บทที่ 2

การศึกษาขั้นมูลฐาน

ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้มนุษย์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้สะดวกรวดเร็วขึ้นกว่าแต่ก่อน ความต้องการในด้านข่าวสาร สาระบันเทิงในระดับต่าง ๆจะมีมากขึ้นทุกวัน สถานศึกษาถือว่าเป็นองค์กรหนึ่งหรือหน่วยงานหนึ่งที่นับวันจะขยายตัวมีความต้องการที่จะแพร่ข่าวสารให้แก่สมาชิกในองค์กรมากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสังคมที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว กริช สืบสนธ์ (2526 หน้า1) กล่าวว่าการสื่อสารในองค์กรคือ " สายโลหิตขององค์กร " "น้ำมันหล่อลื่นในองค์กร " หรือ " สายใยเชื่อมโยงระบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน "

สมภพ โรจนพันธ์ (2523 หน้า 10) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการสื่อสารที่สำคัญมีดังนี้

1. SOURCE หรือ COMMUNICATOR คือผู้ทำหน้าที่ส่งสาร
2. MESSAGE คือเนื้อหาสาระของสาร
3. MEDIUM สื่อหรือ CHANNEL คือช่องทางหรือตัวนำในการนำสารไป
4. RECEIVER หรือ AUDIENCE คือผู้รับสารหรือปลายทางของสาร
5. EFFECT ผลจากการสื่อสารที่เกิดขึ้นกับตัวผู้รับสารแต่ละคน
6. FEEDBACK ปฏิกิริยาสนองตอบหรือการแสดงออกของผู้รับสาร อันเนื่องมาจากผลของการได้รับข่าวสาร

ที่กล่าวข้างต้นเป็นการสื่อสารเฉพาะด้านของ Human Communication ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างมนุษย์ปัจจุบัน MEDIUM หรือ CHANNEL ที่ใช้ในสถานศึกษาอย่างกว้างขวางคือระบบเสียงตามสาย จึงน่าที่จะหาหลักเกณฑ์วิธีใช้และวิธีสร้างอย่างถูกวิธีตามหลักวิชาการ อันจะยังประโยชน์ให้เกิดขึ้นในวงงานการศึกษาของไทยเรา

เสียงตามสายนี้เป็นการแพร่กระจายเสียงที่ใช้เสียงเป็นสื่อ ในการให้ข่าวความรู้ และการบันเทิง (ปราณี ไทยวัฒนานนท์ 2525 หน้า 9)

การใช้เสียงตามสายเป็นสื่อในการส่งข่าวสารในสถานศึกษานี้ มีลักษณะเป็นการให้การศึกษาในระบบโรงเรียน (FORMAL EDUCATION) กล่าวคือเป็นการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จัดรายการและระบบเสียงให้สัมพันธ์และสอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานศึกษา โดยจัดเป็นลักษณะของการให้บริการข่าวความรู้จัดส่งถึงที่คือ ห้องเรียน ตัวครู และนักเรียน ดังนั้นการออกแบบระบบเสียงตามสายจึงต้องจำกัดอยู่ในแวดวงของการศึกษาในระบบโรงเรียน ขั้นตอนการจัดกระจายเสียงโดยใช้เสียงตามสายนี้ ปราณี ไทยวัฒนานนท์ (2525 หน้า 16-23) ได้กล่าวถึงการเตรียมการและดำเนินการไว้ สิ่งที่พิจารณาว่าเป็นองค์ประกอบของการเตรียมการจัดเสียงตามสายคือ พิจารณาถึง กลุ่มผู้ฟัง (Audience) อาคารสถานที่ **(Location)** และเครื่องมือ อุปกรณ์ **(Audio Equipment)**

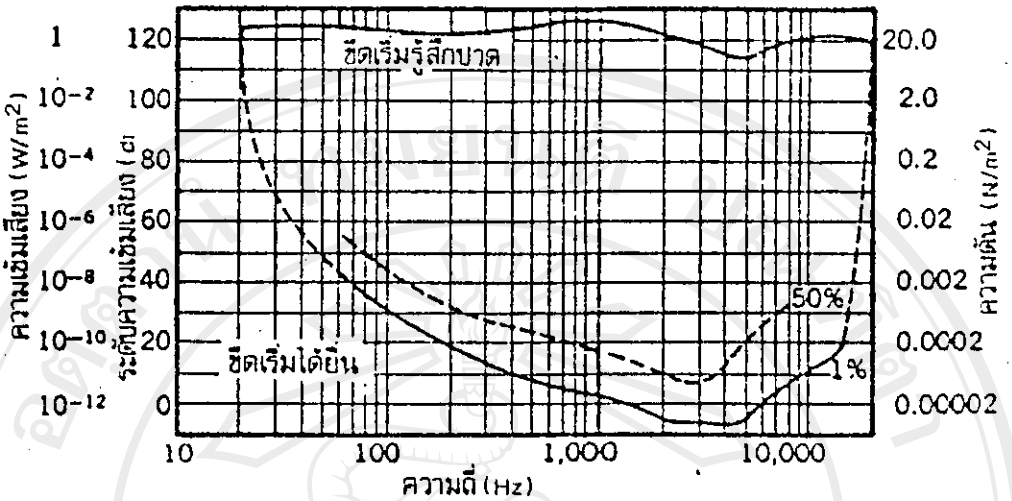
กลุ่มผู้ฟัง (AUDIENCE)

การติดต่อสื่อสารที่จำเป็นและใช้มากถึง 45% ของคนทั่วไปที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันคือการรับฟัง ยิ่งถ้าเป็นกลุ่มนักเรียนในระดับมัธยมต้น-ปลายแล้ว จะใช้เวลาถึง 90% ในห้องเรียนในการรับฟังข่าว-ความรู้ จากครูหรือสื่อต่าง ๆ (Brown, 1973 : 213)

การจัดเสียงให้เหมาะสมกับผู้ฟังจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเข้าใจธรรมชาติของเสียงและธรรมชาติของคนฟัง พิเชฏฐ์ จันทรนวพงศ์ (2524 หน้า 65-66) ได้กล่าวว่า การที่ผู้ฟังจะได้ยินเสียงใด ๆนั้นที่สำคัญคือประสาทหูไม่ผิดปกติ และเสียงต้องมีความเหมาะสมที่จะให้ประสาทหูรับรู้ได้ ทั้งนี้การได้ยินเสียงจะต้องเป็นเสียงที่มีระดับความเข้มของเสียงและความถี่ของเสียงที่พอเหมาะ ระดับความเข้มของเสียงกำหนดให้มีหน่วยเป็น เดซิเบล ระดับความเข้มของเสียงที่ค่อยที่สุดเป็น 0dB และดังที่สุดเป็น 120dB โดยเฉลี่ยแล้วมนุษย์จะรับรู้เสียงที่มีความถี่อยู่ระหว่างความถี่ 20 - 20,000 Hz แม้ว่าการได้ยินเสียงจะต้องเป็นเสียงที่มีเงื่อนไขของความเข้มของเสียงและความถี่เสียงดังกล่าวแล้ว ยังมีเงื่อนไขอื่นประกอบกันอีกคือขอบเขตที่จะได้ยินเสียงความถี่หนึ่งก็ต้องมีความเข้มเสียงหรือระดับความเข้มเสียงช่วงหนึ่งเท่านั้น ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของระดับความเข้มและความถี่เสียง
กับการได้ยินเสียงของคนทั่วไป



วิชาญ ก่องตาวงษ์ (2528 หน้า 243-244) กล่าวถึง dB ว่า มาจาก Decibels ต้นตอของหน่วย dB นี้มาจากหน่วยวัดระดับความเข้มของเสียง โดยใช้หูมนุษย์เป็นเกณฑ์ ซึ่งได้จากการวิจัยพบว่าหูคนเราจะได้ยินเสียงดังเพิ่มขึ้นตามกำลังของต้นกำเนิดเสียง แต่จะแปรตาม Logarithm ของ I โดยที่ I คือความเข้มของเสียง (Intensity, I=P/A, P= กำลังของต้นกำเนิดเสียง, A = พื้นที่รับเสียง) จะได้สมการ

β = 10 Log (I/I_o) dB

β = ระดับความเข้มของเสียง (Intensity Level)

I_o = ความเข้มของเสียงที่เบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยิน ($I_o = 10^{-16}$ Watt/CM^2)

ดังนั้นถ้า $I = I_o$ จะได้ β = 0dB นั่นก็คือ เสียงที่เบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยินมีระดับความเข้ม 0 dB (ระวังสับสนระหว่าง "ระดับความเข้ม"กับ"ความเข้ม")

ยกตัวอย่างเช่น เสียงที่มีความเข้ม 10^{-14} Watt/CM^2

จะมีระดับความเข้ม = 10 Log ($10^{-14}/10^{-16}$) , dB = 20 dB

จะเห็นว่าความเข้ม 10^{-14} Watt/CM^2 นั้นมากกว่าความเข้ม 10^{-16} Watt/CM^2 ($10^{-14} / 10^{-16} = 100$) ถึง 100 เท่า แต่มีระดับความเข้มมากกว่าเพียง 20 dB เท่านั้น หมายความว่าถ้าต้นกำเนิดเสียงมีกำลังเพิ่มขึ้นกว่าเดิมถึง 100 เท่า หูคนเราจะได้ยินเพิ่มขึ้นกว่าเดิมเพียง 20 dB เท่านั้น เสียงที่เบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยินคือมีความเข้ม 10^{-16} Watt/CM^2 และเสียงที่ดังที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยิน(ทนได้)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีความเข้ม 10^{-4} Watt/CM^2 นั่นคือเสียงที่เบาที่สุดที่หูมนุษย์ได้ยินมีระดับความเข้ม 0 dB และเสียงดังที่สุดที่มนุษย์ทนได้มีระดับความเข้ม 120 dB เท่านั้น

บุญถึง แน่นหนา (2519หน้า102-112) กล่าวว่าเครื่องมือที่ใช้วัดระดับความเข้มเสียงเรียกว่า SOUND LEVEL METER ใช้สำหรับวัดว่าย่านใด หรือสถานที่ใดมีระดับความเข้มของเสียงเป็นเท่าใด โดยหน่วยวัดออกมาเป็น dB

ตารางข้างล่างต่อไปนี้ แสดงระดับเสียงในที่ต่าง ๆ กัน เพื่อเป็นแนวในการที่จะคำนวณเครื่องขยายต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงบัญชีระดับเสียง (dB) ในถิ่นต่าง ๆ

สถานที่หรือแหล่งกำเนิดเสียง	ระดับเสียง (dB)	หมายเหตุ
เรือบินไอพ่น	130	เริ่มปวดหู
โรงงานเครื่องจักรไอน้ำ	120	
เครื่องจักรธรรมดา	100	
โรงงานทั่ว ๆ ไป, โรงกลึง	90	
โรงพิมพ์แท่น, ตลาดสด	80	
ร้านอาหารในย่านชุมชน	80	
โรงงานสมัยใหม่, หอประชุม	75	
ห้องพักผู้เดินทางตามสถานีขนส่งต่างๆ	75	
สำนักงานธุรกิจ, ห้างสรรพสินค้า	65	
พูดคุยธรรมดา, โรงพยาบาล	60	
ถนนในย่านที่อยู่อาศัย	60	
หมู่บ้านนอกเมือง	50	
ท้องทุ่งใกล้เมือง	30	
เสียงกระซิบ	20	
ใบไม้ไหวเพราะลม	10	
ที่เงียบสงบ	0	หูเริ่มได้ยิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางข้างล่าง ไตรรัตต์ ใจสำราญ (2520 หน้า 50) อธิบายว่า หูของคนเราตอบสนองต่อความดังเป็นแบบ ลอการิทึม (Logarithm) กล่าวคือหูจะได้ยินเสียงดังขึ้นเป็นสองเท่าของเสียงเดิมได้นั้นจะต้องการพลังงานเสียงมากกว่าเดิมประมาณสิบเท่า ซึ่งตารางข้างล่างแสดงความสัมพันธ์ของความดันเสียง dB SPL กำลังเสียงที่หูเทียบกับความดังเสียงโดยทั่วไป

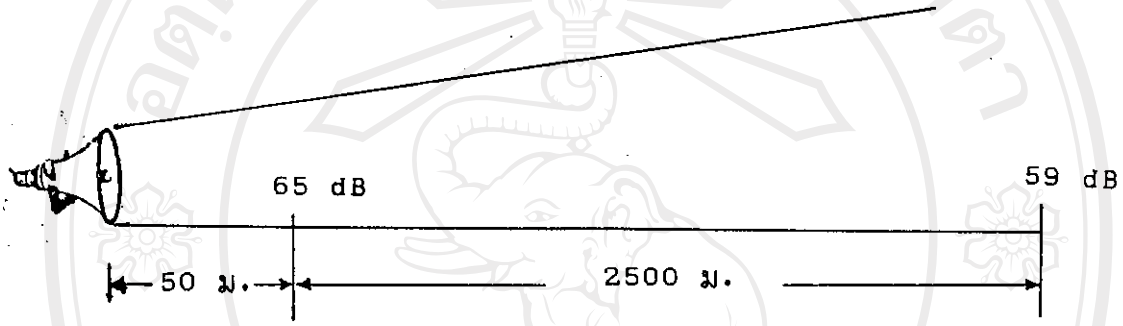
ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของความดันเสียงกับความดังเสียงโดยทั่วไป

	ความดันเสียง (ไดน์/ตร.ซม.)	dB SPL	กำลังเสียงที่หู (วัตต์/ตร.ซม.)
โซเรนขนาด 50 แรงม้า (ระยะ 100 ฟุต)		140	
เครื่องบดอัดลม(ระยะ 5ฟุต)		130	10^{-3}
ระดับที่เริ่มปวดหู			
ดนตรีร็อค (เปิดดัง)	200	120	10^{-4}
รถบรรทุกหนัก,ฟ้าร้อง		110	10^{-5}
เพลงคลาสสิคเปิดดังมาก	20	100	10^{-6}
การจราจรคับคั่งบนถนน (5 ฟุต)		90	10^{-7}
จารจราจรคับคั่ง(40 ฟุต)	2	80	10^{-8}
รถยนต์โดยเฉลี่ย		70	10^{-9}
การสนทนาระยะ 3 ฟุต		70	10^{-9}
ห้างสรรพสินค้า		70	10^{-9}
สำนักงานที่หนวกหู		70	10^{-9}
เพลงเปิดเบาๆ	0.2	60	10^{-10}
สำนักงานโดยทั่วไป	0.2	60	10^{-10}
ถนนในเขตที่พักอาศัยเงียบๆ	0.2	60	10^{-10}
บ้านอยู่อาศัยโดยเฉลี่ย		50	10^{-11}
เสียงตามถนนที่เงียบที่สุด		50	10^{-11}
เสียงวิทยุเปิดเบามากในบ้าน		50	10^{-11}
ดนตรีเบามากๆ	0.02	40	10^{-12}
บ้านตามชนบท		30	10^{-13}
ห้องประชุมตอนไม่มีคน		30	10^{-13}
เสียงกระซิบเบาๆ (5 ฟุต)	0.002	20	10^{-14}
ห้องบันทึกเสียง	0.002	20	10^{-14}
เสียงใบไม้ไหว	0.002	20	10^{-14}
ห้องเก็บเสียง		10	10^{-15}
ระดับที่เริ่มได้ยิน	0.0002	0	10^{-16}

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บุญถึง แน่นหนา (2519 หน้า 113-120) ได้กล่าวว่าการออกแบบระบบเสียงเพื่อให้ผู้ฟังได้รับฟังเสียงด้วยระดับความดังที่พอดีจะต้องเข้าใจธรรมชาติของผู้ฟังคือต้องคำนึงว่าผู้ฟังอยู่ห่างจากต้นกำเนิดเสียงเป็นระยะทางเท่าใด ซึ่งเกิดความสัมพันธ์ที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วยดังตัวอย่างข้างล่าง

ภาพที่ 1 แสดงความเข้มของเสียงลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น



แสดงความเข้มของเสียงลดลง เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นเป็นกำลังสองของระยะทางเดิม คนที่อยู่ 2500 เมตร จะได้ยินระดับเสียง 59 dB ซึ่งต่ำกว่าระดับเสียงพูดคุยธรรมดา (60 dB) ถ้าบริเวณนั้นใครทำเสียงดังขึ้นก็จะไม่ได้ยินเสียงจากเครื่องขยาย ตัวอย่างเกี่ยวกับการพิจารณาหาระดับความดังของเสียงที่เหมาะสมกับการรับฟังว่าจุดใดควรจะดังเท่าใดเช่น ในขณะที่นักเรียนเข้าชั้นเรียนทุกชั้น ระดับเสียงที่ใช้น่าจะอยู่ในระดับพูดคุยธรรมดาคือ 60 dB เหตุผลก็คือขณะนั้นนักเรียนอยู่ในวินัยการใช้เสียงจะอยู่ในขอบเขต แต่ถ้าเป็นระดับเสียงในบริเวณโรงเรียนในขณะพักหรือเลิกเรียน ระดับเสียงควรเพิ่มขึ้นเป็น 70-75 dB เพราะเด็กย่อมเล่นซุกซนเสียงดัง ระดับเสียงควรสูงกว่าพูดคุยธรรมดา

จากที่กล่าวข้างต้นเป็นการศึกษาธรรมชาติของผู้ฟัง เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าจุดใด สถานที่ใดควรใช้ระดับความดังอยู่ในระดับใด อันจะเป็นพื้นฐานการกำหนดกำลังวัตต์ของเครื่องขยายเสียงต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาคารสถานที่ (LOCATION)

องค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบระบบเสียงตามสายคือลักษณะของอาคารสถานที่ที่จะทำการติดตั้งระบบเสียง

สาคร แสงผึ้ง (2527 หน้า 5) กล่าวว่า การทำให้บรรยากาศในการรับฟังเสียงให้รู้สึกปลอดโปร่ง สบาย ชวนฟังไม่เกิดความเบื่อหน่าย รำคาญ นั้นผู้ออกแบบติดตั้งระบบเสียงจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะหรือสภาพของเสียง (ACOUSTICS) พอสมควร

วรวิทย์ อังสุหัสต์ (2527หน้า 49-51) ได้กล่าวถึง ACOUSTICS ไว้ว่า เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เรามองไม่เห็น แต่รับรู้ด้วยการได้ยินจากการเคลื่อนที่ของมันในลักษณะเป็นคลื่นตามขวาง ซึ่งเขียนอ้างอิงด้วยเส้นกราฟไซน์ (sine)การศึกษาเรื่องราวของคลื่นขั้นพื้นฐานได้แก่การศึกษาถึงความยาวคลื่น (λ) ความเร็วคลื่น (V) และความถี่ของคลื่น (f) โดยที่ทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กันคือ $V = f\lambda$ เมื่อคลื่นเคลื่อนที่มาพบกันมันจะรวมกันหรือหักล้างกัน และเมื่อเคลื่อนผ่านกันไปแล้วมันจะกลับกลายสู่ลักษณะเดิมของคลื่นนั้น ๆ คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นในห้องสามารถแยกได้ 8 ประเภทคือ

1. เสียงในสภาพปกติ (Direct Sound)
2. การสะท้อนของเสียง (Reflected Sound)
3. การดูดกลืนเสียง (Sound Absorbed)
4. การแพร่กระจายของเสียง (Diffused Sound)
5. การเลี้ยวเบนของเสียง (Diffracted or Bent Sound)
6. การซึมผ่านของเสียง (Transmitted Sound)
7. การแผ่กระจายของเสียงภายในโครงสร้างอาคาร (Sound Dissipated Within The Structure)
8. การเน้นนำเสียงจากตัวโครงสร้างอาคาร (Sound Conducted by The Structure)

ลักษณะกายภาพของเสียงอีกประการหนึ่งก็คือ เสียงรบกวน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะสภาพแวดล้อมได้ 2 ประเภทคือ

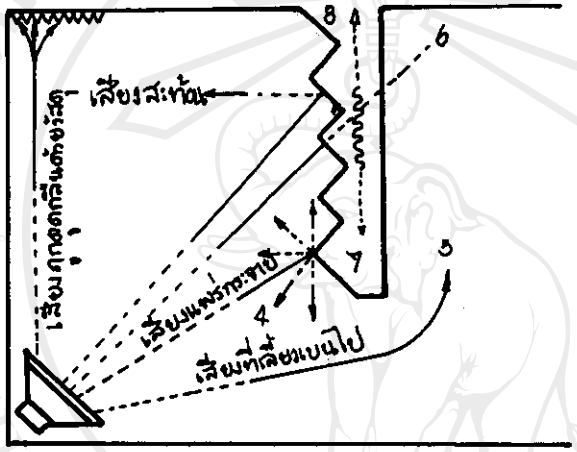
- เสียงรบกวนภายใน (Interior Noise) หมายถึงเสียงที่รบกวนจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมภายในห้อง เช่น เสียงพิมพ์ดีด เสียงพูดคุย เสียงเด็กร้อง ฯลฯ

- เสียงรบกวนภายนอก (Outdoor Noise) เช่นเสียงจากยวดยาน เครื่องจักร เสียงจอแจจากแหล่งชุมชน ฯลฯ

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของเสียงในห้องที่ปิดล้อมทุกด้าน



อัมพร จันทรมาศ (2525 หน้า 14) กล่าวว่า เสียงที่ถูกแพร่กระจายไปในห้องใดห้องหนึ่งนั้น คุณสมบัติของวัตถุที่อยู่ภายในห้องมีผลเกี่ยวข้องกันด้วยคือ ถ้าคลื่นเสียงสั่นสะเทือนไปกระทบวัตถุใด ๆ แล้วทำให้วัตถุนั้นสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดความถี่ขึ้นอีกความถี่หนึ่งเรียกว่าความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance) ดังนั้นถ้าเสียงที่เกิดจากจุดกำเนิดมีความถี่เท่ากับความถี่เรโซแนนซ์ของวัตถุเมื่อไร (จุดที่วัตถุสั่นสะเทือนมากที่สุด) จะทำให้ได้ยินเสียงนั้นมากกว่าเสียงอื่น ดังนั้นการติดตั้งระบบเสียงในที่ที่มีเฟอร์นิเจอร์อยู่ต้องคำนึงและระวังข้อนี้ให้มาก

เมื่อสภาพแวดล้อมมีผลต่อเสียงดังกล่าวข้างต้นจึงเกิดตัวเลขแสดงค่าสภาพแวดล้อม (Acoustic Characteristic) ขึ้น ซึ่งค่าตัวเลขดังกล่าวนี้ บุญถึง แน่นหนา (2519 หน้า 114) ได้อธิบายไว้ว่า สภาพแวดล้อมใดเมื่อส่งเสียงจำนวนหนึ่งออกไปแล้ว ดูดเสียงหมด ให้ตัวเลขเป็น 1 เช่นที่โล่งแจ้ง ตัวเลขโดยประมาณในตารางต่อไปนี้จะช่วยให้สามารถกำหนดกำลังของเครื่องขยายเสียงที่จะใช้ได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ารางที่ 3 แสดงค่าตัวเลขที่สภาพแวดล้อมมีต่อเสียง

สถานที่	ค่าตัวเลขที่มีต่อเสียง	หมายเหตุ
สถานที่		
ที่โล่งแจ้ง	1.000	ดูดเสียงหมด
ที่โล่งมีต้นไม้บ้าง	0.800	
พื้นผิว		
กระดาน	0.030	
ซีเมนต์	0.025	
อิฐ	0.017	สะท้อนมาก
อากาศ		
หน้าต่างเปิดหมด	0.5-1	
ระเบียงรอบนอก	0.5-1	

บางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องจัดห้องฟังเสียง ประกิต อ่องสร้อย (2524 หน้า 15-17) ได้ให้ข้อพิจารณาไว้ดังนี้ ในการจัดห้องฟังเสียงสิ่งที่ต้องคำนึงเป็นอย่างยิ่งคือระยะเวลาที่ทำให้เกิดความยืดเยื้อของเสียง (Reverberation Time) หมายถึงเวลาที่เสียงยังคงเหลืออยู่ต่อไปหลังจากที่ต้นกำเนิดเสียงเดิมได้สิ้นสุดไปแล้ว Reverberation Tine มีความสำคัญต่อห้องฟังเสียงก็คือ หากห้องใดไม่มีความยืดเยื้อของเสียงก็เปรียบเสมือนการพูดในที่โล่งแจ้ง เสียงที่ได้ยินจะขาดความไพเราะนุ่มนวล และความถี่เสียงด้านต่ำจะหายไป ในทางตรงกันข้ามถ้าจัดห้องให้มี Reverberation Time มากเกินไป เสียงที่ได้ยินจะสับสนฟังไม่รู้เรื่อง ขาดความไพเราะได้เช่นกัน โดยทั่ว ๆไปในการจัดห้องฟังนั้นนิยมให้ค่า Reverberation Time อยู่ระหว่าง 3/4 - 1 วินาที ค่า Reverberation Tine นั้นอาจคำนวณหาได้จากสูตร $T = KV/A$

T คือค่า Reverberation Time มีหน่วยเป็น วินาที

V คือปริมาตรของห้อง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุต

K คือสัมประสิทธิ์คงที่ ประมาณเท่ากับ 0.05

A คือคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงของวัตถุแต่ละชิ้นภายในห้องรวมกัน

ในการหาคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงนั้นเราคิดเปรียบเทียบกับหน้าต่างที่เปิด โดยถือว่าหน้าต่างที่เปิดจะยอมให้เสียงผ่านไปได้ทั้งหมด ไม่มีการสะท้อนกลับมา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่อย่างใด จึงสมมุติให้คุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงของหน้าต่างที่เปิดหมดเท่ากับ 1 หน่วยต่อตารางฟุต

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงของวัตถุต่าง ๆ

ชนิดของวัตถุ	คุณสมบัติในการดูดกลืนเสียง ต่อ 1 ตารางฟุต
หน้าต่างเปิด	1
กำแพงอิฐ	0.032
พรม	0.2
ไม้แผ่นเรียบ	0.06
ไม้ขัดเงา	0.03
พลาสเตอร์หรือปาเก้	0.027
คน	4.7 ต่อคน
เก้าอี้	0.1 ต่อตัว
อินซูไลท์	0.13

กำแพงที่ก่อด้วยอิฐจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงประมาณ 0.032 หน่วยต่อตารางฟุต นั่นหมายความว่าเมื่อเสียงไปกระทบกำแพงที่ก่อด้วยอิฐ 100 หน่วยจะถูกดูดกลืนไว้ 3.2 หน่วย และสะท้อนกลับมา 96.8 หน่วย

วิธีการหาคุณสมบัติในการดูดกลืนของเสียงในห้องรวมทั้งหมด

1. หาพื้นที่ผิวภายในทั้งหมด แล้วคูณด้วยคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงของวัตถุนั้น ๆ ต่อ 1 ตารางฟุต

2. หาว่าวัตถุที่อยู่ในห้องมีอะไรบ้างแล้วคูณด้วยคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงของวัตถุนั้น ๆแล้วนำมารวมกัน

นำผลที่ได้จาก (1) และ (2) มารวมกันก็จะได้คุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงรวมทั้งหมดภายในห้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการออกแบบห้องฟังเสียง

ห้องเสียงมีปริมาตรรวม 3360 ลูกบาศก์ฟุต Reverberation Time ที่ต้องการ เท่ากับ 1 วินาที

จากสูตร $T = KV/A$

$A = KV/T$

$A = 0.05 \times 3360$

$= 168$ หน่วย

ตารางที่ 5 แสดงผลรวมค่าคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงของวัตถุต่าง ๆ

ชนิดของวัตถุ	พื้นที่ ตารางฟุต	คุณสมบัติในการดูดกลืนเสียง ต่อ 1 ตารางฟุต	คุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงรวม
พลาสเตอร์	1000	0.027	27
พื้นขัดเงา	100	0.03	3
กระจก	96	0.027	2.6
ไลโนลีน	204	0.03	6.1
เก้าอี้	4 ตัว	0.1	0.4
เปียนโน	1 ตัว	0.6	0.6
โต๊ะ	1 ตัว	0.4	0.4
โต๊ะ	1 ตัว	0.2	0.2
ผู้ฟัง	4 คน	4.7	18.8
		รวม	59.1

จากตารางข้างบนพบว่าวัสดุต่าง ๆ มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงรวมเท่ากับ 59.1 หน่วย แต่จากการคำนวณ เราต้องการค่า Reverberation Time เท่ากับ 1 หน่วย จะต้องใส่วัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงรวมทั้งสิ้นเท่ากับ 168 หน่วย แสดงว่าเราจะต้องแก้ไขห้องฟัง โดยการใส่วัสดุสำหรับดูดกลืนเสียงเข้าไปในห้อง เช่น ไม้ชานอ้อย หรือ แอคูสติคบอร์ด เข้ามาเพื่อให้ห้องมีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงมากขึ้นตามต้องการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการคำนวณหาค่า Reverberation Time ในขณะที่ยังไม่ได้ดัดแปลงนำวัสดุประเภทดูดกลืนเสียงเข้าไปเสริมแต่งจะพบว่าได้ค่าเท่ากับ

T = KV/A

= (0.05 X 336) / 59.1

= 2.8 วินาที

แสดงว่าห้องนี้มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงต่ำไป จะทำให้เกิดการยืดเยื้อของเสียงมากเกินควร จึงต้องแก้ไขดังกล่าวข้างต้น อาจจะโดยการเพิ่มแผ่นอินซูไลท์เข้ามาอีก 10 แผ่น แต่ละแผ่นขนาด 36 ตารางฟุต ก็จะทำให้ห้องนี้เกิดความยืดเยื้อของเสียงได้ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการคือ ประมาณ 1

พิลาศ เกื้อมี (2520 หน้า158-160) ได้ให้หลักการทั่วๆไป เกี่ยวกับการพิจารณาว่าสถานที่ใดควรใช้วัสดุอุปกรณ์เครื่องเสียงแบบไหนขนาดเท่าใดดังนี้

ห้องประชุม ควรใช้ตู้ลำโพงแบบแถวยาว (Sound Columns) ลำโพงในผนัง และลำโพงติดบนเพดาน ตู้ลำโพงแบบแถวยาวติดตั้งได้ง่ายสะดวกในการปรับทิศทางของเสียง คุณภาพและการกระจายเสียงดีพอที่จะทำให้ฟังการพูดเร็ว ๆ เข้าใจได้ ควรติดตั้งทั้ง 2 ข้างด้านหน้าของเวที โดยให้ส่วนล่างของตู้ห่างจากพื้นอย่างน้อย 6 ฟุต เอียงตู้ลงสู่พื้นเล็กน้อย ถ้าติดลำโพงตู้ยาวไม่ได้ ควรติดแบบฝังในผนังแทน โดยใช้ขนาด 8 นิ้วหรือ 12 นิ้ว ฝังในผนังสูงจากพื้น และแต่ละตัวห่างกัน 15-20 ฟุต ลำโพงที่อยู่ใกล้เวทีที่สุดควรห่างจากไมโครโฟนประมาณ 15 ฟุต เพื่อไม่ให้เสียงที่ออกบ้อนกลับ (Feed Back) สู่ไมโครโฟนเกิดเสียงหอนได้ ถ้าเป็นห้องประชุมสมัยใหม่มีเพดานต่ำ การติดตั้งฝังในเพดานจะกระจายเสียงได้ดี แม้ว่าจะลวยงามแต่ก็ติดตั้งยากกว่าสองแบบแรก

โรงงาน จะต้องกระจายเสียงให้ชัดเจนที่สุด และเสียงก้องน้อยที่สุด โดยแต่ละตัวห่างกัน 40-50 ฟุต การกระจายเสียงไม่จำเป็นจะต้องให้ดังทั่วทั้งโรงงาน แต่ต้องให้ชัดเจนเฉพาะจุดเช่น ที่ทำงาน และทางเดินระหว่างตึก ห้องทำงานบางจุดอาจไม่ต้องติดลำโพงถ้าเสียงภายนอกสามารถผ่านเข้าไปได้ นอกจากโรงงานที่มีเสียงรบกวนมาก ๆ ลำโพงปากแตร 6 ตัวสามารถคลุมเนื้อที่ได้ 15000 - 20000 ตารางฟุต ถ้าโรงงานกว้างกว่า 60 ฟุต ต้องติดลำโพงปากแตรอย่างน้อย 2 แถว แถวแรกห่างจากผนังด้านหนึ่ง 20 ฟุต แถวที่สองห่างจากแถวแรก 40-50 ฟุต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ควรจะหันปากลำโพงไปทางเดียวกัน และเอียงลงสู่พื้นเล็กน้อย เพื่อไม่ให้เกิดเสียงสะท้อนจากผนัง ทำให้ลดเสียงก้องลงด้วย

สนามกีฬากลางแจ้ง วิธีที่ง่ายและดีที่สุดควรติดลำโพงปากแตรที่มีประสิทธิภาพสูง 4 ตัว ติดตั้งเหนือป้ายบอกคะแนน (สนามยาว 50 หลา) จะกระจายเสียงไปสู่อัฒจันทร์ได้ทั่วถึง ลำโพงแต่ละตัวมีกำลังออก 20 วัตต์ เสียงก้องจะมีน้อยเพราะมาจากที่เดียวกัน

ภัตตาคารหรือห้องอาหาร ควรใช้ลำโพงติดเพดานเพราะกระจายเสียงได้กว้างและไม่ดังเฉพาะจุดมากเกินไป ถ้าใช้ลำโพงปากกรวยขนาด 8 นิ้ว ผังในผนังควรติด 2 ด้านของผนัง และสูงจากพื้น 7-8 ฟุต (ไม่คำนึงถึงความสูงของเพดาน) และห่างกัน 15-20 ฟุต ลำโพงตัวสุดท้ายติดห่างจากมุมห้อง 10 ฟุต ภัตตาคารที่เงียบ ๆ ใช้ลำโพงกำลังออกแต่ละตัว 0.5-1 วัตต์ ถ้ามีเสียงรบกวนมากใช้แต่ละตัวมีกำลังออก 2 วัตต์

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนลำโพงติดเพดานสำหรับความสูงต่าง ๆ กัน

พื้นที่ (ตารางฟุต)	ความสูงของเพดานเป็นฟุต		
	8 ฟุตหรือน้อยกว่า(*)	9-15(**)	16-35(***)
250	1	1	1
500	2	2	1
650	3	2	1
900	3	2	1
1000	4	3	2
1500	7	4	2
2000	10	5	3
4000	18	10	5

กำลังออกของลำโพง 1/2 วัตต์ สำหรับห้องเงียบ 2 วัตต์สำหรับที่มีเสียงรบกวน

* กระจายเสียงคลุมเนื้อที่ 225 ตารางฟุต แต่ละตัวห่างกัน 15 ฟุต

** กระจายเสียงคลุมเนื้อที่ 400 ตารางฟุต แต่ละตัวห่างกัน 20 ฟุต

*** กระจายเสียงคลุมเนื้อที่ 900 ตารางฟุต แต่ละตัวห่างกัน 30 ฟุต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำนักงาน การติดตั้งลำโพงให้ใช้แบบติดบนเพดาน หรือติดฝังในผนัง รายละเอียดอื่น ๆใช้เหมือนการติดตั้งในภัตตาคาร สำหรับห้องขนาด 30 X 20 ฟุต ใช้ลำโพงแบบติดในผนังตัวเดียวก็พอ

สันทัด ภิบาลสุข (2521 หน้า 148) ได้ให้ตารางสำเร็จรูปเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจว่าสถานที่ใด ควรใช้เครื่องขยายเสียงความดังเท่าใดดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของอาคารสถานที่กับกำลังของเครื่องขยายเสียง

สถานที่	ขนาด	กำลังของเครื่อง(วัตต์)
ห้องประชุม	เล็ก	10-20
ห้องประชุม	ใหญ่	30-60
ห้องประชุม	โรงเรียน	30-60
โรงงาน(เงียบ)	100X200X20 ฟุต	30
โรงงาน(อึกทึก)	100X200X20 ฟุต	60-100
สนามกีฬากลางแจ้ง	โรงเรียน	50-100
ที่ทำงาน(เงียบ)	100X50X10 ฟุต	10
ที่ทำงาน(อึกทึก)	100X50X10 ฟุต	20
ห้องเรียน	30X30X10 ฟุต	0.5

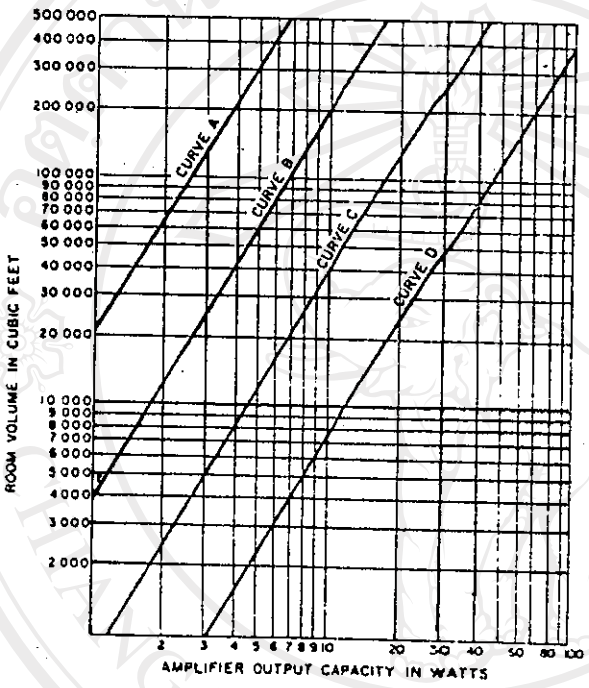
** กำลังของเครื่องขยายเสียงขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาด(กำลัง) ของลำโพง เช่น ถ้าต้องการกระจายเสียง 10 จุด แต่ละจุดใช้กำลัง 5 วัตต์ จะต้องใช้เครื่องขยายเสียงขนาด 50 วัตต์

โสภณ วีรกิจพาณิชย์ (2528 หน้า 252) กล่าวว่า การกำหนดกำลังของเครื่องขยายที่จะใช้จริง ๆ แล้ว ขึ้นอยู่กับตัวประกอบร่วมหลาย ๆ อย่าง แต่ตัวประกอบร่วมที่สำคัญที่สุดนั้นได้แก่ ความดังต่อปริมาตรของห้องที่จะติดตั้ง คุณสมบัติทางด้านการดูดซึมเสียงของฝ้าก้นห้อง เพดาน พื้น รวมทั้งเสียงรบกวนเฉลี่ย ย่านความถี่ตอบสนองของเครื่องขยายเสียง วัสดุที่ใช้ และประสิทธิภาพของลำโพงด้วย

จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการกำหนดความดังต่อปริมาตรดังจะแสดงในตารางต่อไปนี้ อันอาจนำไปใช้ในการคำนวณหาค่ากำลังที่ต้องการต่อปริมาตรของห้องที่จะติดตั้งระบบขยายเสียงใด ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

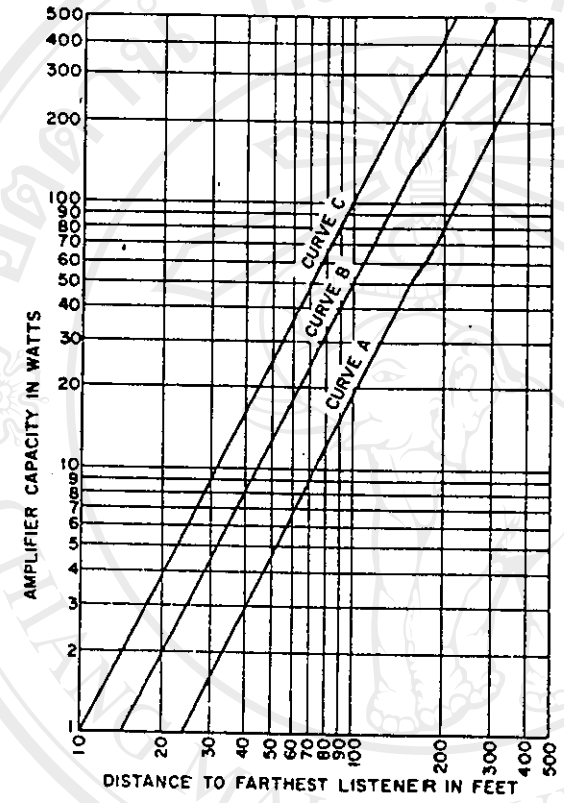
กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องขยายเสียงกับพื้นที่ครอบคลุม
ในลักษณะถูกล้อมรอบคล้ายตู้ลำโพง



จากกราฟข้างบน พิจารณาที่กราฟ A ใช้สำหรับงานที่เกี่ยวกับพูดบรรยาย ที่จะต้องทำให้เสียงรบกวนที่เกิดน้อยที่สุด โดยใช้ลำโพงฮอร์นที่มีประสิทธิภาพสูง ๆ สำหรับกราฟ B นั้น สำหรับกรณีที่เสียงรบกวนค่อนข้างมาก และอาจจะต้องใช้ลำโพงชนิดฮอร์น แต่ถ้าการรบกวนไม่มากนัก ก็สามารถใช้ลำโพงชนิดกรวยได้ ในทำนองเดียวกันถ้าการรบกวนมีมากและต้องการจะใช้ลำโพงชนิดกรวย อย่างเช่นการขยายสำหรับเสียงดนตรีหรืออื่น ๆ ก็ตาม จะใช้กราฟ C เป็นตัวกำหนดกำลังของเครื่องขยายเสียงและลำโพง แต่ถ้ารบกวนสูงมากจะใช้กราฟ D เป็นตัวพิจารณาเลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องขยายเสียง กับระยะทางในกรณีเป็นที่โล่ง



จากกราฟข้างบนเป็นกราฟที่ใช้กำหนดกำลังของเครื่องขยายที่ใช้ในงานกลางแจ้ง ที่ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างลำโพงกับตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด ที่ต้องการให้เสียงครอบคลุมไปถึง กราฟ A เป็นกราฟที่ใช้กับลำโพงชนิดฮอร์นครอบคลุมได้ 30 องศา ในขณะที่ กราฟ B ครอบคลุมได้ 60 องศา และในกรณีที่ใช้กับห้องโถงที่มีพื้นที่มากนั้น อาจจะใช้การแยกติดลำโพงที่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดการครอบคลุมในทุก ๆ ตำแหน่งของส่วนที่ต้องการรับฟัง ซึ่งอาจจะใช้ลำโพงหลาย ๆ ชนิดร่วมกันก็ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าต้องการให้ประสิทธิภาพสูงสุด จากการติดตั้งนั้นจะต้องคำนึงถึงเหตุผลสองประการดังนี้คือ เหตุผลในส่วนที่เกี่ยวกับการเลือกกำลังของเครื่องขยายเสียง ซึ่งควรที่จะกำหนดกำลังของเครื่องขยายเสียงให้สูงกว่ากำลังที่ต้องการใช้งานจริง ๆ เพราะว่า เมื่อเครื่องขยายทำงานที่วัตต์ต่ำ ๆ เมื่อเทียบกับเครื่องขยายที่กำหนดตามขนาดที่ใช้จริงปรากฏว่าการตอบสนองความถี่และความเพี้ยนของเสียงที่เกิดขึ้น น้อยกว่า ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่ใช้ในการกำหนดขนาดของเครื่องขยายเสียง ส่วนเหตุผลอีกข้อหนึ่งคือ ปัญหาในส่วนที่เกี่ยวกับการออสซิเลท ที่ทำให้เกิดการเพี้ยนขึ้นที่เอ้าท์พุทในกรณีที่กำลังเครื่องขยายเสียงมีขนาดต่ำ ๆ ดังนั้นในการกำหนดกำลังของเครื่องขยายเสียง จะต้องพิจารณาเหตุผลสองประการดังกล่าว เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน ตามความต้องการ

สำหรับเรื่องการกำหนดความดังของเสียงว่าจุดใดควรจะใช้เครื่องขยายหรือควรจะให้เสียงดังเท่าใดนั้น บุญถึง แน่นหนา (2519 หน้า 122-127) ได้ให้หลักการ คิดคำนวณไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 แสดงระดับเสียง (dB) กับระยะทางที่ครอบคลุมได้ของเครื่องขยายเสียง

ระดับเสียง	ระยะทางที่ครอบคลุมได้เป็นเมตร ที่มุม 30 องศา						
dB	3	10	25	50	100	150	300
30	$2X10^{-7}$	$2X10^{-6}$	$1X10^{-5}$	$5X10^{-5}$	$2X10^{-4}$	$5X10^{-4}$	$2X10^{-3}$
40	$2X10^{-6}$	$2X10^{-5}$	$1X10^{-4}$	$5X10^{-4}$	$2X10^{-3}$	$5X10^{-3}$	$2X10^{-2}$
50	$2X10^{-5}$	$2X10^{-4}$	$1X10^{-3}$	$5X10^{-3}$	$2X10^{-2}$	$5X10^{-2}$	$2X10^{-1}$
60	$2X10^{-4}$	$2X10^{-3}$	$1X10^{-2}$	$5X10^{-2}$	$2X10^{-1}$	$5X10^{-1}$	2.00
70	$2X10^{-3}$	$2X10^{-2}$	$1X10^{-1}$	$5X10^{-1}$	2.064	5.01	20.0
80	$2X10^{-2}$	$2X10^{-1}$	1.254	5.894	20.64	50.1	200.0
90	$2X10^{-1}$	2.005	12.54	58.94	206.4	501.0	2000.0
100	2.00	20.05	125.4	589.4			
110	20.0	200.5					
120	200						

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางข้างต้นแสดงการหาวัตต์เครื่องขยายเสียงที่ใช้ในงานกลางแจ้ง ในระดับเสียงจอแจ (Noise Level) และระยะที่ครอบคลุมต่าง ๆ กันมีรายละเอียดการคิดคำนวณดังนี้

1. แนวตั้งด้านซ้ายมือบอกระดับเสียงจอแจในถิ่น เริ่มตั้งแต่ระดับเสียง (Noise Level) จอแจ 30 dB จนถึง 120 dB

2. แนวนอนแถวบนสุดบอกระยะเป็นเมตร ที่ลำโพงจะส่งเสียงครอบคลุมได้เป็นมุม 30 องศา เริ่มตั้งแต่ 3 เมตร.... จนถึง 300 เมตร ตัวเลขที่เหลือต่าง ๆมีค่าเป็นจุดทศนิยมต่าง ๆ เป็นกำลังในทางเสียงหรือ Acoustical Power ที่จะต้องใช้ข่มระดับเสียงในถิ่นนั้น ๆ เช่น ระดับเสียงจอแจ (Noise Level) ในถิ่นนั้นพบแล้วมีค่า 80 dB บริเวณที่เราจะส่งเสียงให้ครอบคลุมถึง 50 เมตร จากตารางจะพบว่าต้องให้ลำโพงส่งเสียงออกไปมีกำลัง 5.894 วัตต์ ตัวเลข 5.894 นี้เป็นค่า Acoustical Power ที่จะต้องไปข่มระดับเสียง 80 dB ในถิ่นที่กำหนดดังกล่าวข้างต้น

3. ตัวเลข 5.894 วัตต์ซึ่งเป็น Acoustical Power ที่หาได้เป็นกำลังทางเสียงจะต้องเปลี่ยนเป็นกำลังทางไฟฟ้า (**Electrical Power**) คือกำลังของเครื่องขยายเสียงว่าจะใช้กี่วัตต์

สูตร กำลังวัตต์เครื่องขยาย = (Wac X 100) / SPef.

Wac คือ acoustical Watt

SPef. คือ ประสิทธิภาพของลำโพง (Speaker efficiency)

สมมติว่างานนี้ใช้ลำโพงฮอร์นอย่างดี ซึ่งมีประสิทธิภาพ = 30 %

จะได้ว่า กำลังเครื่องขยาย = (Wac X 100) / SP

= (5.894 X 100) / 30

= 19.646 วัตต์

= 20 วัตต์ (ประมาณ)

4. ลำโพงที่ใช้นี้เป็นลำโพงทำมุมได้ 30 องศา ถ้าใช้ลำโพงทำมุมกว้างก็ต้องเพิ่มเครื่องขยายเสียงขึ้นอีก

แสดงว่างานนี้ต้องใช้เครื่องขยายเสียงขนาด 20 วัตต์ ลำโพงฮอร์นจะคลุมพื้นที่ได้ไกล 50 เมตร เป็นมุมกว้าง 30 องศา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของค่าวัตต์ของเครื่องขยายเสียงกับขนาดของห้องฟัง

	ขนาดพื้นห้องเป็น ม^2 และความสูงห้องเป็น ม.					
ระดับเสียง dB	450 ม^2 3.0 ม.	1,800 ม^2 4.5 ม.	4,500ม^2 6.0 ม.	9,000ม^2 7.5 ม.	27,000ม^2 10.5 ม.	63,000ม^2 15.0 ม.
30	$3X10^{-6}$	$1X10^{-5}$	$3X10^{-5}$	$6X10^{-5}$	$1X10^{-4}$	$3X10^{-4}$
40	$3X10^{-5}$	$1X10^{-4}$	$3X10^{-4}$	$6X10^{-4}$	$1X10^{-3}$	$3X10^{-3}$
50	$3X10^{-4}$	$1X10^{-3}$	$3X10^{-3}$	$6X10^{-3}$	$1X10^{-2}$	$3X10^{-2}$
60	$3X10^{-3}$	$1X10^{-2}$	$3X10^{-2}$	$6X10^{-2}$	$1X10^{-1}$	$3X10^{-1}$
70	0.039	0.141	0.031	0.063	0.178	3.98
80	0.39	1.41	3.16	6.31	17.8	39.8
90	3.9	14.1	31.6	63.1	178.0	
100	39.0	141.1	316.0			
110	390					

1. แนวตั้งด้านซ้ายมือเป็นระดับเสียงจอแจภายในอาคารตั้งแต่ 30 dB ถึง 110 dB

2. แนวนอน บอกพื้นของห้องหรืออาคารเป็นตารางเมตร และความสูงจากพื้นเพดานเป็นเมตร

3. ตัวเลขภายในตารางเป็น Acoustical Power

ตัวอย่าง ในหอประชุมแห่งหนึ่งวัดทางยาวได้ 300 เมตร กว้าง 25 เมตร สูงโดยเฉลี่ย 7 เมตร จงคำนวณหากำลังวัตต์ของเครื่องขยายเสียง ถ้าประมาณว่าระดับเสียง อยู่ในระดับ 80 dB

พื้นที่ห้อง = 300 X 25 เป็น 7500 ตารางเมตร

ห้องสูง = 7 เมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับเสียง = 80 dB

เปิดตารางจะได้ Acoustical Power = 6.31 วัตต์

กำลังเครื่องขยาย = (Wac X 100) / SPef.

= (6.31 X 100) / 5

= 126.2 วัตต์

<u>ข้อสังเกตุ</u>

ถ้าห้องประชุมนี้สะท้อนเสียงได้อาจใช้ 100 วัตต์ก็พอ ถ้าตอนใช้เปิดหน้าต่างหมดหรือฝาดูดซับเสียงอาจใช้ 140 วัตต์ ทั้งนี้การติดตั้งเครื่องขยายเสียงในอาคารต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมทางเสียง (Acoustic Condition) รีเวอเบอเรชั่น (Reverberation) จุดบอด จุดเกินพอ ต่าง ๆเหล่านี้ประกอบกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องมือ-อุปกรณ์ (AUDIO-EQUIPMENT)

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2520 หน้า 118) กล่าวว่า เครื่องมือในระบบเสียงสาธารณะ (Public Address System) ที่ถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และยึดเป็นอุปกรณ์หลักมี 3 อย่างคือ

1. เครื่องขยายเสียง (Amplifiers)
2. ไมโครโฟน (Microphone)
3. ลำโพง (Loud Speaker)

ฉลอง ทับศรี (2522 หน้า 51) กล่าวว่า เครื่องขยายเสียงนับเป็นหัวใจของระบบเสียงสาธารณะ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้จักกับเครื่องขยายเสียงเสียก่อน

เครื่องขยายเสียงเป็นตัวที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าทั้งหลายที่ได้จากไมโครโฟน เครื่องเล่นแผ่นเสียง เทปบันทึกเสียง ฯลฯ เพื่อส่งออกไปยังลำโพงให้ได้เสียงดังชัดเจนตามความต้องการ เครื่องขยายเสียงจัดว่าเป็นเครื่องมืออิเลคทรอนิคส์อย่างหนึ่ง ซึ่งมีอุปกรณ์หลักในการประกอบเป็นเครื่องขยายเสียงคือ หลอดหรือทรานซิสเตอร์ ความต้านทาน คอนเดนเซอร์ และขดลวดนั่นเอง อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะอยู่รวมกันเป็นวงจร (Circuits) เรียกว่า วงจรอีเลคทรอนิคส์ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ 2520 หน้า 132)

วาสนา ชาวหา (2521 หน้า 62) ได้แบ่งชนิดของเครื่องขยายไว้ดังนี้ ถ้าแบ่งตามวัสดุที่ใช้ในเครื่องขยายเสียง มี 2 ชนิดคือ

1. เครื่องขยายเสียงชนิดหลอด (Vacuum Tube) คือเครื่องขยายเสียงที่มีวงจรภาคขยายเป็นหลอดสูญญากาศ เครื่องขยายเสียงชนิดนี้มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก เวลาจะใช้จะต้องเปิดอุ่นเครื่อง (Standby) ประมาณ 2-3 นาที เมื่อใช้เครื่องไปสักระยะหนึ่งเครื่องจะร้อน ดังนั้นจึงต้องใช้พัดลมเป่าเพื่อระบายความร้อนตลอดเวลาในการใช้ เพื่อเป็นการรักษาเครื่องขยาย ให้สามารถใช้งานได้ในระยะเวลานานกว่าที่ไม่มีการระบายความร้อน เครื่องขยายเสียงชนิดหลอดนี้มักใช้กับการกระจายเสียงที่ต้องการกำลังขยายสูง

2. เครื่องขยายเสียงชนิดทรานซิสเตอร์ (Transistor) คือเครื่องขยายเสียงที่มีวงจรภาคขยายเสียงเป็นทรานซิสเตอร์แทนหลอดสูญญากาศ เครื่องขยาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เสียงชนิดนี้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่าชนิดหลอด เมื่อต้องการใช้สามารถเปิดใช้ได้ทันทีไม่ต้องเปิดอุ่นเครื่อง นอกจากนั้นไม่จำเป็นต้องใช้พัดลมระบายความร้อนเหมือนกับชนิดหลอด นิยมใช้กับการกระจายเสียงที่ไม่ต้องการกำลังขยายสูงนัก

หรืออาจแบ่งชนิดของเครื่องขยายเสียงตามกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องขยายได้ดังนี้

1. ชนิดที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C) หรือกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านในอาคารต่าง ๆ ดังนั้นเครื่องขยายชนิดนี้มักใช้ในอาคาร ไม่นิยมใช้นอกสถานที่หรือเคลื่อนย้ายไปมา

2. ชนิดที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง (D.C) ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่ เครื่องขยายเสียงชนิดนี้มีกำลังขยายไม่มากนัก สามารถนำไปใช้นอกสถานที่ได้สะดวก จะหิ้วไปใช้ที่ใดก็ได้หรือจะใช้ในรถยนต์ก็ได้

เครื่องขยายบางเครื่องสามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ เพียงแต่เลื่อนสวิทช์เพื่อเลือกใช้ไฟฟ้าให้ถูกชนิดก็สามารถใช้ได้ทันที

เครื่องขยายเสียง (Amplifier) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1. วงจรก่อนการขยาย (Pre-Amplifier) มีหน้าที่ขยายและปรุงแต่งสัญญาณเข้า ซึ่งอาจมาจากไมโครโฟน เครื่องเล่นแผ่นเสียง เครื่องบันทึกเสียงหรือเครื่องรับวิทยุ ให้เหมาะสม เพื่อส่งไปยังวงจรขยายกำลังเสียง

2. วงจรขยายกำลังเสียง (Power Amplifier)หรือ (Main Amp.) มีหน้าที่ขยายสัญญาณที่รับมาจากวงจรก่อนการขยาย เพื่อให้มีกำลังแรงขึ้นและส่งเป็นสัญญาณออก (Output Signal) ไปยังภาคลำโพง (Speaker) ต่อไป

เครื่องขยายเสียงที่มีกำลังต่ำกว่า 200 วัตต์จะรวมส่วนที่เป็นวงจรก่อนขยาย กับวงจรขยายกำลังเสียงไว้ในแท่นเดียวกัน มักจะเรียกเครื่องขยายนี้ว่า "Integrated Amplifier" ส่วนเครื่องขยายเสียงที่ไม่รวมทั้งสองส่วนไว้ในแท่นเดียวกันเวลาใช้จึงจะนำส่วนทั้งสองมาต่อเข้าด้วยกันครบชุดเรียกว่า" Separated Amplifier "

พิลาศ เกื้อมี (2520 หน้า129-132) ได้กล่าวถึงประสิทธิภาพของเครื่องขยายเสียงไว้ดังนี้

เครื่องขยายเสียงจะมีคุณภาพดีเพียงใดนั้น ทราบได้จากคู่มือของบริษัทผู้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตระบุไว้ ในการพิจารณาว่าเครื่องแบบไหนดีหรือเหมาะสมกับการใช้งานแบบไหนนั้น พิจารณาได้จากหัวข้อต่อไปนี้

1. Power Output กำลังออกสูงสุดของเครื่อง กำลังออกของเครื่องเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง การที่เครื่องขยายมีกำลังออกมากมิได้หมายความว่า เครื่องขยายเสียงนั้นดังมากเพียงอย่างเดียว แต่รวมถึงคุณภาพของเสียงด้วย เครื่องขยายเสียงกำลังสูงมาก ๆ ตั้งแต่ 50 วัตต์ถึง 100 วัตต์ จะให้เสียงออกมาไพเราะแจ่มใสกว่าเครื่องกำลังน้อย การบอกค่ากำลังออกสูงสุดจะบอกเป็น

- Continuous Power (กำลังออกแบบต่อเนื่อง) คือจำนวนกำลังสูงสุดที่เครื่องขยายเสียงจะป้อนเข้าลำโพงได้ แล้วทำให้เกิดความเพี้ยน (Distortion) ตามที่ผู้สร้างระบุเอาไว้ในคู่มือ เมื่อป้อนสัญญาณรูปไซน์ (Sine Wave) ที่ค่าคงที่ความถี่ 1 KHz บางครั้งเรียกว่า Sive Wave Power หรือ RMS Power เช่น เครื่องขยาย 2 เครื่อง มีกำลังต่อเนื่อง 20 วัตต์ ที่ความเพี้ยน .05 % กับ 20 วัตต์ ที่ความเพี้ยน 1 % เครื่องแรกดีกว่าเพราะกำลังเท่ากันแต่ความเพี้ยนน้อยกว่า ถ้าเปรียบเทียบกับเครื่อง 30 วัตต์ ที่ความเพี้ยน .05 % เครื่อง 40 วัตต์ มีกำลังมากกว่าเครื่อง 20 วัตต์ มีความเพี้ยนเท่ากันคือ .05 % และโดยปกติ เมื่อเครื่องกำลังลดลงเป็น 20 วัตต์ ความเพี้ยนจะน้อยกว่า .05 % เครื่องขยายเสียง 40 วัตต์จึงดีกว่าสองเครื่องแรก

- Dynamic Power หรือ Music Power เป็นกำลังที่เครื่องจ่ายสูงกว่าปกติภายในระยะเวลาอันสั้น (เช่นเสียงดนตรีสัญญาณเปลี่ยนจากค่อยเป็นดังอย่างรวดเร็ว) Music Power จะมีค่ามากกว่าไม่เกิน 1.5 เท่าของ Continuous Power เช่น RMS Power 30 วัตต์ Music Power ประมาณไม่เกิน 45 วัตต์ ในการเลือกเครื่องที่มีคุณภาพดี ๆ นั้นจะพิจารณาเฉพาะกำลังแบบต่อเนื่อง เพราะเป็นค่าที่เครื่องใช้งานจริง ๆ บริษัทผู้ผลิตส่วนมากจะระบุกำลังดนตรีเพราะมีค่าสูงเพื่อให้เห็นว่าเครื่องนั้นมีกำลังมาก แต่บริษัทผู้ผลิตเครื่องชั้นดีจะบอก Continuous Power ถ้าเป็นเครื่องสเตริโอจะบอกค่านี้เมื่อเปิดช่องเดียวหรือ 2 ช่องพร้อมกัน และเมื่อต่อลำโพงกี่โอห์ม เพราะกระแสขึ้นอยู่กับค่าอิมพิแดนซ์ เช่น 100 Watts (RMS) into 8 Ohm.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ค่าความเพี้ยน เนื่องจากฮาร์โมนิคส์ (Total Hamonics Distortion) ย่อว่า THD บอกค่าเป็นเปอร์เซนต์ โดยคำนวณระหว่างความแรงของสัญญาณที่ไม่ต้องการ (Harmonics) กับสัญญาณที่ส่งเข้ามา (สัญญาณที่ต้องการ) วัดจากแรงดัน RMS คูณด้วย 100 ตามปกติ THD ไม่ควรมากกว่า 1 % ในช่วง 20-20,000Hz (วัดแบบ RMS) ค่า THD ยิ่งน้อยจะเป็นเครื่องที่มีคุณภาพสูง เพราะเสียงใกล้เคียงของจริงมาก เครื่องชั้นดี THD ไม่ควรเกิน 0.4 % ในเครื่องบางเครื่องจะมี THD น้อยมากถึง 0.0002 % นอกจากนี้ยังมีค่าความเพี้ยนที่เกิดจากการผสมคลื่น (Intermodulation Distortion) เขียนย่อ IM เครื่องที่มี THD ต่ำมักจะมี IM ต่ำด้วย IM มีค่าสูงกว่า THD เล็กน้อย ในเครื่องชั้นดี THD น้อยกว่า 0.4 % และมี IM น้อยกว่า 0.5 % ที่ RMS Power

3. แถบความถี่ (Power Band Width) เครื่องขยายทั่ว ๆไปจะขยายเสียงได้ดีที่ความถี่ป่านกลางประมาณ 800 Hz ถึง 1 KHz ที่ความถี่ต่ำ (Bass) และความถี่สูง (Treble) จะขยายได้น้อย ในคู่มือจะระบุแถบความถี่ เพื่อให้ทราบกำลังขยายของเครื่องในช่วงความถี่หนึ่ง ซึ่งมาตรฐาน IHF (Institute of **High Fidelity Manufacture Inc.)** กำหนดว่าแถบความถี่เป็นช่วงความถี่สูงสุดที่เครื่องสามารถขยายได้ โดยกำลังของเครื่องไม่ลดลงกว่าครึ่งหนึ่งของ RMS Power ในการวัดจะต้องบอกความเพี้ยนสูงสุดและอิมพิแดนซ์ของลำโพงด้วย เช่น เครื่องขยาย 2 เครื่อง 20 วัตต์ (RMS) ต่อกับลำโพง 4 โอห์ม เครื่องแรกมีแถบความถี่จาก 20 Hz ถึง 20,000 Hz เครื่องที่สอง จาก 30 Hz ถึง 15,000 Hz แสดงว่าเครื่องแรกมีคุณภาพดีกว่า เพราะสามารถขยายช่วงความถี่ได้มากกว่า

4. Frequency Response ผลตอบสนองความถี่ เป็นช่วงความถี่ที่เครื่องสามารถให้ได้เรียบพอโดยไม่ผิดเพี้ยน เช่น 20 - 20,000 Hz +,- 1dB หมายความว่าสัญญาณออกจะไม่เปลี่ยนแปลงมากเกิน 2 dB ในขณะที่สัญญาณเข้ามีระดับคงที่ในช่วงความถี่ 20 - 20,000 Hz ถ้าระบุว่า 20 - 20,000 Hz +,- .5dB เมื่อเปรียบเทียบกับค่าแรก ค่าที่ระบุหลัง จะมีคุณลมบัติดีกว่าค่าแรก ผลการตอบสนองความถี่เป็นสิ่งที่มีผลถึงการรับฟัง โดยเฉพาะการฟังดนตรี

5. Sensitivity ความไวในการรับสัญญาณของเครื่องขยายเสียง เป็นค่าแรงดันเป็นโวลท์ของสัญญาณเข้า เช่นจากเครื่องเล่นแผ่นเสียง เพื่อไปขับภาคขยายให้ได้สัญญาณออก (Output) ตามเกณฑ์ที่ระบุไว้เช่น 1 วัตต์ หรือ 10 วัตต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องขยายทั่ว ๆไปสามารถรับสัญญาณเข้า (Input) ได้กว่า 100 มิลลิโวลท์ โดยไม่เกิดความเพี้ยน

6. Noise เสียงรบกวน เสียงฮัม (Hun) เสียงซ่า (Hiss) เครื่องที่มีคุณภาพสูงจะต้องไม่ปรากฏเสียงเหล่านี้ออกมา เสียงรบกวนจะออกมาสัมพันธ์กับกำลังของเครื่องขยายเสียง คิดเป็นเดซิเบล (Decibel - dB) เช่นตัวอย่างระบุว่า 65 dB S.N - high level input. (ตัวเลขยิ่งมากยิ่งดี)

นิพนธ์ คุขปรีดี (2523 หน้า30-32) ได้กล่าวถึงลักษณะของเครื่องขยายเสียงที่ใช้ในโรงเรียนโดยทั่ว ๆไปไว้ดังนี้เครื่องขยายเสียงที่ใช้ในโรงเรียนโดยมากมักจะรวมเอาวงจรก่อนการขยาย(Pre-Amplifier)และวงจรขยายกำลัง (Power Amplifier) ไว้บนแท่นเครื่อง (Case) เดียวกัน ส่วนประกอบด้านหน้าที่ควรทราบมีดังนี้

- ปุ่มควบคุม (Control Knobs) Mic.1 Mic.2 Mic.3 คือปุ่มควบคุมรับสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงจากไมโครโฟนแต่ละตัวให้มีความไวในการรับ (Sensitivity) เพื่อให้เสียงที่ขยายออกลำโพงดังมากดังน้อยตามความต้องการของผู้ควบคุม (Operater) โดยปุ่มควบคุมสัญญาณเข้าของไมโครโฟนแต่ละตัวแยกกันโดยอิสระ ผู้ควบคุมสามารถจะลดความดังของไมโครโฟนตัวใดตัวหนึ่งก็ได้ หรือจะใช้พร้อม ๆ กันทุกตัวก็ได้

- ปุ่มควบคุม Phono คือปุ่มควบคุมสัญญาณที่มาจากเครื่องเล่นแผ่นเสียง (Phonograph) ซึ่งมีแรงเคลื่อนของสัญญาณไฟฟ้าสูงกว่าสัญญาณที่มาจากไมโครโฟน

- ปุ่มควบคุม Aux คือปุ่มควบคุมสัญญาณที่มาจาก auxiliary เช่นเครื่องบันทึกเสียง ซึ่งมีการขยายเสียงในเครื่องเองก่อนที่สัญญาณจะเข้าวงจรขยาย ดังนั้นสัญญาณที่จะส่งเข้าวงจรนี้จะเป็นสัญญาณที่ได้รับการขยายกำลังต่ำมาก่อนแล้วครั้งหนึ่ง

- ปุ่มควบคุมการปรับแต่งเสียงทุ้ม (Bass) และแหลม (Treble) เรียกว่าปุ่ม Tone Control บางเครื่องแยกปุ่มให้ปรับแต่งเสียงทุ้มและแหลมของน้ำเสียงได้มากขึ้น

- ปุ่มควบคุมการขยายกำลัง (Master Volume) ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณจากวงจรก่อนการขยายทั้งหมด ให้เสียงที่ออกลำโพงมีความดังมาก ดังน้อย เป็นการควบคุมวงจร Mic.1 Mic.2 Mic.3 Phono. และ Aux. ให้สัญญาณออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มีความดังตามต้องการ ในเครื่องขยายเสียงบางเครื่องอาจจะไม่มีปุ่มควบคุมการขยายกำลัง วงจรก่อนการขยายกำลังจะทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณออกโดยไม่ผ่านปุ่มควบคุมการขยายกำลัง (Master Control)

- สวิทช์ไฟฟ้า (Switch) มีไว้ปิดเปิดวงจรไฟฟ้าให้กระแสไฟฟ้าเข้าเครื่อง บางเครื่องจะต้องอุ่นเครื่อง (Stand By) นาน ๆ อาจจะมีสวิทช์ไฟฟ้า 2 ชุด คือ ชุดอุ่นเครื่อง และชุดขยายกำลัง ผู้ใช้จะต้องเปิดอุ่นเครื่องประมาณ 3-5 นาที แล้วจึงจะเปิดชุดขยายกำลัง

- หลอดไฟหน้าปัทม์ (Pilot Lamp) หลอดไฟฟ้าแสดงให้ทราบว่าไฟฟ้าเข้าเครื่องขยายเสียงหรือไม่ ถ้าไฟฟ้าเข้าหลอดไฟหน้าปัดจะสว่าง

- ช่อง (Jack Hole) รับสัญญาณเข้า มีไว้สำหรับเสียบต่อ (Jack) ซึ่งต่อสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงจาก Mic.1 Mic.2 Mic.3 Aux. หรือ Phono แต่ละชุดเข้าในวงจรก่อนการขยายของชุดสัญญาณเข้านั้น ๆ เพื่อให้สัญญาณทุกสัญญาณได้ถูกขยายให้แรงขึ้นก่อนจะส่งเข้าไปขยายในวงจรขยายกำลัง

ที่ด้านหลังของเครื่องขยายเสียงจะมีจุดต่อที่สำคัญคือจุดสำหรับต่อสัญญาณออก ได้แก่ หมุดสำหรับต่อสายลำโพง (บางเครื่องอาจเป็นข้อต่อใช้เสียบ) เพื่อต่อสัญญาณออกไปที่ลำโพง โดยมากจุดต่อสัญญาณออกจะมีให้เลือกหลายคู่ (การต่อสัญญาณออกจะต้องต่อเป็นคู่สาย) ผู้ติดตั้งต้องเลือกจุดต่อให้เหมาะกับความต้านทานของลำโพง

ไมโครโฟน (Microphone)

สันทัด ภิบาลสุข (2521 หน้า120) ได้กล่าวถึงไมโครโฟนว่า ไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นเสียง (Sound Wave) ให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าความถี่เสียง (Audio Frequency Current) เพื่อป้อนเข้าวงจรขยาย ขยายสัญญาณนั้นให้แรงขึ้นในระบบขยายเสียง

กิตติ เมฆอรุณเรือง (2528 หน้า 21-28) ได้แบ่งชนิดของไมโครโฟนไว้ดังต่อไปนี้

1. คาร์บอนไมโครโฟน (Carbon Microphone) จัดว่าเป็นไมโครโฟนแบบแรกที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งาน โดยเริ่มมีใช้ในวงการโทรศัพท์ หลักการของไมโครโฟนแบบคาร์บอนนี้ อาศัยหลักการการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน อันเนื่องมาจากการอัดตัวของผงคาร์บอนที่ติดอยู่กับแผ่นไดอะแฟรม (Diaphram) ซึ่งเมื่อมีสัญญาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เสียงมาตกกระทบกับแผ่นไดอะแฟรมจะทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่น และมีผลทำให้ผงคาร์บอนถูกอัดตัวไปตามความถี่ของเสียง ดังนั้นค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของเสียงด้วย ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรของคาร์บอนไมโครโฟนเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ในปัจจุบันคาร์บอนไมโครโฟนไม่นิยมใช้ เพราะว่ามีสัญญาแรบกวนสูง ผลตอบสนองทางความถี่ไม่ค่อยจะดีนัก และมีความเพี้ยนสูง ซึ่งยังคงมีใช้อยู่ในวงการโทรศัพท์เท่านั้น

2. คริสตอลไมโครโฟนและเซรามิคไมโครโฟน(Crystal Microphone and Ceramic Microphone) ไมโครโฟนแบบนี้อาศัยหลักการของ Piezo-Electricity ซึ่งก็คือเมื่อผลึกแร่ถูกกดด้วยพลังงานเสียงที่มาตกกระทบแผ่นไดอะแฟรม ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นโดยกระแสที่เกิดขึ้นนี้จะแปรตามแรงกดของแผ่นไดอะแฟรม คริสตอลไมโครโฟนนั้นมีราคาถูกแต่มีข้อเสียคือมีผลตอบสนองทางความถี่จำกัดมาก ส่วนเซรามิคไมโครโฟนนั้นมีหลักการทำงานเหมือนกับคริสตอลไมโครโฟนแต่มีผลตอบสนองทางความถี่กว้างกว่าและราบเรียบกว่า แบบคริสตอลไมโครโฟน ถึงกระนั้นก็ตามคุณภาพของเสียงก็ยังไม่เหมาะกับการนำมาใช้งานด้าน ไฮ-ฟาย

3. ไดนามิคไมโครโฟน (Dynamic Microphone or Moving Coil Microphone) เป็นไมโครโฟนที่ออกแบบให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ไมโครโฟนชนิดนี้อาศัยหลักการเหนี่ยวนำของขดลวดในสนามแม่เหล็กไดอะแฟรมของไมโครโฟนชนิดนี้จะอยู่ติดกับขดลวดซึ่งอยู่ระหว่างสนามแม่เหล็ก ซึ่งเมื่อมีสัญญาณเสียงมาตกกระทบกับแผ่นไดอะแฟรม ก็ทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่น ดังนั้นขดลวดจะสั่นตามไปด้วย ไดนามิคไมโครโฟนเป็นที่นิยมใช้กันมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีคุณภาพดีพอสมควร ราคาไม่แพงนัก และถ้าออกแบบการสร้างอย่างดีจะทำให้มีคุณภาพดีมาก

4. ริบบอนไมโครโฟน (Ribbon Microphone or Velocity Micophone) จัดว่าเป็นไมโครโฟนที่มีคุณภาพดีที่สุด คือให้เสียงได้ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด ไมโครโฟนชนิดนี้อาศัยหลักการของการสั่นของแผ่นโลหะบาง ๆ ตัดกับสนามแม่เหล็กที่มีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงมาก แผ่นโลหะบาง ๆ ที่ว่านี้เรียกว่าริบบอนซึ่งจะถูกติดอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กถาวรที่มีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงมาก เมื่อมีสัญญาณเสียงมากระทบแผ่นริบบอนนี้สั่น เมื่อแผ่นริบบอนสั่นก็จะเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น ริบบอนไมโครโฟนนี้นิยมใช้ในงานที่ต้องการคุณภาพเสียง ซึ่งนิยมใช้ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องบันทึกเสียง ตามสถานีวิทยุโทรทัศน์ เนื่องจากไมโครโฟนชนิดนี้บอบบางมาก กล่าวคือเพียงแต่มีลมพัดแรง ๆ เข้าไปในไมโครโฟนก็อาจทำให้เสียหายได้ ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะใช้กับงานกลางแจ้ง นอกจากนี้ราคายังแพงการใช้งานต้องทนุถนอมเป็นพิเศษ

5. คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนและอีเลคเตรทไมโครโฟน (Condenser Microphone and Electret Microphone) คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะประกอบด้วยแผ่นโลหะไดอะแฟรมที่เคลือบด้วยสารพลาสติก ซึ่งบางและมีน้ำหนักเบามาก ทำหน้าที่เปรียบเสมือนขั้วหนึ่งของคอนเดนเซอร์ หรือตัวเก็บประจุที่เรารู้จักกันดี ส่วนอีกขั้วหนึ่งเรียกว่า Back Plate หลักการง่าย ๆ ของคอนเดนเซอร์ไมค์ก็คือ เมื่อไดอะแฟรมของคอนเดนเซอร์ไมค์มีการเคลื่อนที่เข้าออก จะทำให้ค่าของความจุของ C เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ค่า E เปลี่ยนแปลงตามสมการ

$$Q = CE$$

$$E = Q / C$$

C คือการเปลี่ยนแปลงของค่าคอนเดนเซอร์

E คือการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน

Q คือค่าของประจุซึ่งมีค่าคงที่ โดยประจุนี้เกิดขึ้นจากไฟเลี้ยงวงจร

ตามปกติแล้วในตัวของคอนเดนเซอร์ไมค์จะมีวงจร Pre-Amplifier เพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้และเป็นตัวแปลงให้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนมี Impedance ต่ำ ส่วนอีเลคเตรตไมโครโฟนมีหลักการทำงานเหมือนกับคอนเดนเซอร์ไมค์ จะแตกต่างกันตรงที่สารที่ใช้ทำเป็นแผ่นไดอะแฟรมของอีเลคเตรตไมค์นั้นเป็นสาร Electret ซึ่งทำจาก Fluorocabon ที่ผ่านกรรมวิธีโพลาไรเซชั่น (Polarization) ทำให้มีประจุถาวรอยู่ในตัวเอง ดังนั้นจึงไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยงเหมือนคอนเดเซอร์ไมค์ไมโครโฟนทั้งสองชนิดนี้มีผลตอบสนองทางความถี่ดีเยี่ยมดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้ในห้องบันทึกเสียงและในงานที่ต้องการคุณภาพเสียงแต่ข้อเสียของมันก็คือราคาแพง

Specification ที่สำคัญในการเลือกซื้อเลือกใช้ไมโครโฟน

1. ผลตอบสนองทางความถี่ (Frequency Response) ไมโครโฟนที่ดีนั้นต้องมีผลตอบสนองทางความถี่กว้างและราบเรียบตลอดย่านความถี่เสียง ซึ่งไมโครโฟนที่มีคุณสมบัติเช่นนี้จะมีราคาแพงมาก ดังนั้นในการเลือกไมโครโฟนมาใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

งานจะต้องคำนึงถึงงานว่าเป็นงานประเภทใด มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ไมโครโฟนที่มีช่วงตอบสนองทางความถี่กว้างหรือไม่ ซึ่งในงานบางประเภทต้องการคุณภาพของเสียงที่ดีเยี่ยมเช่น งานในห้องบันทึกเสียง ส่วนในงานบางประเภทที่ไม่ต้องการคุณภาพเสียงดีมากนัก เช่นงานขยายเสียงตามที่สาธารณะต่าง ๆ ดังนั้นจึงควรเลือกไมโครโฟนให้เหมาะสมกับงาน โดยพิจารณาตารางข้างล่างประกอบ

ตารางที่ 10 แสดงประเภทของงานกับช่วงตอบสนองความถี่ของไมโครโฟนที่เหมาะสม

ประเภทของงาน	ผลตอบสนองความถี่
ห้องบันทึกเสียงที่ต้องการคุณภาพสูง ห้องส่งกระจายเสียงวิทยุ-โทรทัศน์	30-20,000 Hz
การแสดงดนตรี (Concert) การแสดงบนเวที การกระจายเสียงสาธารณะคุณภาพสูง (High Quality Public Address)	50-15,000 Hz
ห้องประชุม การบันทึกเสียงแบบธรรมดา การปาฐกถา ห้องเรียนภาษา(Language Labs)	70-10,000 Hz
วิทยุตำรวจ วิทยุสมัครเล่น	90-9,000 Hz
การกระจายเสียงสาธารณะทั่วไป โรงเรียน โรงงาน ฯลฯ	100-8,000 Hz

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ความไว (Sensitivity) ไมโครโฟนที่ดีนั้นจะต้องมีความไวในการรับเสียงเพื่อให้มีกำลังออกพอที่จะขับเครื่องขยายตามปกติ ความไวของไมโครโฟนมีหน่วยเป็น dB (Decibel) ซึ่งจากค่า dB นี้ยังแบ่งออกเป็น 3 แบบ ตามลักษณะของวิธีการคิด ซึ่งได้แก่

- วิธีคิดจาก Open Circuit Voltage มีหน่วยเป็น dBV
- วิธีคิดจาก Output Power ของไมโครโฟน มีหน่วยเป็น dBm
- วิธีคิดตามมาตรฐานของ EIA มีหน่วยเป็น dB (EIA)

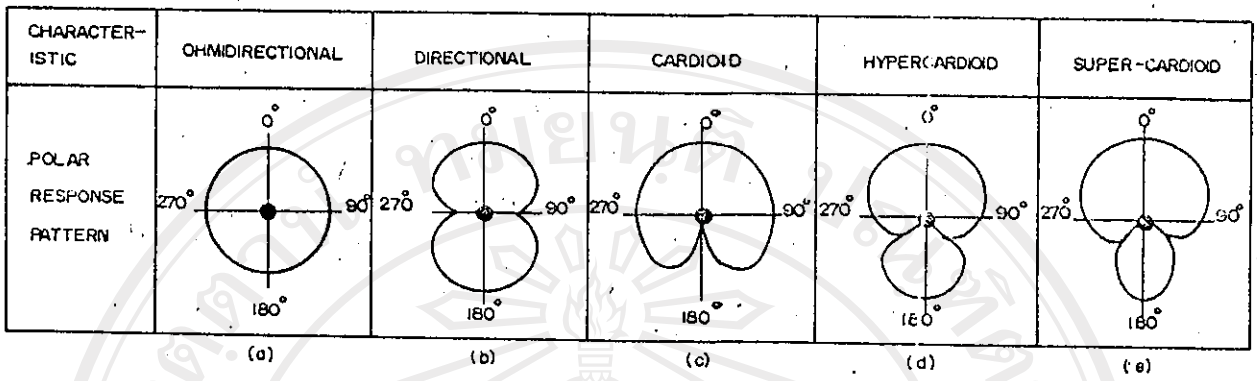
หลักการหาค่าความไวของไมโครโฟนนั้นทำให้ทราบว่า ที่ระดับความดันของเสียงที่เท่ากันแล้ว ไมโครโฟนที่ให้ Output Voltage มาก จะมีความไวมาก

3. อิมพิแดนซ์ (Impedance) ตามหลักการแล้ว อิมพิแดนซ์ของไมโครโฟนควรจะมีค่าเท่ากับค่าอินพุทอิมพิแดนซ์ของเครื่องขยาย ทั้งนี้เพื่อให้การถ่ายทอดสัญญาณจากไมโครโฟนไปยังเครื่องขยายเสียงนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่การใช้งานจริง ควรจะเลือกใช้ไมโครโฟนที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำ ทั้งนี้ก็เพราะว่าสายสัญญาณที่ต่อออกจากไมโครโฟนที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำนั้น สามารถต่อสายได้ยาวเป็นร้อยฟุต โดยมีสัญญาณรบกวนต่ำ และยังไม่เกิดการสูญเสียทางความถี่สูงด้วย ซึ่งในกรณีที่เกิดการรบกวนจากสัญญาณวิทยุ หรือสัญญาณอื่น ๆ ก็สามารถแก้ไขได้โดยการใช้สายแบบ Balance Line ซึ่งจะทำให้สัญญาณรบกวนนั้นหมดไป และในกรณีที่นำไมโครโฟน ที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำไปใช้กับเครื่องขยายที่มีค่าอินพุทอิมพิแดนซ์สูง ก็สามารถใช้ Matching Transformer เข้าช่วยได้ ส่วนไมโครโฟนที่มีอิมพิแดนซ์สูงนั้น โดยทั่วไปแล้วสายสัญญาณถูกต่อออกไปได้ยาวไม่เกิน 20 ฟุต ซึ่งถ้ามากกว่านี้จะทำให้เกิดเสียง ฮัม และเสียงรบกวนมาก และยังสูญเสียสัญญาณทางความถี่สูงด้วย

4. ทิศทางในการรับเสียง (Directional Characteristic or Polar Response Pattern) ไมโครโฟนแต่ละแบบจะมีทิศทางในการรับเสียงไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อการใช้งาน ซึ่งทิศทางของการรับเสียงไมโครโฟนจะถูกบอกมาใน Specification ของบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นการเลือกซื้อเลือกใช้ต้องดูว่างานนั้น ๆ ต้องการรับเสียงจากทิศทางใด จากรูปต่อไปนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงทิศทางของการรับเสียง มุมในการรับเสียง พื้นที่ที่จะรับเสียงได้ และทิศทางที่ไมโครโฟนไม่มีความไวต่อการรับเสียง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 3 แสดงทิศทางที่ไมโครโฟนชนิดต่าง ๆ มีความไวต่อการรับเสียง



จากรูป ให้พิจารณาดังนี้ จุดที่วางไมโครโฟนคือจุดกลางของ Pattern ด้านหน้าของไมโครโฟนจะหันไปทาง 0° และ 180° ก็คือด้านหลังของไมโครโฟน บริษัทผู้ผลิตมักจะบอกค่า Signal to Noise Ratio (S/N) และค่า Maximum input level มาให้ด้วย ค่า S/N นี้คือ อัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับ Noise มีหน่วยวัดเป็น dB ซึ่งลักษณะของไมโครโฟนที่ดีจะมี S/N สูง ส่วนค่า Maximum Input Level คือระดับความดังของเสียงมากที่สุดที่ไมโครโฟนสามารถจ่ายสัญญาณได้โดยไม่เกิดอาการคลิปของสัญญาณ ไมโครโฟนที่ดีจะมีค่า Maximum input level สูง ค่านี้มีหน่วยเป็น dB-SPL

รายละเอียดปลีกย่อยอื่น ๆ นอกจากคุณสมบัติข้างต้นเช่น ไมโครโฟนที่ดีบางรุ่นจะเพิ่มอุปกรณ์บางอย่างลงไป เช่น Pop Filter ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันอาการเพี้ยนของเสียงเมื่อผู้พูดอยู่ใกล้ไมโครโฟนมากเกินไป Wind Screen ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันเสียงลม วงจรตัดเสียง Hum และ Noise กำจัดเสียงความถี่ต่ำที่ไม่ต้องการ วงจรตัดเสียงรบกวนอันเนื่องมาจากการสัมผัสของมือ ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานที่จะใช้

นิพนธ์ ศุขปรีดี (2523 หน้า 26) ได้กล่าวถึงไมโครโฟนอีกชนิดหนึ่ง คือ ไมโครโฟนแบบไม่ใช้สาย (Wireless Microphone) เป็นไมโครโฟนที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งวิทยุในตัวของมันเอง มีรัศมีการส่งสัญญาณวิทยุประมาณ 100-200 เมตร ส่วนมากมักจะส่งคลื่นออกอากาศในระบบ F.M. การใช้ไมโครโฟนแบบไม่ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สายนี้แทนที่จะรับสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงจากสายไมโครโฟน กลับจะต้องใช้เครื่องรับสัญญาณวิทยุ (Tuner) รับสัญญาณวิทยุที่ส่งออกอากาศเข้ามาส่งต่อเข้าเครื่องขยายเสียงและส่งออกลำโพงอีกช่วงหนึ่ง และถ้าไมโครโฟนแบบไม่ใช้สาย ที่ส่งสัญญาณออกอากาศในช่วงคลื่น 88-108 MHz ซึ่งเป็นคลื่น F.M. ที่ใช้ในการกระจายเสียงทั่ว ๆ ไป เราอาจใช้วิทยุธรรมดาที่รับคลื่น F.M. รับสัญญาณได้เลย

พิลาศ เกื้อมี (2520 หน้า 123) ได้ให้ข้อแนะนำการใช้ไมโครโฟนไว้ดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้ต้องศึกษาถึงรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล คุณสมบัติของไมโครโฟนว่าระบุไว้อย่างไร เช่นอิมพิแดนซ์ ทิศทางการรับเสียง ฯลฯ

2. การใช้ต้องพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อม เช่น

-ห้องเงียบมีเสียงสะท้อนและเสียงก้องพอดีแล้ว จะใช้ไมโครโฟนแบบไหนก็ได้ ทางที่ดีควรใช้แบบรับได้ทุกทิศทาง

-ห้องที่มีเสียงก้องมากถ้าใช้แบบรับได้ทุกทิศทาง เสียงที่ได้จะฟังไม่ชัด เพราะไมโครโฟนจะเก็บเสียงก้องเข้ามามาก ควรใช้แบบที่รับเสียงได้เฉพาะทิศทาง

-ที่ตั้งไมโครโฟนที่มีลักษณะเรียบเป็นมัน เช่นโต๊ะที่เรียบเป็นมัน จะทำให้เกิดเสียงก้องและผิดเพี้ยนได้ ควรใช้ผ้านุ่ม ๆ เช่นผ้าสำลี ปูโต๊ะก่อนจะวางไมค์

-ถ้ามีสิ่งรบกวนอยู่ใกล้ ๆ เช่นพัดลม เครื่องปรับอากาศควรจะปิดเสีย ถ้ากำจัดแหล่งเสียงรบกวนไม่ได้ ให้ใช้ไมโครโฟนแบบที่กำหนดทิศทางการรับเสียง และให้ไมโครโฟนอยู่ไกลจากเสียงรบกวนมากที่สุด

3. ให้คำนึงถึงแหล่งกำเนิดเสียง

*ผู้พูดคนเดียว.....Super Cardioid

*กลุ่มคนจำนวนมาก.....Unidirectional หลาย ๆ ตัว หรือ Cardioid

*กลุ่มคนที่มีลักษณะเป็นวงกลม.....Omnidirectional

4. ถ้าต้องการใช้ไมโครโฟนมากกว่า 1 ตัว จะต้องใช้เครื่องผสมสัญญาณ (Mixer) รวมสัญญาณจากไมโครโฟนทุก ๆ ตัวเข้าด้วยกัน แต่ละตัวจะมีปุ่มปรับความดังของมันเอง ผู้ใช้จะต้องปรับเสียงให้กลมกลืนกันที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำโพง (LOUDSPEAKERS)

ลำโพงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง สำหรับงานที่เกี่ยวกับระบบเสียง เพราะว่าลำโพงทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานทางไฟฟ้าเป็นเสียง ซึ่งคุณภาพของเสียงที่ได้จะมากหรือน้อยนั้น ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของลำโพงตัวนั้น ๆ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงจำเป็นต้องพิจารณาการนำลำโพงไปใช้งาน เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ที่สุด โดยพิจารณาตามชนิดและคุณสมบัติของลำโพงแต่ละแบบ (โสภณ วีรกิจพาณิชย์ 2528 หน้า 209)

นิคม ทาแดง (2526 หน้า 138-141) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทและลักษณะของลำโพงที่ดีไว้ดังนี้ ถ้าแบ่งลำโพงตามลักษณะการส่งทอดคลื่นเสียงจะได้เป็น

1. แบบส่งทอดการสั่นสะเทือนสู่อากาศโดยตรง ลำโพงทุกแบบจะต้องมีแผ่นสั่นสะเทือนทำให้เกิดเสียง แล้วส่งทอดเสียงออกมาโดยวิธีต่าง ๆ กัน แบบส่งทอดการสั่นสะเทือนโดยตรงนี้แผ่นสั่นสะเทือน (Diaphragm) สัมผัสกับอากาศโดยตรงไม่มีส่วนอื่นประกอบ ลำโพงประเภทนี้ได้แก่ ลำโพงแบบโคน (Cone Type) แบบโดม (Dome Type) แบบหน้าแบน (Flat Type) แบบไฟฟ้าสถิต (Static Type) และแบบไฮโปลิมเมอร์ (Hypolimer) เป็นต้น

2. แบบฮอร์น (Horn Type) เป็นแบบตรงข้ามกับแบบแรก อาจจะเรียกว่าเป็นแบบส่งเสียงทางอ้อมก็ได้ เพราะเราไม่ได้ฟังเสียงจากแผ่นสั่นสะเทือน หรือไดอะแฟรมโดยตรง เมื่อไดอะแฟรมสั่นสะเทือนตามลักษณะคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดเสียงแล้ว ฮอร์นจะทำหน้าที่รวมและสะท้อนเสียงออกมาตามทิศทางของปากฮอร์นอีกทีหนึ่ง ลำโพงประเภทนี้ได้แก่ลำโพง PA (Public Address Speaker) ที่ใช้ในงานที่มีกลุ่มชนมาก ๆ และลำโพงสำหรับ Midrange และ Tweeter สำหรับระบบ Hi-Fi ก็นิยมใช้แบบฮอร์น อีกแบบหนึ่งที่มีใช้เรียกว่า Back Load Horn เสียงที่มีความถี่สูงจะออกมาทางด้านหน้าของไดอะแฟรมโดยตรง ส่วนเสียงต่ำกว่าที่กำหนด จะถูกรวมและสะท้อนจากด้านหลังของไดอะแฟรมไปตามโทรโข่ง ซึ่งงอโค้งมาทางด้านหน้า จัดว่าเป็นลำโพง Horn Type เช่นกัน

ถ้าแบ่งลำโพงตามแบบหลักการสั่นสะเทือนจะได้ดังนี้

1. แบบไดนามิค (Dynamic Speaker) เป็นแบบที่สร้างขึ้นโดยอาศัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กฎมือซ้ายของตัวนำไฟฟ้า เป็นแบบที่ใช้มากที่สุด เนื่องจากแบบนี้ขดตัวนำเป็นตัวเคลื่อนตามแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นตามสัญญาณเสียง จึงเรียกได้ว่าเป็นแบบ Moving Coil ไม่ว่าจะเป็นลำโพงแบบโคน แบบแฟลท แบบโดม ที่กล่าวมาแล้วเป็นลำโพงประเภท Dynamic หรือ Moving Coil นี้ทั้งนั้น

2. แบบริบบิ้น (Ribbon Speaker) อาศัยกฎเกณฑ์เดียวกันกับแบบไดนามิค แต่มีแผ่นอะลูมิเนียมบาง ๆ เหมือนริบบิ้นวางอยู่ระหว่างสนามแม่เหล็ก แผ่นริบบิ้นอะลูมิเนียมนี้ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า แผ่นไดอะแฟรมและฝาครอบไปในตัวด้วย มีคุณสมบัติดีพิเศษสำหรับเสียงที่มีความถี่สูง ๆ (เสียงแหลม) Ribbon Speaker ที่ดี ๆ บางตัวทำให้เกิดเสียงขนาดความถี่ 100 KHz ได้

3. แบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Speaker) ประกอบด้วยแผ่นขั้วไฟฟ้าสองแผ่น แผ่นหนึ่งเคลื่อนที่ได้อีกแผ่นหนึ่งติดแน่นไว้กับที่ประกบเข้ากัน มีคุณสมบัติเหมือนคอนเดนเซอร์ (Condenser) ตัวหนึ่ง ต่อแผ่นขั้วไฟฟ้าทั้งสองเข้ากับไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เกิดแรงไฟฟ้าสถิตดึงแผ่นขั้วไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ไว้ เมื่อปล่อยสัญญาณไฟฟ้าผ่านทรานสฟอร์เมอร์เข้าทางคอนเดนเซอร์ (C) จะทำให้ค่าของแรงไฟฟ้าสถิตเปลี่ยนแปลงมากน้อยตามคลื่นสัญญาณไฟ ทำให้แผ่นขั้วไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้สั่นสะเทือนและเกิดเสียงขึ้น แผ่นขั้วไฟฟ้านี้จึงทำหน้าที่เป็นไดอะแฟรมของลำโพงแบบนี้ ซึ่งส่วนมากทำด้วยแผ่นอลูมิเนียมบาง ๆ

4. แบบไฮโปลิมเมอร์ (Hypolimer) มีสารบางอย่างที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อปล่อยความดันไฟฟ้าไปดึงสารพวกนี้ จะเกิดการหดขยายหรือบิดตัวตามขนาดของความดันไฟฟ้า การขยายหดและบิดตัวของสารเหล่านี้ทำให้อากาศสั่นสะเทือนเป็นคลื่นเสียงขึ้น บางคนจึงเรียกลำโพงแบบนี้ว่าแบบความดันไฟฟ้า (Piezoelectric) ลำโพงแบบนี้ช่วงคลื่นเสียงที่ทำให้เกิดเสียงได้แคบไม่เหมาะสมสำหรับทำเป็น Hi-Fi Speaker ส่วนมากนิยมใช้กับหูฟังเล็ก ๆ เพราะโครงสร้างง่ายสะดวกแก่การทำขนาดเล็ก ๆ

5. ลำโพงแบบฮิล (Hill Type) ลำโพงแบบนี้ Oscar Hill เป็นผู้คิดขึ้น จึงเรียกว่าแบบฮิล แบบนี้มีโลหะแผ่นบาง ๆ พับซ้อนกันเหมือนม่านแอคโคเดียนอยู่ระหว่างสนามแม่เหล็ก แผ่นโลหะนี้ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าและแผ่นไดอะแฟรมด้วย เมื่อสัญญาณไฟฟ้าผ่านไปตามแผ่นโลหะจะทำให้ตัวมันเองหด หรือขยายเป็นเหตุให้อากาศอยู่ระหว่างพับและแผ่นโลหะสั่นสะเทือนเกิดเป็นเสียงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. แบบแม่เหล็กไฟฟ้า แบบนี้เหมือนกับแบบ Moving Coil ทั่วไป แต่ส่วนที่เป็นแม่เหล็กแทนที่จะเป็นแม่เหล็กถาวรก็เป็นแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากช่วงคลื่นแคบและมีเสียงเพี้ยนมาก จึงไม่นิยมใช้ นอกนั้นก็มี Iron Speaker อาศัยการกระโดดของกระแสไฟฟ้าจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งทำให้อากาศสั่นสะเทือนเกิดเสียงขึ้น

ถ้าแบ่งลำโพงตามประเภทการใช้งาน จะได้ว่า

1. ลำโพงไฮฟาย (High Fidelity Speaker) คือลำโพงที่ปรับปรุงและสร้างขึ้นมาให้มีความเที่ยงตรงสูง สามารถทำให้เกิดเสียงทุกความถี่ได้เสมอกันและไม่มีเสียงเพี้ยน

2. ลำโพงเครื่องดนตรี เครื่องดนตรีไฟฟ้าต่าง ๆมีวงจรขยายและลำโพงอยู่ด้วยกัน เช่นกีต้าร์ไฟฟ้า ออร์แกนไฟฟ้า อีเลคโทน เป็นต้น

3. ลำโพง พี.เอ. (Public Address Speaker) ส่วนมากจะเป็นลำโพงแบบฮอร์น (Horn) ใช้ในงานบ้าน งานวัด สถานที่ราชการหรือแหล่งที่ฝูงชนมาก ๆ

4. ลำโพงมอนิเตอร์ (Monitor Speaker) มีไว้สำหรับควบคุมเสียงสำหรับสถานีวิทยุ ห้องบันทึกเสียง เครื่องเล่นบันทึกเสียง เพื่อหังดูว่าขณะนั้นมีเสียงอยู่หรือไม่ และคุณภาพเสียงเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงต้องเลือกลำโพงที่มีคุณภาพดี

ถ้าแบ่งลำโพงตามประเภทของช่วงคลื่นของเสียงจะได้ดังนี้

1. ลำโพงแบบเต็มช่วงคลื่นออดิโอ (Full Range Speaker Unit) ออกแบบพิเศษ ให้สามารถทำให้เกิดเสียงทั้งหมดตั้งแต่ 2 Hz ถึง 20 KHz อาจจะมีโคน (Cone) อันเดียวหรือสองอัน สำหรับเสียงต่ำและเสียงสูง หรือเป็นแบบผสมคือมีโคนสำหรับเสียงต่ำแล้วมีลำโพงสำหรับเสียงสูงติดตั้งไว้ตรงกลาง

2. ลำโพงแบบมัลติเวย์ (Multi Ways Speaker Unit) ลำโพงแต่ละตัวรับหน้าที่สำหรับคลื่นของเสียงแต่ละช่วง ถ้าแบ่งออกเป็นสองช่วงคือ เสียงสูงกับเสียงต่ำ เรียกว่าทูเวย์ (Two Ways Speaker Unit) แต่โดยทั่วไปมักจะแบ่งออกเป็นสามช่วงเรียกว่าทรีเวย์ (Three Ways Speaker Unit) ประกอบด้วย คลื่นเสียงต่ำเรียกว่า วูฟเฟอร์ (Woofer) คลื่นเสียงขนาดกลางเรียกว่า (Midrange) หรือสโคเกอร์ (Squawker) คลื่นเสียงสูงเรียกว่า ทวีตเตอร์ (Tweeter)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะของลำโพงที่ดีควรจะเป็นดังนี้

ก. สามารถทำให้เกิดเสียงได้ทุกระดับความถี่ โดยเฉพาะช่วงความถี่ออดิโอ (Audio Frequency)

ข. เมื่อรับคลื่นสัญญาณที่มีความถี่แตกต่างกัน แต่มีศักย์ตกคร่อมที่ Voice Coil เท่ากันสามารถทำให้เกิดเสียงในความถี่นั้น ๆมีความดังเท่ากัน เวลาพิจารณาคุณสมบัติข้อนี้ของลำโพง ต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความต้นไฟสัญญาณ (Signal Voltage) กับความถี่ของสัญญาณ (Signal Frequency) หรือที่เรียกกันว่ากราฟ Frequency Characteristic ของลำโพงนั้น ๆ

ค. มีประสิทธิภาพและความไวสูง (Efficiency and Sensitivity) คือสัญญาณไฟเพียงเล็กน้อยก็ทำให้เกิดเสียงดังได้

ง. มีเสียงสม่ำเสมอไม่เกิดเสียงเพี้ยนจากตัวลำโพงเอง

" เมื่อทราบเรื่องของลำโพงแล้ว ถ้าไม่ทราบเรื่องของตู้ก็ไร้ประโยชน์ ลำโพงกับตู้เป็นของคู่กัน-แยกกันไม่ออก " (ส.ล. ฉวี 2518 หน้า 2)

" จริงอยู่ลำโพงบางประเภทไม่ต้องมีตู้ เช่นพวกอีเลคโตรสแตติค แต่พวกที่ใช้วูฟเฟอร์ธรรมดา ๆ แล้วต้องมีตู้เสมอ ถ้าเอาวูฟเฟอร์มาใช้งานโดยไม่มีตู้จะออกเสียงความถี่ต่ำแย่มาก เพราะคลื่นอัดและคลื่นขยายด้านหน้าและด้านหลังหักล้างกัน " (ไตรรัตน์ ใจสำราญ 2520 หน้า 57)

ด้วยความสำคัญของตู้ลำโพงดังกล่าว นิคม ทาแดง (2526 หน้า143-145) จึงได้แบ่งประเภทของตู้ลำโพงไว้ดังนี้

1. ตู้ลำโพงแบบปิดมิดชิด (Closed Cabinet หรือ Air Suspension) เป็นแบบที่ได้แนวคิดมาจากการที่จะปิดขังอากาศด้านหลังของโคนไม่ให้ออกมาข้างนอกได้ แต่การปิดขังอากาศก็ทำให้เกิดปัญหาขึ้นหลายอย่าง ถ้าทำตู้เล็ก ๆ ปริมาตรของอากาศภายในตู้มีน้อย การยืดหยุ่นของอากาศก็มีน้อย เมื่อแผ่นโคนของลำโพงจะเคลื่อนเข้าไปข้างในจะต้องต้านกับแรงดันอากาศภายใน ทำให้โคนเคลื่อนที่ไม่สะดวก ผลก็คือเสียงที่มีความถี่ต่ำ ๆ ซึ่งโคนจะต้องเคลื่อนที่มาก ๆ หายไป วิธีแก้ก็โดยการทำตู้ลำโพงให้ใหญ่ขึ้น และไม้หรือวัสดุที่ใช้ต้องแข็งแรง กันไม่ให้ตัวตู้สั่นสะเทือนทำให้เกิดคลื่นเสียงได้ เมื่อตู้ใหญ่ขึ้นปริมาตรอากาศมากขึ้นแรงต้านก็น้อยลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่มีปัญหาตามมาอีกคือ คลื่นเสียงจากแผ่นหลังของโคนไปกระทบกับด้านหลังของโคนอีกซึ่งเป็นจังหวะที่จะหักล้างการสั่นสะเทือนของโคน ผลก็คือเสียงต่ำดังค่อยลง วิธีการแก้ปัญหาจึงอยู่ที่ค้นหาขนาดที่พอเหมาะและหาวิธีการกันการสะท้อนของเสียงให้หมดไป จากผลของการทดลองทำให้ทราบว่าอัตราส่วนของตู้ลำโพงชนิดนี้ควรจะเป็น 7 : 5 : 3 คือสูง 7 ส่วน กว้าง 5 ส่วน และหนา 3 ส่วน ภายในบุด้วยสารดูดกลืนเสียง เช่นผ้า ใยแก้ว ผ้าสักหลาด ฟองน้ำหรือสำลี เป็นต้น

2. ตู้ลำโพงแบบเบสรีเฟลกส์ (Bass-Reflex Cabinet) แบบนี้แทนที่จะปิดขังอากาศให้มิดชิดก็เจาะรูให้มีทางออกมาด้านหน้า มีสองแบบคือ แบบต่อดัคต์ (Duct) แบบนี้คลื่นเสียงจากด้านหลังของโคนลำโพงจะเดินทางอ้อมผ่านช่องดัคต์ออกมาข้างหน้า การเดินทางอ้อมของคลื่นเสียงจากด้านหลังโคนทำให้ได้จังหวะมาเสริมกับคลื่นเสียงจากด้านหน้าโคนพอดี อีกแบบหนึ่งคือแบบต่อดรัมโคน (Drum Cone) แทน ดัคต์ ผลของเสียงเหมือนกันกับแบบแรกแต่แทนที่คลื่นเสียงจากด้านหลังจะเดินทางออกมาด้านหน้าโดยตรงก็มาถ่ายทอดแรงกระทบให้ที่ดรัมโคนอีกต่อหนึ่ง

3. แบบมุมห้อง (Corner Reflex) แบบนี้เหมือนตู้ลำโพงแบบเบสรี-เฟลกส์ชนิดดัคต์ แต่มีช่องดัคต์อยู่ข้าง ๆ ทั้งสองข้างขนานไปกับฝาผนัง ตู้ลำโพงแบบนี้ต้องตั้งไว้มุมห้องเสมอ

4. แบบฮอร์น (Horn Load Speaker) แบบนี้ไม่ใช่ตู้ แต่หลักความคิดก็คล้าย ๆ กับแบบตู้คือหาวิธีไม่ให้คลื่นเสียงจากด้านหลังโคนมารบกวนเสียงจากด้านหน้าโคนโดยต่อโทรโข่งยาว ๆ มาข้างหน้า โทรโข่งนี้จะต้องยาวและใหญ่เสียงต่ำ ๆ จึงจะดังชัดขึ้น ในทางปฏิบัติแล้วไม่เหมาะที่จะเป็นเครื่องใช้ในบ้าน จึงมีผู้คิดดัดแปลงให้เหมาะสมและแยกออกเป็นสองแบบคือ ต่อโทรโข่งออกมาทางด้านหน้าเรียกว่า Front Load Horn Speaker และแบบ Back Load Horn Speaker แบบหลังนี้ดูลักษณะภายนอกเหมือนลำโพงตู้ทุกประการ แต่หลักการเป็นแบบฮอร์น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เทคนิคการออกแบบ ติดตั้ง ระบบเสียงตามสาย

วินัย พรหมเสนอ (2519 หน้า 43) ได้ให้ข้อคิดในการติดตั้งลำโพงในระบบเสียงตามสายไว้ว่า ข้อยุ่งยากในการติดตั้งลำโพงคือ การหาสถานที่สำหรับติดลำโพงไว้ การติดตั้งแต่ละสถานที่อาจจะแตกต่างจากกัน จึงไม่อาจกำหนดเป็นกฎเกณฑ์ตายตัวลงไป อย่างไรก็ดีมีแนวทางในการพิจารณาดังนี้

การติดตั้งลำโพงภายในสถานที่ ลำโพงอาจจะวางติดฝาผนัง แล้วหันหน้าให้กำลังงานที่ได้จากลำโพงพุ่งออกมาทำมุมกับฝาผนัง หรือไม่ก็วางลำโพงไว้มุมห้อง หากปรากฏมี จุดบอด ในการรับฟังขึ้นเช่นบริเวณที่เป็นหลืบหรือมีฉากกั้น อาจจะต้องติดตั้งลำโพงเสริมเข้ามาอีกได้

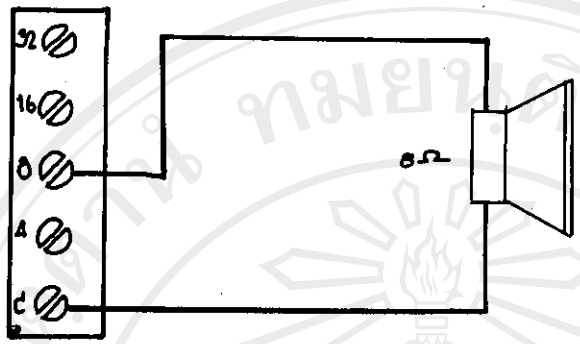
การติดตั้งลำโพงภายนอกสถานที่ ข้อที่ควรพิจารณาอย่างยิ่งคือ พื้นที่และทิศทางที่ต้องการใช้งานพึงระลึกว่าความแรงของสัญญาณเสียงจะลดลงประมาณ 75 % ต่อทุก ๆ ระยะทางที่เพิ่มเป็น 2 เท่า และทิศทางในการรับฟังจะยิ่งเป็นทิศทางดีขึ้นเมื่อใช้ลำโพงใหญ่

โดยปกติที่ด้านหลังของเครื่องขยายเสียงจะมีจุดสำหรับต่อสัญญาณออกทางทางลำโพงหลายจุดตามค่าความต้านทานที่จะเลือกใช้ ลัดดา ศุขปรีดี (2524 หน้า 143-146) ได้กล่าวถึงหลักการต่อลำโพงเข้ากับเครื่องขยายเสียงไว้ดังนี้ การต่อสายลำโพงเข้ากับเครื่องขยายเสียงจะต้องต่อให้ถูกต้องจึงจะได้กำลังของสัญญาณออกเต็มที่และมีความเพี้ยนน้อยที่สุด กล่าวคือการต่อสัญญาณออกต้องต่อเป็นคู่สายเสมอ คือสายลำโพงสายหนึ่งต้องต่อเข้ากับจุดร่วมคือที่ O หรือ C อีกสายหนึ่งต่อเข้ากับจุดต่อที่มีความต้านทานเหมาะสมดังนี้

*การต่อลำโพงตัวเดียว ทำได้ไม่ยาก ยกตัวอย่างเช่นถ้าใช้ลำโพงที่มีความต้านทาน 8 โอห์ม ให้นำสายเส้นหนึ่งต่อเข้ากับจุดร่วม ส่วนอีกสายหนึ่งต่อเข้ากับจุดต่อที่เขียนว่า 8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการต่อลำโพงตัวเดียว



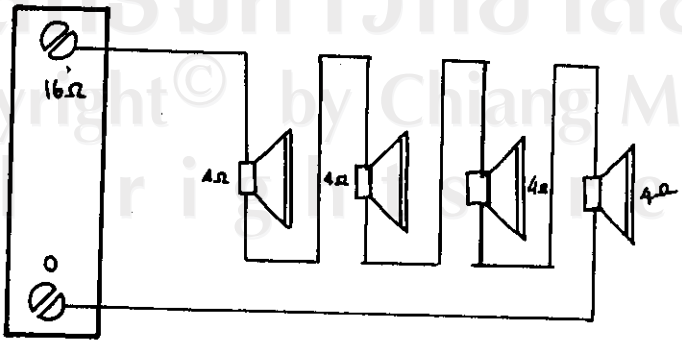
การต่อลำโพงหลาย ๆ ตัว จะต้องให้ความต้านทานรวมของลำโพงเท่ากับความต้านทานที่ต่อจากภาคขยายสัญญาณออกของเครื่องขยายเสียงซึ่งทำได้ดังนี้

*การต่อแบบอนุกรม โดยคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของลำโพงจากผลบวกของความต้านทานของลำโพงทั้งหมดตามสูตร

สูตร $R = R1 + R2 + R3 + \ldots Rn$

ตัวอย่างเช่นลำโพง 4 โอห์ม 4 ตัว ซึ่งต้องการต่อเข้าด้วยกัน ความต้านทานรวมของลำโพงจะเป็น $4 + 4 + 4 + 4 = 16$ โอห์ม ดังนั้นจะต้องต่อสายลำโพงเส้นหนึ่งที่จุดร่วม อีกสายหนึ่งที่จุดต่อที่มีเลข 16 การต่อลำโพงแบบอนุกรมนี้ถ้าลำโพงตัวใดตัวหนึ่งเกิดขาดหรือหลุด ลำโพงตัวอื่น ๆจะไม่ดังด้วย ถ้าใช้ลำโพงที่มีกำลังเท่ากันจะได้กำลังเท่ากันทุกตัว แต่ถ้าใช้ลำโพงที่กำลังไม่เท่ากันกำลังงานที่ได้จะไม่เท่ากัน

าพที่ 5 แสดงลักษณะการต่อลำโพงแบบอนุกรม



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

* การต่อลำโพงแบบขนาน การต่อลำโพงแบบนี้เมื่อลำโพงตัวใดตัวหนึ่งขาดหรือลายหลุด ลำโพงตัวอื่นจะทำงานตามปกติ แต่การต่อลำโพงแบบขนานนี้ค่าความต้านทานรวมจะลดลง คำนวณหาค่าความต้านทานได้จากสูตร

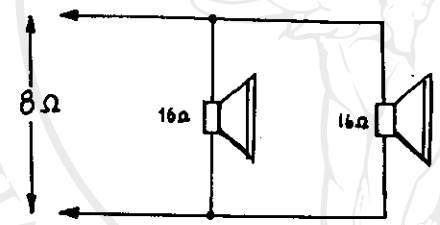
สูตร 1 / R = (1/R1)+(1/R2)+(1/R3)+. . . (1/Rn)

ตัวอย่างเช่น ลำโพง 16 โอห์ม 2 ตัวต่อแบบขนานกัน จากสูตรจะได้ดังนี้

1/R = 1/16 + 1/16 = 8

การต่อลำโพงจึงต่อสายเส้นหนึ่งที่จุดร่วม สายอีกเส้นหนึ่งต่อที่เลข 8

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะการต่อลำโพงแบบขนาน



* การต่อลำโพงแบบผสม เป็นการต่อลำโพงแบบอนุกรมและขนานเพื่อให้ได้ความต้านทานเหมาะสมกับค่าความต้านทานของสัญญาณออกของเครื่องขยายเสียง โดยการหาค่าความต้านทานรวมจากสูตรการต่อแบบอนุกรมและขนานร่วมกัน เช่น ลำโพง 3 ตัว สองตัวแรกมีความต้านทานตัวละ 8 โอห์มต่อแบบอนุกรม และตัวที่สามมีความต้านทาน 16 โอห์ม ต่อแบบขนาน ค่าความต้านทานรวมคำนวณได้ดังนี้

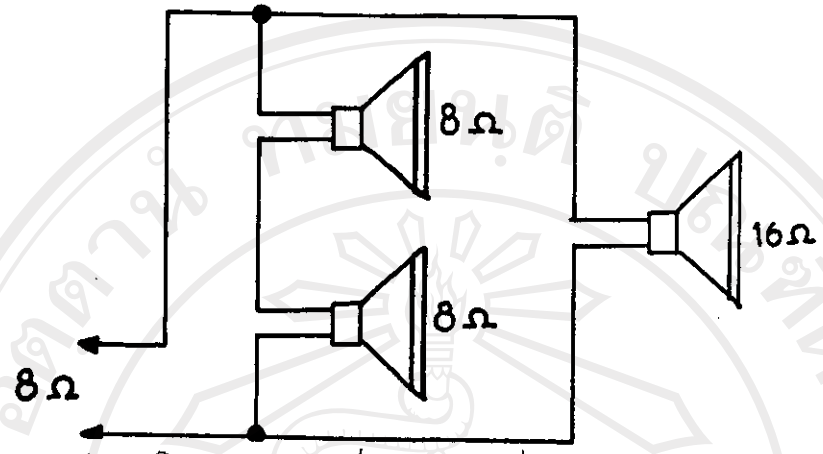
หาค่าความต้านทานรวมแบบอนุกรมได้ R = R1 + R2 = 8 + 8 = 16

หาค่าความต้านทานรวมแบบขนานได้ 1/R = (1/16)+(1/16)=1/8; R = 8

ฉะนั้นความต้านทานรวมทั้งหมดเท่ากับ 8 โอห์ม การต่อจึงต่อสายเส้นหนึ่งที่จุดร่วม อีกเส้นหนึ่งที่ตัวเลข 8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะการต่อลำโพงแบบผสม



ที่ผ่านมาการต่อลำโพงเข้ากับเครื่องขยายเพื่อให้เข้าชุดอิมพิแดนซ์นั้นยังไม่ซับซ้อนมากนัก แต่ถ้ากรณีที่ลำโพงมีอิมพิแดนซ์ต่างกันแล้วนำมาต่อแบบต่าง ๆข้อนี้เป็นเรื่องยุ่งยากพอสมควร เชาวเลิศ อุบลวิโรจน์ (2520 หน้า29-35) ได้ให้หลักการคิดคำนวณไว้ดังนี้ การต่อลำโพงโดยใช้ลำโพงที่มีค่าอิมพิแดนซ์ต่างกันนั้น นอกจากต้องหาค่าอิมพิแดนซ์รวมกันแล้ว กำลังที่แบ่งไปใช้ก็ต่างกันด้วย เช่นเครื่องขยายที่มีกำลังเอาท์พุทเพียง 15 วัตต์ โดยมีลำโพงขนาดอิมพิแดนซ์ดังนี้คือ16 โอห์ม 8 โอห์ม และ 4 โอห์ม ถ้านำมาต่อกันแบบขนาน ค่าอิมพิแดนซ์ทั้งหมดเท่ากับ

$$Zo = 1 / (1/Z1 + 1/Z2 + 1/Z3 = 1 / (1/16 + 1/8 + 1/4)$$

$$= 2.3 \text{ โอห์ม}$$

ค่าอิมพิแดนซ์รวมที่หาได้คือ 2.3 โอห์ม ถ้าหากว่าเครื่องขยายเสียงมีแทปเอาท์พุทที่ 2.3 โอห์มก็เป็นอันหมดปัญหาไป แต่เนื่องจากลำโพงทั้ง 3 ตัวอิมพิแดนซ์ต่างกัน กำลังวัตต์ที่แบ่งได้จึงต่างกันไป กำลังวัตต์ของแต่ละลำโพงที่ได้รับจะหาได้จากสูตร

กำลังวัตต์ที่ได้รับของแต่ละลำโพง = (ค่าอิมพิแดนซ์รวม/ค่าอิมพิแดนซ์แต่ละลำโพง) คูณด้วย 100 %

ลำโพง 16 โอห์มจะได้รับกำลัง = (2.3/16) คูณ 100 % = 14.3 %

ถ้าให้ 100 % เป็น 15 วัตต์ = (15 คูณ 14.3) / 100 = 2.145 วัตต์

ลำโพง 8 โอห์มจะได้รับกำลัง = (2.3/8) คูณ 100 % = 28.2 %

= (15 คูณ 28.2) / 100 = 4.23 วัตต์

นั่นคือลำโพง 8 โอห์มจะได้รับกำลัง = 4.23 วัตต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตัวเลขดังกล่าวเราทราบว่าลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำจะได้รับกำลังมากกว่า เพราะว่าไฟตกคร่อมที่ตัวลำโพงทั้งสามเท่ากัน ลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำกระแสที่ไหลผ่านจึงมีค่ามากกำลังก็มากด้วย ตัวอย่างข้างบนนี้ลำโพง 16 โอห์มได้รับกำลังไม่ถึงครึ่งหนึ่งของเครื่องขยาย เสียงที่ได้ยินจึงเบา ส่วนลำโพง 8 โอห์มจะได้รับกำลังปานกลาง แต่ลำโพง 4 โอห์มถ้าคิดคำนวณตัวเลขออกมาแล้วจะได้รับมากกว่า 70 % ของกำลังทั้งหมด ดังนั้นจึงมีโอกาสเสียมากกว่าตัวอื่น ๆ ฉะนั้นหากจะใช้ลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่างกันต่อขนานกัน ตัวลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำต้องทนกำลังสูงกว่าตัวอื่น ๆ และอีกอย่างคือจะให้ลำโพงมีความดังเท่ากันได้ยาก แต่ไม่ได้หมายความว่าการต่อลำโพงด้วยวิธีนี้ใช้ไม่ได้เลย เพราะบางครั้งเราจำเป็นต้องนำอุปกรณ์ที่มีอยู่เอามาใช้โดยการพลิกแพลงเล็กน้อย เช่นใช้ความต้านทานมาต่ออันดับด้วยกันหรือการต่อลำโพงโดยวิธีอันดับ ดังวิธีต่อไปนี้

*ใช้ลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่างกันต่อแบบอันดับ การต่อแบบนี้อิมพิแดนซ์ทั้งหมดจะได้เท่ากับอิมพิแดนซ์ของแต่ละตัวบวกกัน แต่กำลังวัตต์ที่ตกในตัวลำโพงกลับกันกับวิธีต่อแบบขนาน โดยตัวลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์มากจะได้รับกำลังวัตต์มากกว่า ดังเช่น ลำโพง 8 โอห์ม กับลำโพง 3 โอห์ม พอต่ออันดับกันจะมีค่า 11 โอห์ม ซึ่งต้องแมทช์กับเครื่องที่มีแทป 11 โอห์ม การต่อแบบอันดับเช่นนี้กระแสจะไหลผ่านตัวลำโพงเท่ากัน โดยที่ลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์สูงจะมีไฟตกคร่อมมาก กำลังที่ตัวลำโพงนั้นจะมากเช่นกัน ซึ่งจะเทียบเป็นเปอร์เซนต์ได้ดังนี้

กำลังที่ตกในลำโพง 8 โอห์ม = (8/11) X 100 % = 73 %

กำลังที่ตกในลำโพง 3 โอห์ม = (3/11) X 100 % = 27 %

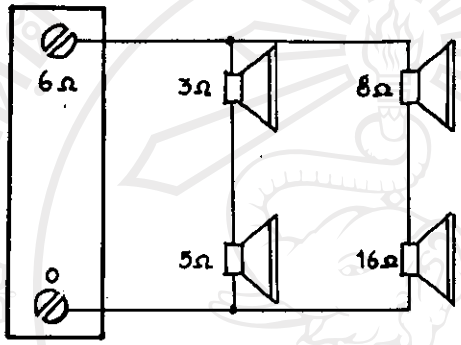
ถ้าหากเครื่องขยายเสียงมีกำลัง 10 วัตต์ ลำโพง 8 โอห์ม จะได้ส่วนแบ่ง 7.3 วัตต์ ลำโพง 3 โอห์มจะได้รับแบ่ง 2.7 วัตต์ การต่อแบบนี้จะใช้ได้หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับตัวลำโพงว่าจะทนกำลังที่แบ่งมาได้หรือไม่ และอีกอย่างคือความดังของเสียงที่ได้จากลำโพงจะดังไม่เท่ากันแน่ ๆ ถ้าหากนำลำโพงที่ค่าอิมพิแดนซ์ต่างกันมาก ๆ มาใช้ย่อมทำให้เกิดการเสียหายได้ง่าย

*ใช้ลำโพงที่อิมพิแดนซ์ต่างกันต่อแบบขนานและอันดับ การต่อแบบนี้ส่วนใหญ่จะใช้กับลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่างกันและทนกำลังต่างกันด้วย การหาค่าอิมพิแดนซ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะต้องรู้ค่าอิมพิแดนซ์ที่ต่ออันดับของลำโพงแต่ละชุดเสียก่อน แล้วจึงหาค่าต่อขนานกัน เช่นมีลำโพง 3 โอห์ม 5 โอห์ม 8 โอห์ม 16 โอห์ม ต่อกันดังรูปข้างล่าง

ภาพที่ 8 แสดงการใช้ลำโพงที่อิมพิแดนซ์ต่างกันต่อแบบผสม



จากรูปข้างต้น คำนวณหาค่าอิมพิแดนซ์รวมได้ดังนี้

ค่าอิมพิแดนซ์รวม(Z) = 1 / { 1/(3+5)+1/(8+16) }

= 1 / (1/8) + (1/24)

= 6 โอห์ม

การหาค่ากำลังในแต่ละลำโพงเทียบเป็นเปอร์เซนต์ได้ดังนี้

ค่ากำลังในแต่ละลำโพง = { Zของตัวลำโพง/(Zของลำโพง+Zของตัวที่ต่ออันดับ)}

คูณด้วย { Zรวมกันทั้งหมด. (Zของลำโพง+Zของตัวที่ต่ออันดับ) คูณด้วย 100 %

ลำโพง 3 โอห์มจะได้กำลังวัตต์ = {3/(3+5) X 6/(3+5)} X 100 %

= 28 %

ลำโพง 5 โอห์มจะได้กำลังวัตต์ = {5/(3+5) X 6/(3+5)} X 100 %

= 47 %

ลำโพง 8 โอห์มจะได้กำลังวัตต์ = {8/(8+16) X 6/(8+16)} X 100 %

= 8.3 %

ลำโพง 16 โอห์มจะได้กำลังวัตต์= {16/(8+6) X 6/(8+16)} X 100 %

ลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์ต่างกันเวลาต่อแบบอันดับและแบบขนานผสมกัน กำลัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ตัวลำโพงจะต่างกัน คือลำโพงที่อันดับแต่ละชุดชุดไหนที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำจะได้รับกำลังมากกว่า ส่วนการต่อขนานเป็นชุดก่อนแล้วจึงต่ออันดับเข้าหากัน อิมพิแดนซ์ที่สูงกว่าจะได้รับกำลังมากกว่า ตามหลักการนี้แล้วเราสามารถใช้ลำโพงต่างชนิดกันต่อแบบขนานและอันดับผสมกันเพื่อให้ตัวลำโพงเข้ากับเครื่องขยายเสียงได้

การใช้ลำโพงต่อเข้ากับเครื่องขยายเสียงที่มีเอาท์พุทอิมพิแดนซ์ต่ำไม่ว่าจะเป็นแบบขนานหรืออันดับ ยิ่งใช้ลำโพงหลาย ๆ ตัว ก็ควรนำลำโพงที่มีอิมพิแดนซ์และทนกำลังได้เท่า ๆ กันมาใช้ การต่อแบบขนานและแบบอันดับนั้นมีส่วนดีส่วนเสียคือ ถ้าต่อขนานกันหลาย ๆ ตัวค่าอิมพิแดนซ์จะต่ำ จึงใช้สายยาวมากไม่ได้ แต่ไม่เสียหายถ้าลำโพงตัวหนึ่งเสียไป ซึ่งตรงกันข้ามกับการต่อแบบอันดับ ถ้ามีลำโพงตัวหนึ่งตัวใดขาดลำโพงตัวอื่นก็จะไม่ดังด้วย มีผลดีตรงที่ว่าค่าอิมพิแดนซ์สูงขึ้นใช้สายที่ยาวกว่าได้ และอีกประการหนึ่ง สายลำโพงไม่ควรต่อให้ยาวเกินไปเพราะจะทำให้กำลังสูญเสียภายในสายมาก โดยทั่วไปเครื่องที่มีเอาท์พุทอิมพิแดนซ์ต่ำไม่ควรใช้สายยาวกว่า 50 เมตร

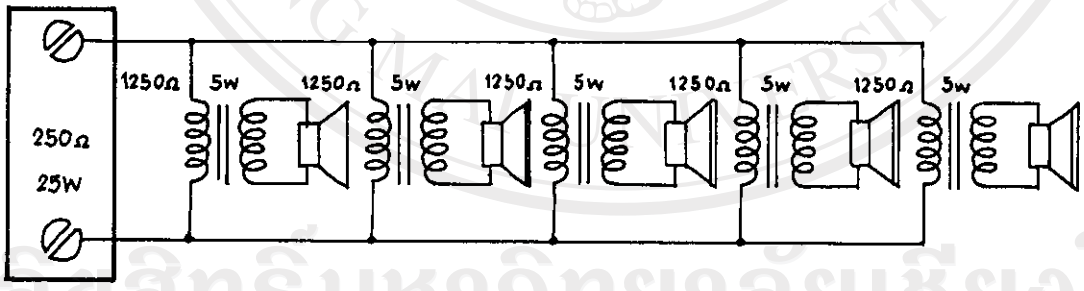
<u>การใช้ลำโพงกับเครื่องขยายที่มีค่าอิมพิแดนซ์สูง</u>

เนื่องจากเอาท์พุทที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำระยะห่างระหว่างเครื่องขยายเสียงกับตัวลำโพงจะถูกจำกัด ถ้าหากต้องการให้ตัวลำโพงห่างจากตัวเครื่องขยายเสียงมากหน่อย จำต้องใช้ภาคเอ้าท์พุทที่มีอิมพิแดนซ์สูง ส่วนใหญ่จะใช้อยู่ระหว่าง 100-600 โอห์ม แทปเอ้าท์พุทของเครื่องขยายเสียงมักจะอยู่ในค่า 250 โอห์มและ 500 โอห์ม การต่อลำโพงจึงใช้แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ ช่วยให้ทางเครื่องกับตัวลำโพงเข้ากันได้ วิธีการต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ลำโพงที่มีกำลังวัตต์เท่ากันต่อแบบขนาน การต่อแบบนี้ต้องอาศัยแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ ส่วนตัวลำโพงมีค่าเท่าใดนั้นไม่สำคัญเพราะอย่างไรเสีย ขดลวดชุดที่สองของตัวแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์จะต้องเข้ากับลำโพงได้อยู่แล้ว จุดสำคัญคือการออกแบบแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ให้ขดแรกแมทช์กับตัวเครื่องขยายเสียง โดยต้องรู้จำนวนลำโพงที่จะนำมาใช้เสียก่อน ดังเช่นเครื่องขยายเสียง 25 วัตต์ใช้กับลำโพง 5 วัตต์ จำนวน 5 ตัว นำไปใช้งานคนละทิศ แทปเอาท์พุทมีค่า 250 โอห์ม เราจะหาค่าขดแรกของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ได้จาก ค่าของเอาท์พุทคูณด้วยจำนวนตัวของลำโพง คือเท่ากับ 250 คูณ 5 เท่ากับ 1250 โอห์ม ค่าของแมทชิ่งที่หาได้คือ 1250 โอห์ม เมื่อต่อขนานกันเข้าก็เท่ากับ 250 โอห์ม ซึ่งแมทช์กับเครื่องขยายพอดี ดังนั้นกำลังของลำโพงจะได้รับเท่า ๆ กันพอดีคือ 5 วัตต์ ดังตัวอย่างนี้หากจะเปลี่ยนลำโพงเป็น 2.5 วัตต์ 10 ตัว ขดแรกของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์จะต้องเปลี่ยนค่าเป็น 2500 โอห์ม

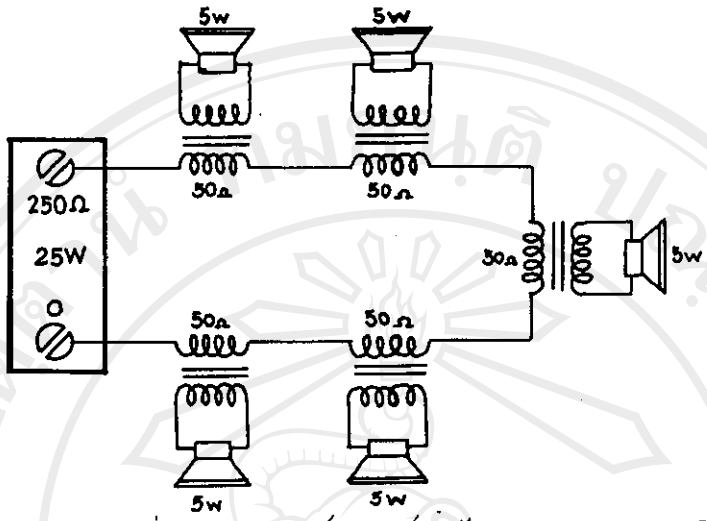
ภาพที่ 9 แสดงการต่อลำโพงที่มีวัตต์เท่ากันต่อแบบขนาน



2. ลำโพงที่มีวัตต์เท่ากันต่อแบบอันดับ การต่อแบบนี้ค่าของขดลวดขดแรกของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์เท่ากับค่าเอาท์พุทอิมพิแดนซ์หารด้วยจำนวนตัวลำโพงเช่น 250 โอห์ม / 5 เท่ากับ 50 โอห์ม ดังรูปหน้าต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

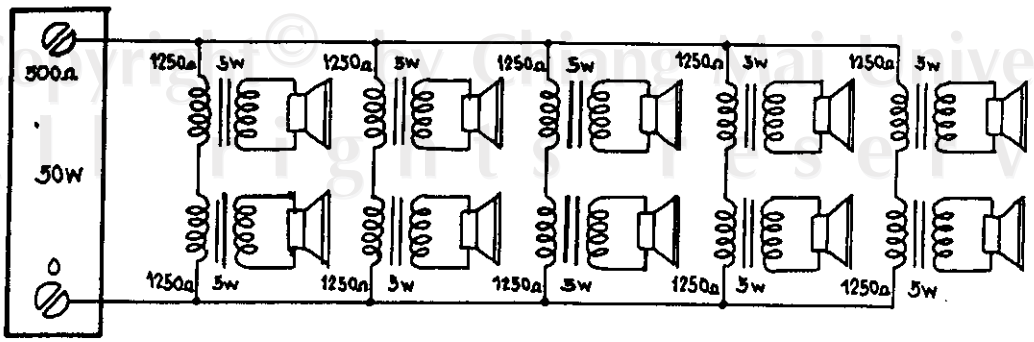
ภาพที่ 10 แสดงการต่อลำโพงที่วัตต์เท่ากันต่อแบบอันดับ



ค่าอิมพิแดนซ์ที่ขดแรกของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์หาได้เท่ากับ 50 โอห์ม เมื่อต่ออันดับกันก็จะได้ค่า 250 โอห์ม กำลังก็แบ่งเท่า ๆ กัน ตัวละ 5 วัตต์เช่นกัน วิธีต่ออันดับนี้ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้กันเพราะถ้าขดลวดของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ขาดไปเพียงตัวเดียวก็พลอยทำให้ตัวอื่นไม่ทำงาน

3. ลำโพงที่มีกำลังเท่ากัน ต่อแบบขนานและอันดับ การต่อแบบนี้มักใช้กันเมื่อขาดแคลนอุปกรณ์บางอย่างเช่น เครื่องขยายเสียงที่มีเอาท์พุท 500 โอห์ม ต่อกับลำโพง 10 ตัว ที่มีกำลังวัตต์ 5 วัตต์ และแบ่งติดตั้งสถานที่ 10 แห่งในลักษณะเช่นนี้ เราจะต่อแบบอันดับไว้ 5 ชุด แล้วนำมาต่อขนานกัน ดังรูปข้างล่าง หาค่าอิมพิแดนซ์ขดลวดขดแรกของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ที่ต่อขนานกันได้ 500 คูณ 5 เท่ากับ 2500 เนื่องจากการต่ออันดับกัน ซึ่งแต่ละตัวมีค่าเท่ากับ 2500/2 = 1250 โอห์ม ที่สุดการต่อแบบขนานและอันดับรวมกันจะมีค่า 500 โอห์มซึ่งแมทช์กับตัวเครื่องพอดี

ภาพที่ 11 แสดงการต่อลำโพงที่วัตต์เท่ากันต่อแบบผสม



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. ลำโพงที่มีขนาดต่างกันต่อแบบขนานและอันดับ การนำลำโพงที่มีกำลังต่าง ๆ มาต่อเข้ากับวงจรที่มีเอาท์พุทอิมพิแดนซ์สูง อิมพิแดนซ์ของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ก็มีค่าต่างกันไป เช่นเครื่องขยายที่มีกำลังเอาท์พุท 50 วัตต์ จะใช้ลำโพง 4ตัว ที่ทนวัตต์ได้ 5 วัตต์ 10 วัตต์ 15 วัตต์ และ 20 วัตต์ โดยนำลำโพง 5 วัตต์กับ 20 วัตต์ต่ออันดับกัน แล้วนำทั้งลองชุดมาคู่ขนานกันดังรูปข้างล่าง ค่าต่าง ๆจะหาได้จาก

$Z = \{ Ps1 / (Ps1+Ps2) \} X \{ Po / (Ps1+Ps2) \} X Z1$

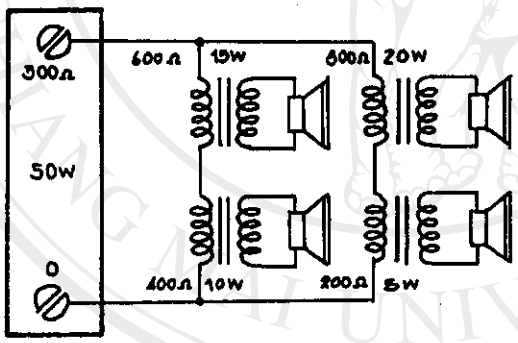
เมื่อ Ps1 = กำลังของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ที่ต้องการหาค่าอิมพิแดนซ์

Ps2 = กำลังของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ที่นำมาต่ออันดับด้วยกัน

Po = กำลังของเครื่องขยายเสียง

Z1 = เอาท์พุทอิมพิแดนซ์

ภาพที่ 12 แสดงการต่อลำโพงที่วัตต์ต่างกันต่อแบบผสม



แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ 5 วัตต์มีค่า ดังนี้

$Z1 = \{ 5/(20+5) \} X \{ 50/(20+5) \} X 500 = 200$ โอห์ม

แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ 20 วัตต์มีค่าดังนี้

$Z2 = \{ 20/(20+5) \} X \{ 50/(20+5) \} X 500 = 800$ โอห์ม

แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ 10 วัตต์มีค่าดังนี้

$Z3 = \{ 10/(10+15) \} X \{ 50/(10+15) \} X 500 = 400$ โอห์ม

แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ 15 วัตต์มีค่าดังนี้

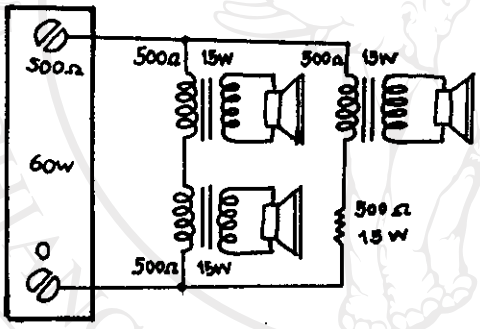
$Z4 = \{ 15/(10+5) \} X \{ 50/(10+15) \} X 500 = 600$ โอห์ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีใช้ตัวต้านทานแมทกับวงจร

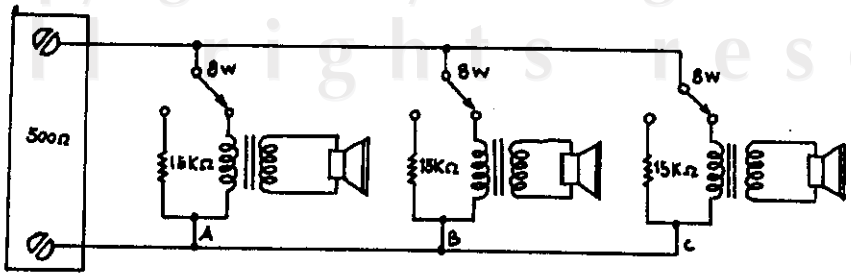
บางครั้งเราอาจจะประสบปัญหาเช่น แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์มีไม่ครบและเวลาเดียวกันเราจำเป็นต้องใช้งานเพื่อให้วงจรแมทช์ได้ดี จำต้องใช้ตัวต้านทานเข้าช่วย แต่การใช้ตัวต้านทานเป็นการสิ้นเปลืองกำลังไปโดยใช่เหตุ ถ้าไม่จำเป็นจริง ๆ ไม่ควรนำมาใช้ ดังตัวอย่างเช่นมีเครื่อง 60 วัตต์ เอ้าท์พุทอิมพิแดนซ์ 500 โอห์ม มีลำโพง 15 วัตต์อยู่ 3 ตัว พร้อมแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ขดแรกมีค่า 500 โอห์ม 3 ตัวเช่นกัน ในลักษณะนี้เราไม่สามารถต่อให้แมทช์กันได้โดยปราศจากตัวต้านทานดังรูปข้างล่างนี้

ภาพที่ 13 แสดงการใช้ตัวต้านทานแมทกับวงจร



การใช้ตัวต้านทานเป็นโหลดในวงจร ส่วนมากใช้เป็นโหลดเทียม เช่น มีลำโพงอยู่หลาย ๆ ตัว แต่เวลาใช้งานจริง ๆ จะใช้เฉพาะบางตัวเท่านั้น เพื่อมิให้วงจรไม่แมทช์กัน จึงต้องใช้ตัวต้านทานแทนดังรูปข้างล่าง ลำโพง A,B,C ทั้งสามตัวจะให้เปิดหรือปิดเสียงได้ตามใจชอบ

ภาพที่ 14 แสดงการใช้ตัวต้านทานเป็นโหลดในวงจร



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อนันต์ ชูอารยะประทีป (2520 หน้า26-28) ได้กล่าวถึงปัญหาของการเข้าชุดอิมพิแดนซ์ว่า การต่อลำโพงโดยผ่านหม้อแปลงหรือแมทชิ่งอิมพิแดนซ์ทรานสฟอร์เมอร์นี้ จะให้ผลดีเยี่ยมก็ต่อเมื่อหม้อแปลงมีประสิทธิภาพในการส่งกำลังจากขดลวดปฐมภูมิไปยังขดลวดทุติยภูมิสูงมาก หมายความว่ากำลังที่ออกจากเครื่อง 10 วัตต์ ควรจะถ่ายให้แก่ลำโพงได้ใกล้เคียง 10 วัตต์จริง ๆ แต่โดยทั่ว ๆ ไปประสิทธิภาพจะประมาณ 90 % เพราะว่าจะสูญเสียไปในแกนเหล็กที่เป็นตัวส่งผ่าน ดังนั้นกำลังที่ได้ 10 วัตต์จากเครื่องจะส่งทอดแก่ลำโพงเพียง 0.9 X 10 = 9 วัตต์ ระดับความดังพอจะเปรียบเทียบด้วยกำลังเอาท์พุทได้จากสูตร

$$P = (V.V)/R$$

R = อิมพิแดนซ์ของขดปฐมภูมิของหม้อแปลง

V = แรงดันตกคร่อมขั้วเอาท์พุท

จากสูตรข้างบนจะพบว่าถ้า Rของขดปฐมภูมิเป็นสองเท่าก็จะทำให้ค่ากำลังออกเป็นวัตต์ ลดลงเหลือเพียงครึ่งเดียวและจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของเดิมถ้าความต้านทานลดลงครึ่งหนึ่ง จากตารางข้างล่างเป็นการแสดงค่าความยาวของสายไฟเบอร์ต่าง ๆ ที่เป็นไปได้โดยไม่เกิดกำลังสูญเสียมากเกินไป ในตารางนี้จะบอกความยาวของสายที่ต่อกับลำโพงแบบอิมพิแดนซ์ต่ำและอิมพิแดนซ์สูงด้วย

ตารางที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดลวดกับความยาวของสายที่ต่อกับลำโพง

ขนาดของลวดตามมาตรฐาน AWG	ตารางอิมพิแดนซ์ของลำโพงหรือขดปฐมภูมิ					
	4 โอห์ม	8โอห์ม	16โอห์ม	100โอห์ม	250โอห์ม	500โอห์ม
14	125ฟุต	250ฟุต	450ฟุต	1000ฟุต	2500ฟุต	5000ฟุต
16	75ฟุต	150ฟุต	300ฟุต	750ฟุต	1500ฟุต	3000ฟุต
18	50ฟุต	100ฟุต	200ฟุต	400ฟุต	1000ฟุต	2000ฟุต
20	25ฟุต	50ฟุต	100ฟุต	250ฟุต	750ฟุต	1500ฟุต

จากการต่อลำโพงโดยจัดให้เข้าชุดแบบอิมพิแดนซ์ต่ำและแบบอิมพิแดนซ์สูงจะพบปัญหาที่สำคัญข้อหนึ่งคือ การจัดให้จำนวนลำโพงหรือหม้อแปลงให้มีค่าอิมพิแดนซ์เท่ากับขั้วเอ้าท์พุทของเครื่อง เพราะจำนวนลำโพงมีไม่พอหรือจำนวนหม้อแปลงมีไม่พอ หรือมากเกินไปทำให้ค่าอิมพิแดนซ์ไม่เท่ากันดี ดังนั้นจึงมีเครื่องขยายที่ผลิตขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาข้อนี้ โดยการทำขั้วเอาท์พุทกำหนดเป็นแรงดันคงที่เครื่องจะขับออก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มาและจะมีค่าคงที่ (หรือเกือบคงที่) ตลอดเวลา เช่นกำหนดว่า 70 โวลท์ และ 100 โวลท์ เป็นต้นเครื่องขยายประเภทนี้เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุดเพราะว่าง่ายแก่การต่อลำโพง หรือหม้อแปลง แต่จะมีปัญหาด้านกำลังออกต้องมีการคำนวณ

$P = (V.V) / R$

P = กำลังเอาท์พุท

V = แรงดันคร่อมขั้วเอาท์พุทของเครื่องขยาย สำหรับกรณีจะเป็น 70 โวลท์ หรือ 100 โวลท์

R = อิมพิแดนซ์รวมของลำโพงหรือหม้อแปลงที่ต่อกับขั้วเอาท์พุท เช่น ถ้าแรงดัน = 70 โวลท์ อิมพิแดนซ์ของหม้อแปลงเท่ากับ 500 โอห์ม (ขดปฐมภูมิ) จะได้กำลังออกที่ลำโพง (ขดทุติยภูมิมีอิมพิแดนซ์เท่ากับลำโพง) เท่ากับ

$P = (70 \times 70) / 500 = 10$ วัตต์ (ประมาณ)

การต่อลำโพงโดยตรงเลยก็ย่อมทำได้ แต่ต้องระวังกำลังสูงสุดของลำโพงที่จะทนได้ เช่นลำโพง 8 โอห์ม ต่อกับแรงดัน 70 โวลท์ จะได้กำลังออก (70X70) หารด้วย 8 มีค่าเท่ากับ 612 วัตต์ ซึ่งแน่นอนย่อมจะหาลำโพงตัวเดียวทนกำลังออกขนาดนี้ได้ยาก นอกจากนี้เครื่องขยายก็ไม่อาจทนกำลังเอาท์พุทขนาดนี้ได้ ดังนั้นการต่อจึง ควรจะต่อผ่านหม้อแปลง การต่อลำโพงกับเครื่องขยายประเภทนี้เรียกว่าการต่อแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Sound Distribution) เพื่อความสะดวก ให้ดูตารางในการต่อหม้อแปลงค่าอิมพิแดนซ์ต่าง ๆ กัน และทำเป็นค่ากำลังเอาท์พุท(วัตต์) ซึ่งจะมีแรงดันคงที่ตั้งแต่ 25 โวลท์ถึง 140 โวลท์

ตารางที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของอิมพิแดนซ์ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงกับกำลังเอ้าท์พุท

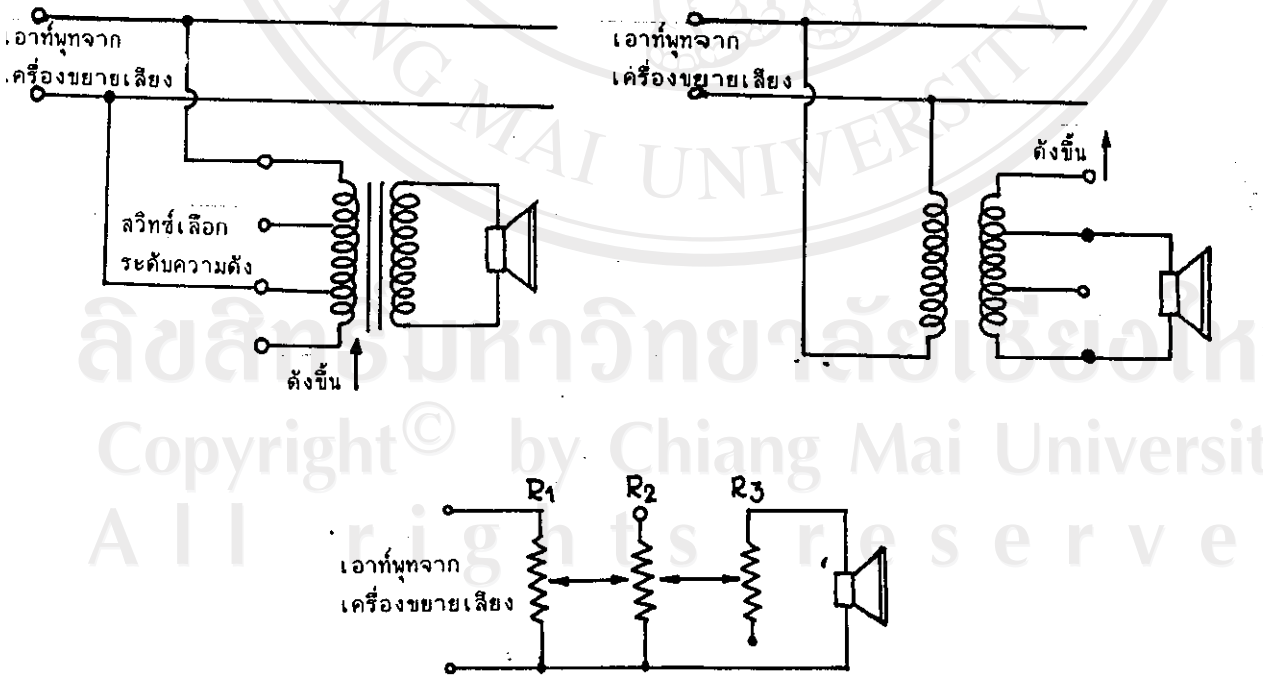
อิมพิแดนซ์ของขดปฐมภูมิของหม้อแปลง	กำลังเอาท์พุทเป็นวัตต์				
	25v	50v	70v	100v	140v
250	2.5	10	20	40	80
312.5	2	8	16	32	64
333	1.6	7.5	15	30	60
500	1.25	5	10	20	40
625	1	4	8	16	32
1,000	0.625	2.5	6	10	20
1,250	0.5	2	4	8	16
2,000	0.31	1.25	2.5	5	10
6,000	0.125	0.5	1	2	4
10,000	0.0625	0.25	0.5	1	2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปรับระดับความดังที่ลำโพง ซึ่งบางทีจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับให้มีระดับที่เหมาะสมแก่ความต้องการของผู้ฟัง

จาก P = (V.V) / R จะพบว่าถ้าค่าอิมพิแดนซ์ของขดปฐมภูมิของหม้อแปลงเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังออกน้อยลง ดังนั้นถ้าเราเลือกหม้อแปลงที่มีขดปฐมภูมิหลายขั้ว เช่นมีอิมพิแดนซ์ 500 โอห์ม 1000 โอห์ม และ 1500 โอห์ม ถ้าต้องการความดังมากก็ต่อที่ 500 โอห์ม ถ้าต้องการให้ค่อยลงก็ต่อ 1000 โอห์มหรือ 1500 โอห์ม ดังแสดงในรูปข้างล่าง บางทีอาจจะต่อเปลี่ยนความดังที่ขดทุติยภูมิก็ได้ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนระดับแรงดันที่ปลาย ซึ่งต่อกับลำโพงอยู่แล้ว ในกรณีนี้ความดังจะลดลงเนื่องจากแรงดันลดลง และในทางกลับกันจะดังเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันเพิ่ม ค่าแรงดันนี้คำนวณได้จากกำลังที่มาจากขั้วออกของเครื่องขยาย และค่าอิมพิแดนซ์ของขดทุติยภูมิ การต่อแบบนี้ไม่จำเป็นต้องให้อิมพิแดนซ์ของลำโพงเท่ากับอิมพิแดนซ์ของขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง นอกจากนี้อาจจะใช้ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resister) ซึ่งเรียกว่า วอลลุ่มคอนโทรล และนำมาต่อเป็นรูปตัว T (T-Pad)

ภาพที่ 15 แสดงการปรับระดับความดังที่ลำโพงวิธีต่าง ๆ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไพรัช ลิฏฐกุล (2519 หน้า 61-64) ได้ให้แนวทางและสิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบระบบเสียงตามสายไว้ดังนี้

1. การสูญเสียในสาย ถ้าเราต้องการส่งสัญญาณเสียงในรูปคลื่นไฟฟ้าจากเครื่องขยายเสียงไปยังตัวลำโพงเราต้องใช้สายต่อ การหาขนาดสายขึ้นอยู่กับกระแสที่ส่งผ่านตัวกลาง สมมติว่าเราส่งกำลัง 32 วัตต์ไปออกที่ลำโพง 8 โอห์ม เราสามารถหากระแสได้จาก $P = I.I.R$

โดย P = กำลังออกที่ตัวลำโพง

I = กระแสที่ไหลในวอยส์คอยล์

R = อิมพิแดนซ์ของวอยส์คอยล์

จะได้ $I.I = P / R = 32/8 = 2$ แอมป์

เมื่อกระแสผ่านสายไฟที่มีความต้านทานจะเกิดการสูญเสียกำลังงานในสายคำนวณได้เท่ากับ $I.I.r$ โดย r เป็นความต้านทานของสายไฟ ค่า r จะสูงขึ้นเมื่อระยะทางยาวขึ้น แต่จะลดลงเมื่อขนาดพื้นที่หน้าตัดสายเพิ่มขึ้น สมมติเราใช้สายไฟขนาดเบอร์ 18 AWG เดินระหว่างลำโพงกับเครื่องขยาย ซึ่งห่างกัน 1000 ฟุต ความต้านทานของสายจะเป็น 12.77 โอห์ม ดังนั้นจะเกิดการสูญเสียในสายคิดได้เป็นเท่ากับ $I.I.R = 2 \times 2 \times 12.77 = 51.08$ วัตต์ เพราะฉะนั้นเครื่องขยายเสียงจะต้องสามารถจ่ายกำลังได้ถึง $32 + 51 = 83$ วัตต์ ที่โหลด $8 + 12.77$ เท่ากับ 20.77 โอห์ม โดยกำลังเสียงส่วนใหญ่เสียไปในสายไฟ เพื่อลดการสูญเสียให้น้อยลง เราควรให้ความต้านทานของสายต่ำกว่าของโหลด (ซึ่งก็คือลำโพง) โดยการใช้สายโตขึ้น

ตารางที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดสายกับความต้านทาน

สายเบอร์ AWG	ความต้านทานต่อความยาว 1000ฟุตไป-กลับ
10	0.9989 X 2
12	1.588 X 2
14	2.525 X 2
16	4.016 X 2
18	6.385 X 2
20	10.16 X 2
22	16.14 X 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ทำไมจึงต้องใช้แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ เรามีวิธีการที่จะลดขนาดของสายโดยที่ประสิทธิภาพยังคงสูงหรือไม่ คำตอบก็คือมี จากสูตร $P = V.I$ นั่นคือกำลังขึ้นอยู่กับกระแสคูณแรงดัน ถ้าหากเราเพิ่มแรงดันขึ้นกระแสก็จะน้อยลง อันจะเป็นการลดการสูญเสียลงและก็ลดขนาดของสายลงได้ ด้วยเหตุนี้การเดินสายระยะไกลควรทำการเพิ่มแรงดันตอนส่งออกให้สูงขึ้น แล้วลดแรงดันที่ปลายทางให้เหมาะกับการใช้งาน เพื่อลดกระแสในสาย ทำให้ผลรวมค่าใช้จ่ายถูกลง วิธีการนี้ใช้ในระบบจ่ายไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้า ดังจะเห็นได้ว่าแรงดันที่ส่งในบางช่วงสูงถึง 230 KV วิธีการดังกล่าวเราอาจจำลองมาใช้กับระบบเสียงได้ โดยให้เรามองดูระบบเสียงเป็นระบบจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเหมือนไฟบ้าน มีการใช้หม้อแปลง ระบบการจ่ายกำลังแบบนี้เรียกว่า ระบบแรงดันคงที่

3. ระบบการส่งกำลังเสียงด้วยแรงดันคงที่ ระบบไฟฟ้าที่ใช้อยู่ตามบ้านเป็นระบบที่ให้แรงดันคงที่ 220โวลท์ไม่ว่าจะใช้โหลดเท่าใดก็ตามแรงดันจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ระบบเสียงก็เช่นกันเราสามารถทำเป็นระบบแรงดันคงที่ได้ เท่าที่ใช้กันอยู่มีหลายขนาด เช่น 25 โวลท์สำหรับระยะใกล้ 70 โวลท์สำหรับระยะไกล และอาจจะสูงกว่านี้ถ้าใช้กับระยะไกลมาก ๆ แรงดันของระบบเสียงจะวัดได้โดยการป้อนสัญญาณขนาด 1 KHz เข้าในเครื่องขยายเสียง แล้วเร่งสัญญาณเสียงรูปคลื่นไซน์ จนเริ่มเพี้ยน แรงดันที่วัดได้นี้คือแรงดันของระบบเสียง เราอาจแปลงให้สูงขึ้นหรือลดลงโดยการใช้หม้อแปลงของเสียงที่เรียกว่าแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ เครื่องขยายเสียงที่ให้แรงดันคงที่ส่วนใหญ่เป็นพวกทรานซิสเตอร์ เครื่องขยายพวกนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือโหลดไม่จำเป็นต้องคงที่ อาจเพิ่มหรือลดจำนวนลำโพงได้ตามใจชอบ ในบางครั้งแม้ว่าจะไม่มีลำโพงต่อเลยก็ไม่เสีย แรงดันขณะใส่โหลดสูงสุดกับโหลดน้อยสุดไม่ควรผิดกันมาก เช่นแรงดันในระบบอาจสูงถึง 100 โวลท์ ตอนโหลดสูงสุดแรงดันลดเหลือเพียง 60 โวลท์ ยังนับว่าพอใช้ได้ แต่ถ้าผิดมากไปกว่านี้ไม่ควรใช้ แต่ถ้าได้แรงดันแตกต่างกันน้อยเท่าใดก็ดีเท่านั้น

4. การคำนวณหาแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ ถ้าเราเลือกใช้ระบบแรงดันคงที่ขนาด 70 โวลท์ เราก็เดินสาย 70 โวลท์ไปยังจุดที่ต้องการใช้สัญญาณเสียง จากนั้นถ้าเราต้องการกำลังแต่ละจุดเท่าใด เราก็เพียงแต่เลือกใช้ขนาดของแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์เท่านั้น สมมุติเรามี 3 จุด จุดหนึ่งต้องการกำลัง 50 วัตต์ จุดที่สอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้องการกำลัง 10 วัตต์ จุดที่สามต้องการกำลัง 1 วัตต์ เราก็คำนวณได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

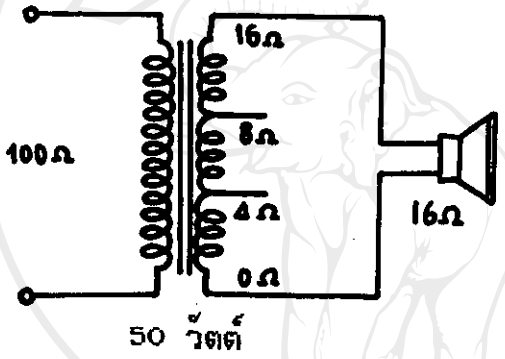
จุดที่ 1 ต้องการกำลัง 50 วัตต์จาก Line 70 โวลท์

จาก P = (V.V) / Z หรือ Z = (V.V) / P

ความต้านทานเข้าของทรานสฟอร์เมอร์ = Z = (70 X 70) / 50 = 98 โอห์ม

จากการคำนวณได้ขดปฐมภูมิประมาณ 100 โอห์ม แล้วใช้ขดทุติยภูมิหลายขนาดความต้านทานเพื่อความเหมาะสมกับลำโพงที่จะใช้ตามรูปข้างล่าง

รูปที่ 16 แสดงการใช้แมทชิ่ง 50 วัตต์ จาก Line 70 Volts กับลำโพง 16 โอห์ม



สมมุติถ้าใช้ลำโพง 16 โอห์ม 50 วัตต์ก็ต่อตามรูปข้างบนได้เลย แต่ถ้าใช้กับลำโพง 8 โอห์ม 50 วัตต์ก็เพียงแต่ย้ายจากจุด 16 โอห์มมาต่อที่ 8 โอห์มเท่านั้น แต่ถ้าจะใช้ลำโพง 16 โอห์ม 2 ตัว มาต่อพร้อมกันก็ทำได้โดยนำมาขนานกันเหลือ 8 โอห์มแต่กำลังของแต่ละตัวต้องไม่น้อยกว่า 25วัตต์ จุดที่ลำโพงสองตัวขนานกันนี้จะต่อก็คือจุด 8 โอห์ม การคำนวณแรงดัน ณ จุดต่อต่าง ๆ ที่ตัวแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์มีวิธีการดังต่อไปนี้

P = (V.V) / Z หรือ V.V = Z.P

เช่นคือ โวลท์ที่จุดต่อ 16 โอห์มคือ V.V = 16 X 50, V เท่ากับ 28.28 โวลท์

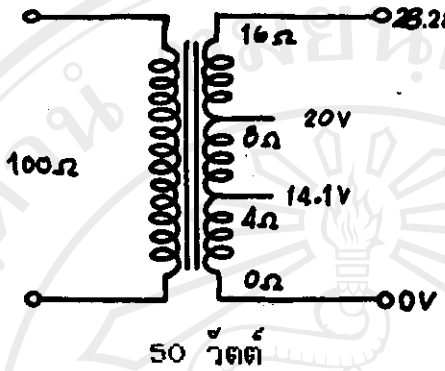
โวลท์ที่จุดต่อ 8 โอห์มคือ V.V = 8 X 50, V เท่ากับ 20 โวลท์

โวลท์ที่จุดต่อ 4 โอห์มคือ V.V = 4 X 50, V เท่ากับ 14.14 โวลท์

เราวัดแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของหม้อแปลง 50 วัตต์ตัวนี้จะให้ผล ดังแสดงตามรูปต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 17 แสดงค่าแรงดันที่จุดต่าง ๆ ของแมทชิ่ง 50 วัตต์ จาก Line 70 Volts



ถ้าใช้ลำโพง 4 โอห์ม 8 โอห์ม และ 16 โอห์มต่อบนหม้อแปลงตัวเดียวจะเกิดผลดังนี้

ที่ 16 โอห์มได้กำลัง = (V.V) / Z = (28.28 X 28.28) / 16 = 50 วัตต์

ที่ 8 โอห์มได้กำลัง = (20 X 20) / 8 = 50 วัตต์

ที่ 4 โอห์มได้กำลัง = (14.14 X 14.14) / 4 = 50 วัตต์

จะพบว่าถ้าเดิมหม้อแปลงที่สร้างไว้จ่ายกำลังได้เพียง 50 วัตต์ แต่ต่อใช้งานพร้อม ๆ กัน หม้อแปลงต้องทำงานเป็น 3 เท่าก็อาจไหม้ได้ แต่ถ้าเราเปลี่ยนแปลงใหม่โดยสร้างหม้อแปลงให้จ่ายกำลังได้เป็น 150 วัตต์ก็ไม่มีปัญหา

ที่กล่าวแต่ต้นนั้นเป็นการกล่าวแต่เฉพาะทางด้านลำโพงปลายสาย ส่วนทางด้านเครื่องขยายเสียง เครื่องขยายเสียงก็ต้องจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้นเช่นกันถ้าเราเพิ่มโหลดที่ปลายสาย ฉะนั้นการต่อลำโพงจะต้องพิจารณาว่าถ้าต่อแล้วหม้อแปลงกับเครื่องขยายทำงานหนักกว่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าเกินห้ามต่อเด็ดขาด แต่ถ้าไม่เกินก็ใช้ได้ เช่นมีลำโพง 16 โอห์ม 50 วัตต์ แต่เราไปต่อกับหม้อแปลง 50 วัตต์ที่ 4 โอห์ม ลำโพงจะดึงกำลังจากเครื่องขยายเสียงมาใช้งาน = (V.V)/Z = (14.14 X 14.14) / 16 เท่ากับ = 12.5 วัตต์ นั่นคือลำโพงจะดังเพียง 12.5 วัตต์เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่ากำลังเต็มที่ของลำโพง ของหม้อแปลง ของเครื่องขยายเสียง จึงใช้ได้ไม่ทำให้เครื่องเสียหาย วิธีนี้อาจใช้เป็นวิธีลดความดังได้

จุดที่ 2 ต้องการกำลัง 10 วัตต์จาก Line 70 โวลท์

จาก P = (V.V) / Z ; Z = (V.V)/ P = (70 X 70) / 10 = 490 โอห์ม

ต่อประมาณ 500 โอห์ม ฉะนั้นหม้อแปลงที่ใช้จะมีขดปฐมภูมิเป็น 500 โอห์ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จุดที่ 3 ต้องการกำลังวัตต์จาก Line 70 โวลท์

จาก P = (V.V) / Z ; Z = (V.V) / P = (70 X 70)/1 = 5000 โอห์ม แสดงว่าหม้อแปลงที่ใช้จะต้องใช้ขดปฐมภูมิเท่ากับ 5000 โอห์ม

หม้อแปลง 70 โวลท์ จะให้กำลังตามที่คำนวณก็ต่อเมื่อใช้กับ Line 70 โวลท์เท่านั้น ห้ามใช้กับ Line ที่โวลท์สูงเกิน และถ้าใช้กับ Line ที่ต่ำกว่าใช้ได้ แต่ได้กำลังต่ำลง

5. การหาขนาดของเครื่องขยายเสียง กำลังของเครื่องขยายเสียงควรเป็น 120 % ของกำลังมากที่สุดที่จ่ายให้กับลำโพงทั้งหมด ดังกรณีข้างต้นควรใช้เครื่องขยายเสียงกำลังเท่ากับ (50+10+1) X 20% = 73.2 วัตต์

6. การหาขนาดแมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์ตัวที่ต่อออกจากเครื่องขยาย เครื่องขยายเสียงบางรุ่นจะมีเอาท์พุท 25 โวลท์ หรือ 70 โวลท์ ให้ต่อใช้งานได้เลย บางชนิดบอกเป็นโอห์ม เช่น 500 โอห์ม 100 วัตต์ เราสามารถเปลี่ยนเป็นโวลท์ได้ดังนี้ P = (V.V) / Z ; V.V = P.Z

จากการแทนค่า P = 100, Z = 500 จะได้ V เท่ากับ 223 โวลท์

บางแบบเช่นพวก OTL หรือ OCL ที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็น เอาท์พุท ส่วนใหญ่แรงดันไม่สูงพอเราต้องหาหม้อแปลง Step-Up ขึ้นไป เช่นเครื่องขยาย 100 วัตต์ที่ 5 โอห์ม จะได้ V = 28.28 โวลท์ (คำนวณโดยใช้สูตร V.V = P.Z) ซึ่งแรงดันที่ได้ค่อนข้างต่ำไม่เหมาะที่จะเดินสายยาว ๆ ถ้าเดินสายยาวต้องใส่แมทชิ่งทรานสฟอร์เมอร์เพื่อเพิ่มแรงดันขึ้นไป เป็นการลดกระแสให้น้อยลง

7. อันตรายจากไฟของเครื่องขยาย ในกรณีที่เป็นเครื่องขย่ายกำลังมาก และมีการแปลงแรงดันส่งเสียงตามสายให้สูงขึ้น อันตรายอันเกิดจากไฟดูดมีโอกาสเกิดขึ้นได้เหมือนไฟฟ้าตามบ้าน ฉะนั้นต้องระมัดระวังให้ดี ไฟสลับที่ไม่เป็นอันตรายควรมีแรงดันต่ำกว่า 25 โวลท์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved