

#### 4 تقوية و تكبير الصوت

لإيصال الصوت إلى رواد الملاعب الرياضية و المسارح المفتوحة و غيرها حيث ينتشر الصوت في الخلاء أصبحنا نعتمد على تقوية الصوت و تكبيره بالوسائل الإلكترونية.

و تعريفا فإن مقوي الصوت هو الجهاز الإلكتروني الذي يوصل بمدخله لاقط الصوت، و يوصل بمخرجه مكبرات الصوت التي تكون إما سماعة صوت أو عدة سماعات أو عمود صوتي. و يعرف النظام الصوتي بأنه السلسلة المكونة من لاقط الصوت و مقويه و مكبره.

#### مفهومية الكلام

هي المقدرة على فهم الكلام و تنقسم إلى فهم الكلمات و فهم مقاطع الكلمات.

و تعرف رقميا بأنها النسبة المنوية لما يفهم من مجموع ما قيل. و فهم الكلمات أسهل من فهم المقاطع لمقدرة الإنسان على تعويض مقطع من الكلمة إذا لم يفهمه من سياق مجمل الكلمة.

و لذا فإن كل ما يتبع سيكون منصبا على مفهومية المقاطع التي سنطلق عليها المفهومية، التي إن كان القدر المفهوم منها كبير فتصبح مفهومية الكلمات أكبر.

تعتمد مفهومية النظام الصوتي المكون من لاقط الصوت و مقويه و مكبره على عدة عوامل نذكرها في التالي. مع مراعاة أن المفهومية الفعلية م تعطيها المعادلة التالية:

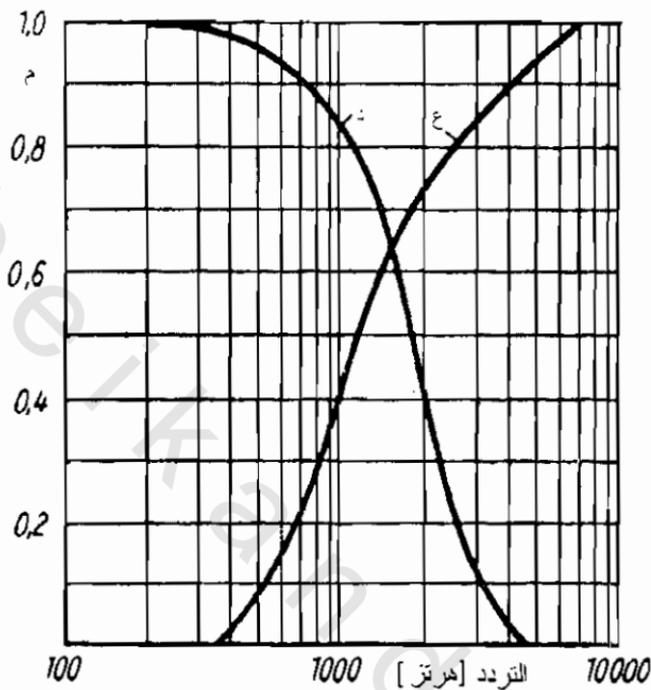
م = 0,96 م 1م 2م 3م .... %  
حيث

م = 1 تعني أن المفهومية 100%  
م 1 و م 2 و م 3 .... هي المفهومات الجزئية الناشئة عن  
العوامل التالية وكل منها كسر عشري أقصاه الواحد الصحيح.

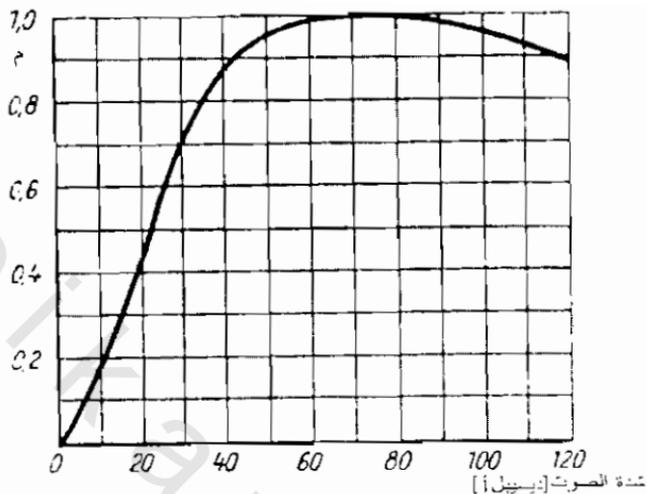
و الرقم 0,96 يفيد أنه حتى إذا كانت قيمة كل من م 1 و م 2  
و م 3 .... تساوي الواحد الصحيح فإن المفهومية الفعلية للنظام  
الصوتي لن تبلغ الواحد الصحيح أي لن تكون 100%. و يرجع  
ذلك إلى عدم النطق الأمثل من المتكلم و عدم قدرة المستمع على  
الإلتصاف طول الوقت.

الشكل التالي يعطي المفهومية الجزئية الناتجة عن نطاق الترددات  
المحدود للنظام الصوتي. حيث قيم المنحنى د تعطي النهاية الدنيا  
لنطاق و قيم المنحنى ع تعطي النهاية العليا لنطاق الترددات.  
وبما أن كل من النهاية العليا و النهاية الدنيا تحد من المفهومية  
فيجب إعتبار تأثير كل منهما على انفراد.

فمثلا إذا كان نطاق ترددات النظام الصوتي محصور بين 700  
و 10000 هرتز فتكون المفهومية الجزئية الناتجة هي 0,9 .  
وإذا كان النطاق بين 100 و 5000 هرتز فتكون المفهومية  
الجزئية الناتجة هي 0,93 .



الشكل التالي يعطي المفهومية الجزئية الناتجة عن منسوب شدة الصوت [ديسيبل أ].

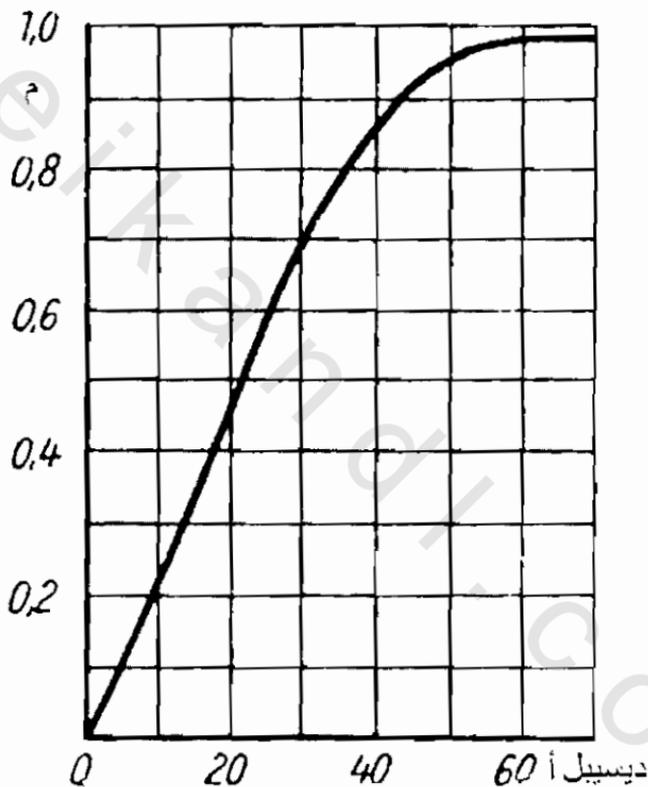


و يلاحظ أن شدة الصوت التي تعطي المفهومية المثلثى 1 أي 100% هي عند شدة الصوت 70 ديسيبل أو إذا زادت عن ذلك أو قلت إنخفضت المفهومية.

حقيقة في غاية الأهمية أرجو أن ينتبه إليها من يرفع شدة صوته فوق المعتاد فيتحول كلامه إلى ضجيج ينقص من المقدرة على فهم كلامه.

الشكل التالي يعطي المفهومية الجزئية الناتجة عن وجود ضوضاء تصل إلى المستمع فتتقص من المفهومية لديه. الإحداثي الأفقي يعطي فرق منسوب شدة الصوت بين منسوب شدة الكلام المفيد و منسوب شدة الضوضاء.

فإذا كان ذلك الفرق أقل من 60 ديسيبل أو إنخفضت المفهومية. أي أنه لضمان مفهومية عالية يجب أن يقل منسوب شدة الضوضاء بمقدار 60 ديسيبل أو أكثر عن منسوب شدة الكلام المفيد.



## لاقط الصوت

في عام 1861 تمكن فيليب رايس من صنع لاقط كهربى للصوت إستخدامه في تحويل ذبذبات الصوت الحركية إلى ذبذبات كهربية بالهاتف الذى صنعه. تكون هذا اللاقط من غشاء معدني رقيق قابل للحركة، و تلامسه قطعة معدنية مذببة متصلة بدائرة كهربية تتكون من بطارية و مقاومة كهربية، فحينما يتحرك الغشاء نتيجة للصوت يتم التلامس أو يفصل مسببا مرور التيار الكهربى بالدائرة أو إنقطاعه. فيكون فرق الجهد الكهربى بين طرفى المقاومة شبيها بعض الشيء بالذبذبات الصوتية.

ثم طور ذلك اللاقط إلى اللاقط الكربونى الذى ما زال يستخدم فى بعض أجهزة الهاتف. و الذى استبدل الغشاء فيه بعلبة صغيرة تحتوي على عدد كبير من الحبيبات الكربونية التى يكون التلامس بينها أفضل مما يجعل الذبذبات الكهربائية أكثر شبيها بالذبذبات الصوتية.

و فى عصرنا هذا فإن معظم أنواع اللاقط إستخداما هما اللاقط الحركى (الديناميكى) و اللاقط المكثف (الكوندنسير).

يتكون اللاقط الحركى من غشاء متصل بملف من السلك حوله مغنطيس، فنتيجة لتحرك الغشاء و الملف فى المجال المغنطيسى يتولد تيار كهربى بالملف. أما اللاقط المكثف فيتكون من مكثف كهربى أحد لوحيه هو الغشاء المتحرك و الآخر ثابت. و نتيجة لحركة الغشاء تتغير سعة المكثف الموجود فى دائرة كهربية، فيتغير التيار الكهربى تبعا للصوت.

من البيانات الهامة التي يعطيها المنتج للاقط الصوت حساسيته  
أي كفاءته في تحويل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربية. و هناك  
طريقتان لإعطاء هذه الحساسية:

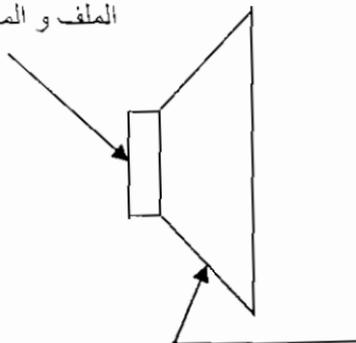
إما كخارج قسمة فرق الجهد الكهربى لمخرج اللاقط على ضغط  
الصوت عند مدخل اللاقط بالوحدات التالية: مللي فولت / باسكال.  
أو كالنسبة الخوارزمية بالديسيبل نسبة إلى 1 فولت / باسكال.

و قد يعطي المنتج منحنى حساسية اللاقط عند الترددات المختلفة  
، و من المهم أن يكون ذلك المنحنى أفقياً بدون تعرجات عبر  
نطاق الترددات 20 - 16000 هرتز.

### سماعة الصوت

تتكون سماعة الصوت المعتادة من غشاء من الورق المقوى على  
شكل مخروط ناقص مثبت به ملف يتحرك حينما يمر به تيار  
كهربى نتيجة لوجود مغنطيس حوله.

الملف و المغنطيس



غشاء السماعة

يكتب عادة على سماعه الصوت قيمة المقاومة الكهربائية لها و قدرتها الكهربائية القصوى التي تتحملها. وحين توصيل سماعات الصوت بالمقوي يجب مراعاة الملازمة الكهربائية للطرفين أي تساوي المقاومة على قدر الإمكان.

سماعة الصوت الكبيرة ذات كفاءة عالية لإصدار الصوت الغليظ (التخين) ذي الذبذبات ذات التردد المنخفض. أما سماعة الصوت الصغيرة فهي ذات كفاءة عالية لإصدار الصوت الرفيع ذي الذبذبات ذات التردد المرتفع. ولذا فللحصول على الصوت بأمانة عالية أي مطابقاً للصوت الأصلي فيجب استخدام سماعات كبيرة و صغيرة.

و يعطي المنحنى الزمني لضغط الصوت الصادر عن السماعة عند الترددات المختلفة مدى كفاءة السماعة في تحويل الترددات المختلفة من الطاقة الكهربائية إلى الطاقة السمعية. و لقياس هذا المنحنى يتطلب ذلك إجراؤه في حجرة الصوت الميت و هي حجرة خاصة، إمتصاص الصوت فيها كبير و جميع أسطحها المحددة لها مغطاة بمواد شديدة الإمتصاص للصوت، و لا توجد مثل هذه الحجرات إلا في المعاهد المتخصصة في السمعيات و في بعض الجامعات مثل التي صممها في كلية الهندسة بالجامعة الليبية في طرابلس.

و لكن يمكن قياس المنحنى الزمني للسماعة في حجرة عادية بواسطة طريقتي [7-11] أي " طريقة النبضة الوحيدة لقياس الخصائص النقلية للأنظمة السمعية " (راجع فقرة المقارنة بين

النموذج الرياضي لتأثير إنعكاس الصوت عند سطح الأرض و القياس في باب إنتشار الصوت). و لقد نشرت ذلك مع زميلي المرحوم هومان في المرجع [4-1].

### حسابات تكبير الصوت

نبدأ بأبسط حالة و التي نريد فيها إستخدام سماعة واحدة لإيصال الكلام مفهومًا إلى بعد 100 متر من السماعة في الخلاء.

نعلم من أعلاه أن شدة الصوت التي تعطي المفهومية المثلى 1 أي 100% هي عند شدة الصوت 70 ديسيبل أ.

و من المعادلة (6-7) فإن

$$م ض = م ق - 11 - 20 \text{ خوب}$$

حيث

م ض = منسوب ضغط الصوت = منسوب شدة الصوت [ديسيبل أ]

م ق = منسوب قدرة الصوت [ديسيبل أ]

ب = البعد بين المصدر والمستقبل أي سماعة الصوت والمستمع [متر]

$$\text{إذا } م ق = م ض + 11 + 20 \text{ خوب}$$

$$70 = 11 + 20 + \text{خوب}$$

$$70 = 11 + 20 + \text{خوب}$$

$$121 = [\text{ديسيبل أ}]$$

و من المعادلة (4-1) فإن م ق = 10 خو (ق/ق<sub>0</sub>)

$$\text{إذا } ق/ق_0 = 10 = (م ق / 10) = 10^{12,1}$$

$$\text{أي } ق = 10^{0,1} = 10 \times 10^{12,1}$$

$$= 1,26 \text{ [وات]}$$

فإذا افترضنا أن كفاءة تحويل السماعة للطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية هي 3% و هي الكفاءة المعتادة للسماعة، فتكون الطاقة الكهربائية المطلوبة عند مدخل السماعة  $1,26 \times 100 / 3 = 42$  وات أي أننا نحتاج إلى سماعة تتحمل 42 وات قدرة كهربية و إلى مقوي يمكنه مدنا بهذه الطاقة.

هذا و يجب مراعاة أنه إذا إعطيت السماعة قدرة كهربية أكبر مما تتحملة فستتلف. وعادة تكتب هذه القدرة على السماعة.

و حين إختيار مقوي الصوت يراعى فيه قوته القصوى التي يمكنه العمل بها مع صغر قيمة تشويهِه الصوت.

في المثال السابق لم نعتبر إنعكاس الصوت على الأرض. و سنشرح تأثير الأرض تحت باب إنتشار الصوت في الخلاء.

كما افترض عدم وجود ضوضاء تشوش على الكلام. فإذا كانت هناك ضوضاء منسوبها 30 ديسيبل أ فيجب أن تمدنا السماعة بمنسوب يعلو ذلك بمقدار 60 ديسيبل أ ، أي 90 ديسيبل أ.

فإذا كانت مقدرة تحمل السماعة 50 وات فلن يمكننا الحصول على منسوب 90 ديسيبل أ بواسطة سماعة واحدة على بعد 100 متر. و لهذا يجب استخدام أكثر من سماعة واحدة.