиофоничната система са много високи. Една неравномерност от 6 dB в работния честотен обхват вече не позволява получаването на време на реверберация, съществено различно от това на залата.

Амбиофоничната система се възбужда от дифузната съставка на звуковото поле. Генерация започва, когато усилването по цялата верига стане равно на 1, т.е. когато коефициентът на усилване стане:

$$k_u = \frac{1}{E_M} \cdot \frac{1}{E_{в.г.}} \cdot \frac{p_1}{P_{диф.}} \quad (12.9)$$

E_М-чувствителност на микрофона, мV/Pa.

E_{в.г.}-чувствителност на

високоговорителя, Pa/W^{1/2}.

P_{диф.}-дифузна съставка на звуковото налягане

p₁-звуково налягане, създавано от един високоговорител на разстояние 1 метър.

Списък на използваната литература

1. проф.инж.И.Вълчев “Електроакустика” София, Техника, 1975 г.
2. В.К.Йофе “Електроакустика”Москва,, Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио,1954
3. А.В.Римский-Корсаков “Електроакустика”Москва, Связь, 1973
4. И.Г.Дрейзен “Електроакустика и звуковое вещание”Москва, , 1961
5. А.Маринов “Електроакустика”София, Техника, 1961
6. А.Маринов, Н.Зарков “Електроакустика и звукозапись”София, Техника,1967
7. В.К.Йофе, В.Г.Корольков, М.А.Сапожков “Справочник по акустика”Москва, Связь, 1979
8. Г.Кинг “Руководство по звукотехнике”Ленинград, Энергия, 1980
9. Б.Урбанский “Електроакустика в вопросах и ответах”Москва, Радио и связь 1981
10. Й.Блауэрт “Пространственный слух”Москва,Энергия, 1979
11. Карол Холинар “Стерефония”София, Техника, 1974
12. Л.Ленк “Электромеханические системы”Москва, Энергоиздат, 1982
13. Маленькая Энциклопедия “Ультразвук” Советская энциклопедия,1979
14. В.А.Красильников,В.В.Крылов “Введение в физическую акустику”Москва, Наука,1984
15. И.Н.Каневский “Фокусирование звуковых и ультразвуковых волн”Москва, Наука, 1977
16. Под ред.Г.Сесслера “Электреты” Москва, Мир, 1983
17. М.А.Сапажков “Звукофикация открытых пространств”Москва, радио и связь,1985
18. В.Анерт, В.Райхардт “Основы техники звукоусиления” Москва, Радио и связь1984
19. Л.И.Макриненко “Акустика помещений общественных зданий” Москва, Стройиздат,1986
20. В.Г.Крейтан “Защита от внутренних шумов в жилых домах” Москва, Стройиздат, 1990
21. Справочник “Борьба с шумом на производстве”Москва, Машиностроение, 1985
22. И.И.Боголепов “Промышленная звукоизоляция” Ленинград, Судостроение, 1986
23. С.Д.Ковригин “Архитектурно-строительная акустика” Москва, Высшая школа”1980
24. Проф.Енс Трампе Брок “Применение измерительных систем фирмы Брюел и Кьер для измерений акустического шума”изд.на фирма “Брюел и Кер” 1971 г.
25. R.V.Randall, V.Tech,V.A.” Application of B&Kequipment to Frequency Analysis”1977
26. Я.Ш.Вахитов “Электродинамические громкоговорители-теория расчета”Ленинград,1983
27. И.А.Алдошина, “Электродинамические громкоговорители”Москва, Радио и связь,1989
28. Димитър Попянев “Високоговорители и озвучители тела” София, Техника,1980
29. Д.Попянев “Конструирание на озвучители тела” София, Техника, 1984
30. Д.Попянев “Електроакустични преобразуватели”София, Техника, 1988
31. И.А.Алдошина, А.Г.Войшвилло “Высококачественные акустические системы и излучатели”Москва, Радио и связь, 1985
32. Э.Л.Виноградова “Конструирование громкоговорителей со сглаженными частотными характеристиками”Москва, Энергия, 1978
33. A l l i s o n, R. F. Low — Frequency Response and Efficiency Relationships in Direct — Radiator Loudspeaker Systems. JAFS, vol. 13, JM⁰ 1, January 1965.
34. Broc i n e r, V., D. R. von Reckling h an sen. Interrelation of Speaker and Amplifier Design. JAES, vol. 12 N^o 2, April 1964.
35. Brociner, V. Speaker Size and Performance in Small Cabinets. Audio, March 1970.
36. C l a r k e, T. L., Angmanted Passive Radiator Loudspeaker Systems part 1. JAES, vol. 29, .No 6, June 1981 ; Part 11, JAES, vol. 19, JM» 7/8, July August 1981.
37. K e e l e, D. B. A New Set of Sixth-Order Vented-Box Loudspeaker System Alignments. JAES, vol. 23, J& 5, June 1975.
38. Margolis, G., R. H. Small. Personal Calculator Programs for Approximate Vented-Box and Clozed-Box Loudspeaker System Design. JAES, vol. 29, JT» 6, June 1981.
39. Newman, R. J. A Loudspeaker System Design Utilizing a Sixth-Order Butterworth Response Characteristic. JAES, vol.21, №6, July/August 1973.

40. Novak, J. F. Performance of Enclosures for Low-resonance High-Compliance Loudspeakers. JRE Transactions on Audio, vol. AU 7 AT" 1, Januari/ February 1959.
41. Olson, H. F. Direct Radiator Loudspeaker Enclosures. JAES, vol. 17 JM» 1, January 1969. Analysis, JAES, vol. 20, N" 10, December 1972; Part II : Synthesis, JAES, vol. 21, X" 1, January/February 1973.
42. Small, R. H., Ventid-Box Loudspeaker Systems, Part I : Small Signal Analysis, JAES, vol. 21 №5, June 1973 ; Part II : Large-Signal Analysis, JAES, vol. 21, N" 6, July/33. Small, R. H., Closed-Box Loudspeaker Systems, Part I: August 1973 ; Part II ; Synthesis, JAES, vol. 21, JM» 7, September 1973; Part IV: Appendixes, JAES, vol. 21, J^s 8, October 1973.
43. Small, R. H., Passive-Radiator Loudspeaker • Systems. Part I: Analysis, JAES, vol. 22, Jf» 8, October 1974; Part II : Synthesis, JAES, vol. 22, JT" 9, November 1974.
44. Thiele, A. N. Loudspeakers in Ventid Boxes: Part I, JAES, vol. 19, № 5, May 1971 ; Part II, JAES, vol. 19, Xs 6, June 1971.